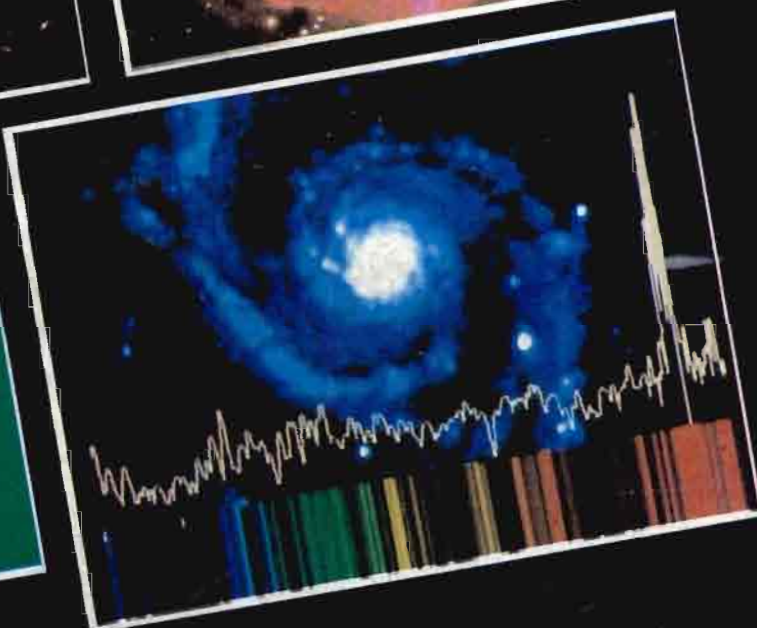
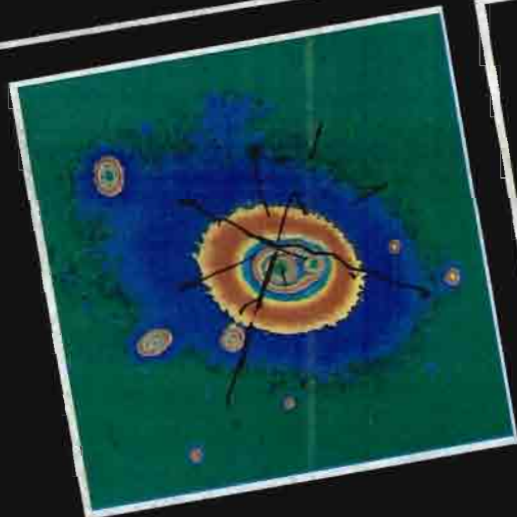
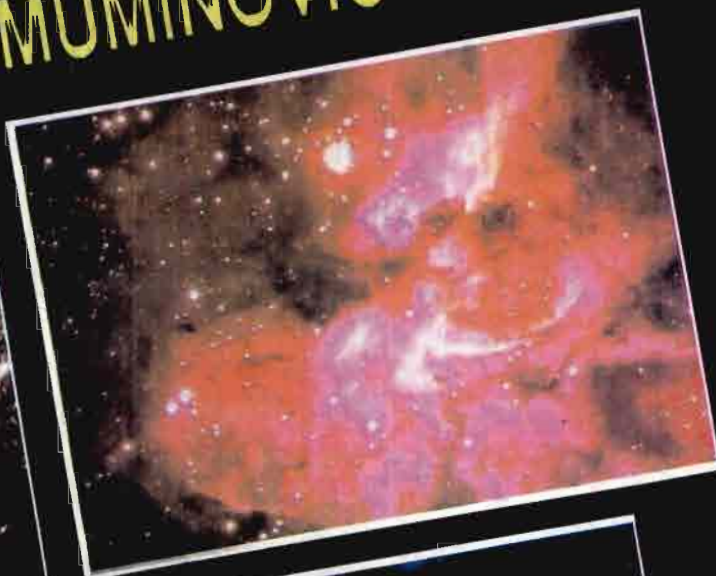
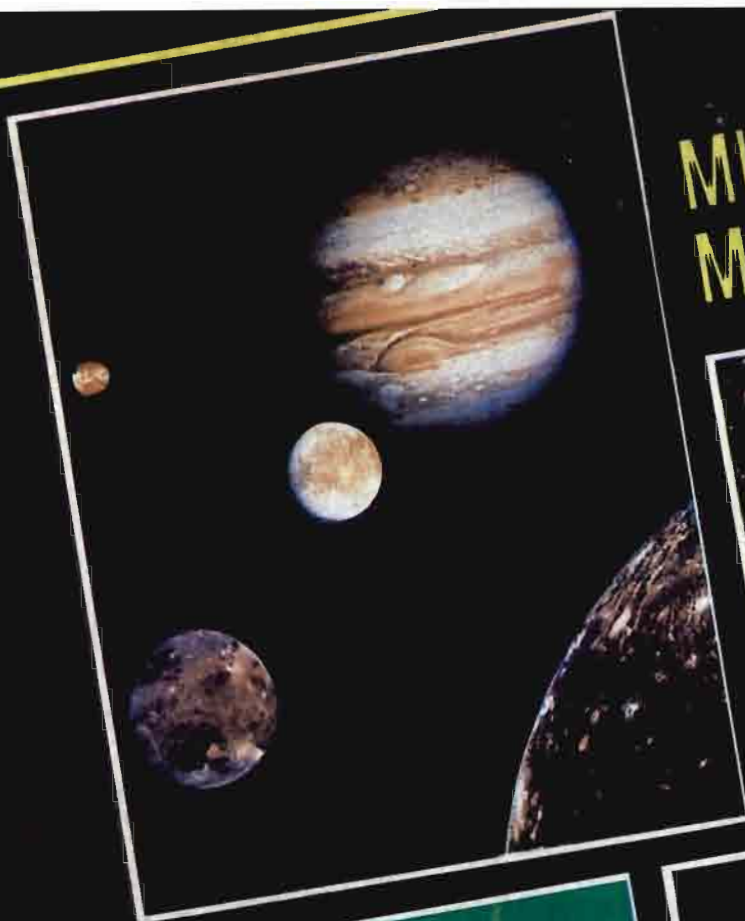
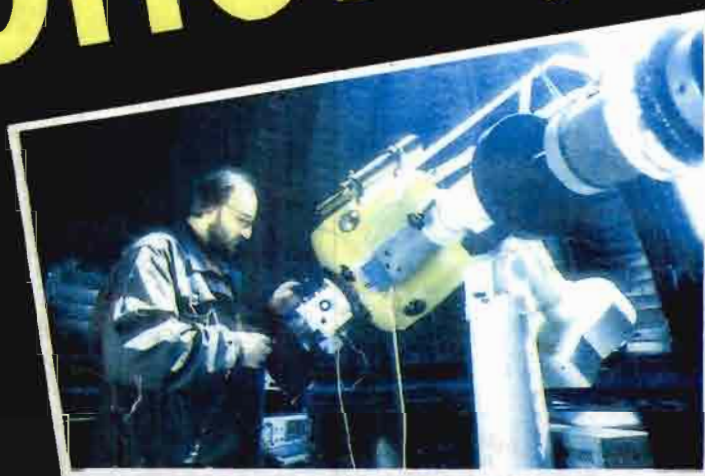


MUHAMED
MUMINOVIĆ



PRAKTIČNA ASTRONOMIJA



MUHAMED MUMINOVIĆ

PRAKTIČNA ASTRONOMIJA

Sarajevo, 1990.

Izdavač: UNIVERZITETSKO ASTRONOMSKO DRUŠTVO CEDUS-a
71000 SARAJEVO, M.TITA 44

© Muhamed Muminović 1990.

Prvi put objavljeno 1973.godine. II Prerađeno i dopunjeno izdanje, UAD Sarajevo, 1982.godine. III potpuno prerađeno i dopunjeno izdanje, UAD Sarajevo 1990.godine.

Tehnički urednik: BRANKO VUKSANOVIĆ

Recenzent: dr PREDRAG JOVANIĆ, Vojno tehnički institut, Beograd

Grafički urednik: SAVO VASILJEVIĆ

Kompjuterski slog: DAMJAN ILIĆ /LASERSLOG/ i VELIMIR TUNGUZ

Crteže izradio: NEDŽAD ČMAJČANIN

Lektori: MAJO TOPOLOVAC i AMIR MULIĆ

Naslovna strana: JELENA KOVAČEVIĆ

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna i univerzitetna biblioteka Bosne
i Hercegovine
Sarajevo

522

MUMINOVIĆ, Muhamed

Praktična astronomija / Muhamed
Muminović ; [Nedžad Čmajčanin]. - Sarajevo
: Univerzitetsko astronomsko društvo
CEDUS-a, 1990. - 294 str. : ilustr. ; 21
cm

Bibliografija: str. 291-292.

ISBN 86-81717-01-4

Štampa: GRAFOPRINT SARAJEVO.

SADRŽAJ

Predgovor	9
1. OSNOVNI OPTIČKI UREĐAJI U ASTRONOMIJI	
UVOD	11
OSNOVI OPTIKE	12
1. Zakon pravolinijskog prostiranja svjetlosti	13
2. Zakon nezavisnosti svjetlosnih zraka	13
3. Zakon odbijanja svjetlosti	13
4. Zakon prelamanja svjetlosti	13
SOČIVA (LEĆE)	14
ABERACIJE KOD SOČIVA	16
Sferna aberacija	17
Koma	17
Astigmatizam i krivina polja	17
Hromatska aberacija	18
PRELAMANJE SVJETLOSTI KROZ PRIZMU	18
SFERNA OGLEDALA	20
OKULARI	22
Hygensov okular	22
Ramsdenov okular	22
Kellnerov okular	22
Ortoskopski okular	22
Plösov okular	23
Erfle okular	23
Toles okular	23
Monocentrički okular	23
BARLOW SOČIVO	24
TELESKOPI	25
Kratki istorijski osvrt	25
Osnovni parametri teleskopa	26
Moć razdvajanja teleskopa	28
Objektivi refraktora	31
Ogledala teleskopa	32
Newton-ov reflektor	33
Cassegrain-ov reflektor	36
MIKROMETRI	38
Slade-ov ugravirani mikrometar	40
Prstenasti mikrometar	41

Mikrometar sa presječenim krstom	43
Mikrometar sa koncima	43
Neki praktični problemi izrade mikrometara	44
MAHANIZMI ZA POKRETANJE TELESKOPA	46
OSTALI DIJELOVI TELESKOPA	52
CENTRIRANJE NEWTON-OVOG I CASSEGRAIN-OVOG TELESKOPA	57
ROŠENJE OPTIČKIH POVRŠINA TELESKOPA I	
VAZDUŠNA STRUJANJA U TUBUSIMA	58
BALANSIRANJE TUBUSA TELESKOPA REFLEKTORA	59
KRUGOVI ZA OČITAVANJE NEBESKIH KOORDINATA	60
NAMJEŠTANJE POLARNE OSOVINE POMOĆU KRUGOVA	63
NAMJEŠTANJE POLARNE OSOVINE TELESKOPA BEZ UPOTREBE KRUGOVA	64
TOLERANCIJA USMJERENOSTI POLARNE OSE PRI SNIMANJU SA DUŽIM EKSPOZI- CIJAMA	68
 2. ASTRONOMSKE OPSERVATORIJE	 69
KRATKI OPIS PROFESIONALNIH I AMATERSKIH OPSERVATORIJA U JUGOSLAVIJI	70
Astronomska opservatorija u Beogradu	71
Opservatorij Hvar Geodetskog fakulteta u Zagrebu	72
Astronomsko-Geofizikalni opservatorij Golovec	72
Univerzitetsko astronomsko društvo Sarajevo	72
Astronomsko društvo "Ruđer Bošković" Beograd	77
Zvezdarnica Hrvatskog prirodoslovnog društva Zagreb	79
Astronomsko društvo Novi-Sad Novosadska opservatorija	81
Zvezdarnica Astronomskog društva "Istra" Pula	82
Astronomsko društvo "Pitomača"	84
Astronomsko društvo "Čakovec"	85
Amatersko astronomsko društvo "Višnjan"	86
Astronomski opservatorij "Črni vrh" Hermana Mikuža	87
Privatna opservatorija Aleša Dolžana	88
Astronomsko društvo Javornik-Ljubljana	89
Privatna opservatorija Stopar Same	90
 3. ASTROFOTOGRAFIJA ZA AMATERE	 91
SNIMANJE POMOĆU FOTOGRAFSKOG APARATA	91
SNIMANJE NEBA MALIM ASTROKAMERAMA	96
SNIMANJA SA VEĆIM ASTROKAMERAMA	98
FOTOGRAFISANJE PLANETA	99

SNIMANJE U PRIMARNOM FOKUSU VEĆEG TELESKOPA	102
LABORATORIJSKI PROCES	102
Izrada pozitiva	104
Specijalne tehnike laboratorijske obrade astronomskeg negatifa	105
Fotokopiranje	106
Povišenje kontrasta	106
Razmućena maska	107
Hipersenzitivizacija filma Kodak Technical Pan film 2415	109
OSNOVNI POSTUPCI SA SNIMLJENIM MATERIJALOM	110
 4. FOTOELEKTRIČNA FOTOMETRIJA	 113
 5. SPEKTRALNA ANALIZA U ASTRONOMIJI	 117
SPEKTRALNA KLASIFIKACIJA ZVIJEZDA	118
AMATERSKO SNIMANJE ZVJEZDANIH SPEKTARA POMOĆU OBJEKTIVSKE PRIZME	119
 6. POSMATRANJE TIJELA I POJAVA U SUNČEVOM SISTEMU	 121
POSMATRANJE SUNCA	121
POSMATRANJE PLANETA	131
Merkur	134
Venera	136
Mars	139
Asteroidi	141
Komete	141
Jupiter	148
Saturn	152
Uran	153
Neptun	154
Pluton	154
Mjerenje položaja asteroida i kometa sa fotografskih snimaka	155
POSMATRANJE MJESECA	161
POSMATRANJE METEORA	165
Uvod	165
Osnovni podaci	166
Vizuelna posmatranja meteora	168
Proračuni nakon posmatranja	170
Fotografska posmatranja	174
Bolidi	177

7. PROMJENLJIVE ZVIJEZDE	199
VRSTE PROMJENLJIVIH ZVIJEZDA	200
Pulsirajuće promjenljive	200
1. Cefeide	200
2. Zvijezde tipa RR Lyrae	201
3. Zvijezde tipa RV Tauri	201
4. Dugoperiodične promjenljive ili promjenljive tipa Mira Ceti	201
5. Polupravilne promjenljive	202
6. Nepravilne promjenljive	202
Eruptivne promjenljive	202
1. Supernove	202
2. Nove	204
3. Pvratne Nove	202
4. Zvijezde tipa U Geminorum	204
5. Simbiotske zvijezde	204
6. Zvijezde sa bljeskovima	205
7. Zvijezde tipa Z Camelopardalis	205
Ostali oblici promjenljivih	206
1. Rotirajuće promjenljive	206
2. Pomračujuće (eklipsne) promjenljive	206
Pronalaženje promjenljivih na nebu	207
Vizuelni zvjezdani fotometri	208
Purkyneov efekat	209
Vizuelne metode ocjenjivanja sjaja	210
Pickeringova metoda	211
Pogsonova metoda	212
Argelander-ova metoda	212
Primjer obrade posmatranja Argelanderovom metodom	214
8. DODATAK	219
PRILOG I : KARTE OKOLINA PROMJENLJIVIH ZVIJEZDA	221
PRILOG II : DVOJNE ZVIJEZDE	265
PRILOG III : VIZUELNI SJAJ I FOTOELEKTRIČNI KOLOR INDEKSI ZVIJEZDA IZ SJAJNIJIH RASIJANIH SKUPOVA	283
PRILOG IV : JULIJANSKI DANI	288
PRILOG V : TRANSFORMISANJE ČASOVA I MINUTA U DESETE DIJELOVE DANA	290
LITERATURA	293

1. OSNOVNI OPTIČKI UREĐAJI U ASTRONOMIJI

U V O D

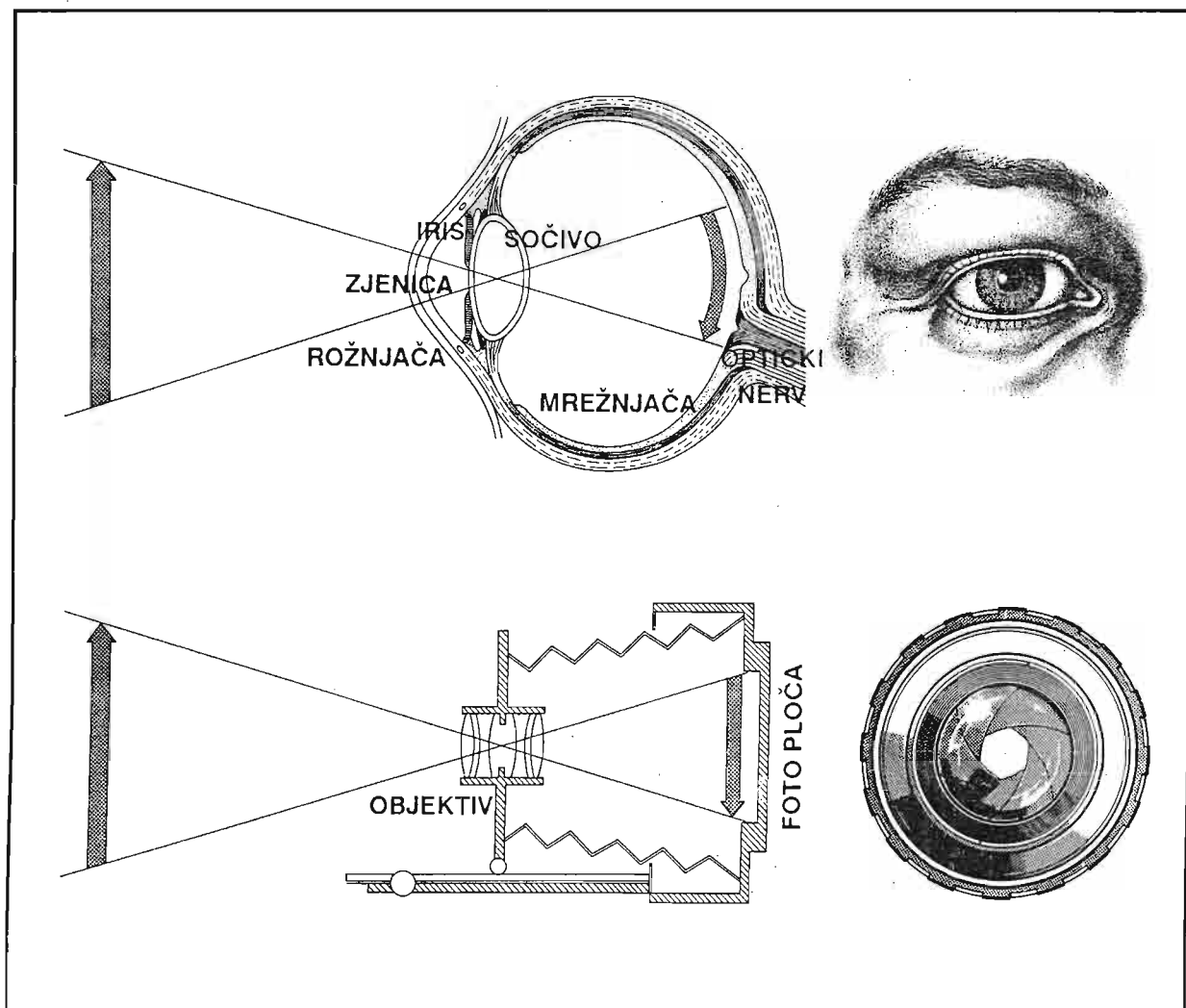
Astronomija je još uvijek, i pored svemirskih letova, ograničena na posmatrački način rada. Isključivši povremeno nalaženje nekog meteorita ili rijetke svemirske misije, naš dodir sa svemirom je posredan. O zvijezdama, galaksijama i raznim drugim objektima saznajemo prvenstveno analizirajući njihovu svjetlost. Tu su, u posljednjim decenijama, i istraživanja drugih dijelova elektromagnetnog spektra (radio područje, infracrveni i ultraljubičasti zraci, rentgenski zraci, gama zraci i slično). Vidljiva svjetlost je još uvijek dominantna, pogotovo kada se istraživanja vrše u skromnijim uslovima, posebno amaterskim.

Tokom milenijuma ljudsko oko bilo je jedini instrument za posmatranje neba. Čak i danas, iza svakog moćnog teleskopa, ili televizijskog ekrana, stoji i jedno ljudsko oko. Osnovni dijelovi oka su rožnjača, iris diafragma koja može da mijenja svoj centralni otvor (zjenicu), vodena tečnost, očno sočivo, mrežnjača i optički nerv. Svi ti dijelovi vidljivi su na slici 1. . Tu je i shema fotografskog aparata koji u osnovi u potpunosti imitira naše oko.

Iris diafragma ima zadatak da reguliše količinu svjetlosti koja pada na očno sočivo. Kontrolisana je jednim mišićem i pod normalnim okolnostima može da mijenja prečnik od 1 mm (pri jakoj svjetlosti), do 6 mm (pri jako slaboj). Rožnjača propušta svu potrebnu svjetlost koja na oko pada, a sočivo je konveksno i može da mijenja oblik tako da nam omogućava oštro posmatranje i bliskih i dalekih predmeta. Na mrežnjači, osjetljivoj na svjetlost, formira se lik predmeta koji gledamo. Ona je građena od štapića i čepića. Štapići služe za posmatranje pri slaboj svjetlosti, a čepići pri punoj svjetlosti. Čepići ujedno raspolažu sposobnošću da razlikuju boje. Raspored ovih ćelija nije uniforman već su čepići koncentrisani u jednoj oblasti koja se naziva žuta mrlja. Prečnik ove oblasti je oko 0,25 mm.

Štapići reaguju na slabe izvore svjetlosti i s obzirom na njihov raspored ovakve objekte bolje vidimo kada gledamo malo pored njih nego direktno u njih. Ljudsko oko je pri normalnoj svjetlosti najosjetljivije u području žute svjetlosti (550 nm talasne dužine). Noću se osjetljivost pomjera na plavo područje pa se tada lakše zapažaju plavičasti objekti od crvenih.

S obzirom na činjenicu da ćemo se u ovom tekstu najviše baviti vizuelnim posmatranjima, to nam je neophodno da se podsjetimo na neke osnovne zakone optike, te osobine sočiva i ogledala.



Sl. 1. Shema ljudskog oka (gore) i fotografskog aparata (dole) sa osnovnim elementima koji ih grade.

OSNOVI OPTIKE

Baveći se amaterskom astronomijom uglavnom ćemo biti u domenu vidljive svjetlosti koja je dio spektra elektromagnetskih zračenja (ili talasa). Za prostiranje svjetlosnih zraka još su davno eksperimentalno utvrđena četiri osnovna zakona. To su:

- a) Zakon pravolinijskog prostiranja svjetlosti
- b) Zakon nezavisnosti svjetlosnih zraka
- c) Zakon odbijanja svjetlosti od ogledala
- d) Zakon prelamanja svjetlosti na granici dvije prozračne sredine.

U astronomskoj praksi srećemo sočiva ili leće kroz koje se svjetlost prelama (refrakcija) i ogledala ili zrcala od kojih se svjetlost odbija (refleksija).

I. ZAKON PRAVOLINIJSKOG PROSTIRANJA SVJETLOSTI

Ovaj zakon se pripisuje Euklidu (veliki matematičar starog svijeta iz 300-te godine p.n.e.), a naglašava notornu činjenicu da tačkasti izvori svjetlosti daju oštre sjenke što uočava-

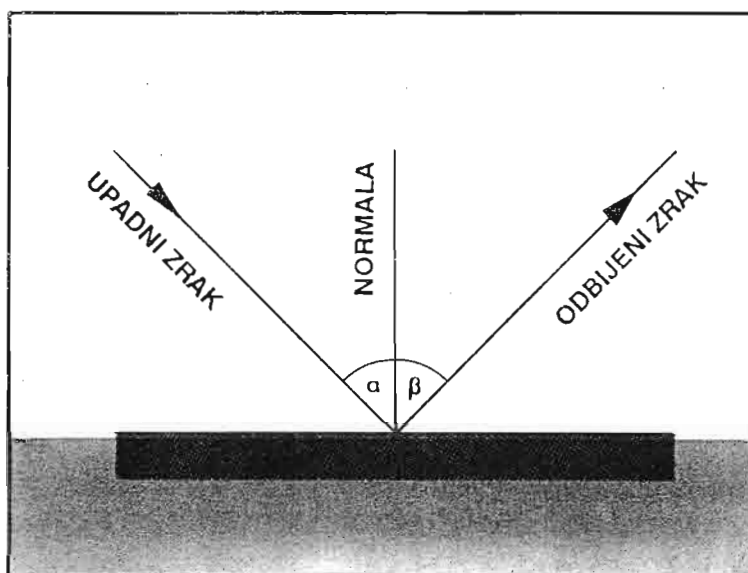
mo i najjednostavnijim eksperimentima. U praksi tačkasti izvor možemo dobiti ako izvor svjetlosti stavimo iza zaklona na kome je mali otvor. Zakon pravolinijskog prostiranja ne važi kada se koriste veoma mali otvori (ispod 0,03 mm). Tada u igru ulaze zakoni savijanja (difrakcije) svjetlosti.

2. ZAKON NEZAVISNOSTI SVJETLOSNIH ZRAKA

Svaki svjetlosni snop možemo podijeliti na pojedine zrake (npr. izdvajanje pomoću nekog zaslona). Pri tome dejstvo pojedinačnih zraka ne zavisi od toga da li istovremeno djeluju drugi zraci ili smo ih odstranili. Ako na objektiv teleskopa pada svjetlost zvijezda i ako zaklonimo dio ulaznog snopa zraka, izgled lika koji dobijemo neće se promijeniti.

3. ZAKON ODBIJANJA SVJETLOSTI

Ovaj zakon kaže da se upadni svjetlosni zrak, normala na površinu i odbijeni zrak od te površine nalaze u istoj ravni. (sl.2) Pri tome su uglovi svakog od ova dva zraka i normale međusobno jednaki.



Sl. 2. Odbijanje svjetlosti

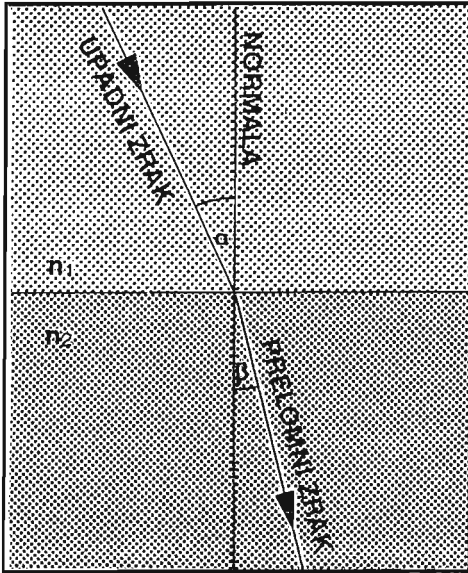
Ovaj zakon važi bez obzira da li je površina na kojoj se refleksija vrši ravna ili zakrivljena.

4. ZAKON PRELAMANJA SVJETLOSTI

Naziva se često i Snellius-Descartes-ov zakon. Upadni i prelomni zrak nalaze se u istoj ravni sa normalom na granici razdvajanja. Takođe su upadni ugao svjetlosnog zraka (α) i prelomni ugao (β) povezani relacijom:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

U ovoj relaciji "n" je konstanta koja ne zavisi od veličine uglova. Naziva se indeks prelamanja (indeks loma) i određuje se svojstvima obje sredine kroz čiju granicu razdvajanja prolazi svjetlost. Ovaj indeks takođe zavisi od talasne dužine svjetlosti.



Relacija $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ važi za slučaj kada

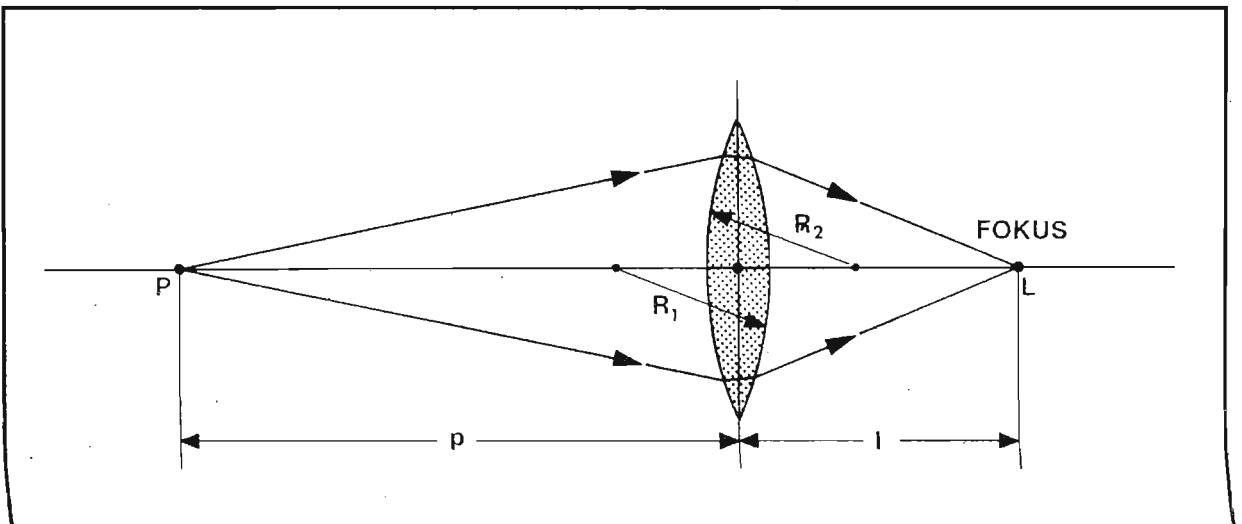
svjetlosni zrak dolazi iz vazduha jer je indeks loma za vazduh približno jednak jedinici. U opštem slučaju kao na slici 3. naša relacija glasi:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Sl. 3. Prelamanje svjetlosti

SOČIVA (LEĆE)

Sočiva su providna tijela (najčešće građena od stakla) čije su strane dijelovi zakrivljenih površina. Da bi došli do osnovnih relacija u najjednostavnijem sličaju, posmatrajmo tzv. tanko sočivo na slici 4. .



Sl. 4. Prelamanje svjetlosti kroz tanko sočivo

Na slici 4. su R_1 i R_2 radiusi krivina sfernih površina koje grade prednju i stražnju stranu sočiva. Neki predmet čiji lik daje sočivo označimo sa "P", a lik tog predmeta sa "L". Udaljenost predmeta od sočiva označena je sa "p", lika od sočiva sa "l". Osnovna jednačina sočiva glasi:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Ovdje je "n" indeks prelamanja materijala od koga je sočivo izrađeno. Ako bi predmet "P" bio teorijski beskonačno daleko, tada bi se svi svjetlosni zraci sjekli u jednoj tački koju zovemo žiža, fokus ili žarište. Žižna daljina (ili fokusno rastojanje) se tada definiše

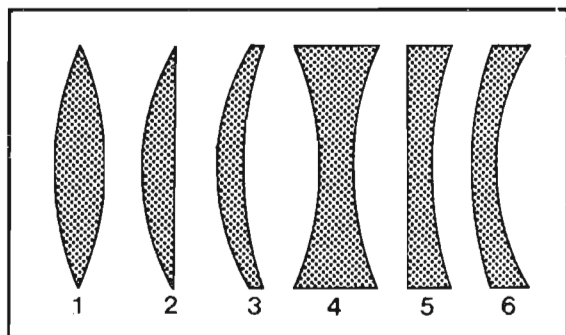
ukidanjem izraza $\frac{1}{p}$ koji teži nuli:

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{ili} \quad f = \frac{R_1 \cdot R_2}{(n - 1) (R_1 + R_2)}$$

Vodeći računa o posljednjem izrazu, jednačinu sočiva možemo napisati u obliku:

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

Jasno je da svako sočivo ima dva fokusa koja su podjednako udaljena od središta sočiva. Leće mogu biti različitih oblika ovisno o tome kakve su površine koje ih grade. Neki osnovni tipovi sočiva dati su na slici 5.



Sl. 5. Osnovni tipovi sočiva

1. Dvostruko ispupčeno(bikonveksno)
2. Ravno ispupčeno (plankonveksno)
3. Konveksni meniskus
4. Dvostruko udubljeno(bikonkavno)
5. Ravno udubljeno(plankonkavno)
6. Konkavni meniskus

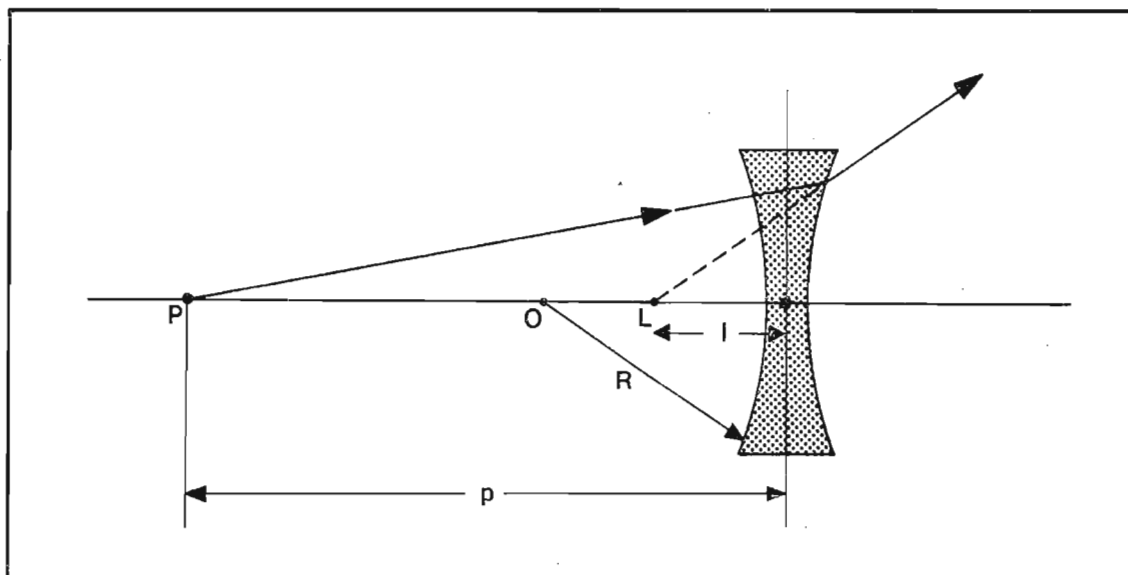
U praksi se sreće opšta podjela na sabirna (pozitivna) i rasipna (negativna) sočiva. Sabirna su uvijek deblja na sredini, a tanja na krajevima. Kod rasipnih sočiva imamo suprotnu situaciju. Za rasipna sočiva takođe vrijedi jednačina sočiva samo što treba voditi računa o predznacima. Na slici 6. je prikazano stvaranje lika kod rasipnog sočiva.

Optička moć ili optička jačina sočiva je recipročna vrijednost fokusnog rastojanja:

$$\omega = \frac{1}{f}$$

Ona se mjeri u dioptrijama koje su pozitivne za sabirna sočiva, a negativne za rasipna. Ako recimo imamo sočivo sa fokusom od 20 cm i ako je ono rasipno, tada je njegova optička jačina -5 dioptriya. Ili, ako imamo sabirno sočivo fokusa 2 m tada imamo optičku jačinu

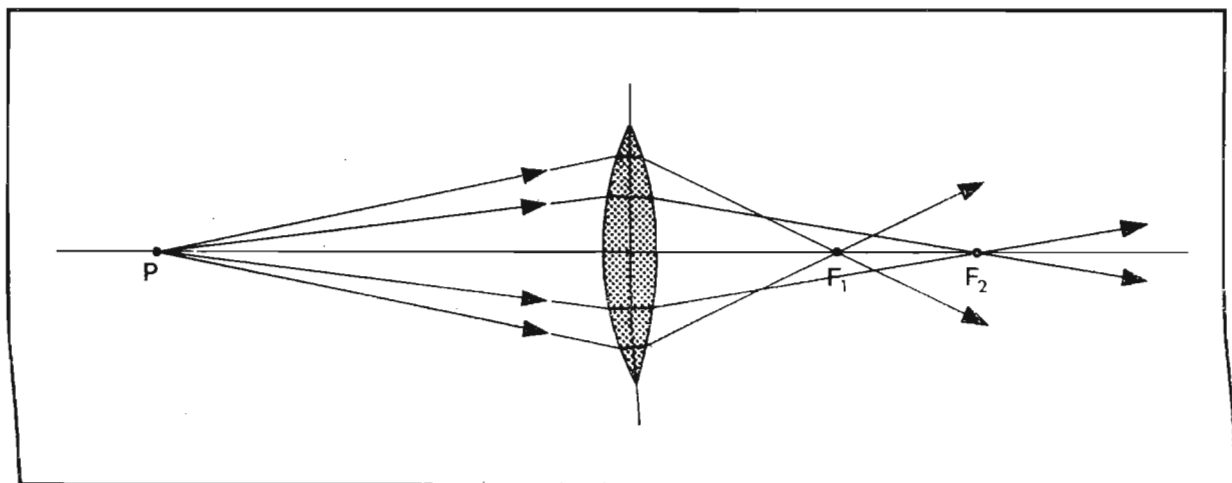
od $+0,5$ dioptrija. Tanka sočiva se najviše koriste u izradi naočara, pa se i dioptrija kao jedinica u ovoj oblasti najviše i koristi.



Sl. 6. Stvaranje lika kod rasipnog sočiva

ABERACIJE KOD SOČIVA

Jednačine koje smo opisali važe u opštem slučaju za idealni slučaj nekog teorijskog tankog sočiva. U stvarnosti, mi se susrećemo sa realnim sočivima raznih debljina i građenim od stakala različitih osobina. Zbog toga se u stvarnim uslovima opšte optičke zakonitosti odvijaju na drugačiji način i dešavaju se mnogobrojni nedostaci kod lika. Sve te greške ili aberacije mogu biti izazvane kako geometrijskim tako i fizikalnim razlozima. Glavni zadatak optike u astronomiji je da omogući dobijanje oštarih i pravilnih tačkastih likova zvijezda (i samim tim oštarih i pravilnih likova svih drugih posmatranih objekata).



Sl. 7. Shema nastanka sferne aberacije

Sferna aberacija

Sferna aberacija nastaje zbog toga što se zraci koji padaju na rubove sočiva jače prelamaju od zraka koji padaju na središnje zone. Na slici 7. prikazano je jedno dvostruko ispučeno sočivo. Tačka P nalazi se na optičkoj osi sočiva. Vidimo da pri prolasku svjetlosti kroz ovakvo sočivo dobijamo niz fokusa između F_1 i F_2 koji predstavljaju granična žarišta. Karakteristika sferne aberacije je da je ona prisutna i u slučaju kada je svjetlosni izvor smješten na osi sistema što nije slučaj sa drugim aberacijama koje (za jednobojni monohromatski, snop svjetlosti) tada iščezavaju.

Za negativno, dvostruko udubljeno sočivo sve bi se odvijalo na isti način ali bi aberacija imala suprotan znak. Kombinovanjem pozitivnih i negativnih sočiva moguće je u dobroj mjeri ispraviti sfernu aberaciju.

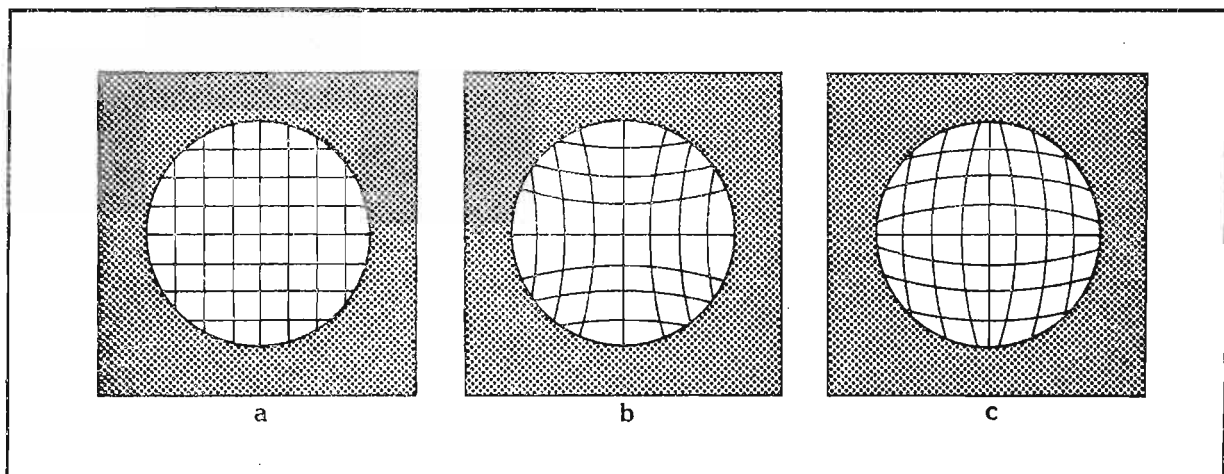
K o m a

Ako se neka svijetla tačka nalazi van optičke ose sočiva, tada njen lik neće biti tačkast, već će imati oblik složene mrljice koja liči na kometu sa repom. Otuda i potiče naziv za ovu aberaciju. Na formiranje komatičnog lika najviše uticaja imaju periferni zraci pa je postavljanjem zaslona (blendi ili diafragmi) moguće u velikoj mjeri smanjiti ovu aberaciju.

Astigmatizam i krivina polja

Astigmatizam je aberacija koja se takođe javlja kada je tačkasti izvor smješten izvan optičke ose. Lik više ne predstavlja tačku u ravni normalnoj na optičku osu sočiva već se "razvlači" tvoreći izdubljenu površinu. Astigmatizam se ispravlja podesnim izborom elemenata optičkog sistema kao što su poluprečnici površine, indeksi prelamanja i rastojanja između optičkih površina. Objektivi sa otklonjenim astigmatizmom se nazivaju anastigmati i daju veliko vidno polje sa ostrim likovima u jednoj ravni.

Krivina polja nastaje zbog toga što je fokalna ravan zakrivljena, pa se javlja zamućenje simetrično u odnosu na optičku osu.



Sl. 8. Distorzija lika. U slučaju (a) nema iskrivljenja a u slučajevima (b) i (c) prikazana su dva tipična iskrivljenja

Distorzija

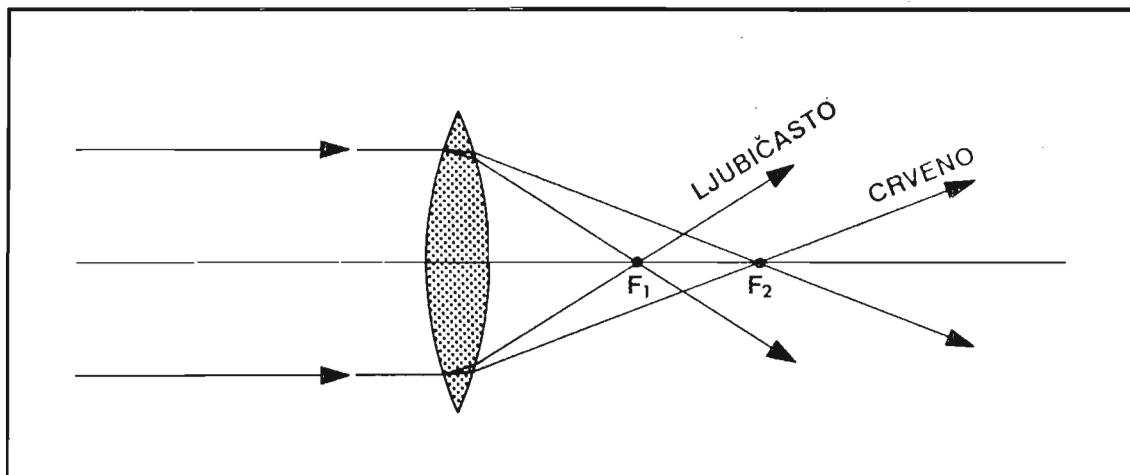
Kada zraci koje šalje predmet u sistem, grade velike uglove sa optičkom osom, onda lik koji daju uski snopovi zraka može da dobije još jedan oblik iskrivljenja. Praktično, uvećanja predmeta su različita u centru lika od uvećanja na periferiji lika. Ova aberacija je poznata kao distorzija i dva tipična oblika su prikazana na slici 8. (b i c)

U praksi, distorzija obično ne škodi pri posmatranjima ali je štetna kada se vrše snimanja u svrhu mjerenja položaja zvijezda, asteroida ili kometa na fotografskim pločama.

Hromatska aberacija

U našim prethodnim razmatranjima posmatrali smo monohromatski snop svjetlosti tj. svjetlost jedne talasne dužine ili uskog područja iz spektra vidljive svjetlosti. U stvarnosti, obično radimo sa bijelom svjetlošću građenom od niza boja. Indeks prelamanja zavisi od boje (odnosno talasne dužine) i zbog toga pri prelamanju svjetlosti kroz sočivo, razne boje će se različito prelamanje.

Sa slike 9. vidimo da se ljubičasti zraci prelamaju više i njihov fokus F_1 bliži je sočivu. Istovremeno, fokus crvenih zraka pada u tačku F_2 koja je dalja. Zbog hromatske aberacije ukoliko radimo sa prostim sočivom imat ćemo obojene likove.

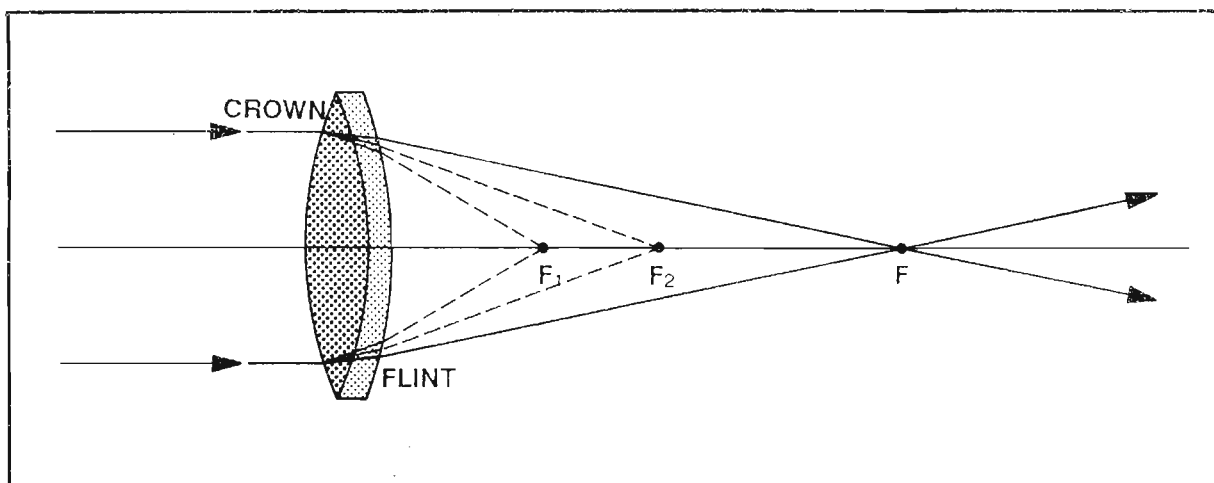


Sl. 9. Hromatska aberacija

Ovaj nedostatak se može u potpunosti otkloniti ako koristimo kombinaciju od dva sočiva sa različitim indeksima prelamanja. Tipična kombinacija izgleda kao na slici 10. . Bikonveksno sočivo građeno je od tzv. "crown" stakla, a drugo sočivo je rasipno od "flint" stakla. Ove dvije vrste stakla imaju različite indekse prelamanja i različite disperzije. Ovakvi objektivni nazivaju se ahromati.

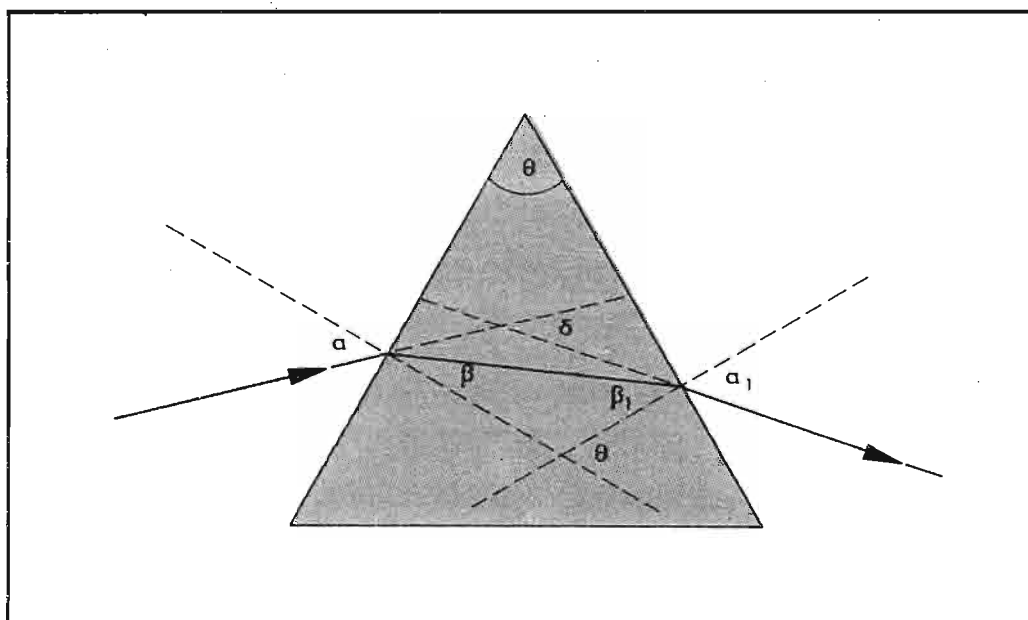
Prelamanje svjetlosti kroz prizmu

Optičke prizme su pravilno isječeni i uglačani komadi stakla sa ravnim stranama koje su



Sl. 10. Ahromatski objektiv

postavljene pod različitim uglovima jedna u odnosu na drugu. Najčešće srećemo prizme koje na presjeku imaju trouglast oblik. U astronomskim i drugim optičkim instrumentima, prizme se često koriste bilo za zakretanje svjetlosnog snopa ili njegovo razlaganje u spektar. Na slici 11. predstavljen je put nekog svjetlosnog zraka kroz prizmu.



Sl. 11. Prelamanje svjetlosti pri prolasku kroz prizmu

Ugao θ naziva se ugao prizme. Zrak ulazi pod uglom α i prelama se pod uglom β . Na drugoj površini imamo upadni ugao β_1 , i prelomni ugao α_1 . Sa δ je označen ugao skretanja (devijacije) prizme.

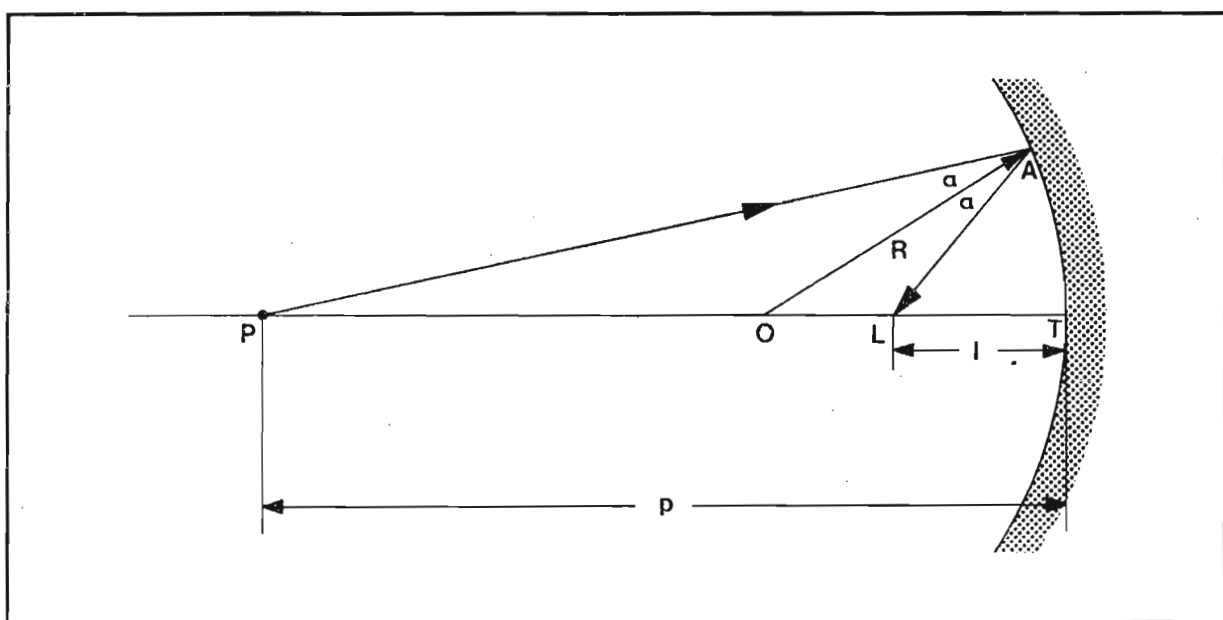
Korištenjem geometrijskih relacija može se doći do izraza:

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

U ovom slučaju je umjesto ugla δ uzeta njegova minimalna vrijednost, odnosno, posmatran je slučaj kada je skretanje najmanje.

Sferna ogledala

Sferna ogledala su zakrivljene površine ma kakvog radiusa koje su izglaçane ili prevučene reflektivnim slojem tako da odbijaju svjetlost. Posmatrajmo najprije tzv. udubljeno ili konkavno ogledalo (slika 12.).



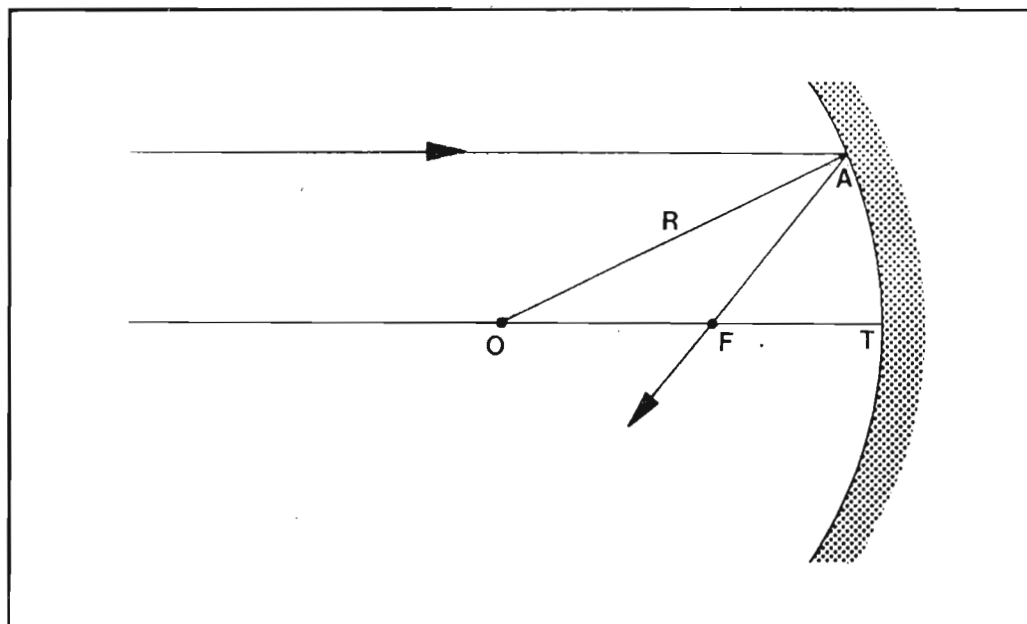
Sl. 12. Odbijanje svjetlosti na udubljenom sfernom ogledalu

Iz izvora svjetlosti (tačka P) polazi svjetlosni zrak i pada u tačku A na ogledalu. Tačka O je centar krivine odnosno tačka iz koje radius A opiše dio sferne površine koja obrazuje ogledalo. Prema zakonu o odbijanju svjetlosti zrak se u tački A odbija pod istim uglom pod kojim je došao i presjeca optičku osu ogledala u tački L. Tu je smješten lik tačke P (tačka L). Za svako konkavno sferno ogledalo vrijedi relacija:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{2}{R}$$

Ovo je približna formula koja se može koristiti u opštim razmatranjima. Ukoliko je tačka ili predmet P beskonačno daleko (Sl. 13) tada $p \rightarrow \infty$, a $\frac{1}{p} \rightarrow 0$. U tom slučaju direktno dobijamo da se lik mora nalaziti na udaljenosti $R/2$ od ogledala tj.

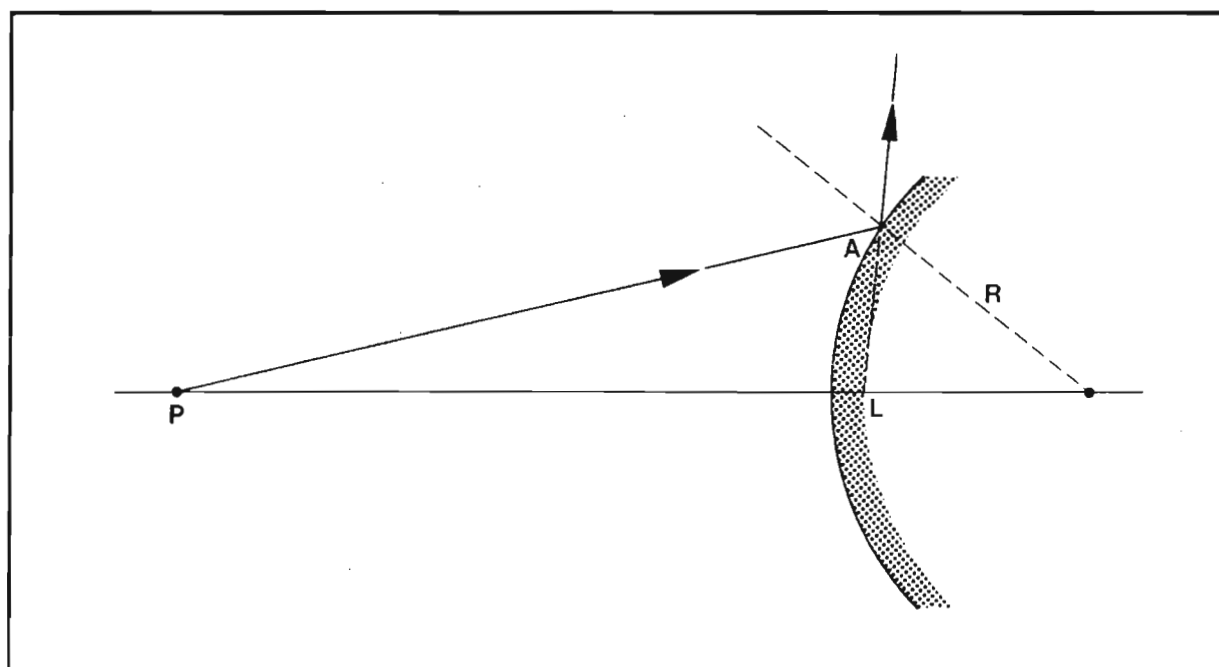
$$\frac{1}{l} = \frac{2}{R} \Rightarrow l = \frac{R}{2} \quad \text{ili} \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$



Sl. 13. Stvaranje lika beskonačno dalekog predmeta pomoću udubljenog sfernog ogledala.

gdje je f žižina daljina (fokusno rastojanje) konkavnog sfernog ogledala. Lik koji dobijemo u tački F je u ovom slučaju realan i smješten ispred ogledala.

Kada imamo drugi tip sfernog ogledala koje nazivamo ispupčeno (konveksno), važi slična relacija ali su predznaci drugačiji. Naime, l , R i f imaju negativne vrijednosti. Lik je smješten iza ogledala i imaginaran je. (Vidi sl.14.)

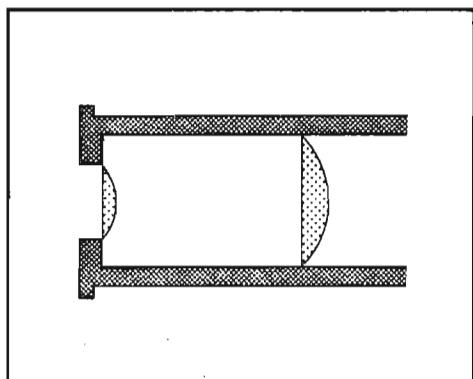


Sl. 14. Stvaranje lika kod ispupčenog sfernog ogledala.

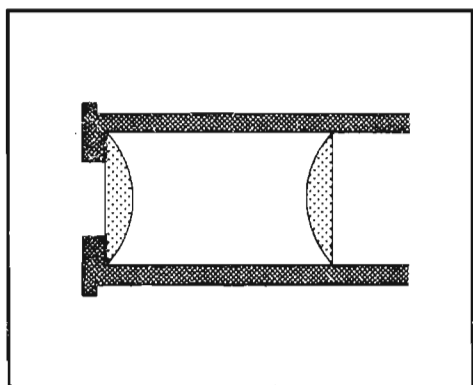
Aberacije koje smo spominjali kod sočiva, javljaju se i kod ogledala. Izuzetak je hromatska aberacija koja je vezana za prelamanje svjetlosti, a toga kod ogledala nema. Sferna aberacija se dovoljno uspješno rješava tako da se ogledalima umjesto sferno udubljenog oblika daje oblik paraboloida. Za potpuno ispravljanje slike koriste se kombinacije sa korekcionim sočivima.

Okulari

Uloga okulara je da uvećaju sliku koju daje objektiv teleskopa i time omoguće posmatranje. Smješteni su u posebna ležišta standardnih prečnika. Okulari moraju da posjeduju određene osobine i da se uklapaju u izvjesne optičke kriterijume. Aberacije treba da budu što je moguće manje, vidno polje ravno i bez unutrašnjih refleksija ("duhova"). Takođe, likovi posmatranih objekata treba da budu sjajni. U praksi nije moguće zadovoljiti sve ove osobine jednim tipom okulara. Zato se istovremeno treba koristiti raznim tipovima zavisno o vrsti posmatranja i potrebama posmatrača. Sada ćemo ukratko opisati one okulare koji se najčešće sreću.



Sl. 15.



Sl. 16.

Huygens-ov okular

To je jedan od najjednostavnijih okulara. Dobar je za dugofokusne refraktore. Kada se upotrebljava sa teleskopima kraćih fokusa, tada ima distorziju. Takođe je dobar za projekcije Sunca na neki ekran jer je fokus objektiva smješten između sočiva koja grade Huygens-ov okular pa nema grijanja optike. Jednostruka sočiva bez optičkih ljepljivosti takođe olakšavaju proiciranje Sunčevog diska. Vidno polje ovog okulara iznosi $40^\circ - 45^\circ$. (sl.15.)

Ramsden-ov okular

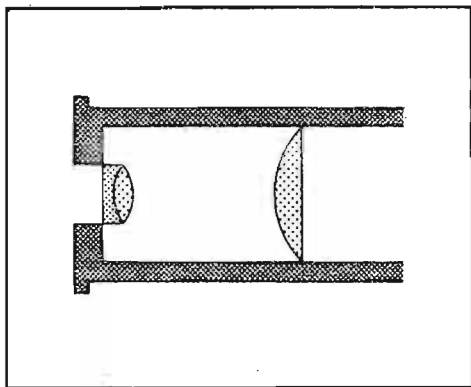
Ramsdenov okular je građen od dva plankenveksna sočiva koja su ispupčenim stranama okrenuta jedno drugom. Kod njega su sferna aberacija i krivina polja pristojno korigovani. Korisno vidno polje ovog okulara je oko 35° . (sl.16.)

Kellner-ov okular

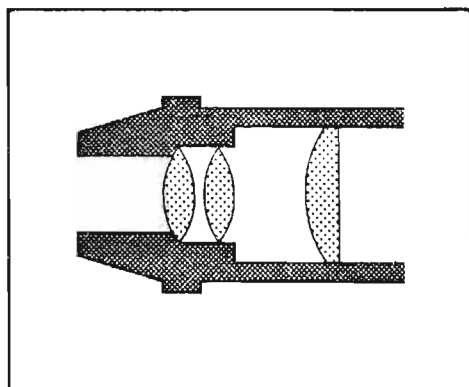
Prednje sočivo kod Kellner-ovog okulara je jednostruko kao kod Huygens-a, ali sočivo ispred oka je slijepljeni dublet. Polje je šire i bolje korigovano. Dobar je za posmatranja Mjeseca i planeta, te inače za kratkofokusne teleskope. (sl.17.)

Ortoskopski okular

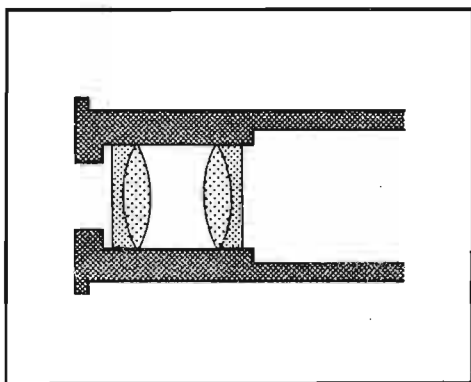
Pojavljuje se u više verzija. Sočivo koje je kod oka je triplet, međusobno slijepljenih sočiva. Odličan za kratkofokusne teleskope. Često se pojavljuje u amaterskoj praksi. (sl.18.)



Sl. 17.



Sl. 18.



Sl. 19

Plössl-ov okular

Ovo je izuzetno kvalitetan okular. Preporučuje se za kratkofokusne reflektore Newton-ovog tipa. Dosta je skup. Daje široko polje $40^\circ - 50^\circ$. (sl.19.)

Erfle okular

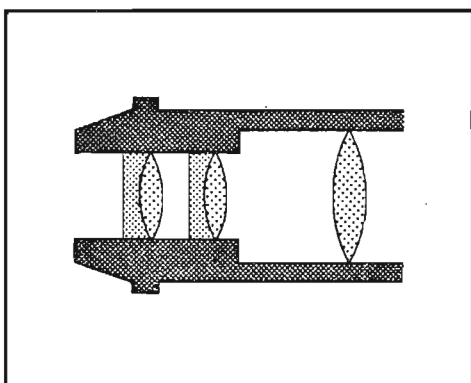
Erfle okular je specijalno dizajniran da daje super široko polje ($65^\circ - 75^\circ$). Loše osobine su mu distorzija slike blizu rubova vidnog polja. (sl.20.)

Toles okular

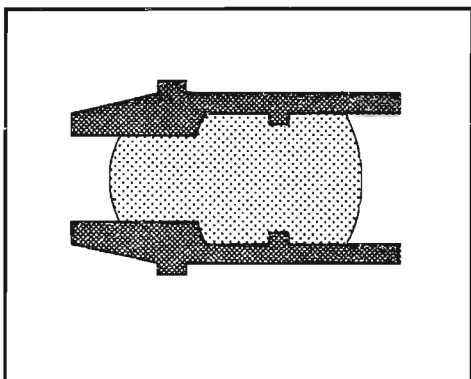
Toles ubrajamo u tzv. kompaktne okulare jer je brušen iz jednog komada stakla. Dobro je korigovan, ima tamno polje i sjajne likove. Nema "duhova" pa je dobar za posmatranja planeta. Vidno polje mu je malo, 30° . (sl.21.)

Monocentrični okular

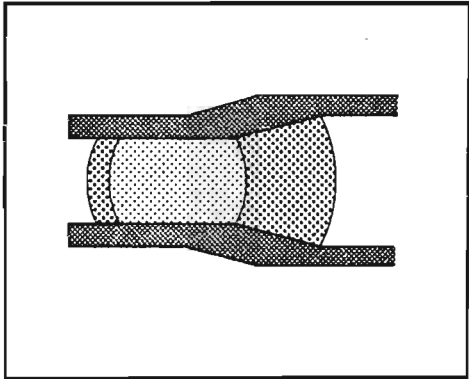
Ovo je takođe kompaktan okular ali slijepljen od tri elementa. Visoko korigovan i preporučljiv za reflektore Newton-ovog tipa. Ima ravno, tamno polje, bez duhova, prečnika $20^\circ - 30^\circ$. Pogodan za posmatranje planeta. (sl.22.)



Sl. 20.



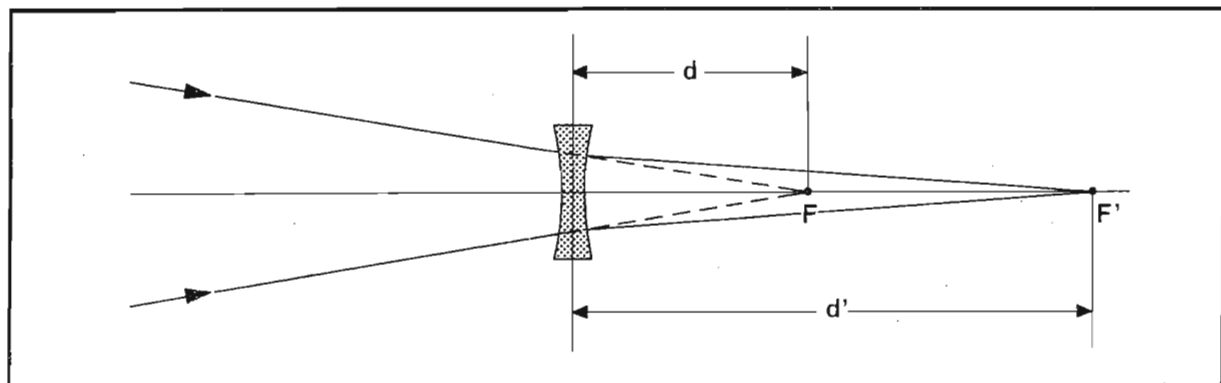
Sl. 21.



Sl. 22.

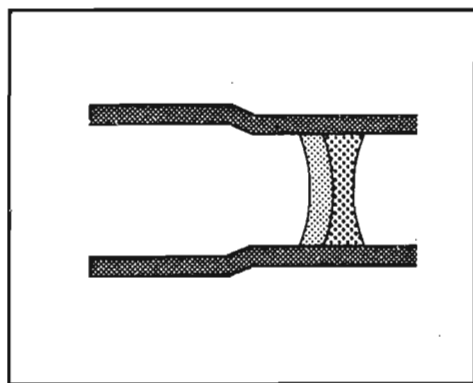
Barlow sočivo

To je negativno sočivo smješteno unutar konvergentnog snopa zraka u teleskopu, da bi se time postiglo optičko povećanje fokusnog rastojanja objektiva. Na Sl. 23. je dat shematski prikaz kako djeluje Barlow leća.



Sl. 23. Princip djelovanja Barlow leće.

Obično se pravi od dva plankonkavna, međusobno slijepljena sočiva. (Sl.24.) Postavlja se ispred okulara i može izuzetno korisno da posluži. Ako uvedemo sljedeće oznake:



Sl. 24.

F = fokusno rastojanje objektiva
 f_b = fokusno rastojanje Barlow-a
 M_b = faktor uvećanja Barlow-a
 d' = rastojanje Barlow leće od fokusa objektiva
 d = rastojanje Barlow-a od novog fokusa F
 tada vrijede sljedeće relacije:

$$F_{ek} = \frac{F \cdot f_b}{f_b - d}$$

$$M_b = \frac{F_{ek}}{F} = \frac{f_b}{f_b - d} \quad \text{ i } \quad d' = f_b (M_b - 1)$$

Za $d=0$, Barlow ne djeluje jer je $F_{ek} = F$, a $M_b = 1$.

Za $d=f_b$, $M_b = \infty$ što je nemoguće.

Primjer:

Neka imamo Newton teleskop prečnika 30 cm,

fokusa 200 cm ($f/6,6$) i Barlow sočivo

fokusa 7,5 cm i prečnika 5 cm.

$$F_{ek} = \frac{200 \cdot 7,5}{7,5 - 5} = 600 \text{ cm}$$

$$M_b = \frac{600}{200} = 3 \text{ puta}$$

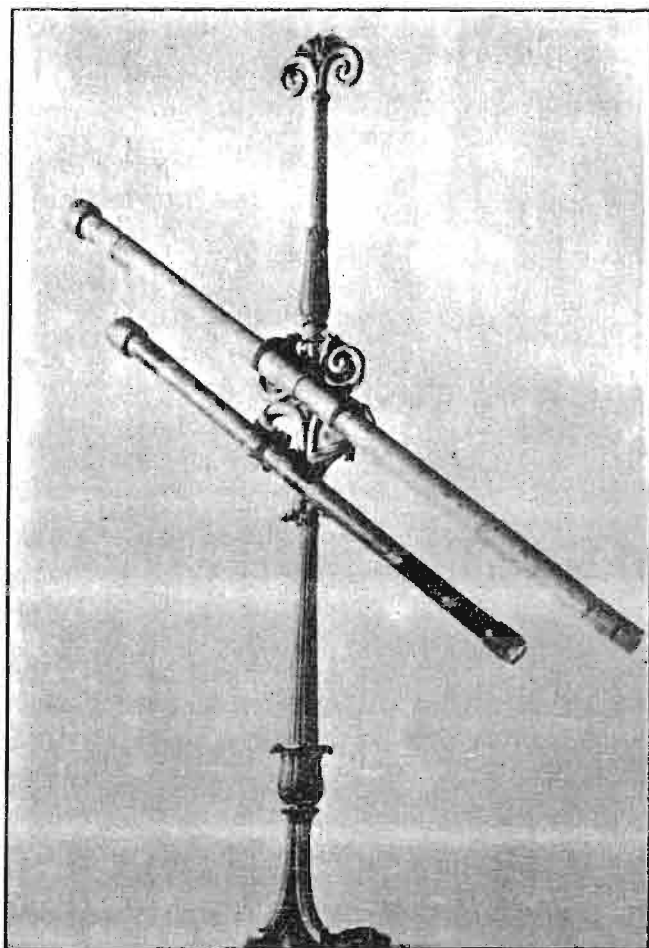
$$d' = 7,5(3-1) = 15 \text{ cm}$$

TELESKOPI

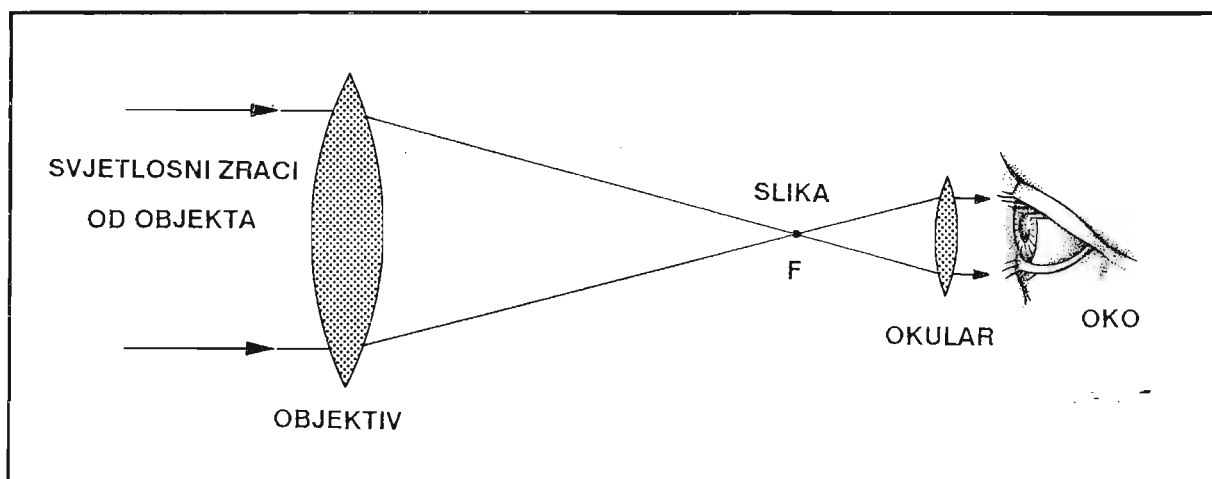
Kratki istorijski osvrt

Nema sumnje da je prvi nama poznat durbin konstruisan u Holandiji oko 1604. godine. U prvo vrijeme, ove "magične cijevi" koje su "privlačile" udaljene predmete, bile su korištene prvenstveno u vojne svrhe ili kao atrakcija na vašarima. Vijesti o epohalnom otkriću širile su se Evropom i doprle i do Italije gdje Galileo Galilej 1609. godine konstruiše svoj teleskop. Njemu se pripisuju i prva astronomska posmatranja Mjeseca, Sunca, planeta i zvijezda. U istom periodu takva posmatranja vrše i Simon Marius u Njemačkoj i Thomas Harriot u Engleskoj.

Galilejev teleskop bio je građen od sočiva i radilo se o prvom refraktoru (refrakcija-prelamanje). Naprijed je veće sočivo ili objektiv, a iza njegovog fokusa je drugo malo sočivo koje ima za cilj da uveća sliku koju u fokusu daje objektiv.



Sl. 25. Izgled Galilejevog refraktora.



Sl. 26. Shema teleskopa refraktora

Najveća poteškoća kod ovih ranih refraktora bila je hromatska aberacija. Nju su pokušali izbjeći konstrukcijama teleskopa ogromnih fokusnih rastojanja u kojima su se npr.

plavi i crveni fokus razmakli dovoljno da se po želji mogao birati jedan od monohromatskih



Sl. 27. Izgled prvog Newton-ovog reflektora

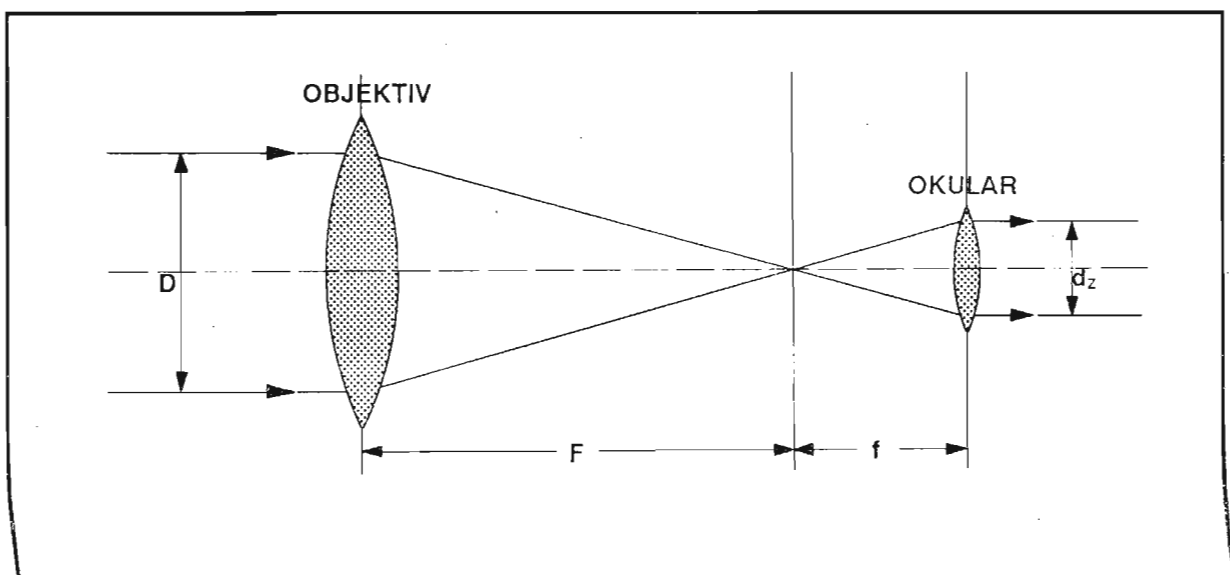
likova. Ovakvi teleskopi su zbog svoje dužine morali da se postavljaju na otvorenom prostoru i da se pomjeraju pomoću čitavog sistema jarbola, tegova i konopaca. To je bilo izuzetno nepraktično i naporno za posmatrače. Hevelius-ov "vazdušni teleskop" bio je dug oko 40 m i nalazio se u Danzing-u (današnjem Gdanjsku u Poljskoj). Poznati astronom Christian Huygens konstruisao je ovakav teleskop dug 50 metara. Otkrićem ahromatskog objektiva (John Dolland 1755.godine) prestala je potreba za ovakvim teleskopima.

Nekako u isto vrijeme počeo je i razvoj reflektorskih teleskopa zasnovanih na upotrebi reflektivnih udubljenih ogledala. Isaac Newton, nesumnjivo najveći poznavalac prirode svjetlosti tog doba brzo je shvatio da se zbog disperzije ne može dobiti perfektna slika u bijeloj svjetlosti. Ogledala ne razlažu svjetlost i on oko 1660.godine konstruiše prvi teleskop reflektor.

Kasnije dolazi do razvoja sve kvalitetnijih teleskopa, u početku refraktora, dok našem stoljeću pripada vladavina velikih reflektora uz razne kombinacije sa sočivima koja ispravljaju greške.

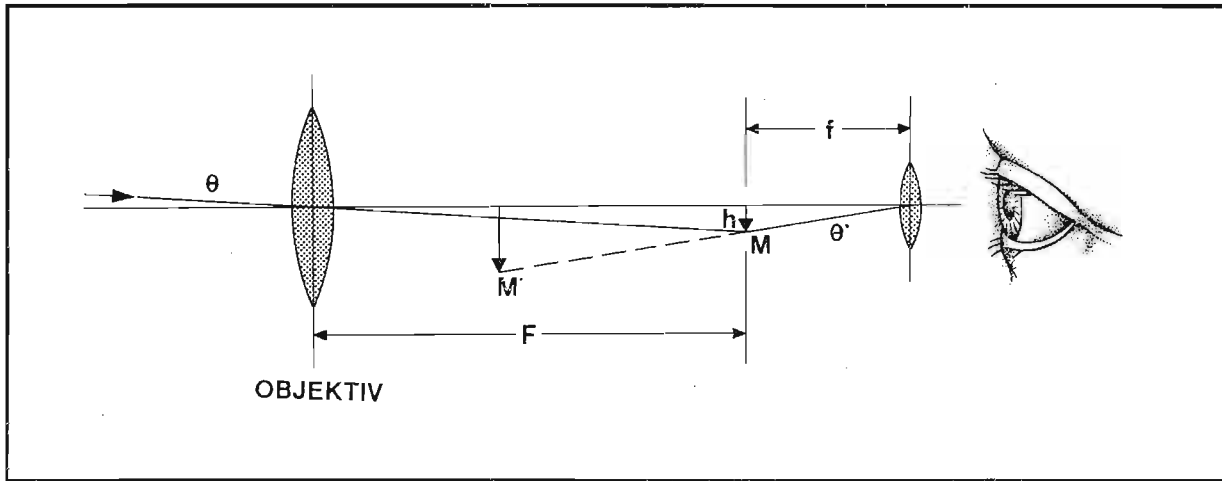
Osnovni parametri teleskopa

Teleskop se kao optički sistem može uporediti sa našim okom. Tako se objektiv teleskopa (nevažno da li je sočivo ili ogledalo) smatra "ulaznom zjenicom". Do pojma "izlazne zjenice" dolazimo tako što usmjerimo teleskop danju na čist dio neba, a neposredno iza okulara



Sl. 28. Shema ulazne i izlazne zjenice.

fokusu direktno zavisna od tog fokusnog rastojanja (F). Na slici 29. je shema hoda zraka u jednom refraktoru.



Sl. 29 Shema hoda zraka u refraktorskom teleskopu.

Ako je θ ugao pod kojim se vidi neki objekat, njegove dimenzije (recimo visina radi pojednostavljenja) u primarnom fokusu tj. visina lika M , onda vrijedi relacija:

$$h = \frac{\theta \cdot F}{k}$$

gdje je $k = 57,3$ (° po radijanu) kada je u stepenima, ili 3438 ako je u ugaonim minutama, odnosno 206.265 ako je u ugaonim sekundama. To su poznate relacije koje vrijede za male uglove θ .

Primjer: $\theta = 0^\circ, 53$ (prividni prečnik Sunca) $F = 120$ cm

$$h = \frac{0^\circ,53 \cdot 120}{57^\circ,3} = 1,1 \text{ cm} = 11 \text{ mm}$$

Znači, lik Sunca u fokusu ovog teleskopa imaće prečnik 11 mm. Ako sada taj lik posmatramo okularom (naravno ne bez vanjskog filtera-pročitaj odjeljak o posmatranju Sunca), to definišemo uvećanje teleskopa kao:

$$U = \frac{F}{f}$$

gdje su F i f fokusna rastojanja objektiv, odnosno okulara.

Primjer: $F = 120$ cm
 $f = 1,5$ cm

$$U = \frac{120}{1,5} = 80 \text{ puta}$$

Moć razdvajanja teleskopa

Teleskopom mi posmatramo izvore svjetlosti, pa zato, kao što smo već vidjeli, neki od talasnih efekata koji prate prostiranje svjetlosti dolaze do izražaja. Na sliku koju daje teleskop bitan uticaj ima difrakcija ili savijanje svjetlosti. Kada ravni talas sa beskonačno dalekog

izvora svjetlosti padne na objektiv teleskopa, na njegovim krajevima dolazi do difrakcije. Zbog toga mi u fokusu ne dobijamo svijetlu tačku već složenu difrakcionu sliku. Izgled ove difrakcione slike zavisi od toga da li je teleskop refraktor ili reflektor. Na nosačima sekundarnog ogledala reflektora dolazi do difrakcije koja unosi "zrake" koje se lako vide na fotografijama. U idealnom slučaju, kada je objektiv "okrugao" i bez ikakvih zasloni ispred, lik zvijezde se pokazuje kao mali disk okružen koncentričnim prstenovima čiji sjaj postepeno slabi.

Ako je λ talasna dužina svjetlosti, a α ugao pod kojim vidimo posljednji prsten na difrakcionom liku zvijezde, po teoriji difrakcije imamo relaciju:

α (u radijanima) = $1,22 \frac{R}{D}$ gdje je D prečnik objektiva.

Linearni radius prstena difrakcionog diska u fokusnoj ravni objektiva je:

$a = F \alpha = 1,22 \lambda \frac{R}{D}$ gdje je F fokus objektiva.

Ako izraz želimo dobiti u ugaonim sekundama:

$\alpha (") = 1,22 \frac{\lambda}{D} 206265 = 2,5 \frac{\lambda}{D} 10^5 = \frac{1}{40} \cdot \frac{\lambda (m)}{D (cm)}$

(F je ovdje zamijenjeno brojem 206265 iz poznate relacije za linearne dimenzije lika L u fokusnoj ravni, koja glasi:

$L = \frac{F (mm)}{206265}$ za jednu ugaonu sekundu).

Iz svega ovog je vidljivo da, pri konstantnoj talasnoj dužini, linearni razmjeri difrakcionog lika zavise isključivo od svjetlosne moći teleskopa (F/D). U praksi to znači da amaterski teleskop i najveći teleskop na svijetu, imaju iste linearne razmjere difrakcione slike. Ugaone dimenzije te slike sa druge strane zavise od prečnika teleskopa. Ako pokušamo da izračunamo vrijednost "a" za talasnu dužinu vidljive svjetlosti (550 nm) i za F/D = 1 (znači fokus teleskopa je jednak prečniku objektiva), dobićemo:

$\alpha" = \frac{13",84}{D (cm)}$ i $a = 1,22 \cdot 550 = 0,67$ mikrona (mikrometara)

Za druge vrijednosti F/D možemo koristiti slijedeću tablicu:

F/D	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20
Teorijski radius u mikronima	0,67	1,3	2,0	2,7	3,4	4,0	5,4	6,7	8,1	10,1	13,4

U praksi, kada govorimo o moći razdvajanja teleskopa, onda prije svega mislimo na to, koliko su mali detalji koje možemo vidjeti odvojeno, ili, što je još lakše za razumjevanje, da li možemo odvojeno vidjeti par međusobno bliskih zvijezda. Zbog relacija koje smo maločas napisali, jasno je da uvećanje nema nikakvu ulogu. Povećanje prečnika teleskopa jedino je koje ima uticaj. Neke teorijske vrijednosti moći razdvajanja teleskopa u funkciji prečnika date su u slijedećoj tabeli:

D (cm)	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	40,0
Moć razdvajanja (teorijska)	5"54	2"77	1"88	1"38	0"92	0"69	0"55	0"46	0"28

U praksi su vrijednosti moći razdvajanja, za dati prečnik, obično manje od teorijskih. Tako umjesto relacije:

$\alpha'' = \frac{13'',84}{D \text{ (cm)}}$, koristi se : $\Delta'' = \frac{12}{D \text{ (cm)}}$

Kada obavljamo direktna posmatranja, tada i naše oko postavlja dodatne uslove za moć razdvajanja teleskopa. Naime, moć razdvajanja ljudskog oka je oko jedne ugaone minute. Znači moramo koristiti takvo uvećanje da npr. neki zvjezdani par vidimo na rastojanju većem od 1' (ili 60"). To granično uvećanje je onda:

$U_g = 60 : \frac{12}{D} = 5 \cdot D \text{ (cm)}$

U praksi ćemo koristiti 3-4 puta veća uvećanja (odnosno 3U_g ili 4U_g).

Primjer: Teleskop ima prečnik 10 cm i fokus 150 cm.

Odnos F/D = 15.

$\alpha'' = \frac{13'',84}{10} = 1'',38$

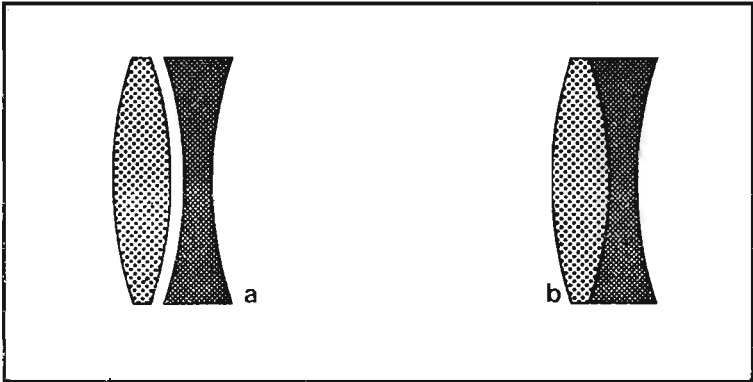
Linearni radius zvijezde je:

$a = 6,7 \mu$

Granično uvećanje je:

$U_g = 5 \cdot D = 50 \text{ puta.}$

Znači, pri ovom uvećanju bićemo u stanju da vidimo odvojeno dvije zvijezde koje su na rastojanju od 1'',38. U praksi je U_g = 150-200 puta.

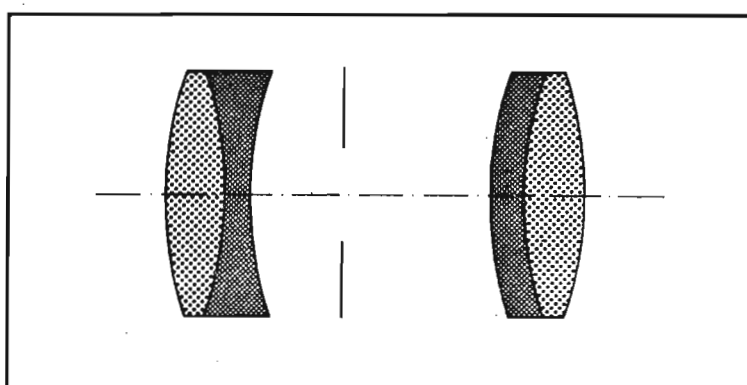


Sl. 30. Ahromatski dublet sa razdvojenim sočivima (a) i ahromatski dublet sa slijepljenim sočivima (b).

Objektivi refraktora

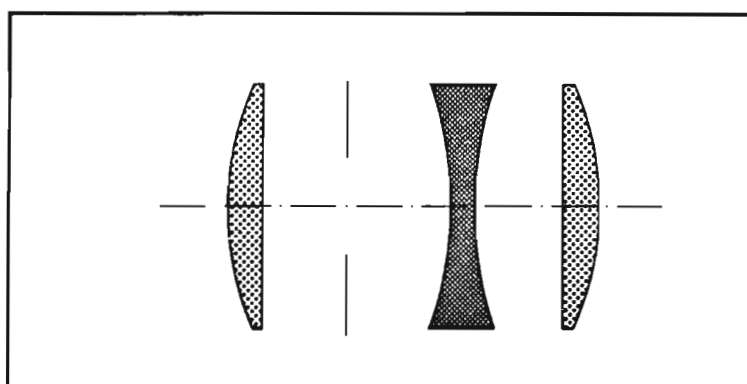
Danas se u astronomiji koriste isključivo ahromatski objektivi. Pri tome mogu da se pojave različite kombinacije. Kod amaterskih refraktora obično su to sistemi od dva sočiva (dubleti) i to u bliskom kontaktu. Oni mogu da budu malo razmaknuti ili međusobno sljepljeni nekim optičkim ljepljivom.

Kada se žele dobiti još kvalitetniji likovi, posebno je to važno u astrofotografiji, tada se koriste sistemi od 3 ili više sočiva. Jedan od prvih objektiv koji se počeo koristiti u astronomiji bio je Petzval-ov dublet. On je građen od dva pozitivna ahromatska dubleta i u dobroj je mjeri korigovan na aberacije.

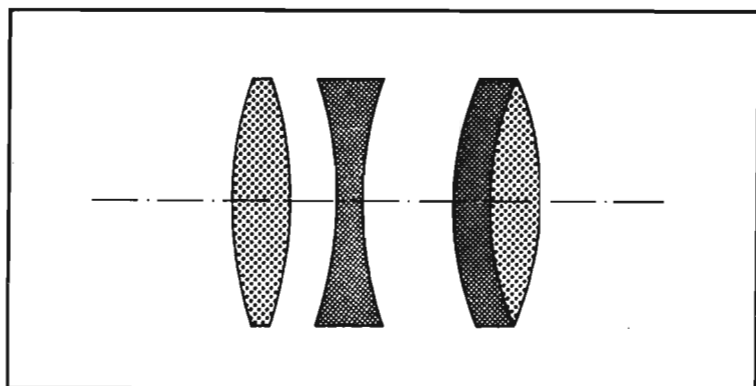


Sl. 31. Petzval-ov dublet

Kasnije se pojavio Cooke-ov triplet. Razradio ga je Denis Taylor iz firme "Cooke and Sons" krajem prošlog vijeka. Taylor je iskoristio tri obične leće koje su na određenim rastojanjima jedna u odnosu na drugu. Pri tome je srednje sočivo negativno. Ovakva kombinacija ima izvrsne osobine. Dobro su korigovani sferna i hromatska aberacija, distorzija, krivina polja, astigmatizam i koma. Astronomska opservatorija u Sarajevu posjeduje dvostruki astrograf za čije su objektivne iskorišteni ovi tripleti. Fokusna rastojanja su im 37,5 cm i f broj 4,5.

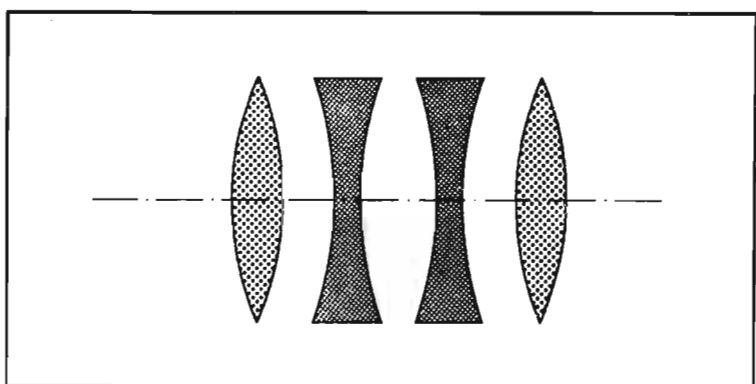


Sl. 32. Cooke-ov triplet.



Sl. 33. Zeiss Tessar.

Razvojem Cooke-ovog tripleta nastao je nekad čuveni i danas primjenjivani objektiv tipa Zeiss Tessar. Rossov astrogrfski objektiv se sastoji od četiri elementa. Daje visoko korigovano vidno polje prečnika 20° , a f broj mu je 7. Najveći objektiv ovog tipa imaju prečnike do 50 cm.



Sl. 34. Ross-ov objektiv

Ogledala za teleskope

Upotreba ogledala u astronomiji, posebno za teleskope, široko je rasprostranjena. Ona su znatno jeftinija od sočiva pa se zato i kod amatera mogu sresti relativno veliki prečnici. Refraktori većih prečnika od 10 cm praktično su nedostupni amaterima zbog visoke cijene. Sa druge strane, posebno u novije vrijeme uvođenjem tankih ogledala, prečnici 40 - 60 cm nisu rijetki kod amatera. Ogledala su najčešće udubljena u paraboloidnu formu, a mnogi amateri bruse ih sami. Opis tog posla je priča za sebe i nije planiran u okviru ove knjige. U skromnijim uslovima mogu da se koriste i sferna ogledala s tim da se njihov prečnik svjesno smanjuje nekom blendom (zaslonom kružnog tipa) kako bi se odstranili rubni zraci koji najviše doprinose stvaranju sferne aberacije.

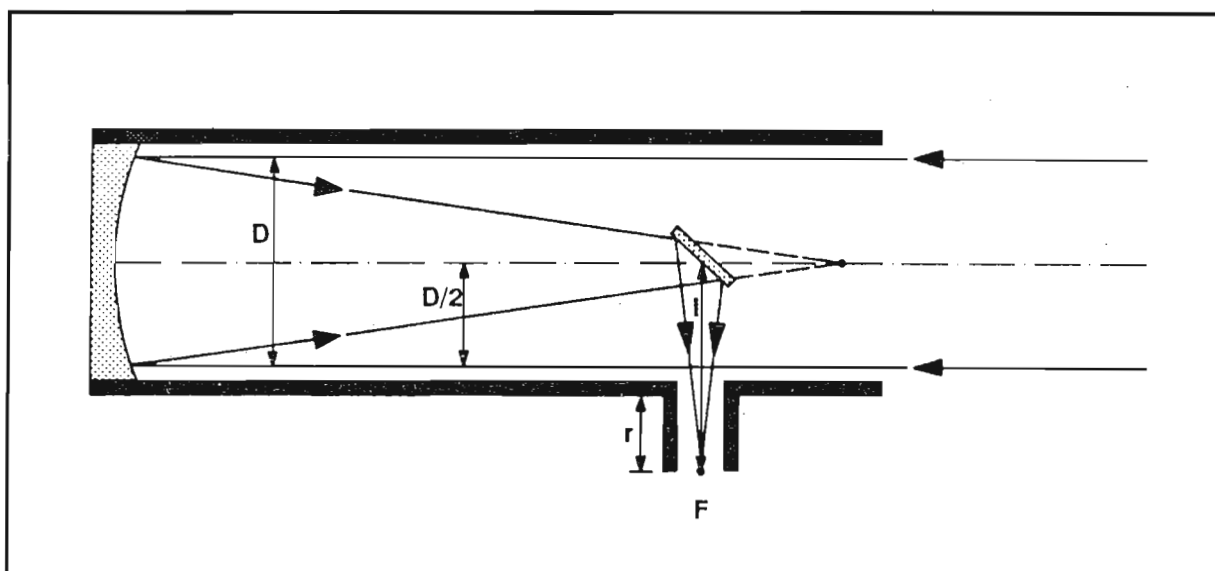
Manja ogledala se mogu praviti od običnog prozorskog stakla debljine barem 10 mm. Kod većih se koriste deblji stakleni diskovi od stakala sa malim termičkim koeficijentom širenja kakav je recimo široko korišteni Pirex. Još su kvalitetnija razna moderna keramička stakla. Gornja, udubljena površina ogledala presvlači se nekim reflektivnim slojem. Ranije se dosta koristilo srebro koje je srazmjerno jednostavno moguće nanijeti na staklo. Danas se to rijetko radi jer srebro brzo oksidira i osjetljivo je na dodir. U Jugoslaviji, dosta firmi, fakulteta i instituta posjeduje vakuumske komore za aluminizaciju metodom naparavanja.

Aluminijum nanesen u mikronskom sloju je reflektivan i čvrst materijal. Trajnost mu se produžava kada se preko njega napari sloj providnog silicium dioksida (kvarca). Tada ga je bezbjednije čistiti i održavati. Sa ogledalima se treba pažljivo postupati. Kada nisu u upotrebi, teleskopi, odnosno čelije sa ogledalima, treba da su pokriveni i zaštićeni od prašine i vlage. Vлага je posebno opasna pa je poželjno da se nekim sistemom laganog grijanja prostora ispod poklopca ogledala ona redovno otklanja. Takođe je dobar metod prekrivanja ogledala poklopcem od čvršćeg materijala na koji je zaljepljen sloj vate debljine desetak milimetara koja direktno naliže na ogledalo i upija vlagu.

Ako vlasnik ogledala zaključi da ga ipak treba očistiti onda se postupa na slijedeći način. Ogledalo se izvadi iz čelije i stavi u posudu sa mlakom destilovanom vodom. U njoj prethodno rastvorimo malo tečnog deterdženta koji garantovano ne sadrži sodu. Potrebno je zatim pripremiti neku meku, dosta puta otkuhanu i ispranu pamučnu krpu. Ona se potopi u posudu i blago prevlači preko ogledala nekoliko puta bez ikakvog pritiska. Poslije ovoga ogledalo izvadimo iz vode i isperemo u čistoj destilovanoj vodi. Zatim ga pažljivo naslonimo na obodnu stranu vodeći računa da nam se ne preturi i ne razbije. Kada voda sa ogledala oteče ostatak će nekoliko kapljica vode. Njih odstranimo nekim upijajućim materijalom (rižin papir). Ukoliko je na površini ogledala ostalo dosta vode, to je siguran znak da su ostale masne površine, odnosno da nije dobro očišćeno. Tada je neophodno ponoviti cijeli postupak. Kod ogledala koja su presvučena zaštitnim silicijumskim slojem moguće je čišćenje obaviti i acetonom ili alkoholom uz pažljiv postupak (bez velikog pritiska).

Newton-ov reflektor

Ovaj tip reflektorskog teleskopa se u amaterskoj astronomiji najviše koristi. Osnovni razlog je mala cijena i jednostavna izrada. Glavno ogledalo kod ovog teleskopa smješteno je na dnu cijevi (tubusa) u posebnoj čeliji. Svjetlosni zraci (sl. 35) ulaze na gornji dio tubusa, padaju na ogledalo i fokusiraju se u tački F. Da bi se mogla vršiti posmatranja sa Newton-ovim teleskopom, unutar tubusa, prije tačke F, postavlja se malo ravno ogledalo eliptičnog oblika. Ono ima aluminijumski sloj na strani okrenutoj glavnom ogledalu. Mala i velika osa elipse koja ovičava ovo ogledalo (sl. 36) su napravljene u odnosu $1:\sqrt{2}$ odnosno 1:1,41 tako da je projekcija ove elipse na ravan nagnuta 45° u odnosu na njega, kružnica.



Sl. 35. Shema Newton-ovog teleskopa reflektora.

Ako je l udaljenost centra sekundarnog ogledala od fokusne ravni, tada je minimalni prečnik sekundarnog ogledala ($d_{\min}$) koji je potreban da se cijeli snop svjetlosti reflektuje ka okularu koji je u tački F .

$$d_{\min} = D \frac{l}{F}$$

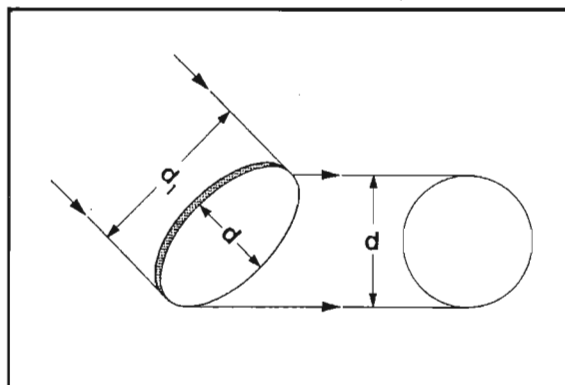
Ako je r dužina okularne cijevi,

$$\text{tada je } l = \frac{D}{2} + r$$

Primjer: $r = 10 \text{ cm}$

$D = 15 \text{ cm}$

$F = 120 \text{ cm}$



Sl. 36. Sekundarno ogledalo Newton-ovog teleskopa.

$$d_{\min} = D \frac{D/2 + r}{F} = 15 \frac{7,5 + 10}{120} = 2,187 \text{ cm}$$

Velika osa sekundarnog ogledala d_1 je: $d_1 = d \cdot 1,4 = 2,19 \cdot 1,4 = 3,066 \text{ cm}$.

Dobre osobine Newton-ovog reflektora su:

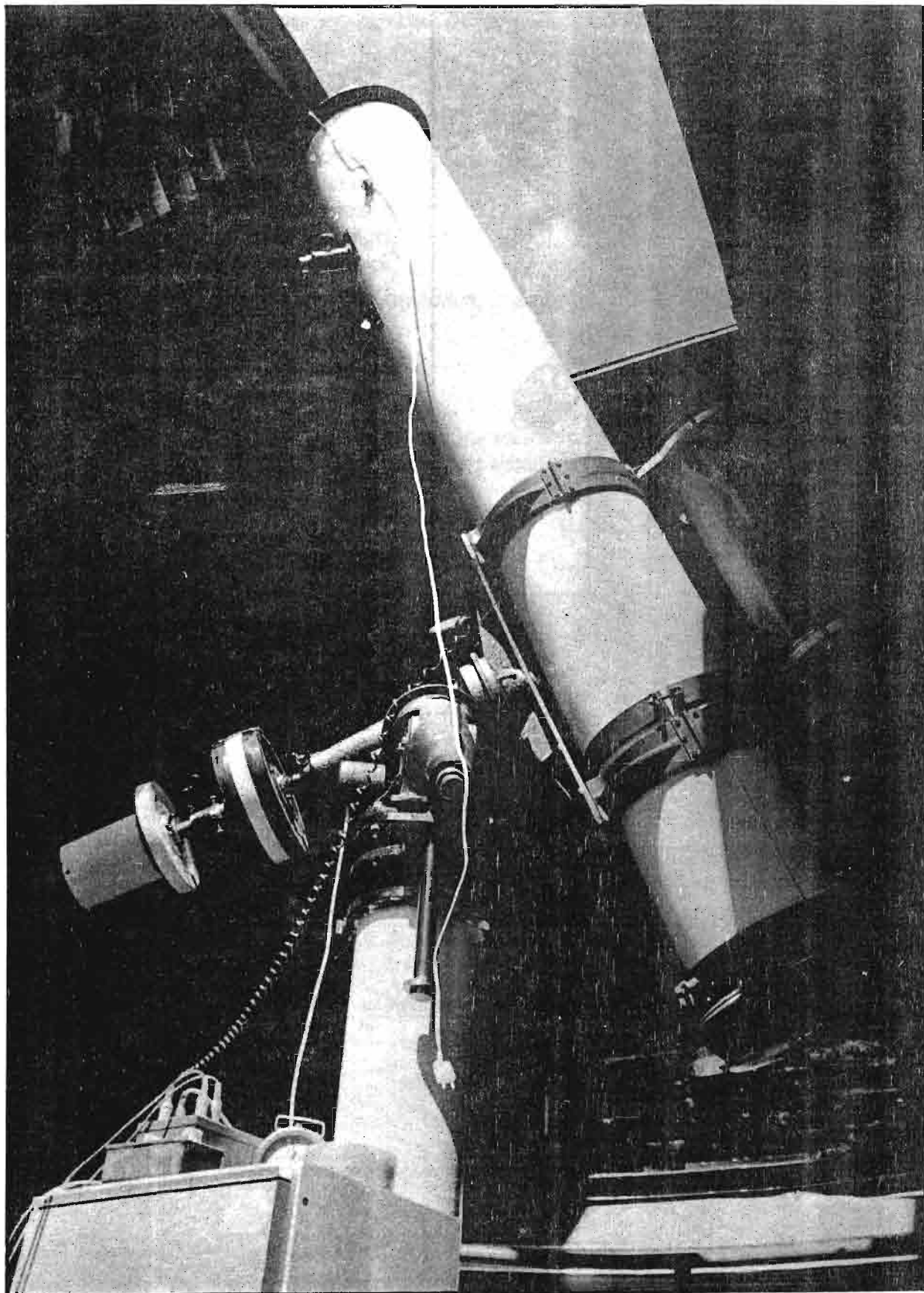
- odličan ahromatizam
- odličan kontrast slike (taman fon neba)
- lakoća konstrukcije i niska cijena - kraći tubus (cijev) od refraktora istog prečnika

Loše osobine Newton-ovog reflektora su:

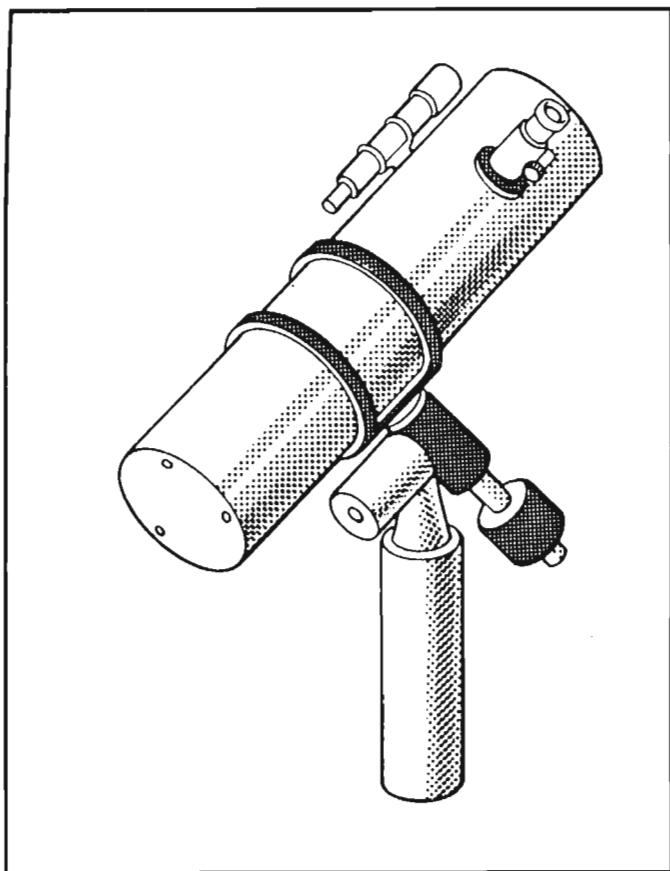
- jaka koma
- uticaj nosača i samog sekundarnog ogledala na pojavu difrakcionih zraka kod sjajnijih zvijezda
- kratka i nepraktična okularna cijev kod kratkofokusnih teleskopa ovog tipa
- "Nezgodan" visoki položaj okularnog dijela kod dugofokusnih Newton-ovih reflektora.

Što se tiče kome u slijedećoj tablici date su linearne dimenzije vidnog polja nakon kojih koma postaje neprihvatljivo velika. Y je ovdje radius vidnog polja (u mm) računajući od optičke ose.

F/D	3	5	7	9	11	13	15
Y (mm)	0,30	1,4	3,7	8,0	14,5	24	37



Sl. 38. "Waisala" reflektor Newton-ovog tipa koji se koristio na astronomskoj opservatoriji u Sarajevu u periodu od 1972. do 1986. godine.



Sl. 37. Izgled Newton-ovog reflektora

Cassegrain-ov reflektor

Za ovaj tip reflektora neophodno je u središtu glavnog ogledala napraviti centralni kružni otvor kroz koga prolaze zraci reflektovani od sekundarnog ogledala. Glavno ogledalo ima paraboloidnu formu, a sekundarno je okruglo i ima oblik konveksnog hiperboloida. Smješteno je na posebnim nosačima unutar tubusa, nešto ispred fokusa. (Sl.39). Ovo "negativno" ogledalo optički produžava zrake koje bi inače konvergirale u tački F. Na taj način moguće je podesnim oblikom ovog ogledala dobiti veoma duge fokuse uz razmjerno kratke tubuse.

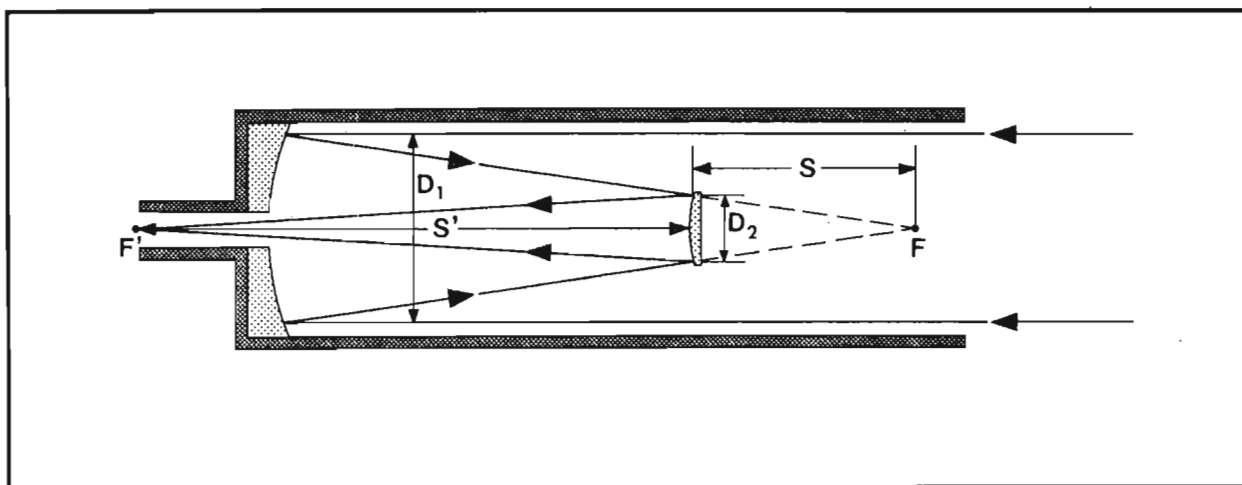
Obično je odnos F/D kod Cassegrain-ovog sistema za glavno ogledalo 4 do 7, a za konačni ekvivalentni fokus 12-20.

Ako uvedemo oznake:

f_1 = fokus glavnog ogledala (PF)

f_2 = fokus sekundarnog ogledala (ZF')

s' = udaljenost sekundarnog ogledala od primarnog fokusa (ZF)



Sl. 39. Shema Cassegrain-ovog reflektorskog teleskopa.

s = udaljenost sekundarnog ogledala od ekvivalentnog fokusa (ZF')

tada je:
$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{s} + \frac{1}{f_2}$$

Da bi se slika formirala neposredno iza primarnog ogledala mora $s' > s$.

Ekvivalentni fokus (f_{ek}) je:
$$f_{ek} = \frac{s'}{s} f_1$$

Uvedemo li D_1 (prečnik glavnog ogledala), imamo:

$$\frac{f_{ek}}{D_1} = \frac{s'}{s} + \frac{f_1}{D_1}$$

Da bi sekundarno ogledalo kod Cassegrain-a imalo prečnik dovoljan da reflektuje cijeli konvergentni snop koji dolazi sa primarnog ogledala, potrebno je da bude zadovoljen uslov:

$$\frac{D_2}{D_1} > \frac{s'}{f_1}$$

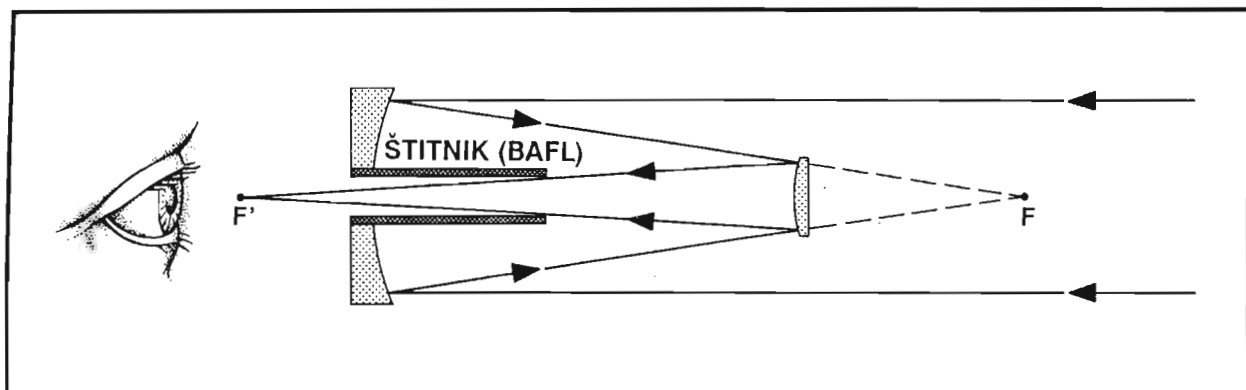
Dobre osobine Cassegrain-ovog reflektora:

- Radi se o vrlo kompaktnom teleskopu kod koga je sva optika smještena u kratkom tubusu i pored velikih fokusnih rastojanja.
- Velika fokusna rastojanja daju i veliki razmjer slike u fokusu.
- Koma je mnogo manje prisutna nego što je to kod Newton-ovog tipa.
- Sferna aberacija praktično ne postoji.

Loše osobine Cassegrain-ovog reflektora:

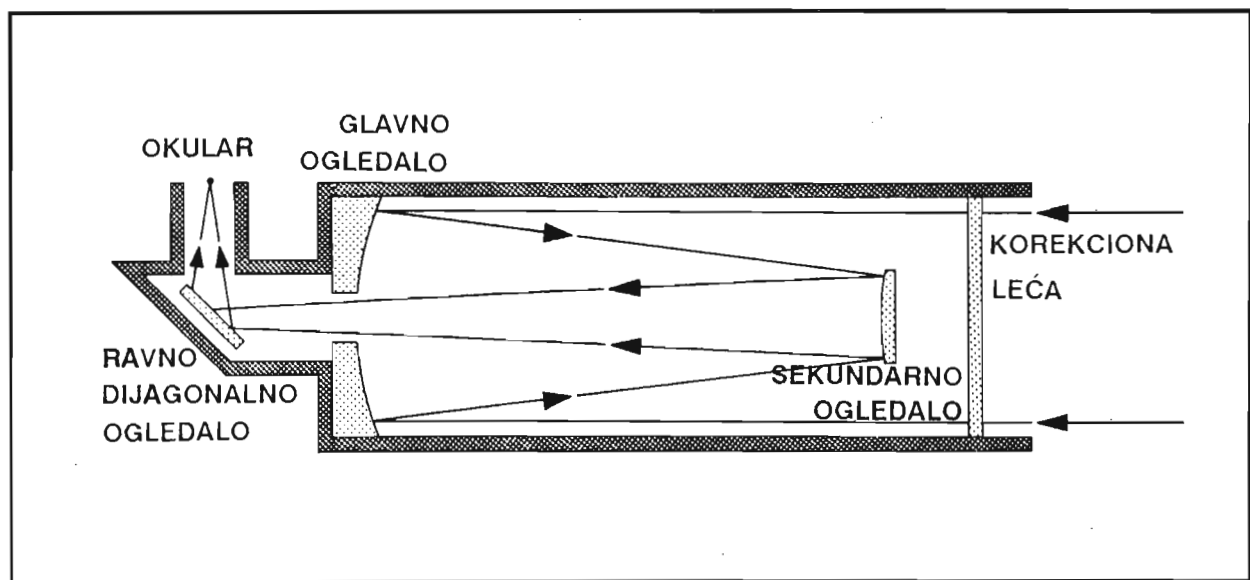
- Kontrast slike je slabiji zbog direktnog upada svjetlosti neba u okularnu cijev. U praksi se to rješava postavljanjem unutrašnje zaštitne cijevi (baffle) koja je smještena u otvoru glavnog ogledala i ima dovoljnu dužinu da zakloni okularni dio teleskopa. Slika 40. daje shemu ovog štitnika za svjetlost.
- Malo vidno polje.
- Astigmatizam i krivina polja su jači nego kod Newton-ovog reflektora.
- Skup je jer je teško uraditi hiperboloidno sekundarno ogledalo i bušiti otvor u glavnom ogledalu.

Pored dva osnovna sistema reflektora koje smo opisali, postoji čitav niz sistema sa različitim kombinacijama ogledala, krivina, međusobnih rastojanja i slično. Mnogi od ovih optičkih sistema konstruisani su za posebne namjene. Tako recimo, u astronomiji poznati, sistem Ritchey-Chretien je namjenjen za dobijanje ravnog, dovoljno velikog polja za snimanje.



Sl. 40. Štitnik od rubnih zraka (BAFL) u Cassegrain-ovom teleskopu.

Oba ogledala imaju hiperboloidnu formu. Takođe, kod nekih sistema uvedena su korekciona sočiva ispred teleskopa ili unutar tubusa. Tako, široku primjenu za snimanje velikih površina neba imaju tzv. Schmidt kamere koje sa posebno izrađenom korekcionom lećom, koja je smještena na prednjem dijelu tubusa. Ovakav sistem gotovo u potpunosti ispravlja sfernu aberaciju, krivinu polja i komu. Pri tome je glavno ogledalo sfernog oblika. Na ovoj bazi konstruisani su visoko korigovani teleskopi tipa Schmidt-Cassegrain koje amateri u svijetu



Sl. 41. Shema Schmidt-Cassegrain-ovog teleskopa.

(a pomalo i kod nas) dosta koriste. Sličan sistem, ali sa jednostavnijom korekcionom lećom razradio je Maksutov, pa se i takvi sistemi koriste za amaterske teleskope i kamere za snimanje većih površina neba.

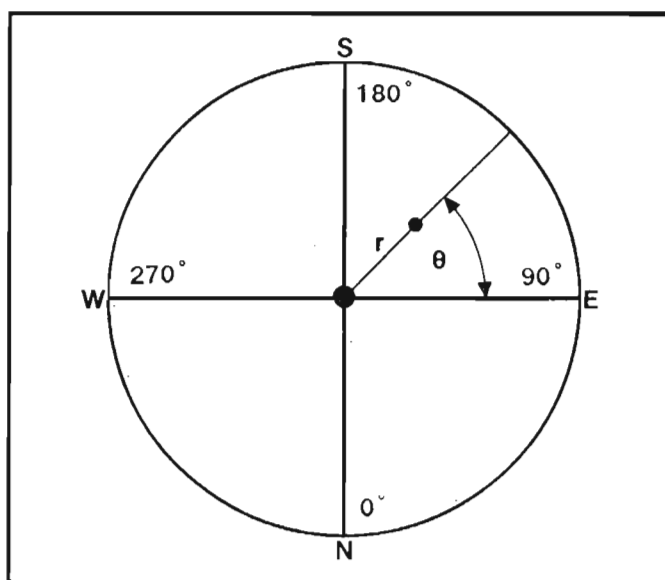
MIKROMETRI

Da bi se precizno odredio položaj nekog nebeskog objekta u odnosu na neki susjedni, koriste se mikrometri. Da bi mjerenje koje na ovaj način vršimo bilo dovoljno precizno, neophodno je da poredbeni zvijezda ili drugi referentni objekat bude približno istog sjaja kao i onaj koga mjerimo. Takođe je bitno da su oba dovoljno blizu jedan drugome jer je time

tačnost mjerenja veća. Za našu poredbenu zvijezdu neophodno je poznavanje koordinata odnosno rektascenzije i deklinacije. Mikrometrom tada mjerimo razliku između rektascenzije i deklinacije poznatog i nepoznatog objekta i time dolazimo do tačnih podataka o položaju ovoga posljednjeg. Prilikom uzimanja podataka iz kataloga, potrebno je voditi računa na koju epohu se odnose koordinate koje su date.

Mikrometara ima raznih vrsta. Kod većine osnovna je namjena mjerenje koordinata, a mikrometri sa koncem nam omogućavaju da izmjerimo još dvije veličine-pozicioni ugao i ugaono rastojanje dva objekta. Ovakva mjerenja se koriste isključivo za dvojne zvijezde. Postoji matematička veza između razlike koordinata i pozicionog ugla odnosno ugaonog rastojanja. Neka je:

θ - pozicioni ugao nepoznatog objekta u odnosu na poredbenu zvijezdu (poredbena može biti primarna komponenta u dvojnem sistemu). θ ima vrijednosti kao na sl.42. .



Sl.42. Oznake u vidnom polju mikrometra.

r = ugaono rastojanje

α, δ - rektascenzija i deklinacija poredbene zvijezde

α', δ' - rektascenzija i deklinacija nepoznatog objekta

$$\Delta \alpha = \alpha - \alpha'$$

$$\Delta \delta = \delta - \delta'$$

$$\delta^{\circ} = \frac{\delta + \delta'}{2}$$

$$\sin \frac{\delta \cdot \alpha}{2} = \sin \frac{r}{2} \sin \theta \sec \delta^{\circ}$$

$$\sin \frac{\Delta \delta}{2} = \frac{r}{2} \cos \theta \sec \frac{\Delta \alpha}{2}$$

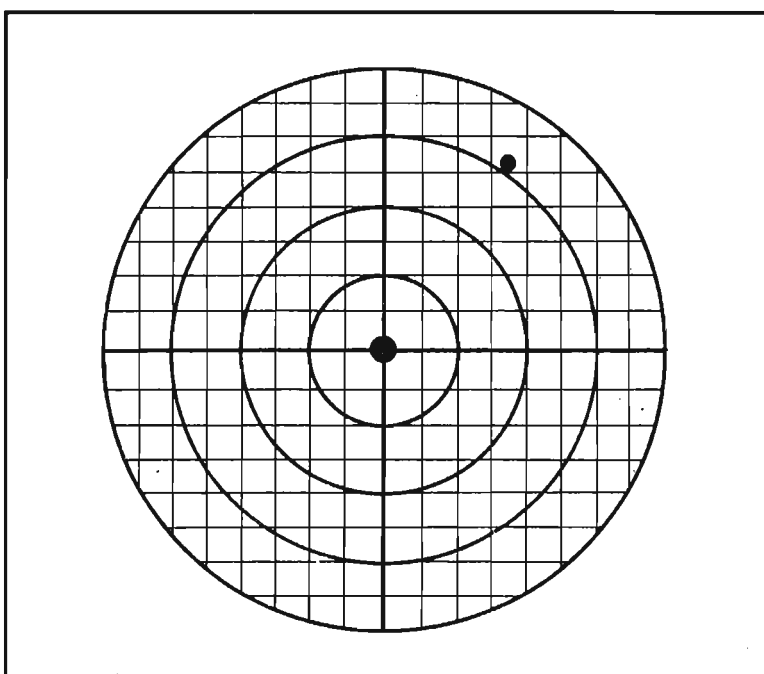
Ako su mjereni objekti veoma blizu jedan drugom, tada vrijedi aproksimacija:

$$\Delta \alpha = r \sin \theta \sec \delta^{\circ}$$

$$\Delta \delta = r \cos \theta$$

Prilikom postavljanja konaca mikrometra ili mrežice na staklu potrebno je imati na umu da lik zvijezde mora da je tačno u ravni tih konaca ili mrežice. Drugim riječima, nitni krst malkog tipa, koji koristimo za mikrometar, mora ležati u fokalnoj ravni objektiva. Ako ovaj uslov nije zadovoljen, doći će do paralaktičnog pomjeranja slike zvijezde. Samo pozitivne okulare možemo koristiti sa mikrometrima. Ukoliko bi se posmatranje vršilo negativnim okularima kakav je recimo Huygens-ov, tada bi nitni konci bili vidljivi samo onom lećom koja je bliža oku i razne aberacije bi došle do izražaja. S druge strane, koristeći pozitivan okular kao što je npr. Ramsdenov, posmatranje se vrši u čitavom optičkom sistemu okulara.

Slade-ov ili ugravirani mikrometar



Sl. 43. Slade-ov Mikrometar.

Ovo je jednostavan i dosta tačan mikrometar. Na staklenom disku je ugravirana ortogonalna mreža sa ili bez koncentričnih krugova. Ova staklena pločica postavljena je u fokusnoj ravni pozitivnog okulara. Ugaono rastojanje pojedinih linija lako odredimo posmatrajući kretanje zvijezde sa poznatom deklinacijom u vidnom polju. Poslije toga možemo koristiti ovakav mikrometar na sljedeći način:

a) rotiramo okular sa mrežom dok ne postignemo da su nam oba objekta u svom dnevnom kretanju paralelna sa linijama mreže. Broj kvadratića između te dvije linije u mreži daje nam razliku deklinacije. Vidi sliku 43.

b) broj kvadratića i dijelova kvadratića mjerenih u smjeru dnevnog kretanja naša dva objekta, daje nam razliku rektascenzija ($\Delta \alpha$).

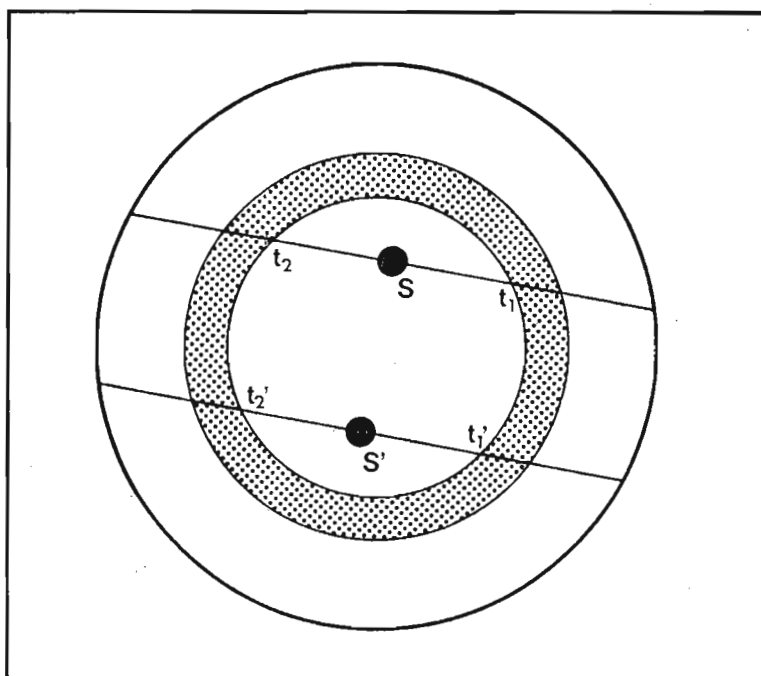
Na primjeru našeg crteža imamo sljedeće podatke:

Ako je stranica jednog od kvadratića prečnika $4'$, tada je:

$$\Delta \delta = 21' \quad \Delta \alpha = 15' = 1^m \quad (\text{uz pretpostavku da su nam zvijezde na nebeskom ekvatoru})$$

Prstenasti mikrometar

Kod ovakvog tipa mikrometra koristi se tanki neprozirni prsten montiran na staklenu pločicu koja se nalazi u fokusu objektiva teleskopa. (Sl.44.). Unutrašnji i vanjski rubovi ovog prstena su koncentrični. Prije nego obavimo bilo kakva mjerenja potrebno je precizno odrediti prečnike unutrašnjeg i vanjskog kruga prstena. To činimo na slijedeći način:



Sl.44. Prstenasti mikrometar.

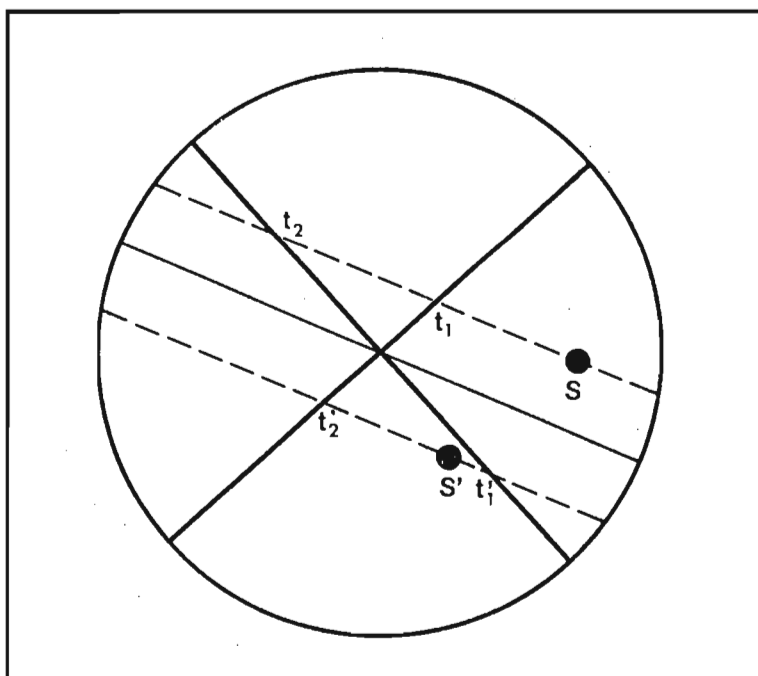
Puštamo zvijezdu poznate deklinacije da se kreće preko središta prstena (dijametrom) i mjerimo vrijeme potrebno da zvijezda prođe sa jednog kraja na drugi. Takvih mjerenja izvršimo veći broj i nađemo srednju vrijednost. Zatim vrijeme pretvorimo u ugaone minute i sekunde prema poznatim formulama. Polovina od dobijene vrijednosti predstavlja radius R . S obzirom da tačan položaj prečnika našeg prstena možemo određivati samo procjenjivanjem, jer nismo nikada sigurni da li nam se zvijezda kretala po dijamentru ili po nekoj od tetiva. Zato ova metoda ima aproksimativnu vrijednost. Ako želimo da sve ovo sprovedemo mnogo tačnije onda postupamo na slijedeći način:

Izaberemo dvije zvijezde koje su blizu meridijana (time se izbjegava uticaj refrakcije u atmosferi). Njihove deklinacije znamo iz kataloga. Najbolje je potražiti kakav sjajni rasijski skup (npr. Plejade) u kome ima dovoljan broj parova zvijezda koje su blizu jedna druge da obje mogu stati unutar našeg prstena. Posmatrajmo sliku 44. . Dvije zvijezde S i S' prolaze kroz vidno polje teleskopa. t_1 i t_2 su trenutci u zvjezdanom vremenu kada zvijezda S dodirne jedan i drugi kraj unutrašnjeg kruga, a t'_1 i t'_2 su odgovarajuća vremena za S' . Pri tome zvijezda S ima koordinate α i δ , S' (α' , δ') Unutrašnji radius R prstena može se odrediti na slijedeći način:

$$R = \frac{\Delta \delta}{2 \cos A \cos B}$$

Mikrometar sa presječenim krstom

Sastoji se od dvije deblje uzajamno normalne niti i jedne tanje koja ih presjeca pod jednakim uglovima (vidi sliku 45.).



Sl. 45. Mikrometar sa presječenim krstom.

Konstrukcija je jednostavna ali se ne može koristiti sa azimutski montiranim teleskopima. Deblje niti se mogu napraviti od žice za osigurače (10 Amp), a treća nit takođe od takve žice ali tanje. Sve tri se mogu zalemiti na mesingani prsten prečnika 25 mm. Da bismo precizno postavili sve tri žice potrebno je napraviti izdijeljen krug na papiru i na osnovu ucrtanih stepeni možemo lako da napravimo naš presječeni krst.

Puštamo zvijezde da se kreću paralelne sa najtanjom niti u svom dnevnom kretanju. Označene su na našem crtežu sa S i S'. Zabilježimo četiri vremenska trenutka t_1 , t_2 , t'_1 , t'_2 .

Tada su:

$$\Delta \alpha = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t'_1 + t'_2}{2}$$

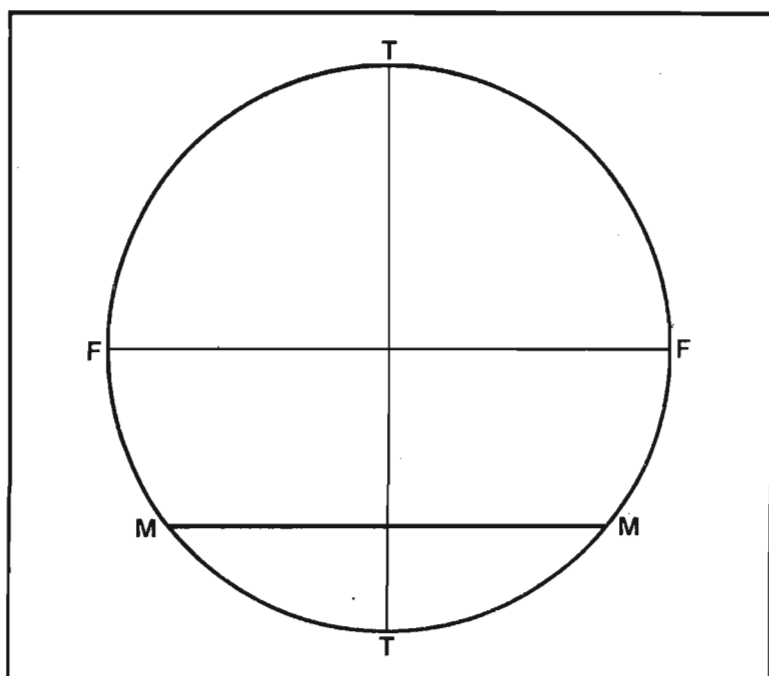
$$\Delta \delta = \frac{1}{2} [(t_2 + t_1) + (t'_2 + t'_1)] 15 \cos \delta$$

Pri tome je rektascenzija u sekundama vremena, a deklinacija u lučnim sekundama.

Mikrometar sa koncima

Ovaj tip mikrometra sadrži u sebi niti od kojih je jedna ili više njih pokretna. Sve je smješteno u fokusnoj ravni i posmatra se nekim pozitivnim okularom. Pomična nit se pomjera zavrtanjem čija je glava kalibrisana nekom podjelom u stepenima ili stotim dijelovima

stepena. Na slici 46. prikazano je vidno polje jednog ovakvog mikrometra. TT je tranzitna nit, FF je fiksirana nit, a MM je pomična i može se pri obrtanju zavrtnja kretati duž TT ostajući pri tome paralelna sa FF. U slučajevima kada želimo postići veću preciznost, koristimo umjesto TT čitavu mrežu vertikalnih niti.



Sl. 46. Mikrometar sa koncima.

Obično se čitav mikrometar može rotirati oko optičke ose i njegova trenutna orijentacija može se očitati na izgraviranom prstenu oko koga se okreće. Ponekad se uvodi i druga nit koja se kreće paralelno sa TT ili se umjesto jedne pomične MM uvedu dvije koje se kreću duž TT.

Prednosti ovakvog mikrometra su u činjenici da je veoma precizan i da omogućava sprovođenje nekoliko vrsta mjerenja. Međutim, teško ga je praviti dovoljno preciznog u amaterskim uslovima. On mora posjedovati posebno osvjetljenje da bi se niti vidjele na pozadini neba.

Neki praktični problemi izrade mikrometara

Jedan od bitnih činilaca za uspješnu upotrebu mikrometra je vidljivost niti koje on sadrži. To osvjetljavanje vidnog polja može se izvesti na tri osnovna načina:

- niti su tamne na osvijetljenom polju
- niti su osvijetljene i sjajnije od tamne pozadine
- niti su tamne i polje iza njih je takođe tamno

Kada se radi o sjajnijim zvijezdama tada je metoda (a) veoma pogodna. Kada su zvijezde slabog sjaja tada ovaj način nije prihvatljiv. Pokazuje se u praksi da uvođenjem crvene svjetlosti za osvjetljenje vidnog polja, možemo ići sa još slabijim zvijezdama od limita za ovaj tip osvjetljavanja. Osvjetljenje se može izvesti stavljanjem male sijalice direktno u tubus. Poželjno je da ona bude usmjerena na bijeli ekran koji je rasipa ka okularu i čini difuznom.

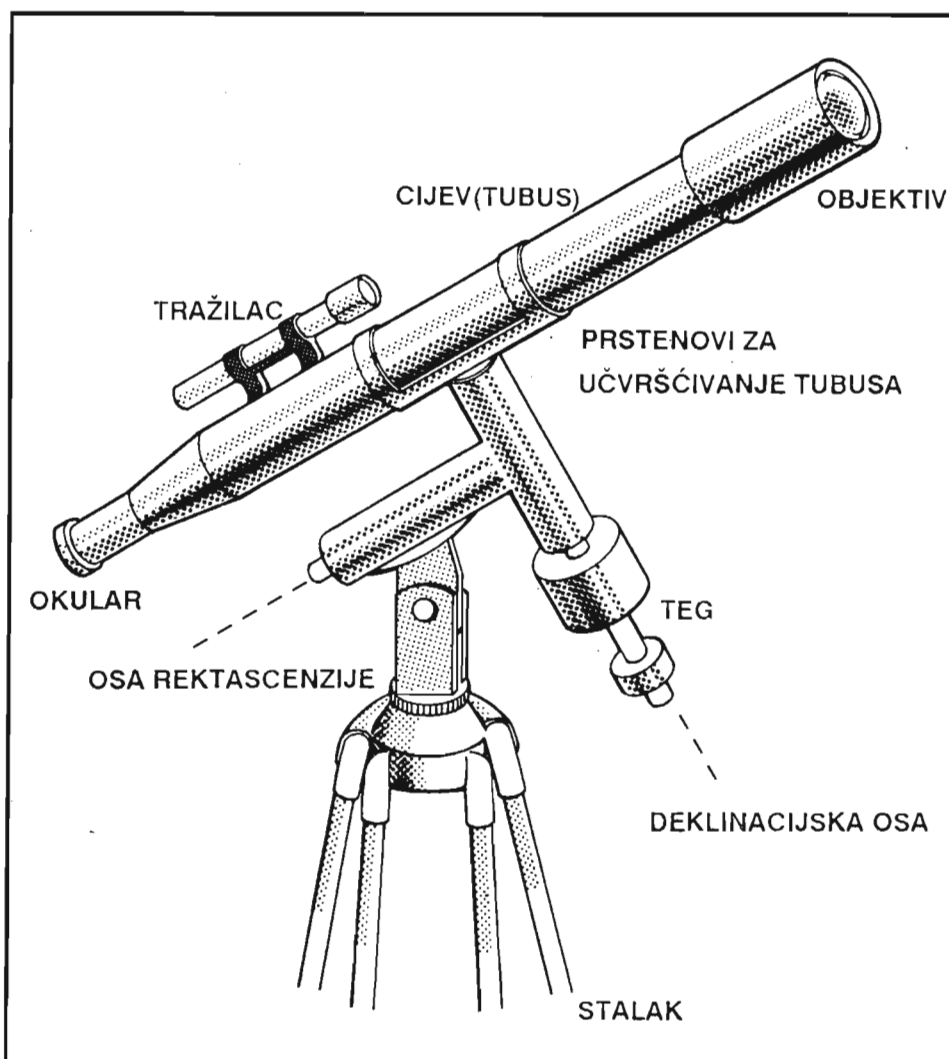
Veoma je važno da je sijalica povezana sa nekim reostatom tako da se intenzitet svjetlosti može mijenjati.

Metoda (b) je nešto pogodnija za slabe zvijezde. U njoj se direktno vrši osvjetljavanje niti i to tako da se izbjegne padanje svjetlosti na okular ili objektiv. Sijalica je postavljena u ravni niti. Ukoliko se želi postići veća preciznost i eliminisati jednu od sistematskih grešaka, tada se vrši podešavanje boje osvjetljenja. Ono treba da je što sličnije boji posmatrane zvijezde. Metodom (c) posmatramo vrlo slabe zvijezde koje bi u oba prethodna slučaja bilo nemoguće posmatrati. Paukove niti su veoma tanke i praktično ih je nemoguće vidjeti ako one ili polje nije osvjetljeno. Zato se za ovaj način koriste metalne niti koje su deblje. Ova metoda je inače najmanje tačna.

Što se tiče materijala koji se koristi za niti oni moraju da posjeduju slijedeće karakteristike:

- a) oštrinu i jasnoću
- b) konstantnu debljinu
- c) elastičnost i čvrstoću

Od svih isprobanih materijala paukove niti su se pokazale najboljim. Prečnik im je svega nekoliko mikrona, veoma su pravilne cijelom dužinom i dovoljno elastične.



Sl. 47. Osnovni djelovi teleskopa refraktora

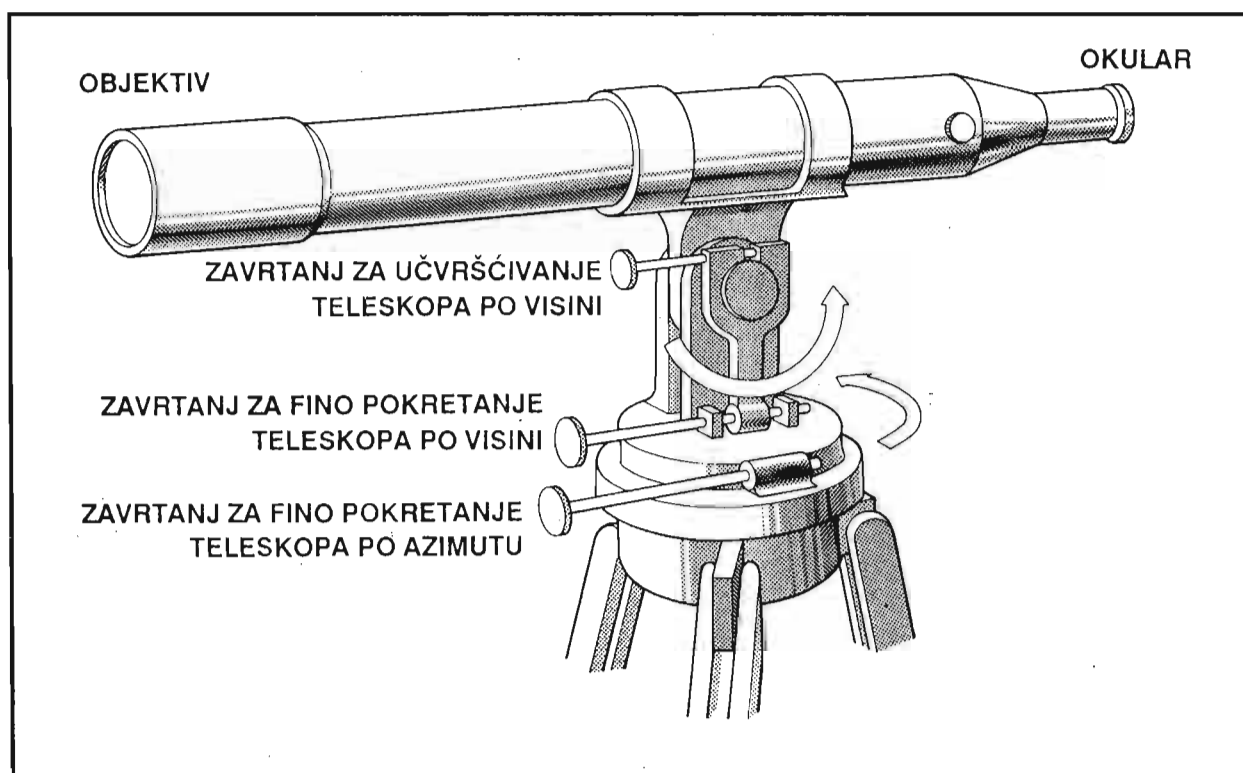
Metalne i staklene niti imaju nešto slabije karakteristike. Neki mikrometri sadrže staklene pločice na kojima su linije urezane pomoću dijamanta.

Gotovo sve vrste paukova mogu da posluže u pogledu niti. No, pokazuje se da je najpogodnija vrsta vrtni pauk "Epeira diademata".

Mehanizmi za pokretanje teleskopa

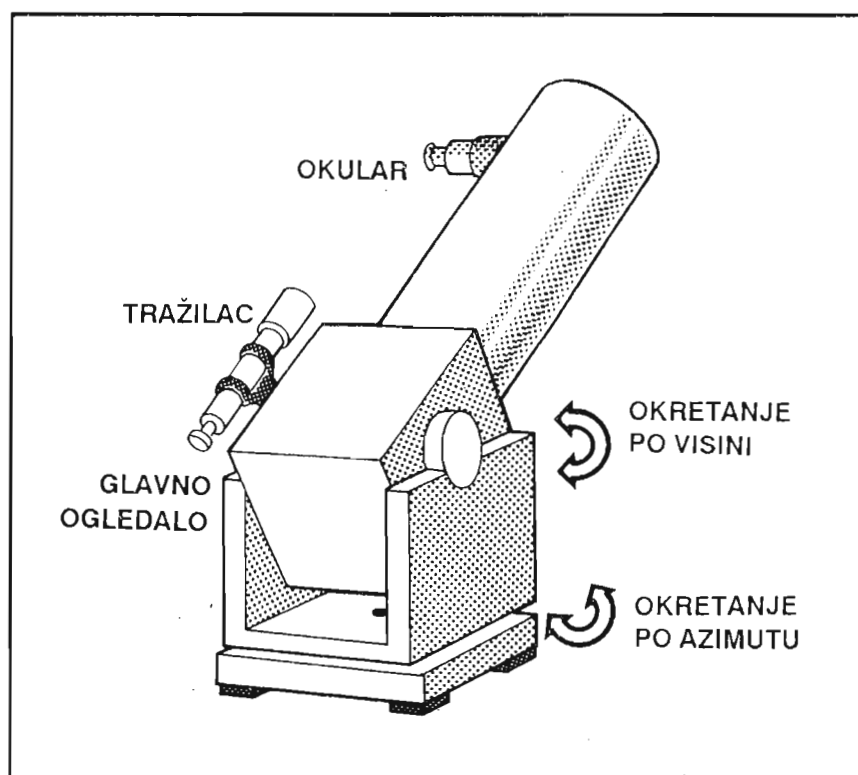
Da bi se teleskopi uopšte mogli koristiti, oni moraju da se postave na neke stalke ili kompleksnije mehanizme kada želimo da dnevnu rotaciju Zemlje pratimo pomoću motora. Samo sasvim mali teleskopi (praktično durbini malih fokusa) mogu da se koriste držanjem u rukama. Ko god je ikada pokušao da posmatra nešto sa većim uvećanjem "iz ruke" onda mu je za par sekundi moralo postati jasno da je to gotovo nemoguće. Mali refraktori se obično postavljaju na tronošce slične onima kakvi se koriste kod geodetskih instrumenata (teodolita). Na slici 47. prikazan je jedan amaterski refraktor sa oznakama njegovih najvažnijih dijelova. Ovdje se radi o tzv. ekvatorskoj ili paralaktičkoj montaži kod koje je jedna osovina usmjerena ka nebeskom polu, a druga je normalna na nju. Okretanjem teleskopa oko satne ose, moguće je pratiti prividnu dnevnu vrtnju neba. Obično se kod ovakvih malih instrumenata to postiže ručnim okretanjem određenih sklopova zupčanika. Posebnim zavrtnjima teleskop se fiksira kada se najprije pomoću malog durbina (tražioca) pronađe željeni objekat, a onda se laganim finim pomjeranjem dovodi u središte vidnog polja.

Kada je riječ o jednostavnijim konstrukcijama, tada se koristi tzv. azimutna montaža. Jedna od osovina je u ovom slučaju usmjerena ka zenitu (vertikalna osa), a druga je paralelna sa horizontom (horizontalna osa). Oko vertikalne ose teleskop se pomjera po azimutu (od 0° - 360°), a po horizontalnoj se pomjera po visini (od 0° - 90°). Na slici 48. je prikazana jedna ovakva montaža.



Sl. 48 Azimutna montaža teleskopa.

Ovaj tip montaže koristi se i kod reflektora u obliku tzv. Dobson-ove montaže. Ovaj tip montaže kod koga se koriste panel ploče ili deblja šper ploča veoma je popularan posljednjih godina kod amatera širom svijeta jer je vrlo jeftin, a efikasan sistem za montiranje velikih reflektora (i do 60 cm prečnika).



Sl. 49. Dobson-ova montaža teleskopa refraktora.

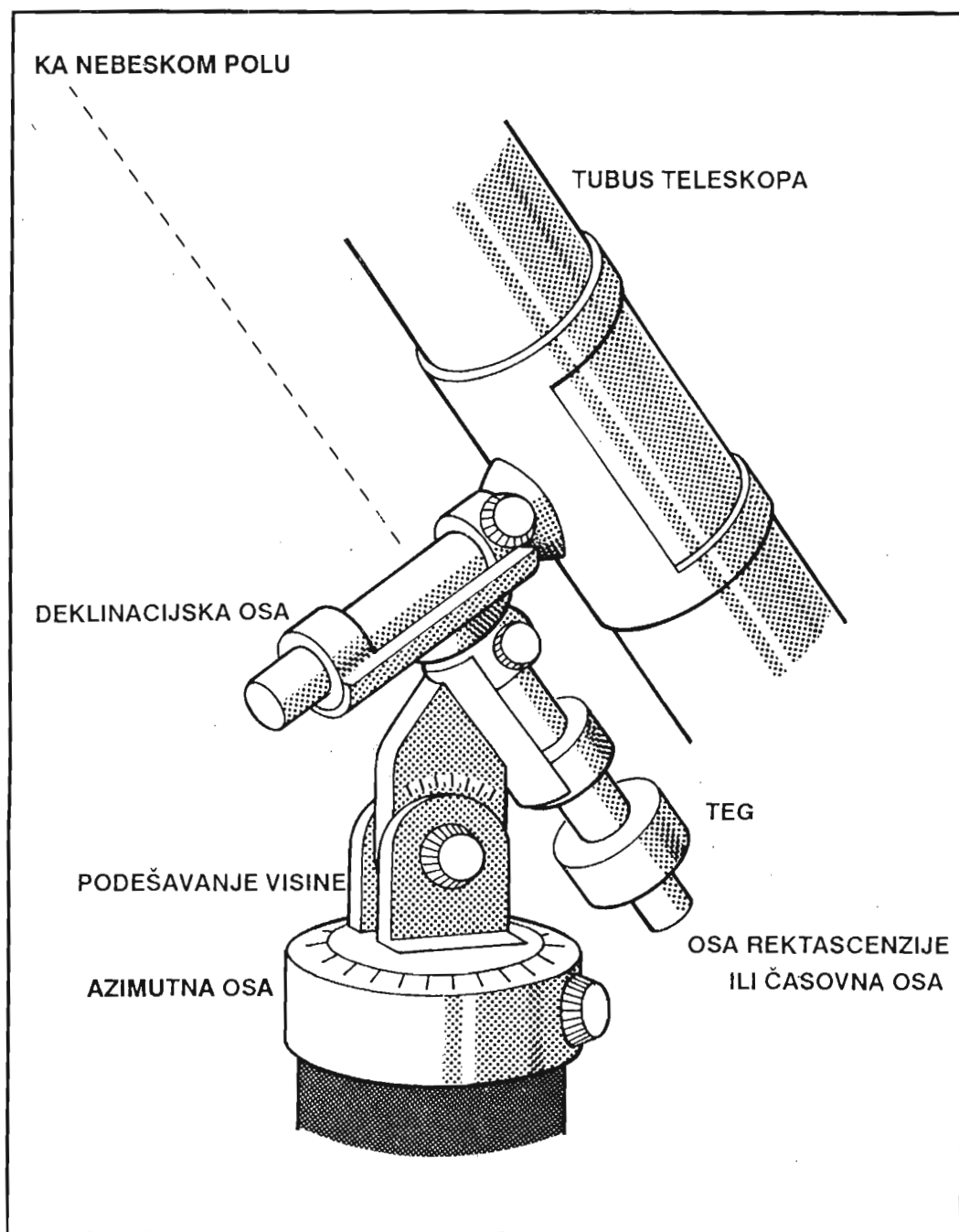
Azimutna montaža se primjenjuje i kod nekih modernih velikih teleskopa jer je lakša za konstrukciju, a kompjuterska kontrola pogona na obje osovine danas nije nikakav problem.

U amaterskim uslovima, kada se želi posjedovanje mehanizma za pokretanje pomoću motora, ili makar ručno, neophodna je ekvatorska ili paralaktička montaža. Na sl. 50. prikazan je detalj takve montaže poznat kao njemačka ekvatorska montaža.

Izgled jednog Cassegrain-ovog reflektora montiranog na njemačku ekvatorsku montažu dat je na sl. 51. . Na slici 52. prikazan je Newton-ov reflektor montiran tekode na njemačku ekvatorsku montažu.

Takođe, u praksi se sreću i najraznovrsnije druge montaže koje su ili proizvod posebnih namjena, ili su prilagođavanje konstruktora određenim materijalima. U nizu slika 53 - 61 dati su primjeri nekih takvih konstrukcija.

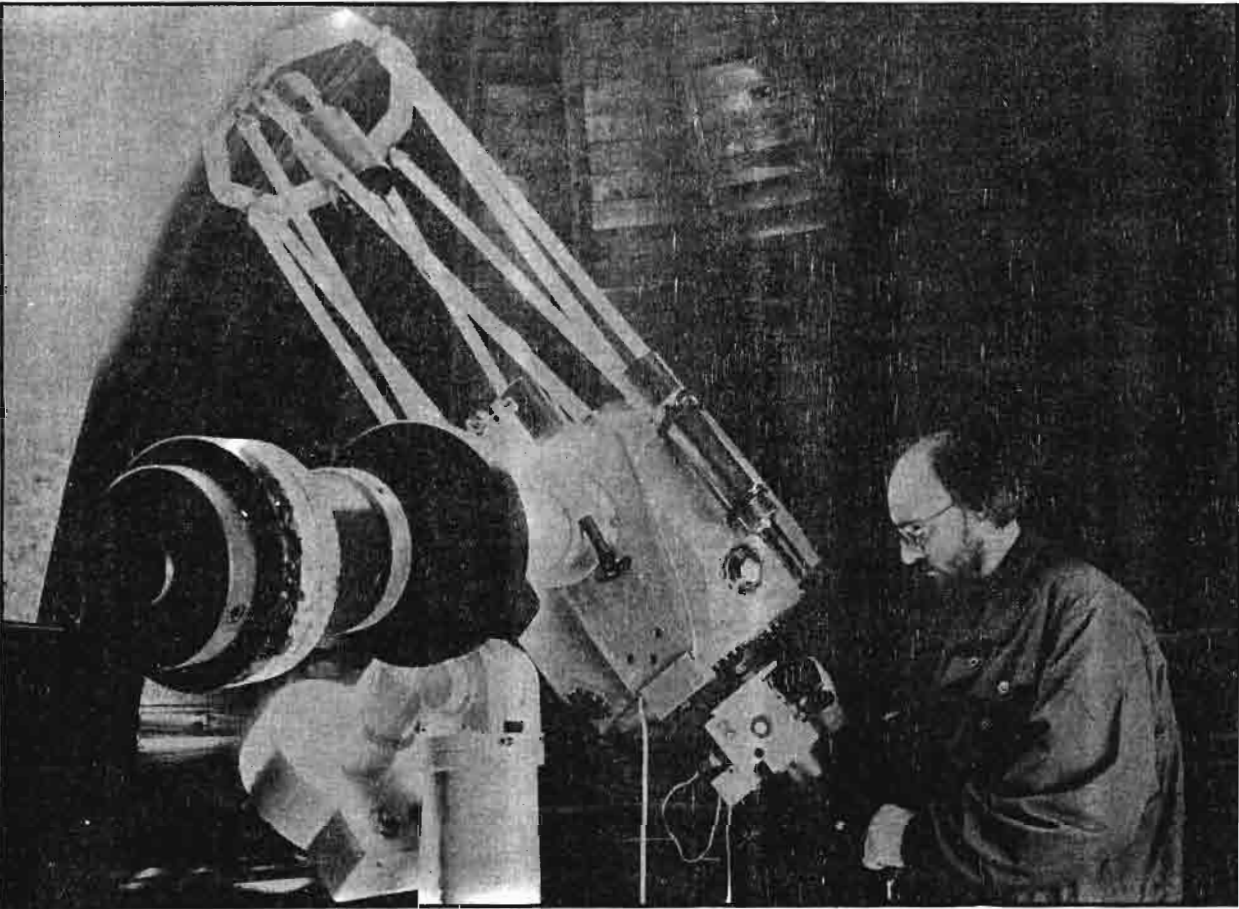
Osovine po kojima se okreću teleskopi nalaze se u specijalnim ležištima. Kod većih instrumenata su to obično kuglični ili neki drugi ležajevi. Tako se okretanje vrši sa minimalnim trenjem. Da bi se omogućila fina pomjeranja teleskopa, na satnu osu se postavlja zupčanik sa pužnim prenosom. Od njegovog prečnika i broja zarezava zavisi i kvalitet praćenja. Teleskop se pri prelazu na fino kretanje mora zakočiti nekim zavrtnjem. U novije vrijeme umjesto zatezanja pomoću zavrtnja, koriste se i razne forme "kuplunga". Oni se izrađuju od plastične folije i stvaraju izvjesno trenje. Jačim pokretima moguće je pomjeriti teleskop na željeni dio neba. Ako se želi preći na fino kretanje tada se ne moraju koristiti



Sl. 50. Nemačka ekvatorska montaža.

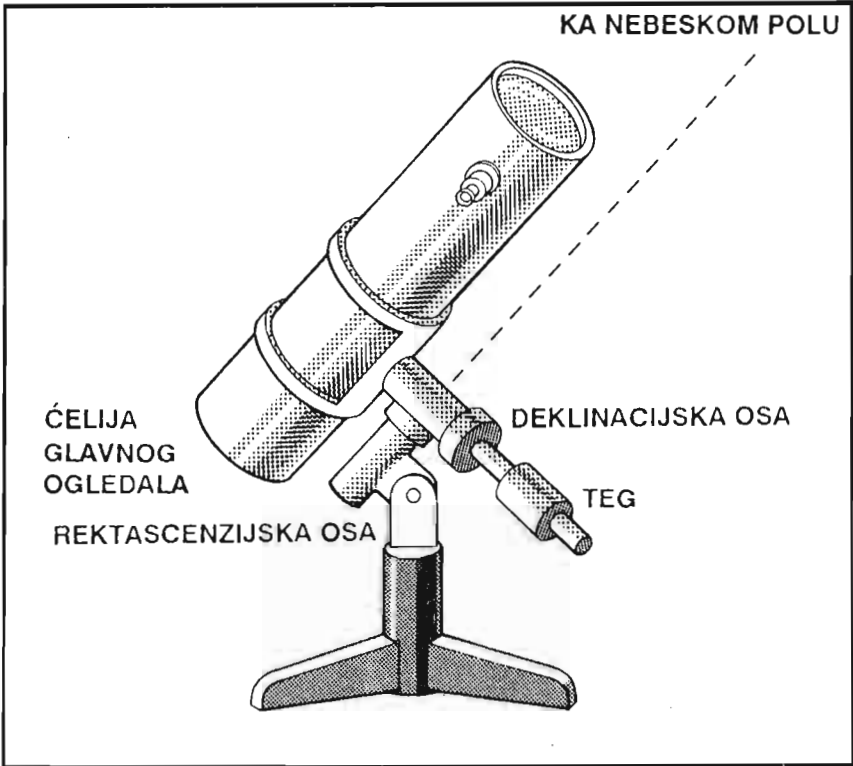
nikakvi zavrtnji. Sila trenja kod dobro izbalansiranih instrumenata je dovoljna da vuče teleskop. Ovo je velika prednost, jer se često u mraku može desiti da neki grubi pokret teleskopa ošteti zavrtnje. U slučaju kuplunga, on se samo pomjeri, a fini mehanizam ne trpi nikakve posljedice.

Izlazni puž može da se pomjera ručno ili električno. Prvi način je uobičajen za male teleskope. Svi veći su snabdjeveni električnim motorima. Izlazna osovina ovih motora povezana je sa sklopom zupčanika koji imaju ulogu da brzinu motora redukuju na potrebnu mjeru. Tako krajnja izlazna brzina daje pužnom prenosu takvo kretanje koje omogućuje da se teleskop obrne oko svoje ose jedanput u $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}},09$ koliko iznosi jedan zvjezdani dan, odnosno jedna Zemljina rotacija. Sve sklopove zupčanika naravno treba povremeno čistiti i podmazivati da bi se poboljšao njihov rad i da bi duže trajali.

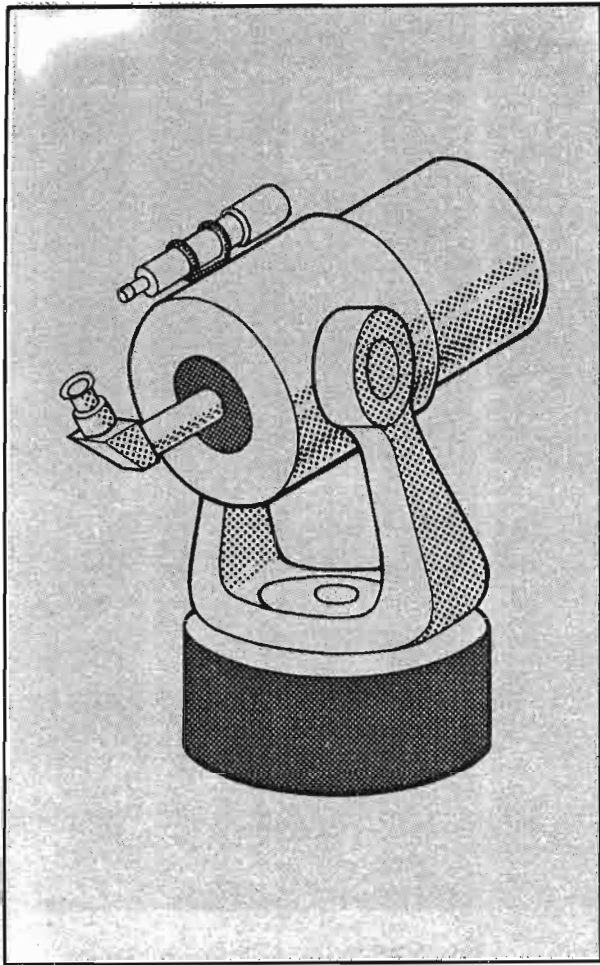


Sl. 51. Cassegrain reflektor Astronomske opservatorije u Sarajevu montiran na klasičnu njemačku ekvatorsku montažu

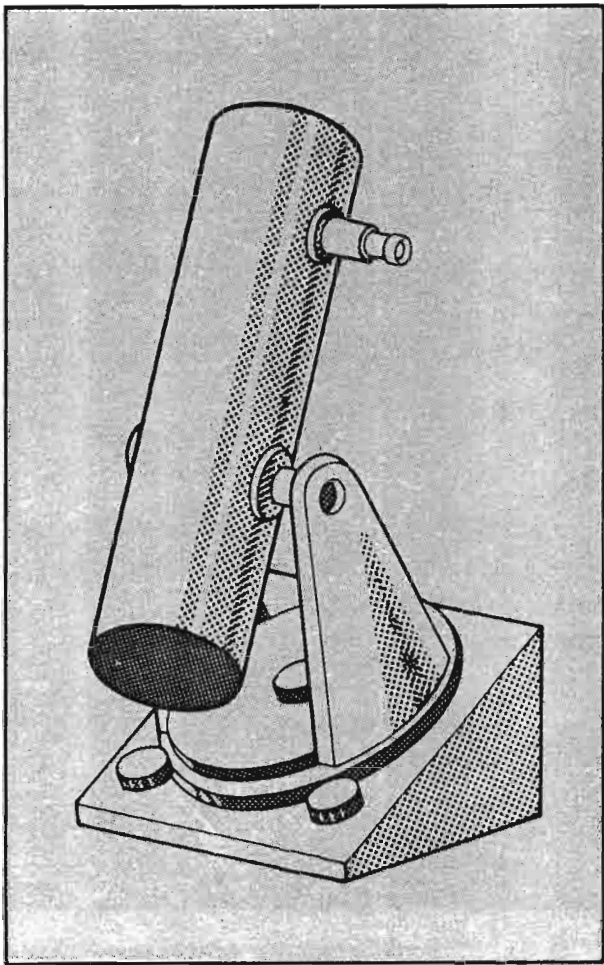
Deklinacijska osa kod manjih teleskopa obično nema pužni prenos za fine popravke. To nije neophodno naročito kada je teleskop dobro rektifikovan. Nekim zavrtanjem se vrše mala pomjeranja ove ose koja su dovoljna. Veći teleskopi imaju identične prenose na objema osama. Uprkos i najkvalitetnije izrađenim mehanizmima i električnim motorima, teleskop nikada neće posve idealno pratiti



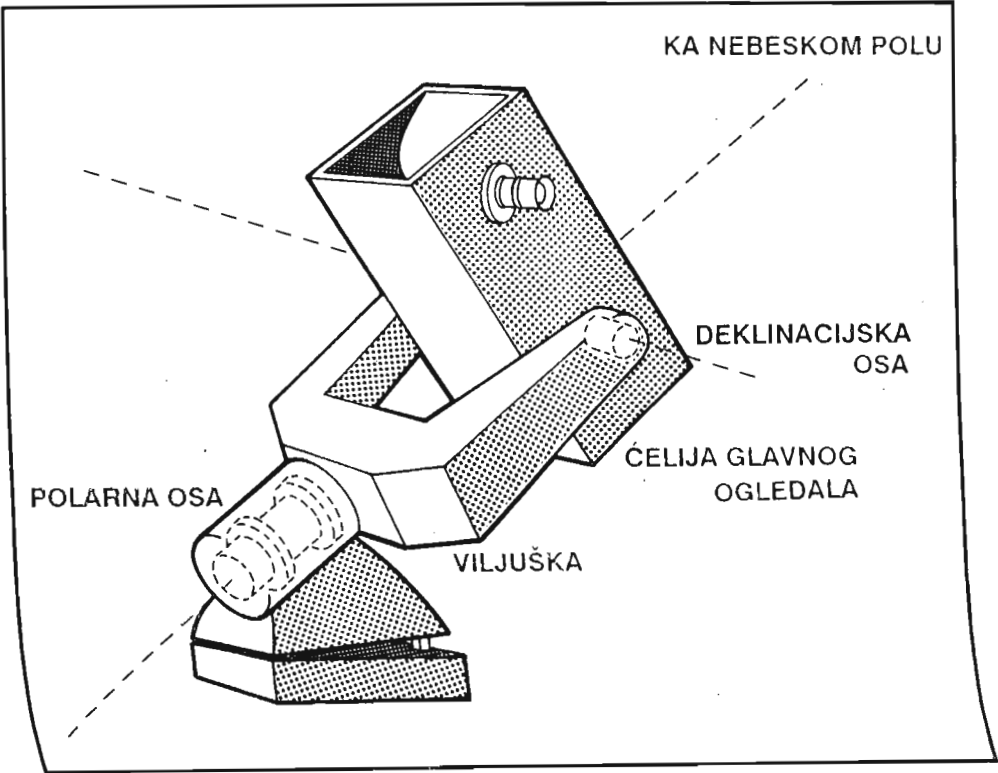
Sl. 52. Newton-ov reflektor na njemačkoj montaži.



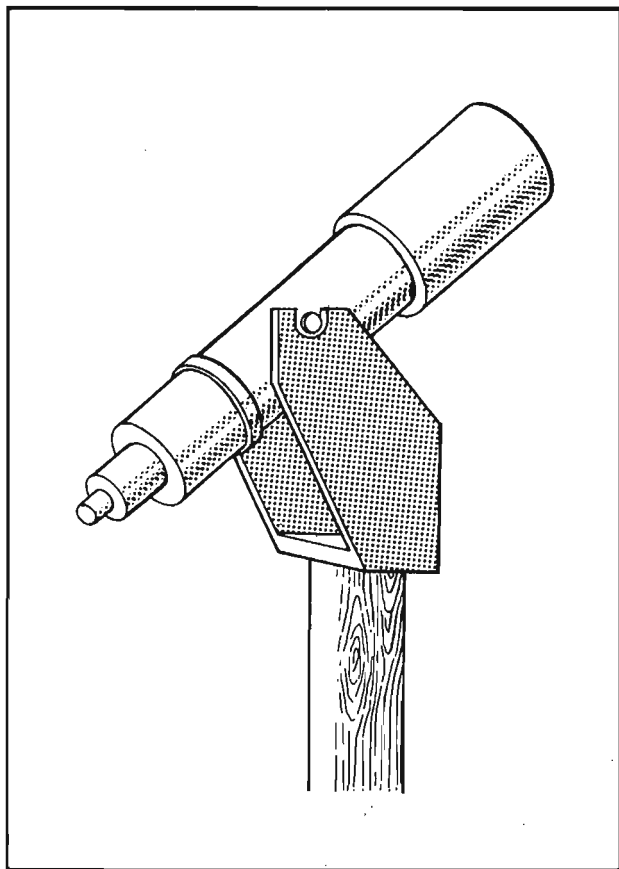
Sl. 53. Viljuškasta montaža.



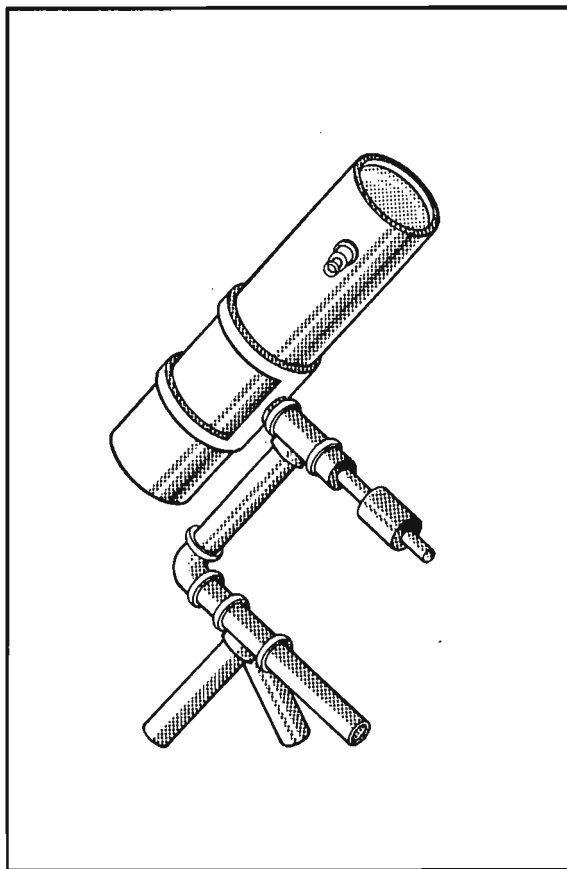
Sl. 54. Viljuškasta montaža.



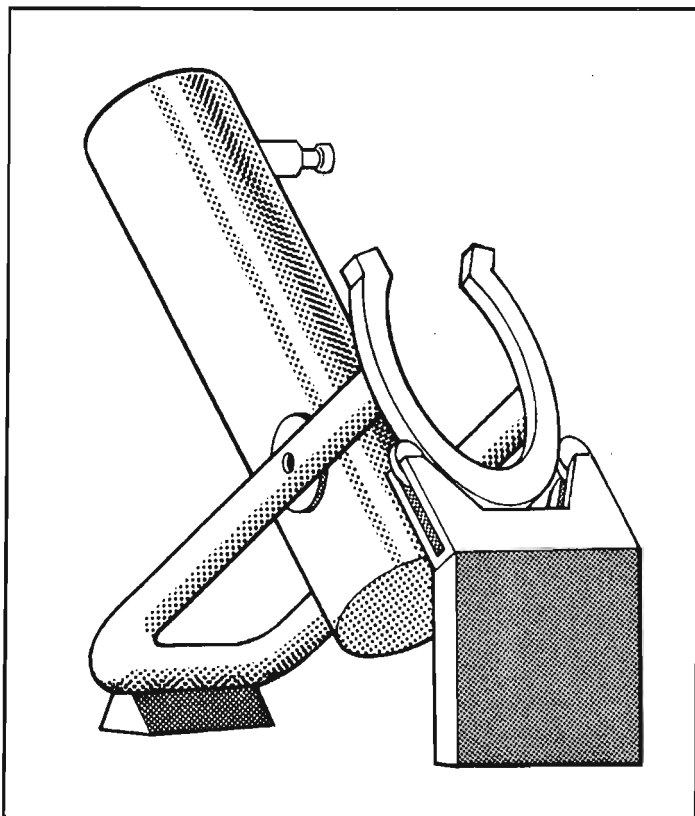
Sl. 55. Viljuškasta montaža.



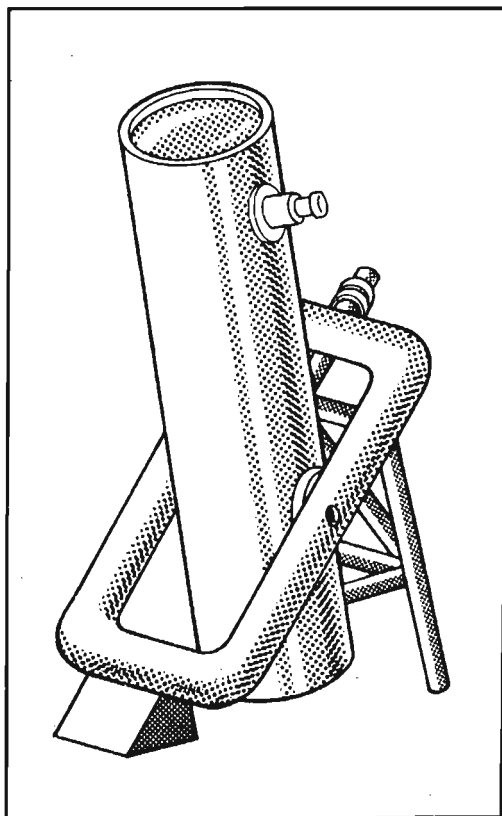
Sl. 56. Azimutska viljuškasta montaža.



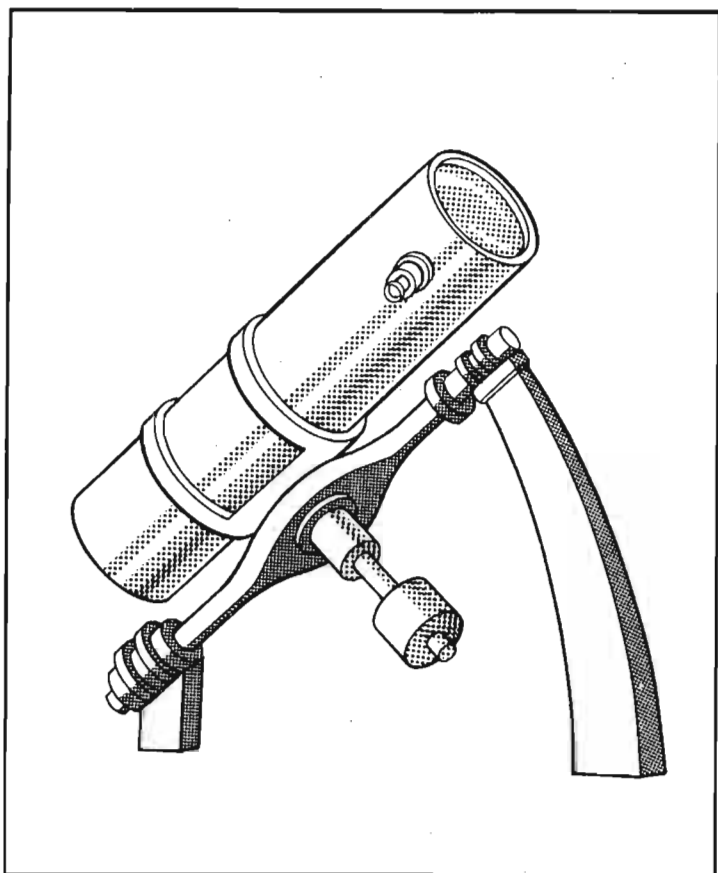
Sl. 57 Ekvatorska montaža od vodovodnih cijevi.



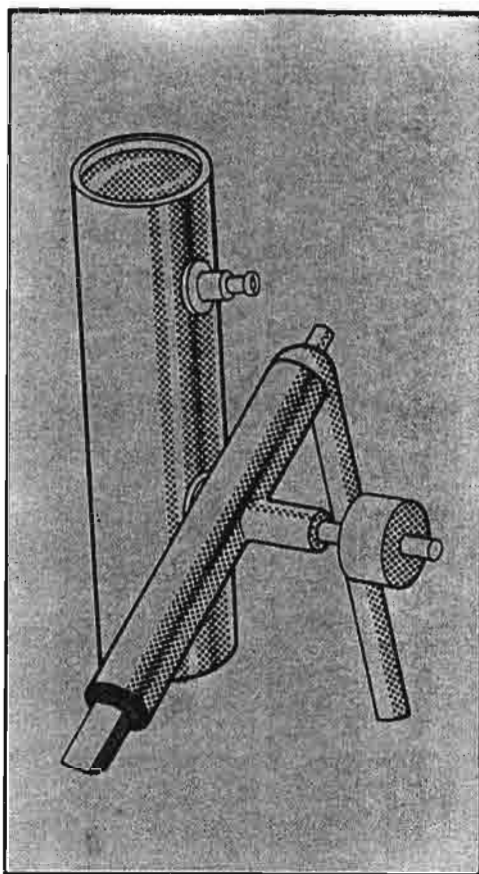
Sl. 58. Porterova montaža.



Sl. 59. Engleska montaža sa ramom.



Sl. 60. Engleska montaža.



Sl. 61. Modifikovana engleska montaža

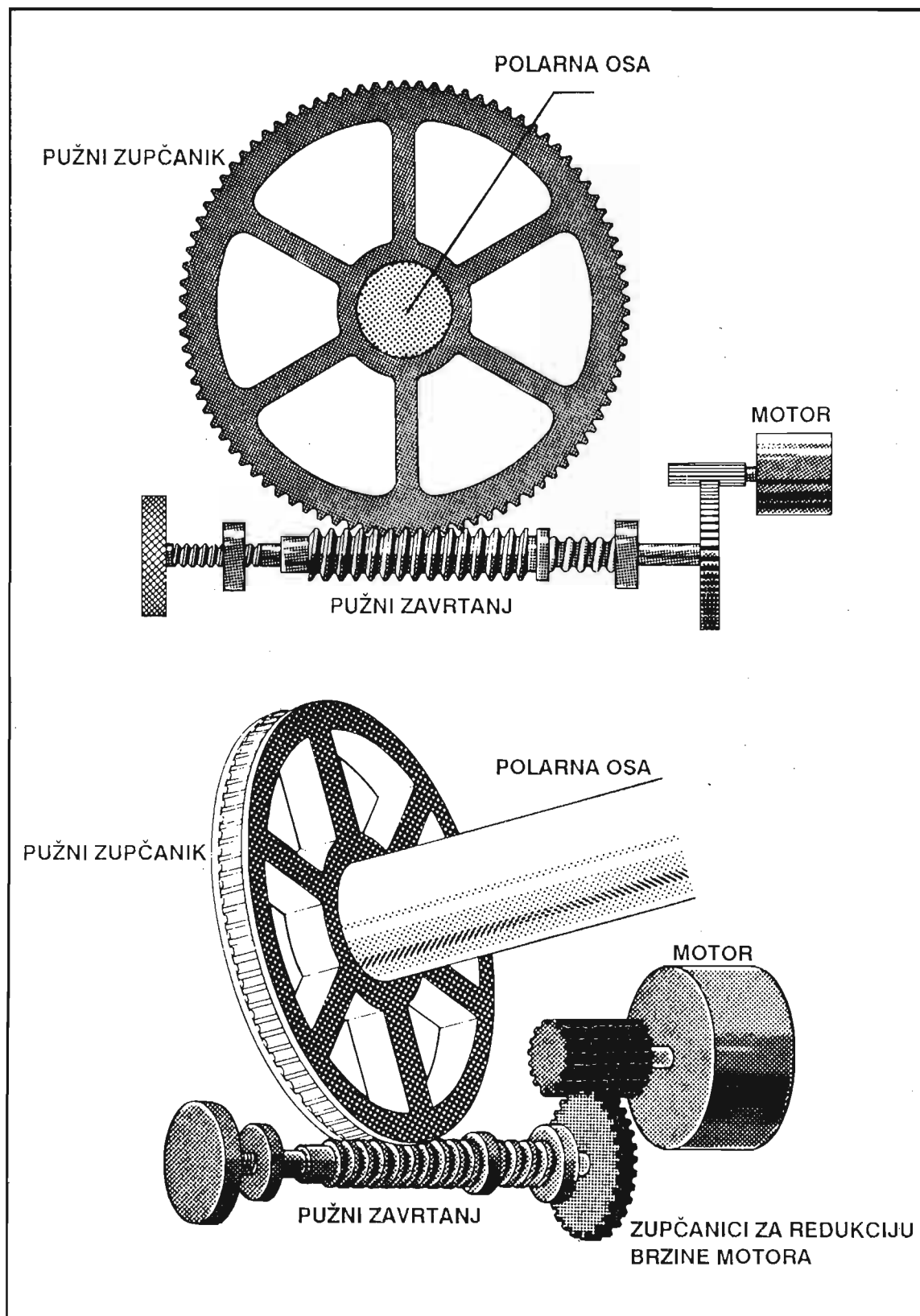
prividno kretanje nekog tijela na nebu. Do odstupanja može doći iz više razloga. Osnovni su nedovoljna rektificiranost teleskopa u odnosu na nebeski pol, promjene u električnoj mreži, "luft" zupčanika, loša balansiranost, itd. Da bi se ovo izbjeglo kretanje teleskopa se mora još dodatno korigovati. Kod malih teleskopa te korekcije se vrše dodatnim zavrtanjima. Finoća ovih dodatnih korekcionih poluga dolazi do izražaja, naročito u astrofotografiji. Ako prenosi nisu sasvim dobri, uspjeh kod snimanja je malen, jer će zvijezde biti "pomjerene".

Najbolji način za korekciju je svakako elektronski. Danas postoji niz relativno jednostavnih elektronskih sistema koji su u stanju promjenom frekvencije struje koja napaja motore da mijenjaju njihovu brzinu obrtanja za male veličine. Time se posmatrani objekat može pomjerati u vidnom polju većom ili manjom brzinom. Obično se koristi jedna komandna konzola koja se drži u ruci i na kojoj su dugmad čijim pritiskom se teleskop pomjera lijevo, desno, gore ili dole. Šire korištenje tzv. "step" motora koji mogu direktno da "komuniciraju" sa računarima još više olakšava konstrukcije pouzdanih pogona.

Ostali dijelovi teleskopa

Okularne cijevi svakog teleskopa moraju da raspolažu nekim načinom izoštravanja. Ovisno o fokusu okulara i oku posmatrača, cijev sa okularom se treba pomjerati ka objektivu ili od njega. To se može postići na razne načine, a neki od njih su prikazani na slici 63.

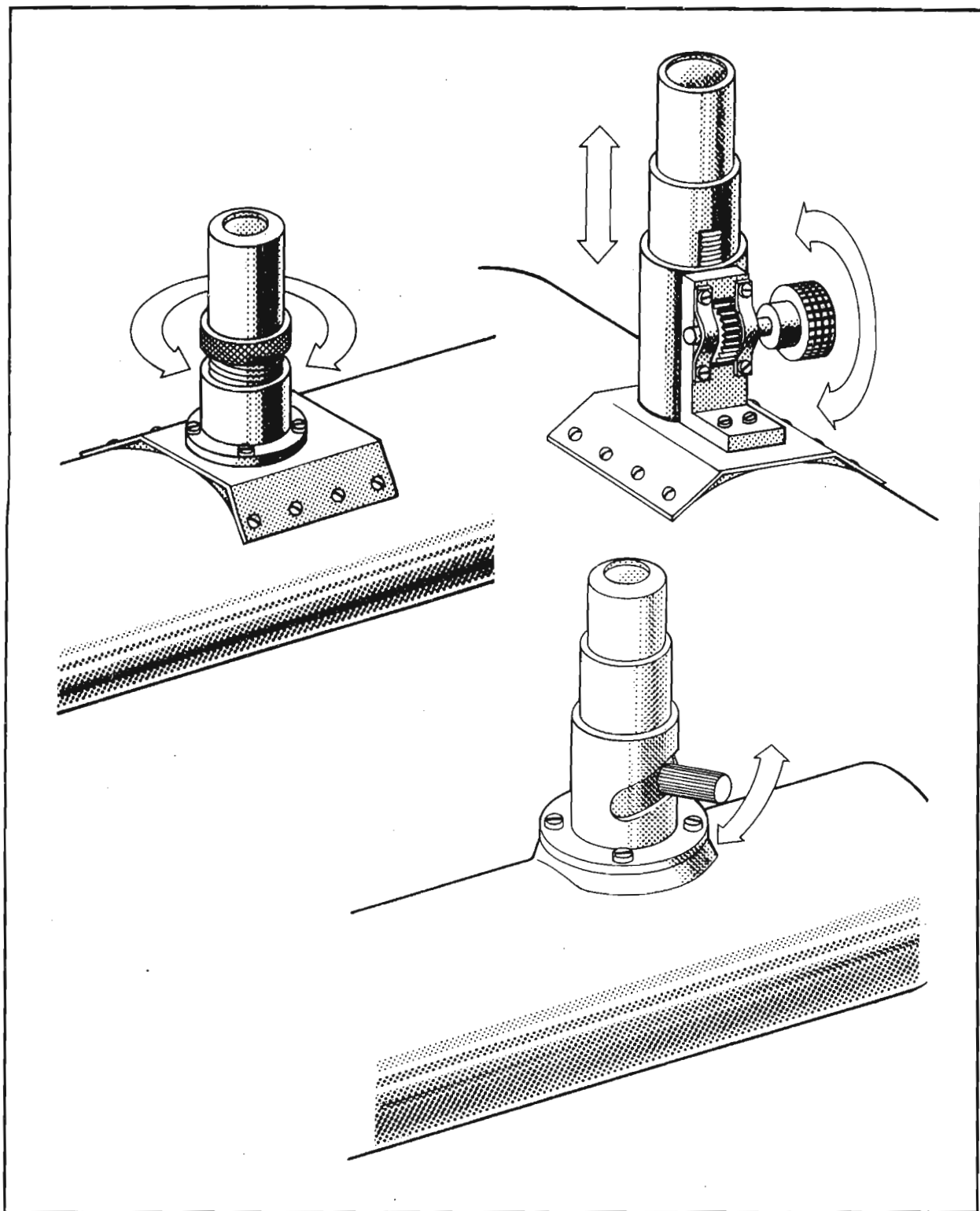
Ako je teleskop malo veći, neophodno je da raspolaže malim vizirnim teleskopom koga obično nazivamo tražilac. On ima malo uvećanje i veliko vidno polje pa je lako pronaći svaki sjajniji objekat ili oblast gdje je objekat koji tražimo. Tražioci se postavljaju uz tubus



Sl. 62. Sheme sklopova zupčanika, motora i pužnog prenosa za zvjezdani pogon teleskopa.

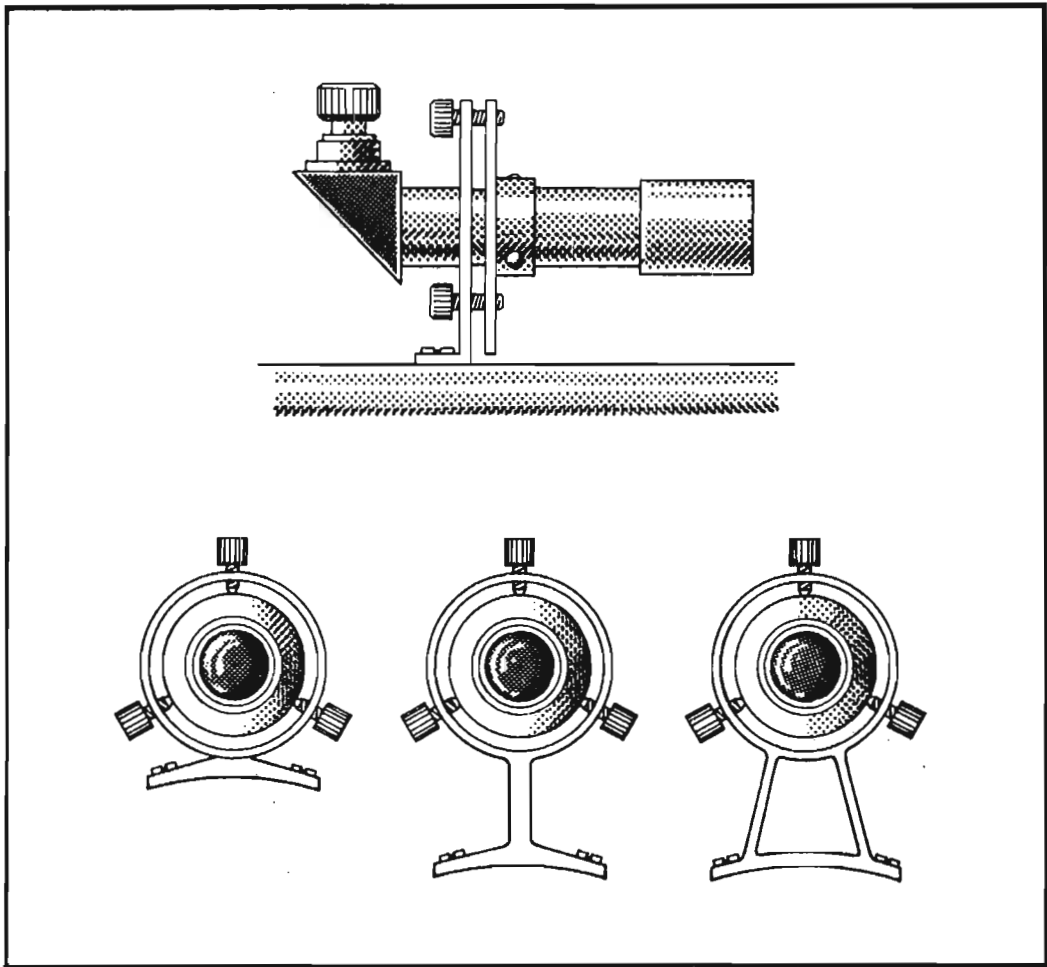
teleskopa na nekom pogodnom mjestu ovisno o tome kakav je tip instrumenta u pitanju.

Ovi mali durbini smještaju se u dva prstena (oni sasvim mali mogu i u jedan) iz kojih se



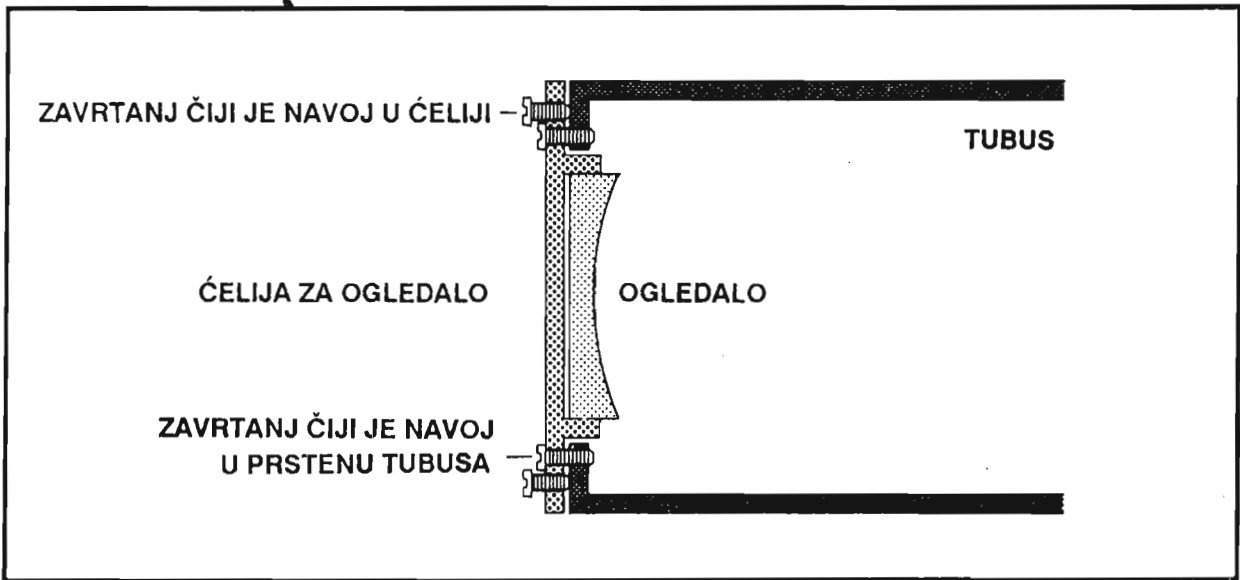
Sl. 63. Okularne cijevi sa sistemima za izoštravanje (fokuserima)

Iako vade. Svaki od prstenova ima po tri zavrtnja kojima se tražilac centrira u odnosu na glavni teleskop. Centriranje se grubo obavi danju na nekom dalekom objektu. Noću se na sjajnoj zvijezdi podesi tražilac tako da lik u središtu njegovog nitnog krsta bude istovremeno u središtu vidnog polja teleskopa. Pri tome se, ovisno o fokusu glavnog instrumenta ide najprije sa manjim uvećanjima i konačno sa najvećim mogućim. Na sl. 64. prikazani



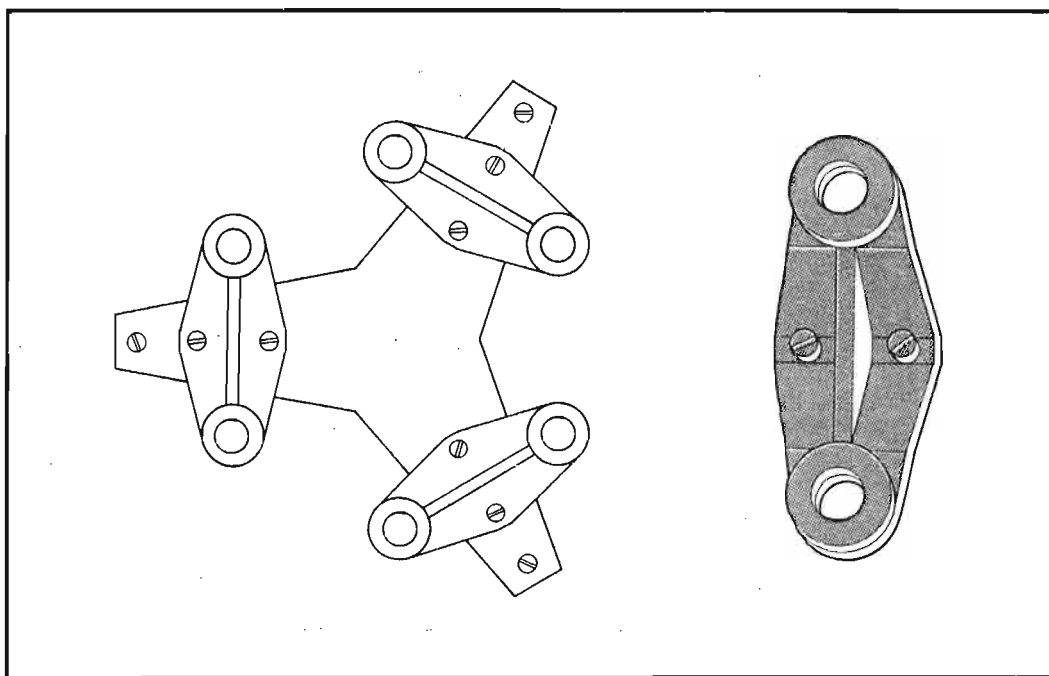
Sl. 64. Izgled tražioca i neki od mogućih načina njegovog postavljanja u prstenove

su neki od mogućih načina konstrukcije prstenova za tražioce.



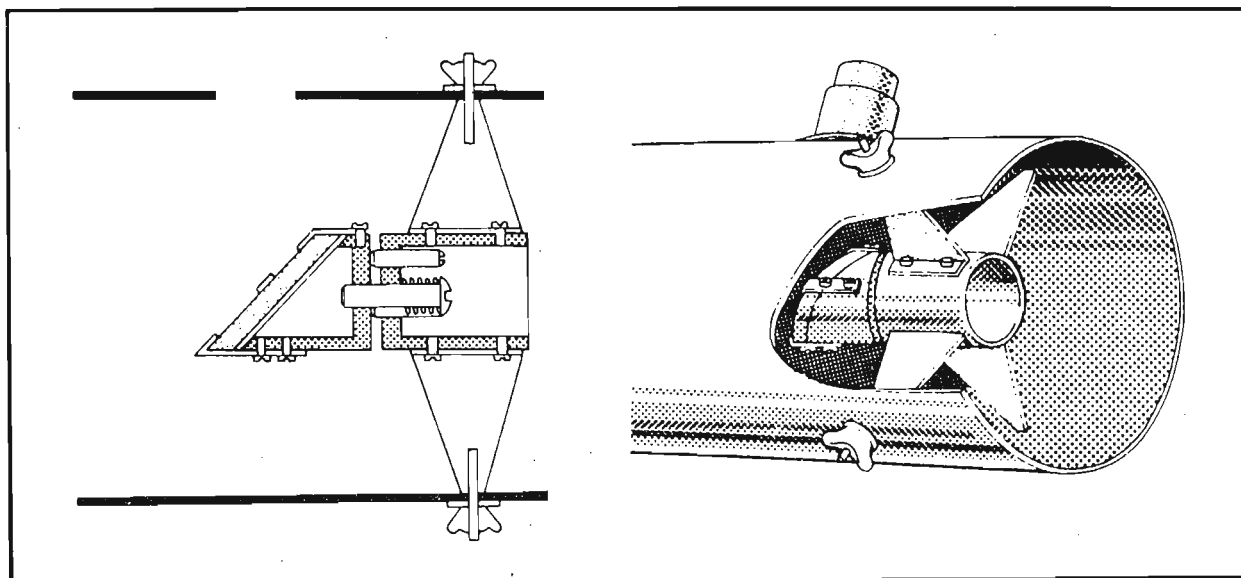
Sl. 65. Sistem za centriranje manjih teleskopa reflektora.

Ogledala teleskopa, kada je riječ o reflektorima, moraju biti smještena u posebne ćelije. Te ćelije mogu da budu od različitih materijala. Najpodesnije je da su izlivenne od aluminijuma. Jedan mogući oblik ćelije za reflektore manjih prečnika (do 30 cm) prikazan je na slici 65.. Centriranje se vrši pomoću 6 simetrično raspoređenih zavrtnja. Kada se radi o ogledalima većih prečnika, ćelije se moraju uraditi na složeniji način. Bitno je tada da se ogledalo oslanja o što više tačaka. Obično se to u praksi rješava sa tri nosača posebnog oblika koji su donjim krajem oslonjeni na dno ćelije tako da mogu da slobodno "plivaju". Ogledalo se oslanja na njih u šest tačaka (Sl. 66.).



Sl. 66. Ćelija i sistem za centriranje većih ogledala. Uvećani detalj prikazuje jedan od tri dvokraka nosača.

Sekundarno ogledalo se smješta u malu ćeliju koja naravno ima različit oblik za Newton-ov i Cassegrain-ov tip teleskopa. Posebnim nosačima ona je učvršćena za tubus



Sl. 67. Shema ćelije za sekundarno ogledalo Newton-ovog reflektora.

teleskopa. Kod malih prečnika ogledala može se koristiti samo jedan nosač. Kod većih, to su tri ili četiri nosača. Jedan tip čelije za Newton-ov reflektor vidljiv je na sl. 67.

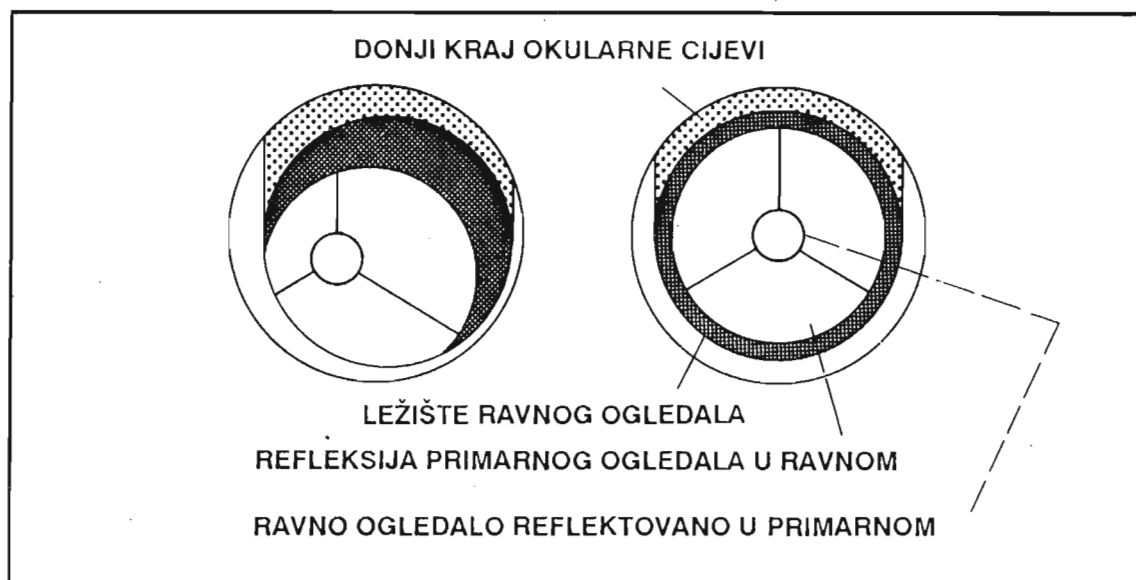
Centriranje Newton-ovog i Cassegrain-ovog teleskopa

Centriranje (kolimacija) optičkih dijelova teleskopa se sastoji u tome da se optičke ose svih ogledala nađu na istom pravcu ili na normalnim pravcima što zavisi od konstrukcije instrumenta. U osnovi centriranje Newton-ovog i Cassegrain-ovog teleskopa se vrši na isti način.

Najprije se danju teleskop okrene prema nebu kao svijetloj pozadini. Uzme se okular koji daje veliko uvećanje i iz njega se odstrane sva sočiva. Ili, još bolje je izraditi cjevčicu koja je istih dimenzija kao okular, a na kraju, prema oku je zatvorena i ima otvor. Ovako smo sigurni da ćemo gledati tačno u pravcu optičke ose instrumenta. Sada posmatramo kroz taj otvor. Istovremeno se vidi nekoliko osnovnih dijelova teleskopa. To su sekundarno ogledalo sa svojim nosačima, glavno ogledalo reflektovano u sekundarnom i sekundarno reflektovano u refleksiji primarnog u sekundarnom.

Potrebno je najprije dovesti optičku osu okulara tako da ona leži u centru sekundarnog ogledala. Ovo se postiže pomjeranjem nosača sekundarnog ogledala tako da se ono dovede u koncentričan položaj sa pokretnom cijevi u kojoj leži okular. Kod manjih teleskopa obično su nosači sekundarnog ogledala već dovedeni u potrebni položaj pa ih ne treba dirati.

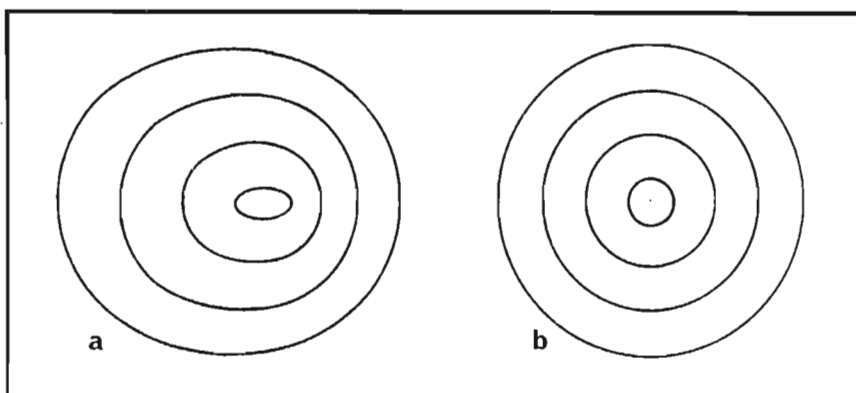
Malo ogledalo se vidi kao tamni disk sa tri linije nosača. Pomoću zavrtnja koji postoje na čeliji glavnog ogledala potrebno je podesiti da lik sekundarnog bude što je moguće bliže centru velikog ogledala.



Sl. 68. Centriranje ogledala.

Na kraju se ovim pomjeranjima zavrtnja postigne da sve površine, ogledala i njihove refleksije budu koncentrične. Veći teleskopi imaju zavrtnje za centriranje i na sekundarnom ogledalu, a nekad i na okularnoj cijevi. Time se omogućavaju razne dodatne korekcije koje obezbjeđuju još bolju kolimaciju.

Kada se sprovede dnevno centriranje onda se pređe na noćno. Pronađe se neka zvijezda oko treće prividne veličine i posmatra okularom koji daje veliko uvećanje.



Sl. 69. Difrakcioni prstenovi loše (a) i dobro (b) centriranog ogledala

Okular se namjerno pomjeri iz "oštrg" položaja. Sa ovim pomjeranjem lik zvijezde postaje veći. Zbog difrakcije svjetlosti, umjesto tačkastog lika vidjećemo niz koncentričnih krugova. Ako ogledalo nije dobro centrirano, onda krugovi svjetlosti neće biti koncentrični, već će se deformirati na neku stranu.

Na slici (69.) vide se oba slučaja.

Ovim dodatnim korekcijama možemo naš instrument smatrati dobro centriranim. Vremenom zavrtnji mogu da popuste ili da dođe do nekih drugih pomjeranja u teleskopu. Tada je potrebno iznova vršiti centriranje.

Rošenje optičkih površina teleskopa i vazдушna strujanja u tubusima

Poznato je da se vlažnost atmosfere izražava odnosom između količine vodene pare u jedinici volumena vazduha i količine vodene pare koja je potrebna da ta jedinica volumena bude zasićena. Vlažnost se izražava u procentima.

Vazduh može postati zasićen na dva načina. Jedan je ako mu se dodaje vodena para, a drugi je ako se hladi. Temperatura kod koje dati volumen vazduha postane zasićen, poznata je kao tačka rošenja. Ako se vazduh ohladi ispod te tačke, doći će do kondenzovanja vodene pare u obliku rose. Na raznim dijelovima astronomskih instrumenata, kao što su objektiv, foto-ploče, okulari itd, može da se pojavi rosa.

Ako je temperatura zraka iznad tačke rošenja, onda se na površinama toplijim od zraka rosa neće formirati. Nje takođe neće biti ni na površinama čija je temperatura jednaka temperaturi zraka. Na predmetima, čija je temperatura niža od temperature okolnog zraka, rosa se može, ali i ne mora formirati. To zavisi od toga da li je predmet ili vazduh iznad ili ispod tačke rošenja.

Ako je temperatura zraka ispod tačke rošenja, onda se rosa može, ali ne mora formirati na predmetima toplijim od vazduha. To, kao i u prethodnom slučaju, zavisi od toga da li je temperatura predmeta iznad ili ispod tačke rošenja. Na predmetima sa temperaturom jednaku okolnom zraku, rosa će se formirati, a biće je i tamo gdje su površine hladnije od zraka.

Da bismo postigli neku zaštitu od dejstva rose, moramo zadovoljiti nekoliko uslova. Prvo je potrebno da površina koju želimo zaštititi bude što je moguće manje provodna za toplotu. Ona takođe mora u najvećoj mjeri biti zaštićena od spoljnog zraka. Kod teleskopa refraktora obično se stavljaju produžne cijevi (protivrosnici) koje su od aluminijuma i prikupljaju na sebi najveći dio rose. Za smanjenje opšte vlage u zraku oko instrumenata dobro je koristiti neku higroskopnu materiju (upijač vlage).

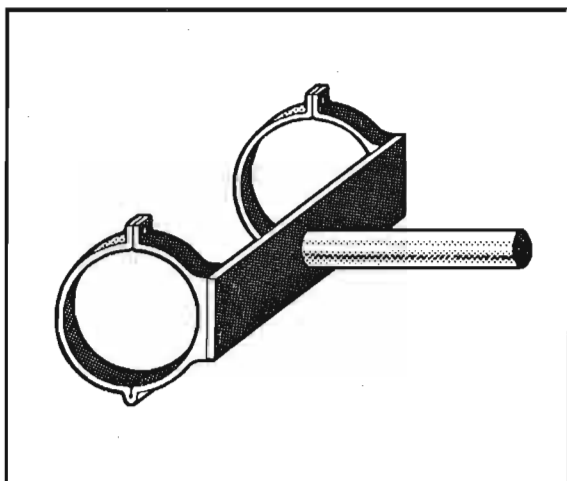
Rosu je moguće spriječiti i tako što malo povisimo temperaturu optičkih površina instrumenta. Za ovu svrhu odlično može da posluži fen za kosu. Povremeno treba

uključivati mlaz toplog vazduha. Takođe, po završetku posmatranja, sve optičke dijelove treba osušiti fenom i nikada ih ne ostavljati vlažnima.

Definiciju slike reflektorskih teleskopa često mogu da pokvare strujanja vazduha u njihovim tubusima. Oni su otvoreni na jednom kraju i toplije i hladne mase zraka se neprekidno kreću u tubusima. Što je prečnik teleskopa veći, to je ova pojava prisutnija u većoj mjeri. Posebno su strujanja jaka uz zidove cijevi teleskopa. Pravljenje rešetkastih tubusa smanjuje strujanja, ali povećava mogućnost rošenja i refleksija izazvanih upadom svjetlosti sa strana. Da bi se strujanja svela na manju mjeru, instrument treba preko dana čuvati zaštićenim od Sunca tako da njegova pretjerana toplota ne bi izazvala strujanja. Pravljenje tubusa sa nešto većim prečnikom od prečnika ogledala takođe smanjuje strujanja u teleskopima.

Balansiranje tubusa teleskopa reflektora

Uravnotežiti pojedine dijelove malih teleskopa nije tako veliki problem. Međutim, kod većih teleskopa, posebno onih koje želimo koristiti za snimanje, balansiranje je veoma važna stvar. Neuravnoteženost teleskopa će izazivati oscilacije mehanizma za pokretanje ili će čak sprečavati njegov rad. Obično su tubusi amaterskih teleskopa uz glavu mehanizma učvršćeni prstenovima. Ti prstenovi imaju zavrtnje čijim se popuštanjem tubus može pomjerati naprijed - nazad ili rotirati oko svoje uzdužne ose. (Sl.70.). Sa druge strane glave mehanizma (ovo vrijedi za njemačku montažu koja je najčešće prisutna kod manjih instrumenata) nalaze se tegovi koji uravnotežavaju tubus. Potrebno je najprije izvršiti dvije vrste uravnotežavanja tubusa, a zatim pomjeranjem tegova uravnotežiti čitav sistem.



Sl. 70. Prstenovi za učvršćenje tubusa

Radijalno balansiranje se sastoji u tome da je potrebno tubus dovesti u takvo stanje da je on u ravnoteži u odnosu na svoju uzdužnu osu.

Kada se to sprovede tubus neće rotirati oko te ose pri popuštanju prstenova u kojima je smješten. Ovu rotaciju mogu da izazovu razni dodatni uređaji na tubusu kao što su okularni dio u Njutnovom fokusu, tražilac, astro- kamera itd. Pošto je glavno ogledalo težinski centrirano u odnosu na optičku osu teleskopa, ono za radijalno balansiranje nije potrebno. Zato ga odstranimo iz tubusa, a tubus izvadimo iz prstenova i smjestimo na nosače u obliku slova V.

U ovim nosačima tubus će slobodno moći da se rotira oko svoje uzdužne ose. Ako zbog tražioca ili drugih dodataka on nije uravnotežen u radijalnom smislu, tada će, kada ga stavimo na nosače, da "pada" na neku stranu. Stoga je potrebno, sa suprotne strane tubusa, na neke nosače učvrstiti teg koji će kompenzirati težinu tražioca ili astro kamere. Ako ima više stvari prikazanih na tubus, onda je uravnotežavanje složenije, ali se može sprovesti.

Tek kada tubus bude mirovao u svakom mogućem položaju na nosačima, moći ćemo biti sigurni da smo postigli radijalno balansiranje.

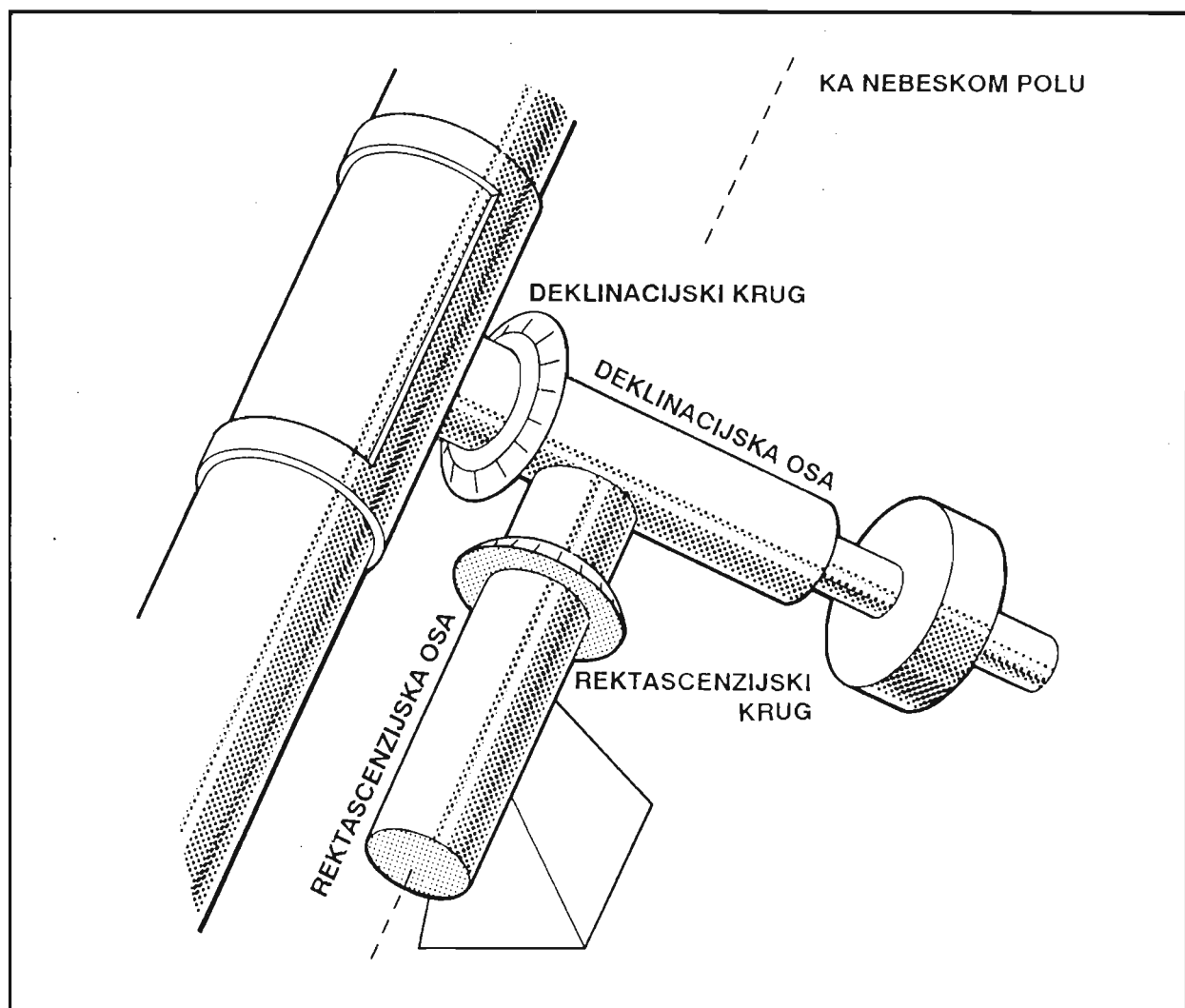
Ako se na tubus neki uređaj postavlja samo povremeno, tada njegov teg za uravno-

teženje treba montirati tako da se lako skida i stavlja kada je to potrebno.

Poslije ovoga vratimo tubus u prstenove na glavi instrumenta. Sada je potrebno sprovesti longitudinalno uravnotežavanje. Ono se vrši u odnosu na deklinacionu osu. Ako je ova vrsta uravnoteženosti skoro postignuta, onda se ne moraju koristiti tegovi, već je dovoljno pomjeriti tubus u prstenovima u određenom pravcu. Međutim, ako se, iz nekih tehničkih razloga, ne želi pomjeriti tubus, tada je bolje upotrijebiti neke tegove. To mogu biti i olovni prstenovi koji se postave na tubusu na onoj strani koja je lakša. Tek kada sve ovo obavimo, možemo preći na uravnotežavanje čitavog teleskopa u odnosu na satnu osu. To se čini pomjeranjem tegova na suprotnoj strani deklinacione ose ili dodavanjem novih, ako ovo nije dovoljno za postizanje pravilnog balansa.

Krugovi za očitavanje nebeskih koordinata

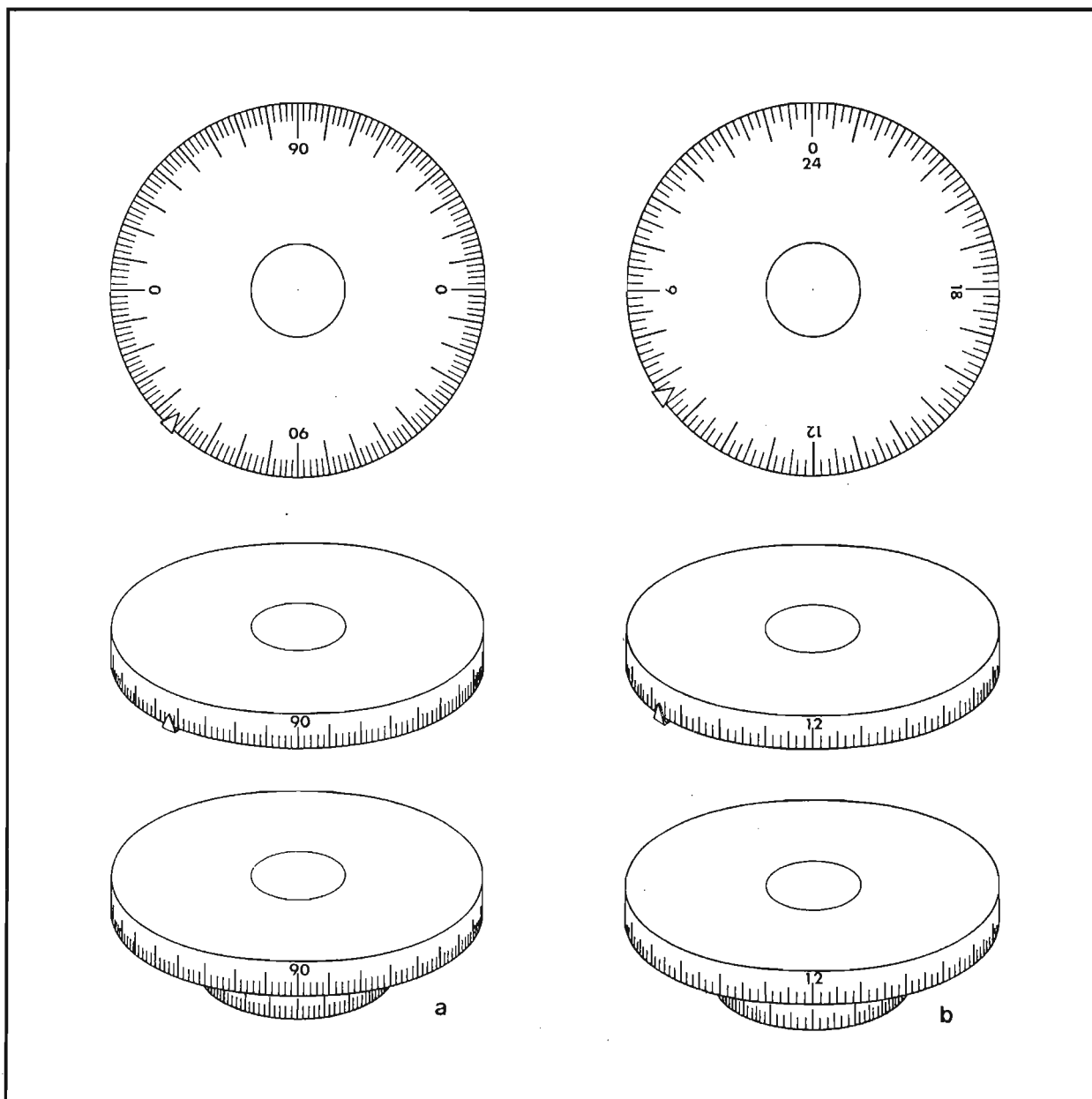
Da bismo uspješno mogli koristiti teleskop, neophodno je da on posjeduje krugove sa ugaonim podjelama na rektascenzijskoj i deklinacijskoj osi. Što je instrument veći, to preciznost sa kojom su rađene podjele na krugovima mora biti veća. Takođe i njihovi prečnici moraju da rastu, jer na malim obimima nije moguće napraviti dovoljno sitnu podjelu.



Sl. 71. Položaj krugova za očitavanje koordinata na osovinama teleskopa.

Deklinacijski krug se može izdijeliti na više načina. Tako ga možemo podijeliti od 0° - 360° ili češće po kvadrantima od 0° - 90° - 0° - 90° - 0 . Časovni krug se obično označava od 0^h - 24^h . Podjele mogu biti crne na bijeloj pozadini ili bijele na crnoj podlozi. One mogu biti nanese na razne načine. Tako mogu da se nalaze na obodu kruga ili sa strane po obimu.

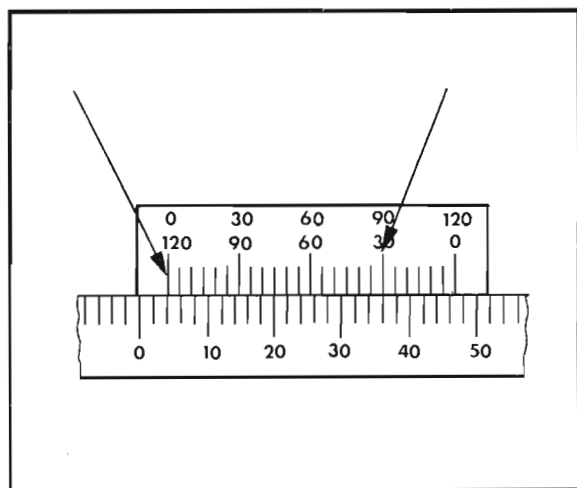
Za očitavanje pojedinih ugaonih razmaka služe kazaljke ili strelice. Kod deklinacijskih krugova uvijek se koristi samo jedna kazaljka. Za preciznija očitavanja se iznad nje može postaviti neka lupa ili se koristi mali kružni nonius. U nizu slika (72) predstavljeni su razni oblici krugova za deklinaciju (a) i rektascenziju (b) koji se mogu sresti u praksi.



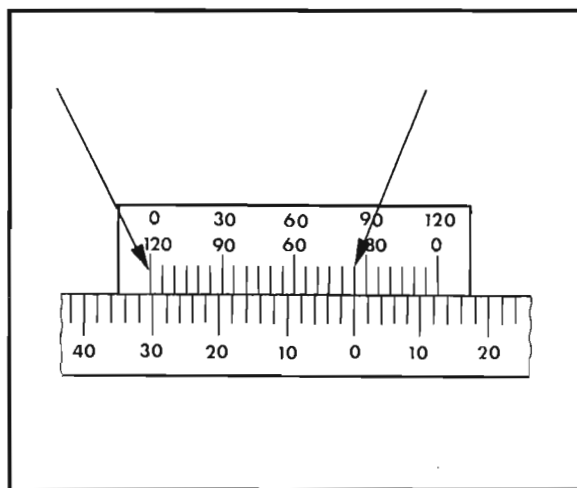
Sl. 72. Neki tipovi deklinacijskih (a) i rektascenzijskih (b) krugova za očitavanje koordinata.

Za rektascenzijski krug se obično koriste tri kazaljke. Jedna je učvršćena na nepokretni dio teleskopa, a druge dvije su međusobno spojene prstenom i mogu se okretati oko rektascenzijske ose. Ovi krugovi mogu imati i samo jednu kazaljku, ili, umjesto nje, mali

radijalni nonius. Krugovi koji u sebi sadrže noniuse za preciznija očitavanja upotrebljavaju se na slijedeći način. Na slici (73.) nalazi se prikazan dio kruga sa noniusom na refraktoru "Unitron" 102/1500. Prvo ćemo posmatrati deklinacijski krug koji je i prikazan na slici.



Sl. 73.



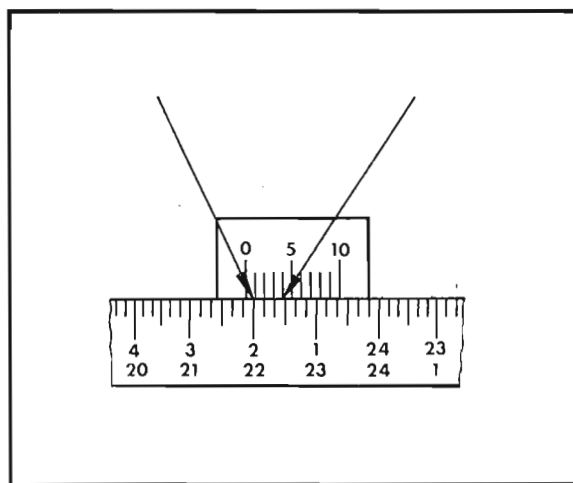
Sl. 74.

Glavni krug je izdijeljen po kvadrantima na $0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 0^\circ$. Tačnost čitanja na njemu iznosi 2° . Nonius sadrži podjelu od samo 2° ili $120'$. Postoje dva moguća načina očitavanja. Jedan je s lijeve u desno, a drugi s desna u lijevo. Zato na noniusu i postoje dvostruke oznake od $(0' - 120')$ i od $120' - 0'$. Sa noniusa se očitava prva vrijednost na kojoj su se poklopile ma koja linija noniusa i ma koja linija glavnog kruga. U našem slučaju to bi bila oznaka na $90'$ ili $1^\circ 30'$. Na slici (74.) prikazana je druga mogućnost. Ovdje se čitanje vrši po donjoj skali noniusa sa desna ulijevo. Vidimo da su se poklopile linije na oznaci od $35'$ pa je čitanje kruga deklinacije: $35^\circ 35'$.

Krug rektascenzije je prikazan na slici 75.

Tačnost čitanja glavnog kruga iznosi 10 min, a nonius ima podjelu od ukupno 10 min. Na glavnom krugu su nanese oznake od $1^h - 24^h$ i $24^h - 1^h$. Gornja skala se čita s desna u lijevo, a donja s lijeva u desno. U zavisnosti od položaja teleskopa u odnosu na stub teleskopa moguća su dva načina čitanja. Primjer je jasan iz crteža.

Ovaj tip krugova je najlakše orijentisati posmatranjem neke zvijezde čije su tačne koordinate poznate iz tablica ili atlasa. Teleskop se uperi u nju i namjesti da zvijezda leži tačno na presjeku konaca nitnog krsta okulara. Zatim se uključi motor koji prati dnevno kretanje Zemlja. Krugovi se slobodno rotiraju, a fiksiraju se pomoću za to predviđenih zavrtnja. Najprije se namjesti deklinacioni krug tako da čitanje na njemu odgovara deklinaciji posmatrane zvijezde. Zatim se isto to učini sa satnim krugom. Za preciznija podešavanja potrebno je sprovesti niz ovakvih radnji.



Sl. 75.

Korištenje satnih krugova sa tri kazaljke je nešto drugačije. Ovdje je dat primjer kada je podjela nanese na površini kruga, a isto vrijedi i ako je podjela po obodu.

Krug je podijeljen na 24^h u smjeru suprotnom od smjera kretanja kazaljke na satu. Na osovini na kojoj je i krug smještena je pokretna kazaljka sa dva kraja. Na nepomičnom dijelu teleskopa nalazi se nepokretna kazaljka. Pokretna kazaljka ima dva kraja zato da bi, pri raznim položajima teleskopa, bilo uvijek moguće vršiti očitavanje sa jednim od krajeva. Ova kazaljka pokazuje položaj neke zvijezde u satima i minutima. Jedan kraj pokazuje položaj istočno, a drugi zapadno od nebeskog meridijana.

Fiksirana kazaljka uvijek pokazuje lokalno zvjezdano vrijeme u trenutku kada je krug tačno orijentisan. Ako se posmatranja vrše teleskopom koji ne posjeduje satni mehanizam, tada se za orijentaciju kruga koristi zvjezdani sat. Poznato je da zvjezdani dan ima 23 h 56 m srednjeg sunčevog dana. Ako se ne posjeduje zvjezdani sat, onda ga je moguće napraviti od običnog budilnika. Treba pomjeriti ručicu sa suprotne strane časovnika i učiniti ga bržim za četiri minuta.

Teleskop okrenemo ka nekoj sjajnijoj zvijezdi čije su nam nebeske koordinate poznate. Kada se zvijezda nađe u središtu vidnog polja, krug okrećemo sve dok kazaljka ne bude pokazivala rektascenziju zvijezde. U tom trenutku, nepomični indikator će pokazivati lokalno zvjezdano vrijeme. Naš časovnik navijemo prema ovom podatku.

U toku noći, za nalaženje bilo kog objekta čije koordinate znamo, dovoljno je koristiti se satom. Teleskop se usmjeri u skladu sa deklinacijom objekta. Časovni krug se rotira sve dok nepokretna kazaljka ne bude pokazivala lokalno zvjezdano vrijeme utvrđeno prema našem časovniku. Poslije toga krug ostavimo u tom položaju, a teleskop pomjerimo sve dok druga kazaljka ne bude pokazivala rektascenziju traženog objekta. Ako se posjeduje satni mehanizam, onda zvjezdani časovnik nije neophodan. Teleskop se usmjeri na zvijezdu sa poznatom rektascenzijom. Uključi se motor i ostavi teleskop uperen na tu zvijezdu. Zatim se pokreće krug sve dok kazaljka ne bude pokazivala rektascenziju posmatrane zvijezde. Indikator na nepomičnom dijelu teleskopa će davati lokalno zvjezdano vrijeme. Ako se motor teleskopa tokom čitavog posmatračkog perioda ne isključuje, onda ćemo pomoću kruga moći naći rektascenziju bilo kojeg objekta.

Namještanje polarne osovine teleskopa pomoću krugova

Teleskopi se montiraju na najrazličitije načine. Osnovna sličnost svih tih montaža se sastoji u tome da su sve one bazirane na dvije uzajamno normalne ose. Kod ekvatorijalne montaže, jedna osa je uperena ka nebeskom polu (polarna, satna ili rektascenzijska osa), a druga je normalna na nju i naziva se deklinacijska osa. Da bi teleskop pravilno radilo, njegova polarna osa mora biti što tačnije orijentisana ka nebeskom polu. Tako će korekcije u radu mehanizma biti minimalne. Pored toga što mora biti uperena prema nebeskom polu, odnosno što je nageta u odnosu na horizont pod uglom jednakim geografskoj širini posmatrača, osa mora da leži tačno u nebeskom meridijanu.

Ove dvije popravke se najprije sprovedu grubo po danu, a noću se vrše korekcije pomoću krugova. Pretpostavimo da je deklinacijski krug izdijeljen na kvadrante po 90° . Teleskop se uperi ka nekoj zvijezdi koja upravo kulminira, tj. pri svom dnevnom kretanju presijeca nebeski meridijan. Neka je deklinacija zvijezde δ , a neka je njeno čitanje na krugu kada je teleskop istočno od stuba, D_1 . Kada je teleskop zapadno od stuba, neka je tada očitavanje deklinacije te zvijezde D_2 . Tačka pola na krugu, koja treba da odgovara čitanju od 90° , bila bi jednaka.

$$90^\circ + \frac{D_1 - D_2}{2} \quad (1)$$

Za ovu veličinu treba popraviti položaj kruga u odnosu na strelicu kojom se vrši očitavanje.

Ako je $\frac{D_1 - D_2}{2}$ manje od δ , onda polarna osa instrumenta leži ispod pravca ka

nebeskom polu. Posebnim zavrtnjem treba izvršiti korekciju.

Ako je $\frac{D_1 - D_2}{2}$ veće od δ , tada osa teleskopa leži iznad pravca ka nebeskom polu.

Korekcije se vrše vrlo pažljivo, a pogodno je poznavati prečnik vidnog polja okulara kojim se vrše ova posmatranja. Tako je moguće, gledajući kroz okular, ocjenjivati ugaonu veličinu promjene nagiba ose koju smo izvršili.

Za popravku usmjerenosti ose po azimutu, potrebno je teleskop uperiti na zvijezdu sa deklinacijom δ' i zapadnim časovnim uglom od 6^h . Neka tom položaju odgovara čitanje kruga D' . Ako je $D' > \delta'$ tada je sjeverni kraj polarne ose pomjeren ka zapadu. U slučaju kada dobijemo da je $D < \delta'$ tada je sjeverni kraj polarne ose instrumenta pomjeren istočno od nebeskog meridijana. Kada na ovakav način ustanovimo veličinu pomaka, tada za to predviđenim zavrtnjima, popravimo položaj satne ose teleskopa po azimutu.

Optička osa teleskopa i deklinacijska osa moraju da budu pod pravim uglom jedna u odnosu na drugu. Ako to nije tako, onda se mora naći popravka za tzv. kolimaciju. Teleskop uperimo na neku zvijezdu smještenu u blizini nebeskog ekvatora. Neka se teleskop pri tome nalazi istočno od stuba na kome je smješten, a neka je α rektascenzija zvijezde. Zvijezdu posmatramo u trenutku kada je blizu svoje kulminacije pri nekom časovnom uglu $T_1 - \alpha$. T_1 je zvjezdano vrijeme u momentu posmatranja. Časovni ugao vizirne linije teleskopa u tom momentu će iznositi:

$$t_1 + \Delta t - \text{csec } \delta \quad (2)$$

t_1 je čitanje časovnog ugla, Δt tražena popravka časovnog ugla, a csec karakteriše uticaj kolimacije. Očigledno je da izraz (2) mora da zadovoljava uslov:

$$t_1 + \Delta t - \text{csec } \delta = T_1 - \alpha \quad (3)$$

$$\text{ili } \Delta t - \text{csec } \delta = T_1 - \alpha - t_1$$

Poslije ovoga, teleskop okrenemo zapadno od stuba i uperimo u istu zvijezdu. Za ovaj slučaj vrijedi jednačina:

$$\Delta t + \text{csec } \delta = T_2 - \alpha - t_2 \quad (4)$$

Iz jednačina (3) i (4) lako je naći vrijednost za Δt i c. U ovom izlaganju δ je bila deklinacija zvijezde i poželjno je da je što je moguće manja, odnosno da je zvijezda koja nam služi za popravku kolimacije, što bliža nebeskom ekvatoru.

Namještanje polarne osovine teleskopa bez upotrebe krugova

Posmatrajmo sliku (76.). Oznake na njoj su: NPM - meridijan, P - nebeski pol, WPE - satni krug normalan na meridijan, tj. na časovnom uglu od $\pm 6^h$, P' - pol instrumenta, S_1 - zvijezda koja nije suviše blizu pola na časovnom uglu t prije prolaza kroz meridijan, S_2 - ista zvijezda pri istom časovnom uglu t poslije prolaska kroz meridijan; x i y su koordinate pola instrumenta u odnosu na osovine WPM.

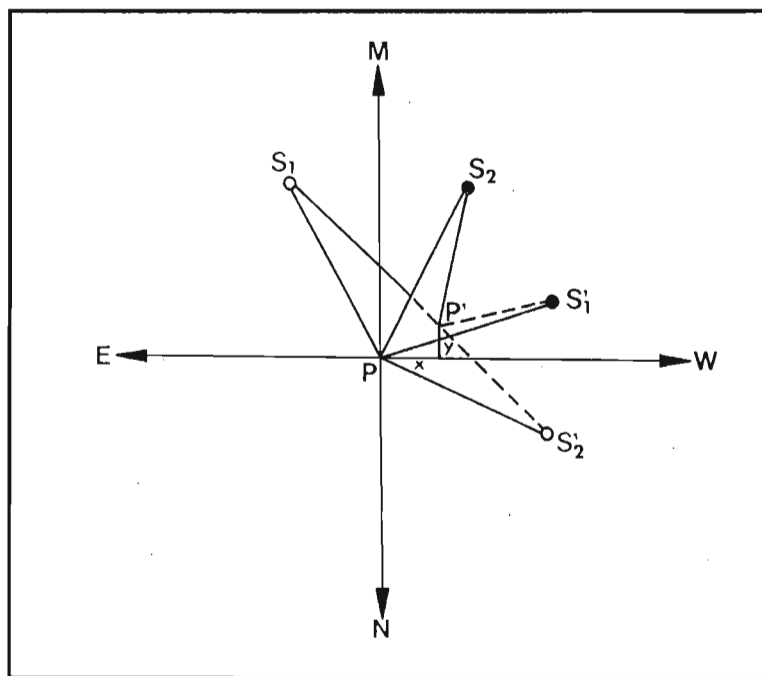
Uglovi PS_1P' i PS_2P' su za male vrijednosti y i x mali, pa se njihovi kosinusi mogu približno smatrati jedinicama. Sa slike dobijemo:

$$PS_1 = P'S_1 + y \cos t - x \sin t \quad (5)$$

$$PS_2 = P'S_2 + y \cos t + x \sin t$$

Vidimo da je $PS_1 = PS_2$ pa je:

$$P'S_1 - P'S_2 - 2x \sin t = 0 \quad \text{ili} \quad 2x \sin t = P'S_1 - P'S_2$$



Sl. 76.

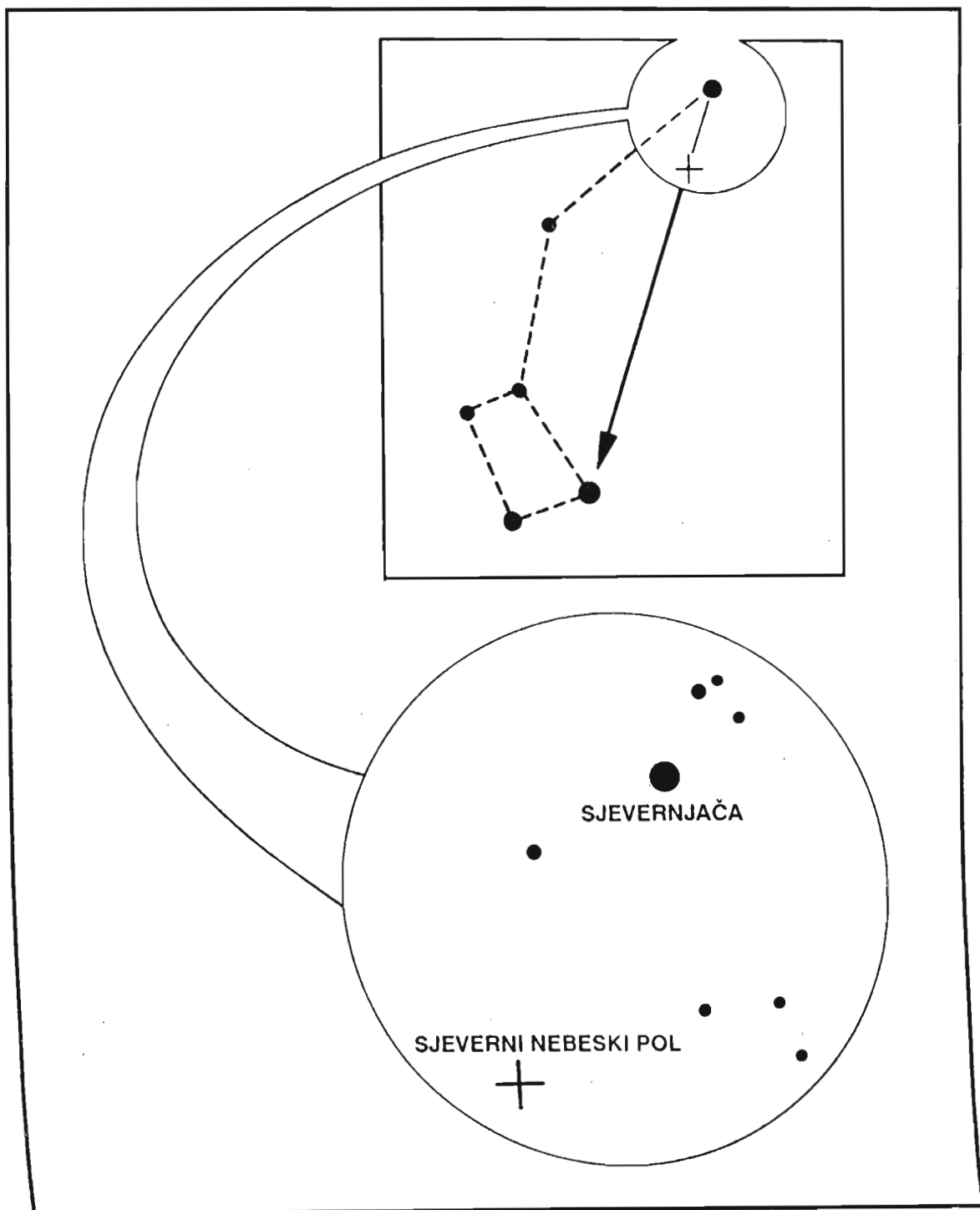
Na sličan način, posmatrajući neku drugu zvijezdu S' u dva položaja koja su simetrična u odnosu na časovni krug PW , tj. na časovnim uglovima od $6^h - t'$ i $6^h + t'$, naći ćemo da je $2y \sin t' = P'S'_2 - P'S'_1$. Sada se obave slijedeće radnje. Uperi se teleskop na bilo koju zvijezdu koja je u gornjoj kulminaciji, samo ne blizu pola, na časovnom uglu t prije njenog prolaska kroz meridijan. t ne treba da je manje od pola sata a najviše može da ide do dva sata.

Teleskop se fiksira po deklinaciji i očita se zvjezdano vrijeme sa tačnošću do jednog minuta. Sada ostavimo teleskop i izračunamo tačno časovni ugao pri kome smo uperili teleskop ka zvijezdi. Za ovo je potrebno poznavati rektascenziju zvijezde. Zatim sačekamo vrijeme dok zvijezda prođe kroz meridijan i nađe se isto toliko zapadno od njega, koliko je bila istočno pri prvom usmjeravanju teleskopa. Pri tome se mora biti oprezan i paziti da se teleskop ne pomjeri po deklinaciji.

Onog trenutka kada zapadni časovni ugao zvijezde postane jednak ranije uočenom istočnom uglu, treba utvrditi na kome je rastojanju od središta vidnog polja bila zvijezda u tom trenutku. Pri tome se misli na rastojanje u pravcu deklinacijskog kruga. Ocijenimo ovo rastojanje u dijelovima poluprečnika vidnog polja, a bolje je odrediti njegov prečnik u ugaonim jedinicama, pa ocjenjivanje vršiti u njima. Ako zvijezda prolazi sjeverno od sredine vidnog polja, tada je x pozitivno, a pol instrumenta leži zapadno od meridijana. Ako zvijezda prolazi južno od središta vidnog polja, tada je x negativno, tj. pol instrumenta je smješten istočno od meridijana. Rastojanje na kome prolazi zvijezda od središta vidnog polja može

se odrediti iz relacije $2 \times \sin t$. Ovo rastojanje i t su nam poznati, pa je lako iz jednačine naći nepoznato x . Kada znamo x , tada je potrebno, za to predviđenim zavrtnjem, popraviti položaj polarne osovine u određenom smjeru. Pri tome je najbolje posmatrati neku zvijezdu u vidnom polju i pomjerajući zavrtnj "pomaknuti" zvijezdu za nađeno ugaono rastojanje.

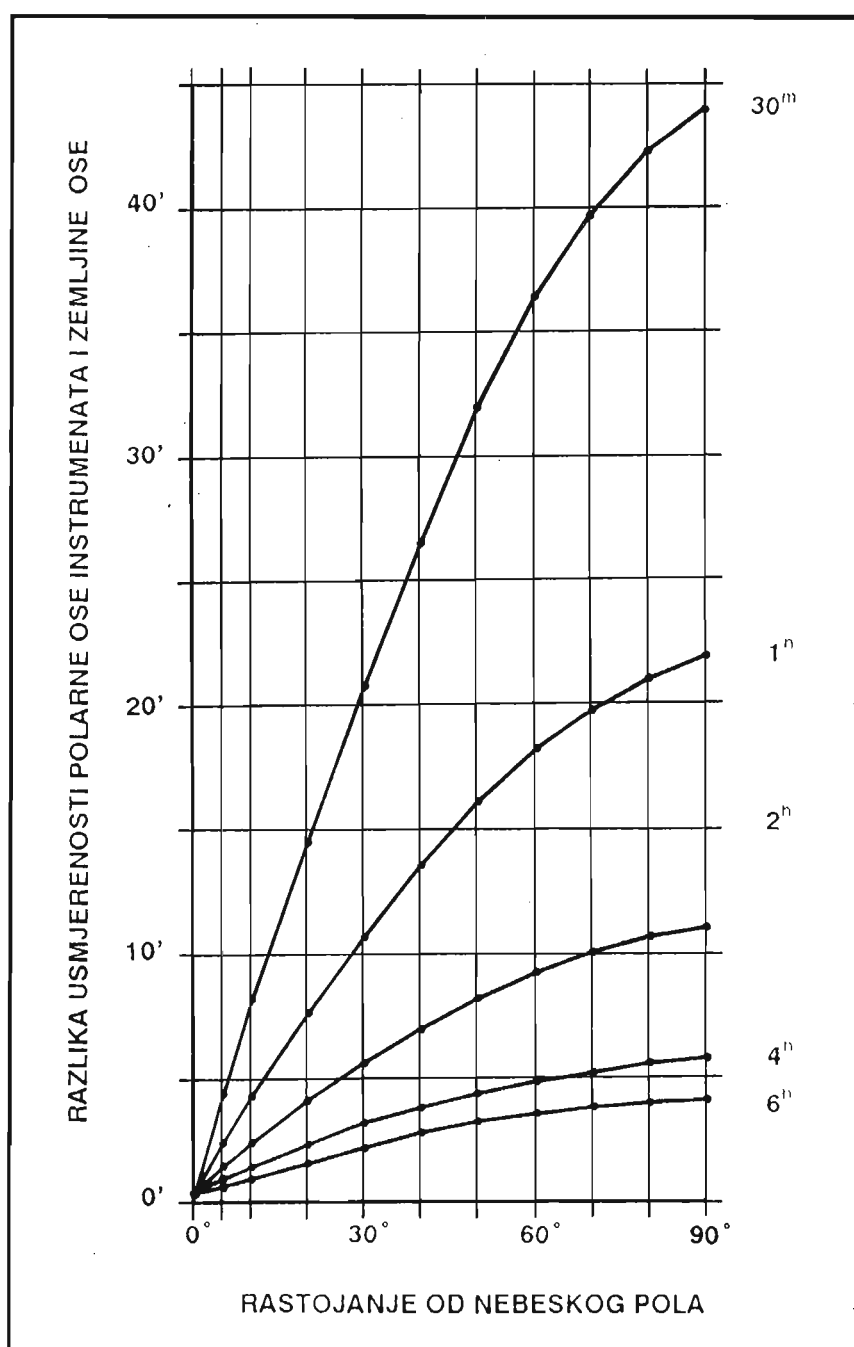
Poslije ovoga sprovodimo istu metodu na zvijezdu koja je zapadno od meridijana na časovnim uglovima $90^\circ - t'$ i $90^\circ + t'$. Zaključivanje se sprovodi na slijedeći način.



Sl. 77. Sazviježđe mali medvjed sa zvijezdom Sjevernjačom i ucrtanim položajem nebeskog pola. Uvećani detalj daje još precizniju zvjezdanu kartu iste oblasti.

Ako zvijezda pri časovnom uglu od $90^\circ + t'$ prolazi južno (sjeverno) od sredine vidnog polja, tada je y pozitivno (negativno) tj. pol instrumenta leži iznad (ispod) nebeskog pola. Kada nađemo vrijednost za y , popravimo položaj polarne ose teleskopa za tu veličinu u odnosu na horizont. Za tačnija određivanja rastojanja u vidnom polju mogu se koristiti mikrometri.

U novije vrijeme pojavljuju se mehanizmi (ili se samostalno prave) kod kojih je u samoj polarnoj osi smješten tražilac. On se usmjerava ka nebeskom polu i na osnovu karte (Sl. 77.) se centar nitnog krsta poklopi sa nebeskim polom.



Sl. 78. Grafik za toleranciju usmjerenosti polarne ose teleskopa pri snimanju sa dužim ekspozicijama.

Tolerancija usmjerenosti polarne ose pri snimanju sa dužim ekspozicijama

Vidjeli smo da je ranije opisanim metodima moguće dovoljno dobro izvršiti dotjerivanje polarne ose teleskopa. Sve postupke je potrebno provesti više puta jer pravilnu rektifikaciju nije moguće izvršiti iz jednog puta. Svakim sljedećim ponovljenim postupkom, tačnost usmjeravanja se povećava.

Pri običnim vizuelnim posmatranjima ne traži se odviše velika tačnost u podudaranju ose instrumenta sa nebeskom osom. Ta nepodudarnost može da se kreće u granicama 2' do 3'.

Sa astrografima je slučaj drugačiji. Ako ose nisu dovoljno dobro podudarne, tada će se na snimljenoj ploči moći primijetiti slijedeća pojava. Zvijezde u središtu snimka, tj. u neposrednoj blizini one zvijezde koja je služila kao kontrola pri praćenju, biće tačkaste. Međutim, one će dalje izgledati poput lukova koji su sve većih dužina što se zvijezde približavaju rubovima ploče. Izgleda kao da su sve zvijezde počele opisivati male lukove oko središta snimka.

Ova pojava je poznata kao rotacija fotografskog polja. Naime, pošto osovina teleskopa nije paralelna sa nebeskom osom, teleskop će vršiti rotaciju oko svoje ose, a zvijezde oko svoje, i rezultat slaganja ova dva kretanja je maločas opisana pojava.

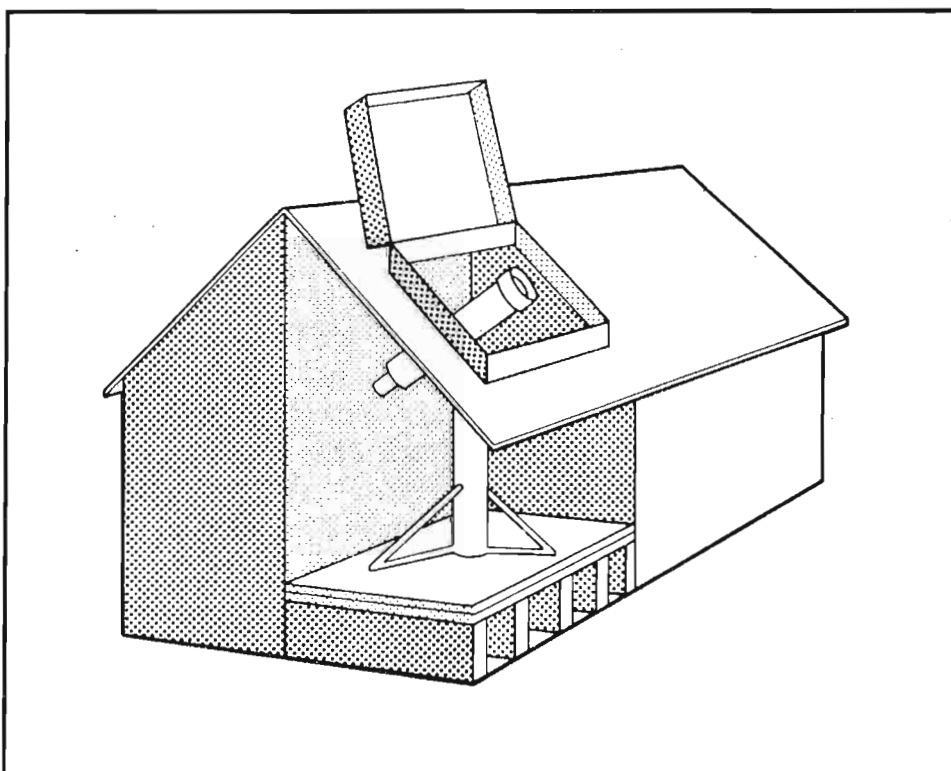
Na grafiku (sl. 78.) dato je nekoliko krivih linija koje pokazuju dozvoljenu razliku u usmjerenosti osa instrumenta i Zemlje pri snimanju sa dužim ekspozicijama. Na horizontalnoj osi grafika nanosena je polarna udaljenost u stepenima, a na vertikalnoj razlika u usmjerenosti u ugaonim minutima. Svaka kriva odgovara nekoj vrijednosti ekspozicije. Pri pravljenju ovog grafika korišten je jedan uslov o tolerantnoj dužini traga koga ostavi neka zvijezda na određenoj udaljenosti od središta vidnog polja odnosno od zvijezde koja je korištena pri praćenju. Uzeto je da tolerantna dužina traga neke zvijezde na udaljenosti od oko 40 mm od središta snimka ne smije biti veća od 0,06 mm.

Vidimo sa grafika da, na primjer, pri ekspoziciji od 2 sata, razlika u usmjerenosti osa ne smije biti veća od 10' a pri ekspoziciji od 30 minuta ta razlika može biti 45'.

2. ASTRONOMSKE OPSERVATORIJE

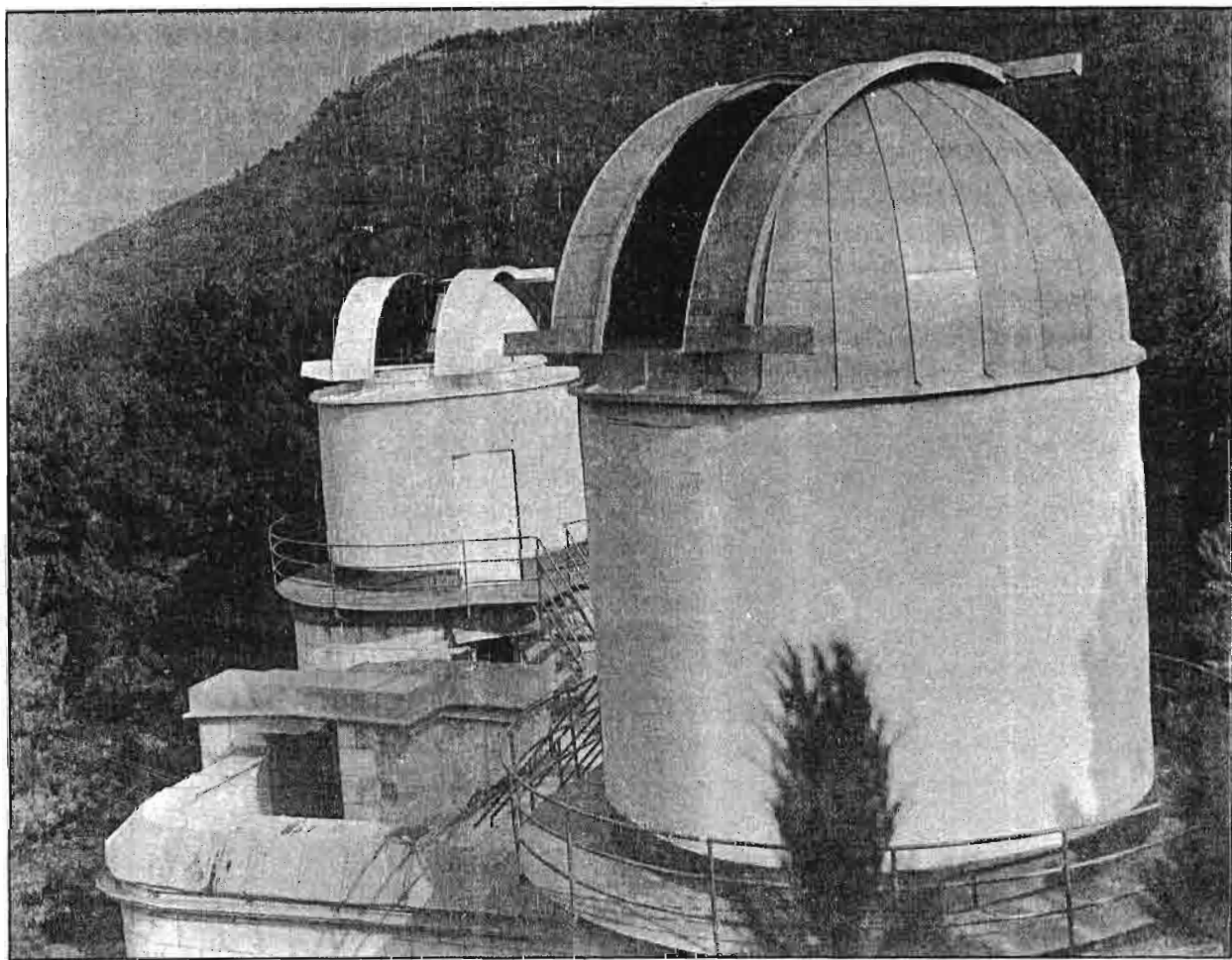
Osnovni problem sa kojim se svaki amater sreće je gdje držati teleskop kada nije u upotrebi. Kada se radi o malim prenosnim instrumentima, onda je sve relativno lako. Već malo teži ili veći teleskop donosi nove probleme. Stalni smještaj olakšava sve to jer nije jednostavno prije svakog posmatranja rektifikovati, balansirati, pa zatim ponovo demontirati instrument. Ako to češće radimo, rastu mogućnosti oštećenja i zato je neophodno napraviti neki prostor u kome će naš teleskop biti zaštićen kada nije u upotrebi, a biti upotrebljiv pri posmatranju. U najjednostavnijem slučaju, u vrtu ili na nekoj terasi, treba postaviti stabilan betonski ili metalni stub. Na njegovom vrhu su zavrtnji (obično tri) na koje se postavlja glava teleskopa koju smo jednom za sva vremena rektifikovali. Pola problema ovim je riješeno.

Još bolji način je konstrukcija malih kućica od drveta, lima ili drugog pogodnog materijala. Pri tome je nužno obezbjediti da se dio krova, cijeli krov ili sama kućica mogu pomijerati kako bi teleskop oslobodio prostor ka nebu. (Sl. 79).



Sl. 79. Kućica sa otvorom za posmatranje

Kućice sa pokretnim krovovima koriste se nekad i u profesionalnim uslovima. Kupole su svakako najpogodnije konstrukcije za smještaj astronomskih instrumenata. One su vrlo stabilne i čvrste kada je u pitanju jak vjetar, a štite od kiše teleskop kada nije u upotrebi. Istovremeno, pri posmatranjima se koristi uski otvor koji pruža zaštitu od bočnog svjetla ili vjetrova. Kupole su na točkovima i okreću se za 360 stepeni, ručno ili motorima. Otvaraju se obično paralelnim smicanjem kriški (Sl. 80) ili kliznim poklopcem.



Sl. 80. Kupole na astronomskoj opservatoriji u Sarajevu koje su napravljene vlastitim snagama.

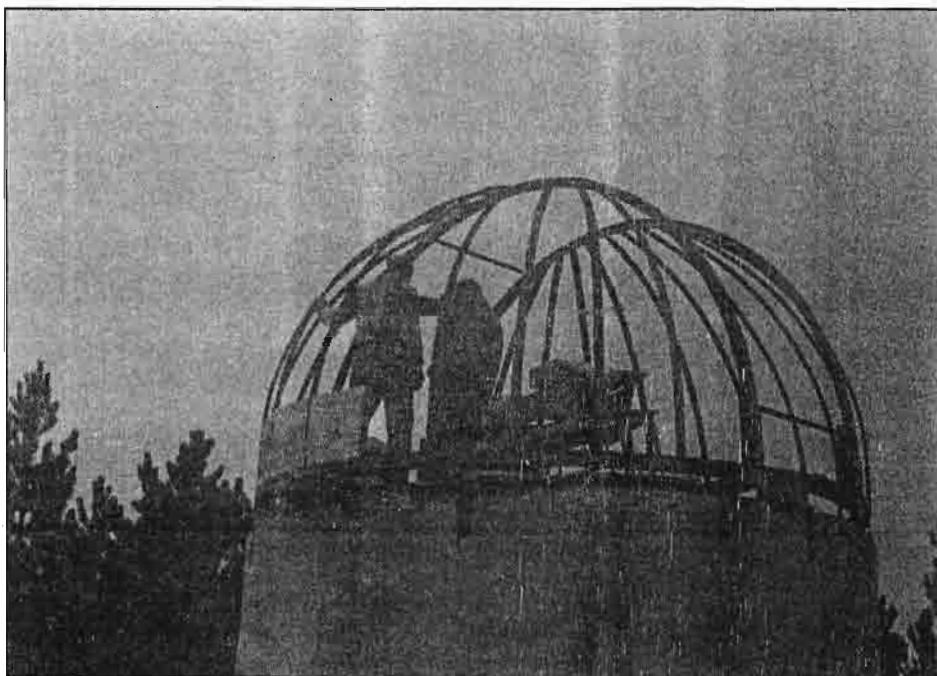
Kupole se mogu napraviti samostalno (kao što je urađeno u Sarajevu sa dvije kupole, te Višnjanu i drugim amaterskim opservatorijama u Jugoslaviji). Koriste se različiti materijali, poželjno je da su lakši (aluminijum, fiberglas i slično).

Prostor ispod kupole, ako je ova napravljena kao zasebna građevinska konstrukcija, koristi se za smještaj pomoćnih uređaja, knjiga i zvjezdanih karata, te za odmor posmatrača. U većim amaterskim opservatorijama, a pogotovo u profesionalnim institucijama, podižu se čitave zgrade sa kupolama, laboratorijama, bibliotekama, spavaonicama i slično.

KRATKI OPIS PROFESIONALNIH I AMATERSKIH OPSERVATORIJA U JUGOSLAVIJI

Obzirom na koncepciju ove knjige, veća pažnja je posvećena amaterskim opservatorijama, dok je opis profesionalnih institucija dat u skraćenom obliku, bez namjere da se umani njihov značaj. Takođe, opisane su one opservatorije, odnosno astronomska društva, od kojih su

autoru stigli podaci, pa ispuštanje nekih takođe nije bilo namjerno.



Sl. 81. Detalj sa izgradnje jedne od kupola u Sarajevu.

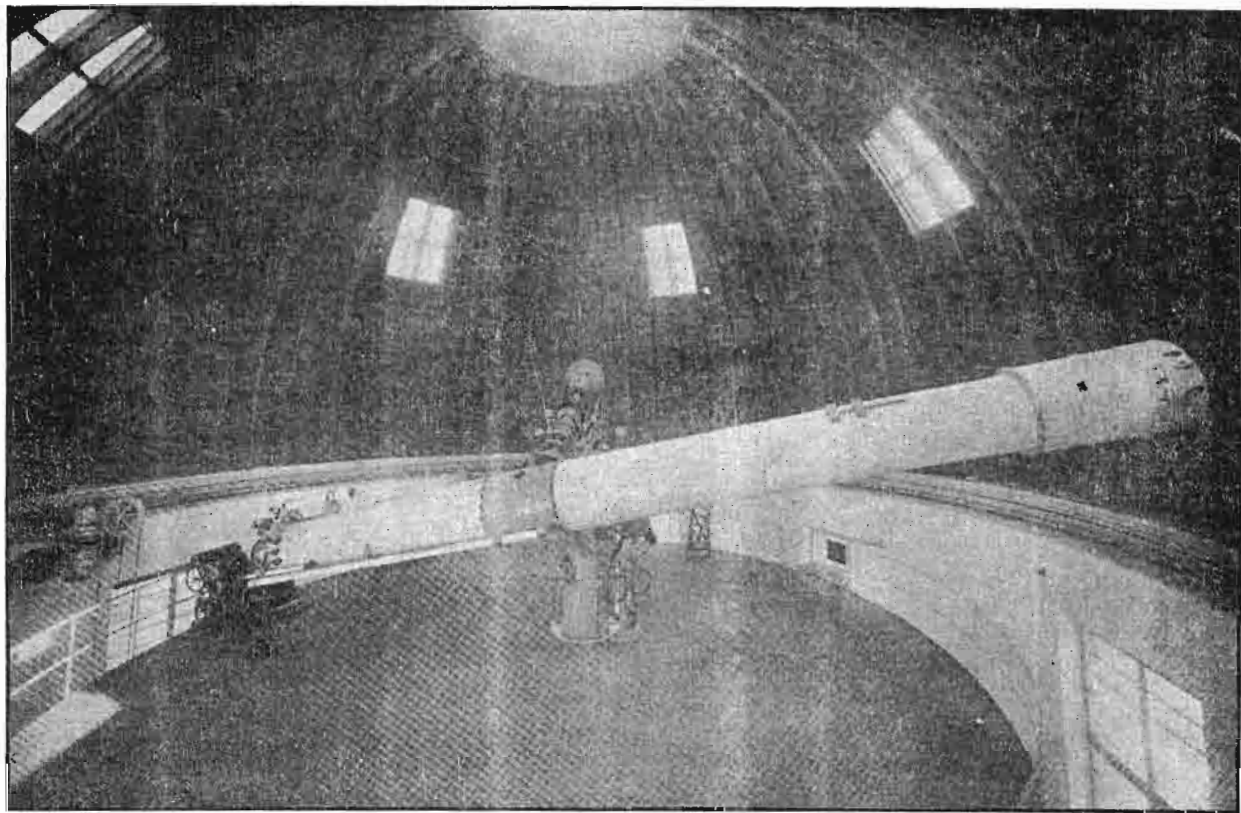
Profesionalne opservatorije u Jugoslaviji nalaze se u Beogradu, Ljubljani i otoku Hvaru. Astronomske opservatorija u Sarajevu je poluprofesionalna, a postoji više amaterskih i privatnih opservatorija.

ASTRONOMSKA OPSERVATORIJA U BEOGRADU

Ovo je naša najstarija opservatorija. Cijeli kompleks, sa više zgrada, kupola i paviljona, smjašten je na brdu Zvezdara. Najveći teleskop je Zeiss refraktor prečnika 65 cm i fokusa 10,55 m. Tu su tri klasična meridijanska instrumenta (meridijanski krug, pasažni instrument i vertikalni krug) svi model "Askania" 190/2575 mm. Opservatorija raspolaže i sa manjim instrumentima i među njima astrografom 160/800 mm. Glavna istraživanja obavljaju se u oblasti astrometrije (izrada kataloga položaja zvijezda, određivanje položaja članova Sunčevog sistema, okultacije, određivanje promjena geografskih koordinata Beograda, određivanje relativnog položaja dvojnih zvijezda, te teorijska istraživanja vezana za ovu oblast). Grupa za astrofiziku radi na fotometriji i polarimetriji nekih tipova promjenljivih zvijezda, te takođe, na modelima zvijezda. U okviru istraživanja Sunca radi se na fotografskoj spektrofotometriji Sunca sa ciljem istraživanja fotosferskih kretanja velikih razmjera.

Na opservatoriji se takođe radi na određivanju putanja tijela Sunčevog sistema, elemenata orbita dvojnih zvijezda i statistici asteroidnog pojasa.

U Beogradu se profesionalni astronomske rad obavlja i na Institutu za astronomiju pri Prirodno matematičkom fakultetu. To je jedini fakultet u Jugoslaviji gdje se odvija kompletan studij iz astronomije. Pri tome se, ovisno o izboru predmeta stiče profil diplomirani fizičar ili diplomirani matematičarastronom. Na Institutu za astronomiju obavljaju se uglavnom teorijska istraživanja u raznim oblastima, a među njima su radovi iz dinamike kretanja tijela Sunčevog sistema, zatim modeli zvijezda, radio astronomija, fizika Sunca i slično.



Sl. 82. Veliki refraktor prečnika 65 cm astronomske opservatorije u Beogradu.

OPSERVATORIJ HVAR GEODETSKOG FAKULTETA U ZAGREBU

U okviru Geodetskog fakulteta u Zagrebu djeluje opservatorij Hvar na istoimenom ostrvu. Nastao je na osnovu saradnje sa čehoslovačkim astronomima koji su dopremili sve instrumente. Glavni teleskop je reflektor prečnika 65 cm kojim se vrši fotoelektrična fotometrija zvijezda. Postignuti su lijepi rezultati u višegodišnjem ispitivanju Be zvijezda. Takodje, ovaj opservatorij posjeduje fotosferski refraktor kojim se vrše istraživanja Sunca.

ASTRONOMSKO-GEOFIZIKALNI OPSERVATORIJ GOLOVEC

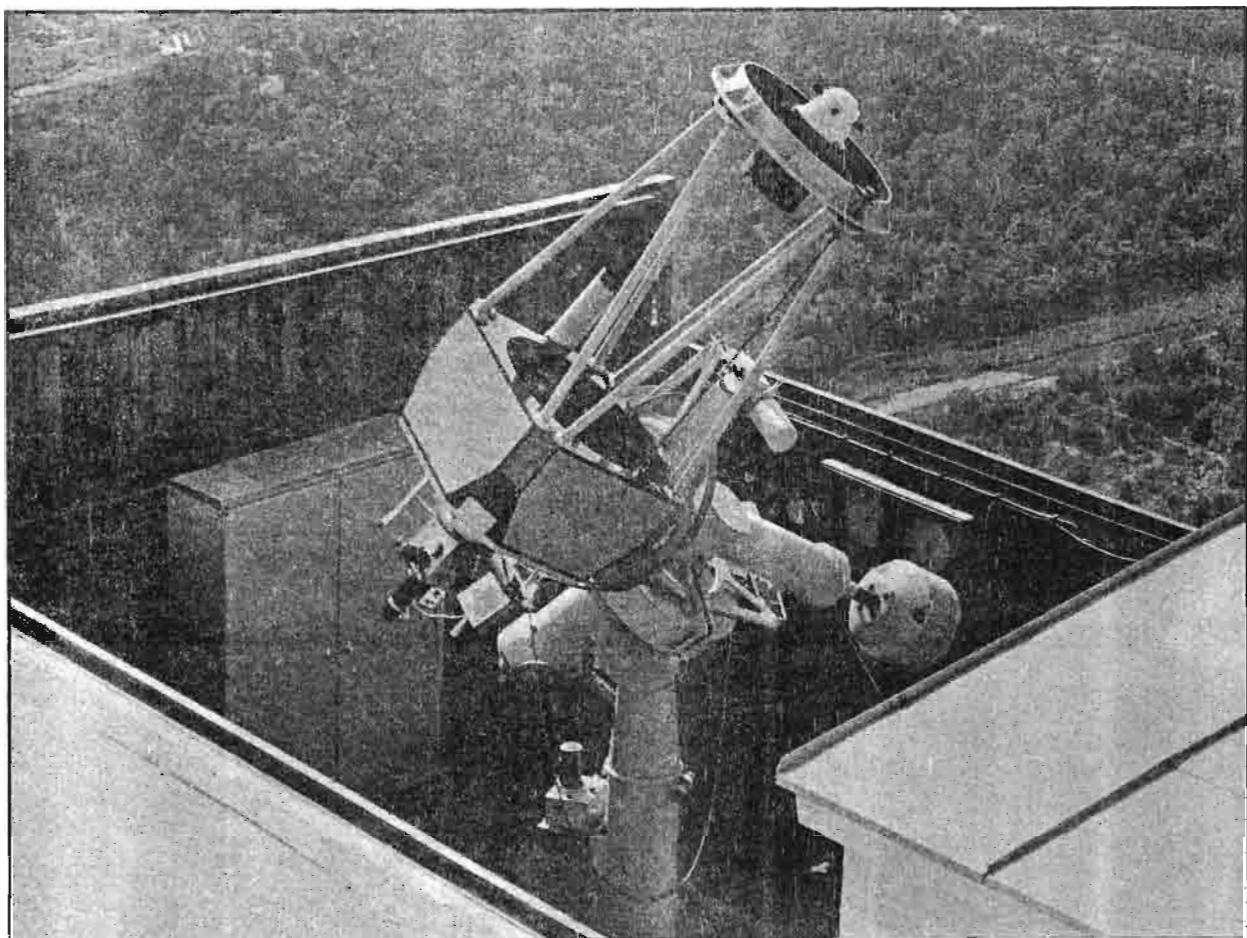
U Ljubljani djeluje mala opservatorija koja raspolaže sa jednim klasičnim refraktorom manjih dimenzija, te pasažnim instrumentom i jednim Schmidt reflektorom tipa Celestron prečnika 35 cm. On se koristi za fotoelektričnu fotometriju.

UNIVERZITETSKO ASTRONOMSKO DRUŠTVO SARAJEVO

adresa: M. Tita 44, pp 144 71001 SARAJEVO

telefon: 071/ 516-885

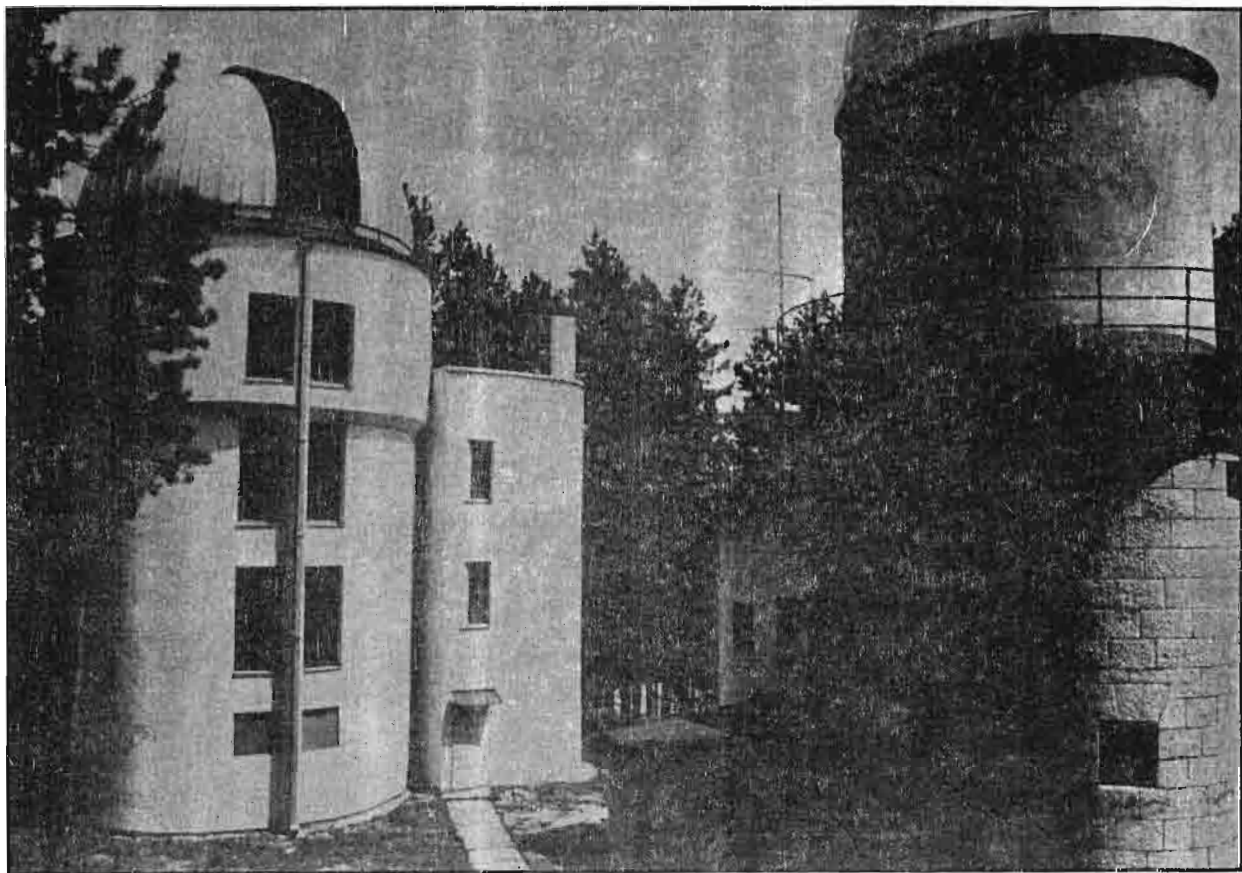
Osnovano je 1963. godine. 1965. godine naporima članova otvorena je kupola Narodne opservatorije "Mejtaš" u centru grada. U ovoj kupoli smješten je danas refraktor Unitron 102/1500 mm. Narodna opservatorija je namijenjena popularizaciji astronomije i obuci mlađih



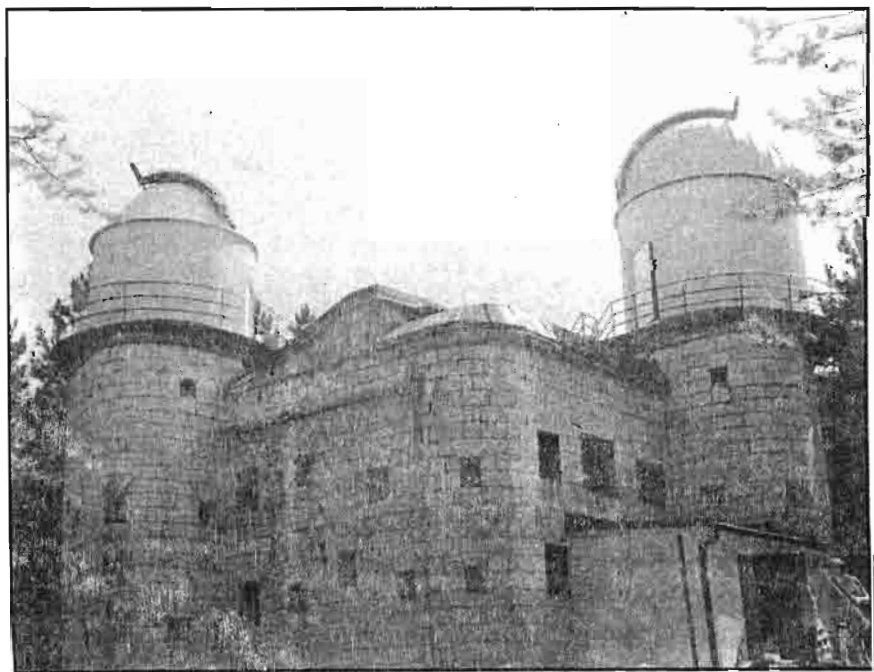
Sl. 83. 65 cm-ski reflektor opservatorije Hvar.

članova.

1968. godine počeo je rad na izgradnji Astronomske opservatorije na Trebeviću (12 km od grada). Stara austro-ugarska tvrđava koja se nalazi na nadmorskoj visini od 1003 metra dobrovoljnim radom članova adaptirana je u periodu 1968-1972. godine. Na tvrđavi su dozidane dvije kupole prečnika 3 i 4,5 metara. U manjoj kupoli smješten je teleskop tipa Cassegrain-Newton 215/4300 mm. Sa druge strane nalaze se dvije astro kamare 83/375 mm. Ovim dvostrukim astrografom je u periodu od 1972-1979. godine snimljen fotografski atlas neba poznat kao Sarajevski atlas neba. Nebo je snimano u crvenoj i plavoj svjetlosti na staklene Kodak-ove ploče 103a-E i 103a-O. U većoj kupoli danas je smješten teleskop Cassegrain-ovog tipa prečnika 40 cm vlastite konstrukcije. Montaža je njemačkog tipa i proizvodnje, a teleskop posjeduje fotoelektrični fotometar čehoslovačke proizvodnje. Ovim uređajem se vrši fotoelektrična fotometrija promjenljivih zvijezda. Nedaleko od starog dijela opservatorije podignuta je nova zgrada sa kupolom prečnika 8 metara (made in USA, Ash Dome). Ova trospratna građevina je takođe, gotovo u potpunosti napravljena samostalno, dobrovoljnim radom članova u periodu od 1975-1982. godine. U kupoli je Cassegrain reflektor prečnika 62 cm i fokusa 1240 cm. Instrument je engleske proizvodnje (Fullerscopes, London) ali je takodje dobrim dijelom rekonstruisan samostalno u Sarajevu. I ovaj instrument ima fotometar za fotoelektrična mjerenja sjaja zvijezda. Astronomska opservatorija na Trebeviću koristi se za naučni, stručni i popularizatorski rad. Redovno se organizuju grupne posjete za građane, članove i slično. U gradu, u prostorijama Univerzitetskog astronomskog društva koje djeluje u okviru Centra za društvene djelatnosti univerziteta u Sarajevu, održavaju se popularna preda-

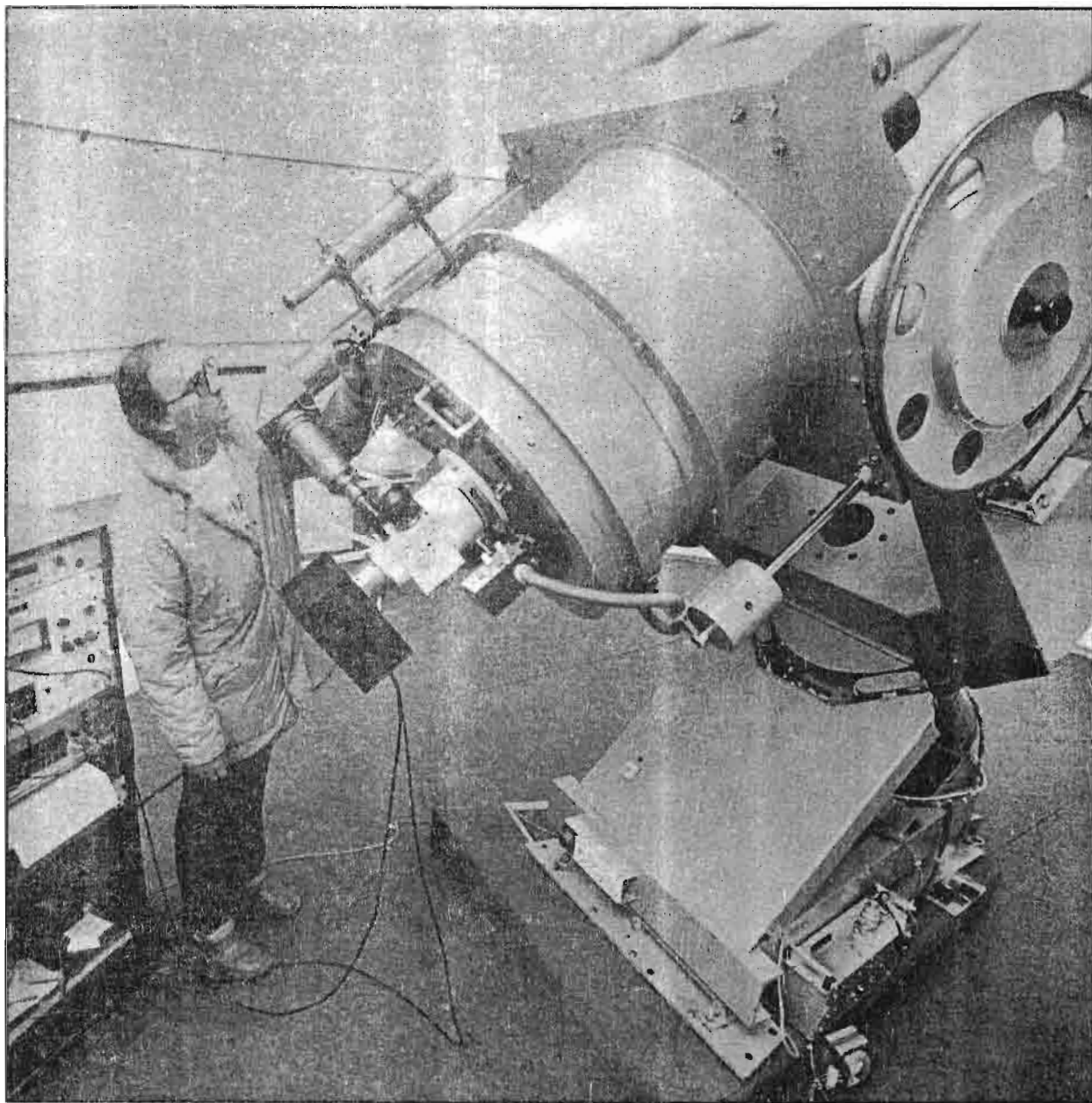


Sl. 84. Astronomska opservatorija na Trebeviću kod Sarajeva. Lijevo je novi dio sa kupolom prečnika 8 metara. Desno se vidi dio tvrđave na kojoj su smještene dvije manje kupole.

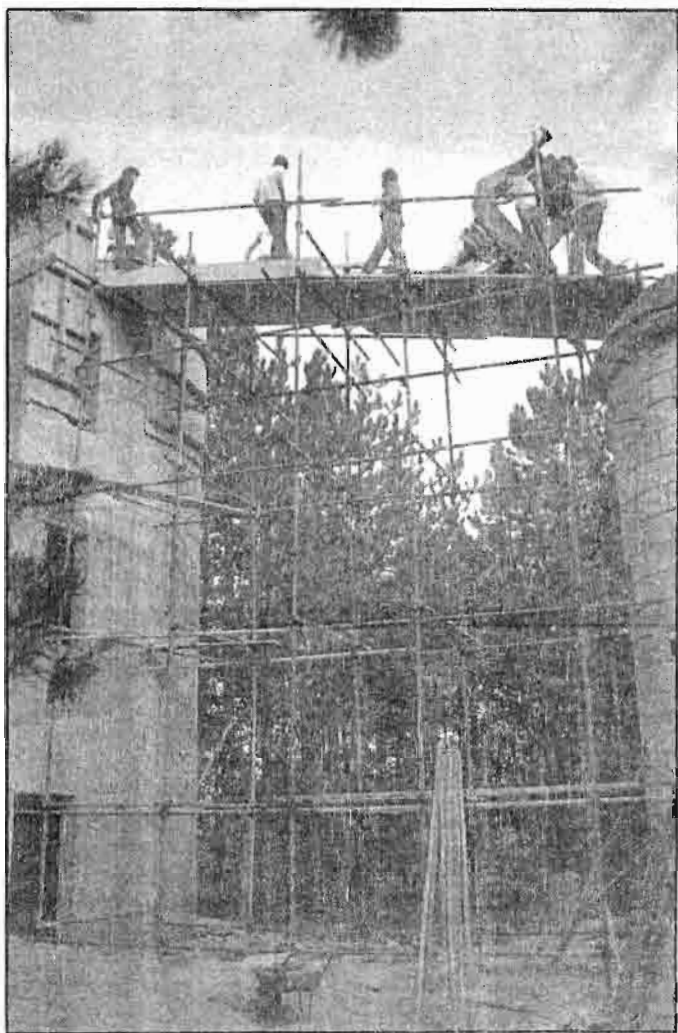


Sl. 85. Austro-ugarska tvrđava koja je dobrovoljnim radom adaptirana u opservatoriju u periodu od 1968 do 1972 godine. U manjoj kupoli smješten je dvostruki astrograf, a u većoj je smješten 40 cm-ski reflektor.

vanja i kursevi za nove članove. Veoma je razvijena izdavačka djelatnost i UAD je najveći jugoslovenski izdavač iz oblasti astronomije. Tako je za proteklih dvadeset godina izašlo 25 različitih izdanja, većinom knjiga.



Sl. 86. Autor pored velikog teleskopa reflektora prečnika 62 cm. Ovim instrumentom se sa astronomske opservatorije u Sarajevu obavlja fotoelektrična fotometrija zvijezda.



Sl. 87. Detalji sa izgradnje Astronomske opservatorije u Sarajevu.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO "RUDJER BOŠKOVIĆ", BEOGRAD

adresa: Kalemegdan, Gornji grad 16, 11000 Beograd

tel. (011) 624-605

Astronomsko društvo "Rudjer Bošković" je najstarije i spada u red najvećih na Balkanskom poluostrvu. Osnovani su ga 1934. godine studenti astronomije beogradskog Filozofskog fakulteta. Najagilniji među njima bio je dr Djordje Nikolić.

Od tri velika cilja- pokretanje časopisa, podizanja opservatorije i kupovine planetarijuma, članovi predratnog društva su ostvarili samo jedan. Godine 1935. pokrenuli su "Saturn" prvi časopis za astronomiju na srpskohrvatskom jeziku. Iako je u zaglavlju pisalo da je to časopis i za meteorologiju, geofiziku i geodeziju, preko 90% priloga bilo je iz astronomije. "Saturn" je izlazio 12 puta godišnje, a saradnici su bili iz cele Jugoslavije. Članovi društva posedovali su nekoliko teleskopa u ličnoj svojini. Jedno vreme su bili udruženi u mrežu posmatračkih stanica sa centrom u Zagrebu.

Kao jugoslovenskom, Društvu je 1941. godine zabranjen rad. Rad je obnovljen 1951. godine od strane predratnih entuzijasta Pere Đurkovića i Nenada Jankovića, kojima su se priključile nove snage na čelu sa profesorom dr Radovanom Danićem.

Godine 1954. u saradnji sa Astronautičkim društvom Vazduhoplovnog saveza Jugoslavije, pokrenuta je "Vasiona", časopis za astronomiju i astronautiku. Društvo je Opservatoriju dobilo 1964. godine, a Planetarijum 1970.

Društvo

Društvo je mešovitog karaktera. Okuplja astronome amatere i profesionalne astronome. Od oko 1300 članova, stotinjak ima diplome astronoma, ali polovina od njih ne radi u struci.

Osnovni zadaci Društva su: popularizacija astronomije, izvođenje nastave astronomije i uvodjenje, pre svega mladih, u stručni i naučni rad.

Vasiona

"Vasiona", časopis za astronomiju pored naučno-popularnih članaka ima i one koji ulaze u rubrike: stručni prilozi, posmatrački prilozi, teleskopi, prilozi nastavi astronomije, astronomski softver, vesti iz naše zemlje, novosti i beleške... Jedan broj "Vasiona" posvećen je astronomskim efemeridama.

God. 1990. "Vasiona" je ušla u 38. godinu postojanja, te i sa te strane može biti ponos Jugoslaviji. Na svake 4 godine štampa se sadržaj. Do sada je izašlo 8 knjiga "Vasiona" na preko 4000 stranica. Izlazila je u četiri broja godišnje, a od 1984. (pedese togodišnjica Društva) u pet brojeva.

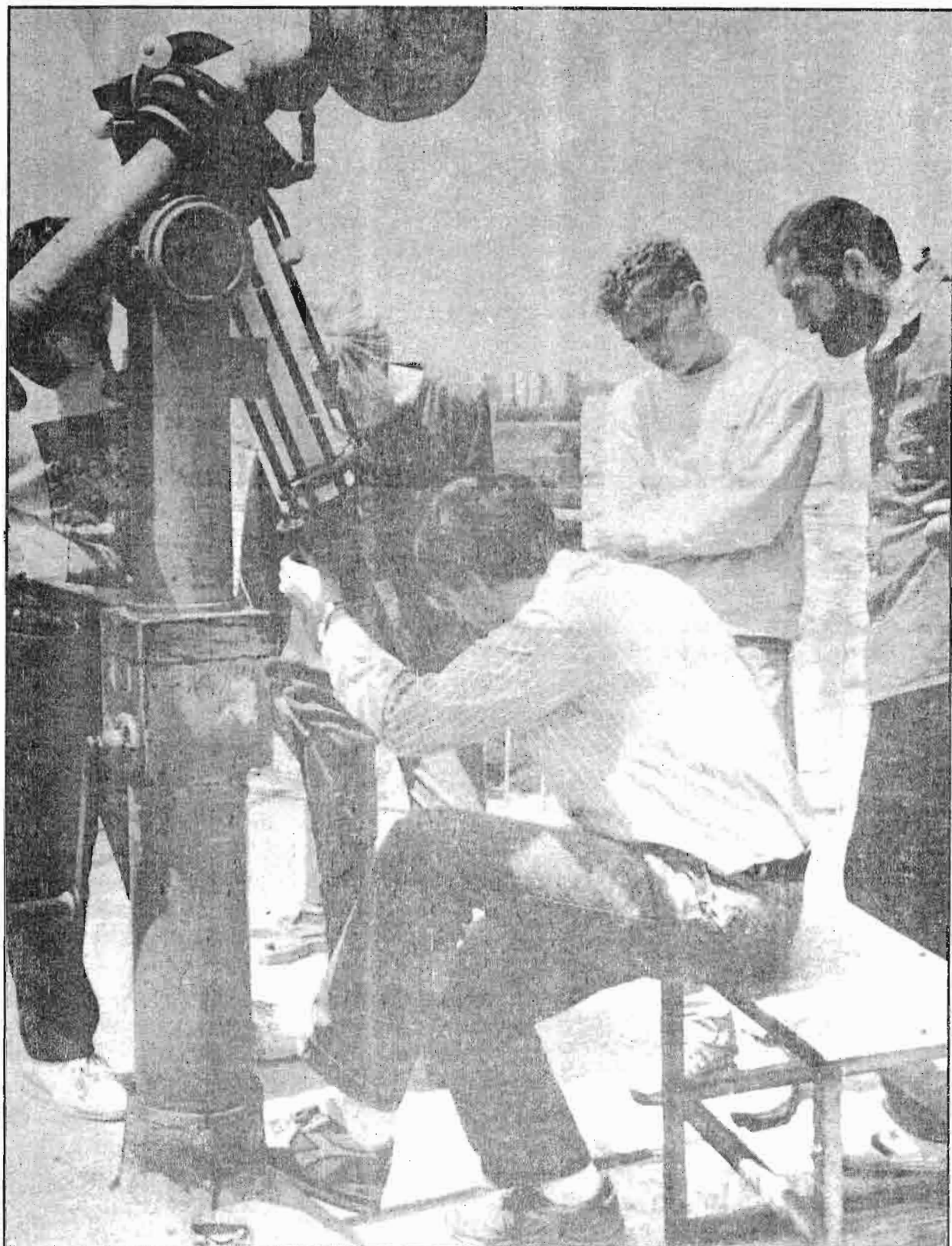
Redakciju čine uglavnom profesionalni astronomi sa Instituta za astronomiju Matematičkog fakulteta u Beogradu, Astronomske opservatorije iz Beograda itd. Svi članci idu na recenziju.

"Vasiona" se štampa u 2000 primeraka. Deo tiraža je namenjen za prodaju u narednim godinama, jer časopis predstavlja svojevrsnu enciklopediju astronomskog znanja.

Društvo izdaje knjige, karte neba i druge publikacije.

Narodna opservatorija

Narodna opservatorija je smeštena u Dizdarevoj (Despotovoj) kuli na Kalemegdanu. Ima dve kancelarije, učionicu sa 50 mesta i pomoćne prostorije. Na terasi Opservatorije nalazi se teleskop refraktor Cajs 110/2000, a često se na nju iznosi i reflektor "MAEDE LX 6 2120" 254/1600.



Sl. 87.a Aleksandar Tomić i Milan Jeličić kraj teleskopa Narodne opservatorije u Beogradu.

Glavni zadaci Narodne opservatorije su: demonstracija izgleda neba građanima ("Gradska opservatorija"), rad sa učenicima beogradskih i drugih škola i uvođenje mladih u stručni

astronomski rad.

Na opservatoriji se vrši posmatranje Sunca, planeta, kometa i drugih nebeskih tela, okultacija, pomračenja i drugih astronomskih pojava. Zbog slabih instrumenata, aero i svetlosnog zagađenja atmosfere, posmatranja nemaju željenu težinu.

Narodnu opservatoriju godišnje poseti 15-30000 građana, učenika.

Za ozbiljniji rad planira se izgradnja astronomskog paviljona na Avali.

Planetarijum

Planetarijum je otkupljen sa Beogradskog sajma tehnike, na lično zauzimanje druga Tita 1966. godine. Smešten je u donjogradskom amamu na Kalemegdanu.

U pitanju je Mali Cajsov planetarijum. U sali prečnika 8 metara ima 80 mesta. Glavni posetioci planetarijuma su učenici beogradskih osnovnih (IV i V razred) i srednjih škola (I i IV razred onih struka koje imaju predmete astronomiju ili astrofiziku). Zbog zabačenosti planetarijuma građani su njegovi retki posetioci.

U Planetarijumu se dva puta godišnje (u proleće i jesen) održavaju kursevi za početnike u astronomiji, zatim veći deo Beogradskog astronomskog vikenda, predavanja po pozivu itd.

Planetarijum godišnje poseti obično 15-20000 posetilaca. Članovi Astronomskog društva "Rudjer Bošković" mogu biti svi ljubitelji neba. Članovi dobijaju "Vasionu", organ društva, imaju besplatan ulaz u Narodnu opservatoriju i Planetarijum, mogu da koriste biblioteku itd.

ZVJEZDARNICA HRVATSKOGA PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

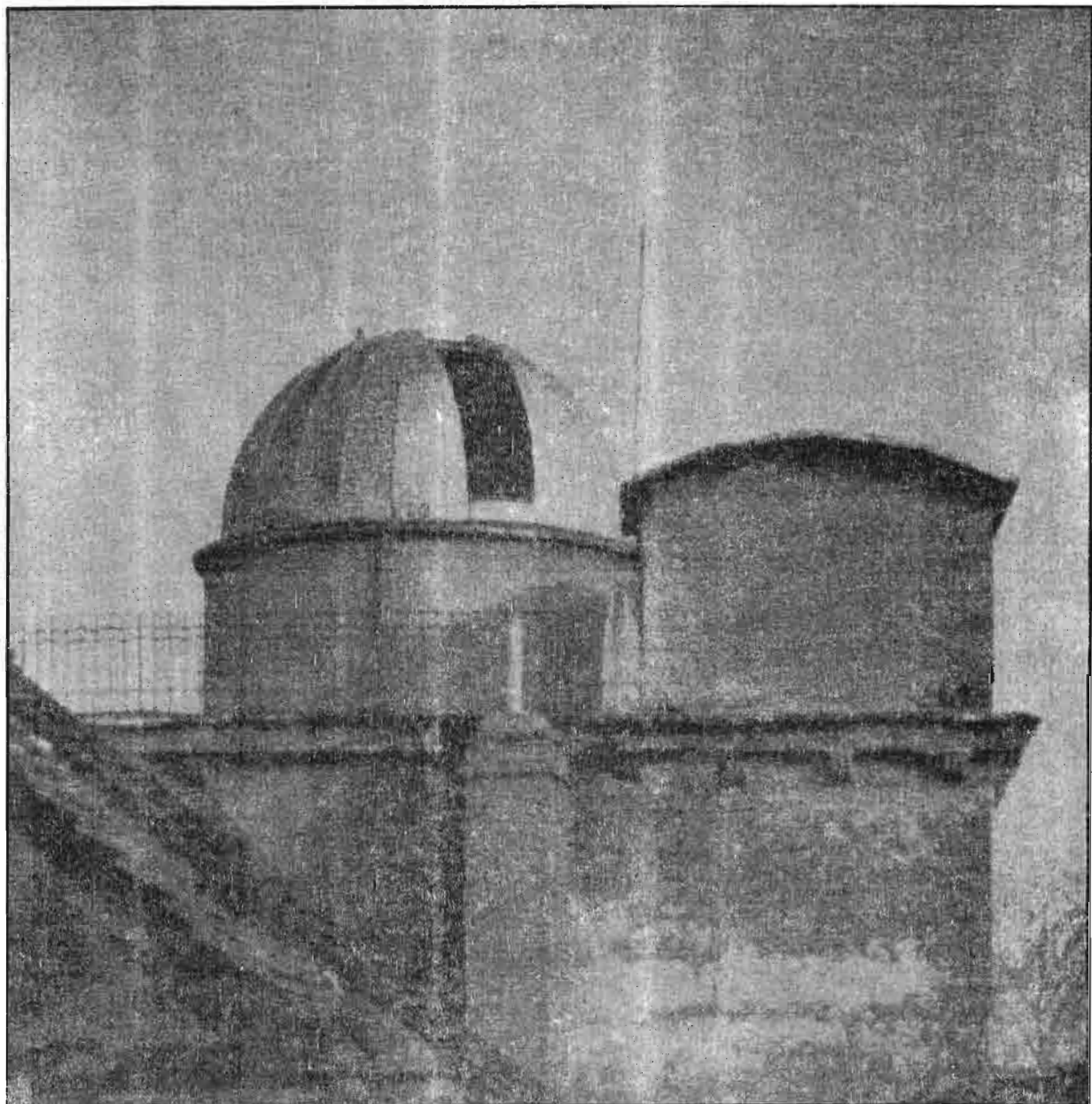
adresa: Opatička 22, pp 943

telefon: 041/ 271-418

Zvezdarnica Hrvatskoga prirodoslovnog društva u Zagrebu centar je astronomske stručne i popularizatorske aktivnosti u Hrvatskoj već desetak desetljeća. Osnovao ju je Hrvatsko naravoslovno društvo i dana 5. XII 1903. godine, svečano je otvorena. Glavni inicijator njezinog nastanka i smještaja u Popov toranj, gornjogradsku kulu iz 13. stoljeća, i njezin prvi upravitelj bio je dr Oton Kučera. Od samog početka djelovanja naglašena je njena uloga u popularizaciji astronomije. Prostorije i instrumentarij Zvezdarnice bili su osim u stručnom i znanstvenom radu namijenjeni i upoznavanju građanstva i školaraca s nebeskim ljepotama i tajnama. Time je postala prva zvezdarnica za građanstvo u Evropi. Ovu je ulogu zadržala do danas, a među najvažnije aktivnost i spada rad sa učenicima i popularna predavanja za građanstvo, te organizirana posmatranja nebeskih objekata. Zvezdarnicu vrlo često posjećuju školske ek-skurzije iz cijele naše zemlje. Ona je, tokom svoga djelovanja, postala i značajni dio cjelokupne kulturno-povijesne zanimljivosti i vrijednosti zagrebačkog Gornjeg grada, očuvane srednjovjekovne jezgre grada Zagreba.

U novije vrijeme, odnosno, krajem osamdesetih godina, Popov toranj doživljava znatnu rekonstrukciju i uređenje u sklopu Muzeja grada Zagreba te je tako i Zvezdarnica dijelom premještena u adaptirano potkrovlje nekadašnje najstarije zagrebačke osnovne škole i u gornji dio Popovog tornja s terasom i kupolom. U sastavu prostorija nalaze se: terasa sa kupolom za glavni instrument, sada teleskop refraktor Zeiss 130/1950 mm, knjižnica sa čitaonicom, društvena prostorija, tri službene prostorije (kancelarije), fotolaboratorij i dvije manje sobe za rad astronomskih grupa.

Od 1945. godine do 1972. na Zvezdarnici se okuplja mladež zainteresirana za sticanje astronomskih saznanja, da bi se iste godine, prema tadašnjim društvenim zahtjevima, oformilo samostalno Astronomsko-astronautičko društvo SR Hrvatske koje je nastavilo sa okupljanjem



Sl. 88. Kupola zvjezdarnice u Zagrebu.

omladine, djelujući u prostorijama Zvezdarnice. U daljnjem razvoju događaja, došlo je do okupljanja niza astronomskih društava diljem Hrvatske u jedinstven Savez astronomskih društava Hrvatske, a AAD SRH postalo je Astronomsko- astronautičko društvo Zagreb.

Ovo Društvo ima odličnu saradnju sa znanstvenim radnicima s Instituta za fiziku Sveučilišta u Zagrebu, Opservatorija Hvar Geodetskog fakulteta u Zagrebu i Instituta Rudjer Bošković. Posebna je uloga Zvezdarnice u radu Narodne tehnike, posebice u PNM (Pokretu nauku mladima).

Po tradiciji jedan dan u tjednu rezerviran je za popularna predavanja iz astronomije i srodnih prirodnih znanosti, s posmatranjem neba, u slučaju dobrih atmosferskih prilika, uz stručno vodstvo, popraćeno objašnjenjima demonstratora.

Tijekom školske godine organiziraju se astronomski tečajevi za učenike u osnovnim i srednjim školama. Po završetku tečaja, učenici se uključuju u rad pojedinih astronomskih

sekcija (za Sunce, planete, opažanje promjenljivih zvijezda, kometa i asteroida, galaktičku i izvangalaktičku astronomiju, izradu astronomskih instrumenata, astrofotografiju i drugo).

Zvezdarnica je suorganizator astronomskog kampa, tj. ljetne škole astronomije u Prvić Luci, na otoku Prviću kod Šibenika, gdje se svakog ljeta, krajem srpnja (jula) održava ova manifestacija, namijenjena prvenstveno učenicima koji su pokazali interes i znanje u općinskim i republičkim susretima PNM iz astronomije.

Dan utemeljenja Zvezdarnice HPD-a već je deset godina vezan uz susret svih astronomskih društava u Hrvatskoj, članova Saveza astronomskih društava Hrvatske, kao i gostiju iz svih naših republika i pokrajina. Ovaj susret, po uzoru na slične manifestacije u svijetu, poznat je kao "Dan astronomije".

Popularno-znavsveni časopis "Čovjeki svemir" distribuira se na više od tisuću škola u sve krajeve Jugoslavije. Časopis izlazi od 1956. godine, dakle više od trećine stoljeća. Astronomski bilten i glasnik "Bolid" nastao je 1974. godine usljed potrebe za objavljivanjem stručnih radova omladinaca, te kao savjetodavnog lista, bitnog za rad astronomskih društava u osnivanju i pojedinaca. Sada je astronomski glasnik Zvezdarnice HPD-a i Saveza astronomskih društava Hrvatske. Uz ove časopise, i zdaje se i Astronomski cirkular, što se šalje svim astronomskim društvima u republici i aktivnim pojedincima.

U sklopu izdavačke djelatnosti, bitna je aktivnost oko izdavanja raznih astronomskih pomagala, kao što su karte neba, karte Mjeseca, Sunčevog sustava i drugo, pa do udžbenika čiji su autori naši vanjski suradnici.

U okviru stručnog rada, najbitnija su opažanja Sunčeve aktivnosti, koja su na Zvezdarnici HPD-a odvijaju od 1953. godine neprekidno. Uz vizuelna opažanja, obavljaju se i fotografska kao i snimanja i posmatranja u monokromatskoj svjetlosti. U suradnji s opservatorijom Hvar Geodetskog fakulteta, realizirano je i nekoliko znanstvenih radova.

U posljednje vrijeme djelatnost Zvezdarnice orijentira se prema školstvu. Nudi se suvremeni program rada s učenicima, koji pokazuju posebni interes za astronomiju. Radi se na tome da Zvezdarnica u najskorije vrijeme postane suvremeni centar za astronomsku edukaciju mladih, čemu doprinosi upravo preuređeni i u skladu sa vremenom uređeni prostor.

NOVOSADSKA OPSERVATORIJA ASTRONOMSKO DRUŠTVO "NOVI SAD"

adresa: Astronomsko društvo "Novi Sad"

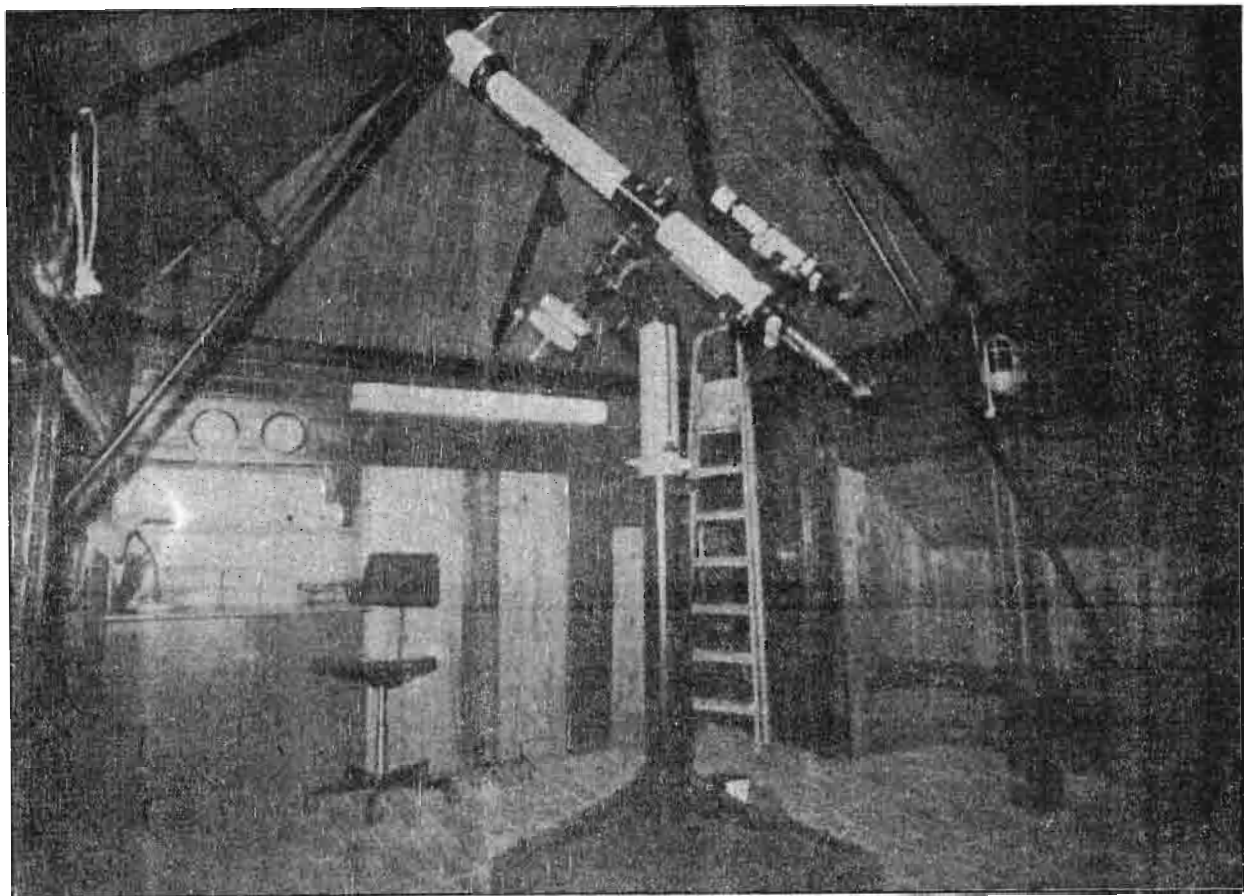
p.b. 24, 21132 Petrovaradin

telefon: 021/ 433-308

Novosadska opservatorija nalazi se na Petrovaradinskoj tvrđavi, jednoj od najvećih tvrđava u Evropi, poznate pod imenom "Gibraltar na Dunavu", podizane od 1699-1780. godine, na strani uz desnu obalu Dunava nasuprot Novom Sadu, administrativnom i kulturnom središtu SAP Vojvodine. Opservatorija je osnovana 1986. godine kao središte astronomskog društva "Novi Sad" (ADNOS).

Društvo aktivno radi od 1974. god. i nastavlja tradiciju astronomske sekcije osnovane 1955.god. pri Višoj pedagoškoj školi u Novom Sadu. Delatnost Opservatorije je u prvom redu prosvetno-obrazovna, pa se u tom cilju obavlja saradnja sa odgovarajućim fakultetima Univerziteta u Novom Sadu, srednjim i osnovnim školama u Novom Sadu i na teritoriji SAP Vojvodine.

Zgrada Opservatorije, nekadašnja stražara kod ulaza na srednji plato (tzv. Hornwerk), ima u prizemlju manju salu-učionicu, kancelariju za upravu, fotolaboratoriju i toalet, a na spratu-mansardi nalazi se astronomska posmatračnica. Kako je zgrada Opservatorije u okviru istorijskog spomenika pod urbanističkom zaštitom, na krov se nije mogla montirati standardna



Sl. 89. Unutrašnjost Novosadske opservatorije.

kupola već je izvršena adaptacija postojećeg krova u obliku piramide, tako što je napravljena specijalna konstrukcija koja omogućava otvaranje krova na sve četiri strane (kao latice cveta) što omogućuje posmatranje neba, a zgrada (krov) je i dalje zadržala prvobitni izgled. Glavni instrument Opservatorije je refraktor "Tasco 20T" 108/1600 mm, na kome se po potrebi mogu montirati astrokamere otvora 60-90 mm i žiže 100-500 mm.

Opservatorija posjeduje i nekoliko manjih refraktora otvora 60 i 80 mm i žiže 900 i 1200 mm, kao i nekoliko dvogleda 7x50 i 12x40. Za pripremu i obradu astronomskih posmatranja koristi se računar "Atari 1041 ST". U učionici, kapaciteta 30 mesta, nalaze se savremena naučno-tehnička sredstva (kino i video oprema, grafoskop, diaprojektori i sl.) a fotolaboratorija je opremljena za obradu svih vrsta filmova i izradu fotografija.

ZVJEZDARNICA ASTRONOMSKOG DRUŠTVA "ISTRA" PULA

adresa: Park Ruđera Boškovića

bb. telefon: 052/ 33-300

pošta: Prvomajska 67 52000 Pula

Astronomsko društvo "Istra" osnovano je 27.12.1973. god. Ime je dobilo po asteroidu 183 Istria, otkrivenom iz Pule 08.02.1878. god. Najbrojniji dio članstva onda kao i sada čini školska omladina.

Promatranja se obavljaju iz gradskih parkova i sa trgova. Posebno se njeguju astrofotografija i samogradnja teleskopa. U tome prednjače Zlatko Rupić i Mario Dajčić.

Od 1977. godine Društvo je u sastavu Narodne tehnike tako da omladina učestvuje na takmičenjima iz astronomije na općinskom i saveznom nivou u okviru Pokreta nauku mladima (PNM).

Od samog početka, Društvo vodi akciju da mu se dodijeli stara Pulska Zvezdarnica, osnovana još 1871 god. Ti naponi daju rezultat i Društvo 1979. god useljava prvu prostoriju u Zvezdarnici. Vremenom se i ostale prostorije osposobljavaju tako da su danas uređene: kancelarija sa arhivom i bibliotekom, društvene prostorije, predavaonica, fotolaboratorij, sanitarni čvor, mahanička radionoca i kupola.

U kupolu je postavljen teleskop Celestron 8, kupljen još 1975. god. Od dodatne opreme teleskop ima regulator rada pogonskih motora, uređaj za automatsko praćenje pri snimanju, te više okulara, zenit prizmi i filtera.

Osim tog vrlo dobrog teleskopa, Društvo ima i više manjih prijenosnih instrumenata: - 2 refraktora 80/800, - refraktor 92/1200, - refraktor 140/1400, - refraktor 130/1100, te više teleobjektiva za žarišnim daljinama od 100, 200, 300, 500 i 1000 mm. Nedavno je nabavljen personalno kompjuter Atari.



Sl. 90. Zvezdarnica u Puli.

Što se tiče astronomskih aktivnosti, već duži niz godina promatra se meteorski potok Perzeida, prate pomrčine Sunca i Mjeseca, promatraju planete, sjajnije komete i fotografiraju NGC objekti. Članovi Društva su samogradnjom napravili precizan astronomski digitalni sat, elektronski uređaj za korekciju rada pogona teleskopa (bolji od dosad postojećeg) a privodi se kraju i izrada fotoelektričnog fotometra. Svake godine organizuje se predavanje iz astronomije za školsku omladinu iz čijih redova se obnavlja članstvo. Od ove godine članovi predaju

izbornu nastavu iz astronomije u srednjim školama. Planira se izdavanje prve knjige koja se odnosi na bogatu tradiciju bavljenja astronomijom u Puli.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO PITOMAČA

adresa: Astronomsko društvo Pitomača

Trg Maršala Tita 9, 43405 Pitomača

telefon: 046/ 782-245

Astronomsko društvo Pitomača osnovano je 8. listopada 1981. godine, a astronomija je prisutna u Pitomači od osnutka astronomske grupe u Osnovnoj školi "Petar Preradović" (1973. godine). Početak i razvoj astronomije u Pitomači veže se za djelovanje nastavnika Luke Hrvatića. S oko 200 članova iz Pitomač, ali i ostalih dijelova Hrvatske, Astronomsko društvo Pitomača, predstavlja značajno astronomsko središte.



Sl. 91. Kupola zvjezdarnice u Pitomači.

Za članove se organizuju znanstveno-popularna predavanja, uz projekcije astronomskih filmova i promatranja. Neprocjenjiv je doprinos članova Društva kod izgradnje zvjezdarnice i osiguranja uvjeta za normalan rad društva.

Astronomsko društvo Pitomača član je Saveza astronomskih društava Hrvatske i sudjeluje redovno u akcijama u organizaciji saveza. 1989. godine Astronomsko društvo Pitomača bilo je domaćin astronomima Hrvatske i organizator "Dana astronomije '89", od 22-24. rujna 1989., kada je otvorena i društvena zvjezdarnica. Zvjezdarnica je izgrađena na brežuljku "Vila" i predstavlja jedinstven objekat u ovom dijelu Hrvatske, koji je osnovan za znanstveni i amaterski rad članova društva i znatiželjnika i zaljubljenika zvijezda.

Od aktivnosti Astronomsko društvo Pitomača ističe se organiziranje škola astronomije - zimskih u Crikvenici i ljetnih u Velikom Lošinj, a u suradnji sa RO "Vladimir Nazor", ustanovom za organizirani odmor djece grada Zagreba. Najveća vrijednost škola je da su namjenjena djeci koja se do sada nisu bavila astronomijom, a zanimaju ih pojave na nebu.

U društvu, osim astronomske grupe u sklopu Osnovne škole "Petar Preradović", Pitomača, djeluju interesne grupe: za Sunce, meteore, promjenjive zvijezde, astrofotografiju.

Društvo ima prostorije u mjestu, u zgradi stare osnovne škole, gdje se održavaju sastanci i realizuju pojedine teme prema programu. Zvjezdarnica je izgrađena na povoljnom mjestu zbog svijetla, a ipak dovoljno blizu da se može na promatranje doći i pješice. Na zvjezdarnici, u aluminijskoj astronomskoj kupoli postavljen je teleskop-reflektor, ekvatorijalne montaže, tipe MEADE (proizveden u USA), promjera zrcala 20 cm (200/1200 s elektronskim praćenjem), a društvo posjeduje i prijenosni teleskop refraktor za terenska promatranja.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO "ČAKOVEC"

adresa: Astronomsko društvo Čakovec

o.š. Strahominec 42300 Čakovec

Ideja o formiranju Astronomske sekcije u Čakovcu javlja se negdje 1962/63. godine, a inicijatori su Deretić Petar i predsjednik OVNT Čakovec Črep Josip.

Astronomska sekcija je osnovana 17.01.1967. godine pod nazivom Astronomska sekcija Hrvatskog prirodoslovnog društva i Narodne tehnike Čakovec. 1968. godine dobiva naziv AS HPD NT Josip Slavenski. Tada broji oko 15 članova. U početku se javljaju problemi prostorija i teleskopa. Održavaju sa predavanja, organizira odlazak na međunarodni seminar u Mali Lošinj, održava veza sa astronomima iz Čehoslovačke, gradi se zvjezdarnica.

Još 1967. godine se krenulo u akciju izgradnje zvjezdarnice. Prva je ideja bila aerodrom Pribislavec, ali zbog udaljenosti od Čakovca prešlo se na lokaciju u Savskoj Vesi.

Dobrovoljnim radom, uz pomoć lokalnih firmi, izgrađena je zvjezdarnica i otvorena u maju 1971. godine. 1974. godine kupljen je teleskop Tasco 108/1600 mm.

1976. godine Zvjezdarnicu preuzima omladina Savske Vesi. Sekcija mijenja naziv u AS Savska Ves.

21.02.1984. godine je formirano Astronomsko društvo Čakovec sa sekcijama u OŠ Strahominec, OŠ Dmašinec, Srednjoškolskom centru Čakovec i omladinskom sekcijom Savska Ves-Strahominec.

Članovi učestvuju u svim akcijama Saveza astronomskih društava Hrvatske, kao što su: Omladinski astronomski kamp, ekspedicije, Republički i Savezni susreti, Dan astronomije i druge akcije. Aktivnost sekcija usmjerena je na izučavanje planeta, praćenje aktivnosti Sunca, snimanje nebeskih objekata, praćenje sjaja promjenjivih zvijezda, izradi instrumenata te astro-



Sl. 92. Posmatranje kroz teleskop astronomskeg društva u Čakovcu.

nomskih programa za kompjutere. Pored toga organizuju se predavanja za građanstvo, promatranja na Zvezdarnici i stručno usavršavanje članova.

Ove godine dobijaju na poklon od Narodne tehnike Čakovec teleskop firme Carl Zeiss 63/84 za potrebe astronomske sekcije Domašinec.

AMATERSKO ASTRONOMSKO DRUŠTVO VIŠNجان

adresa: Amatersko astronomsko društvo Višnjjan

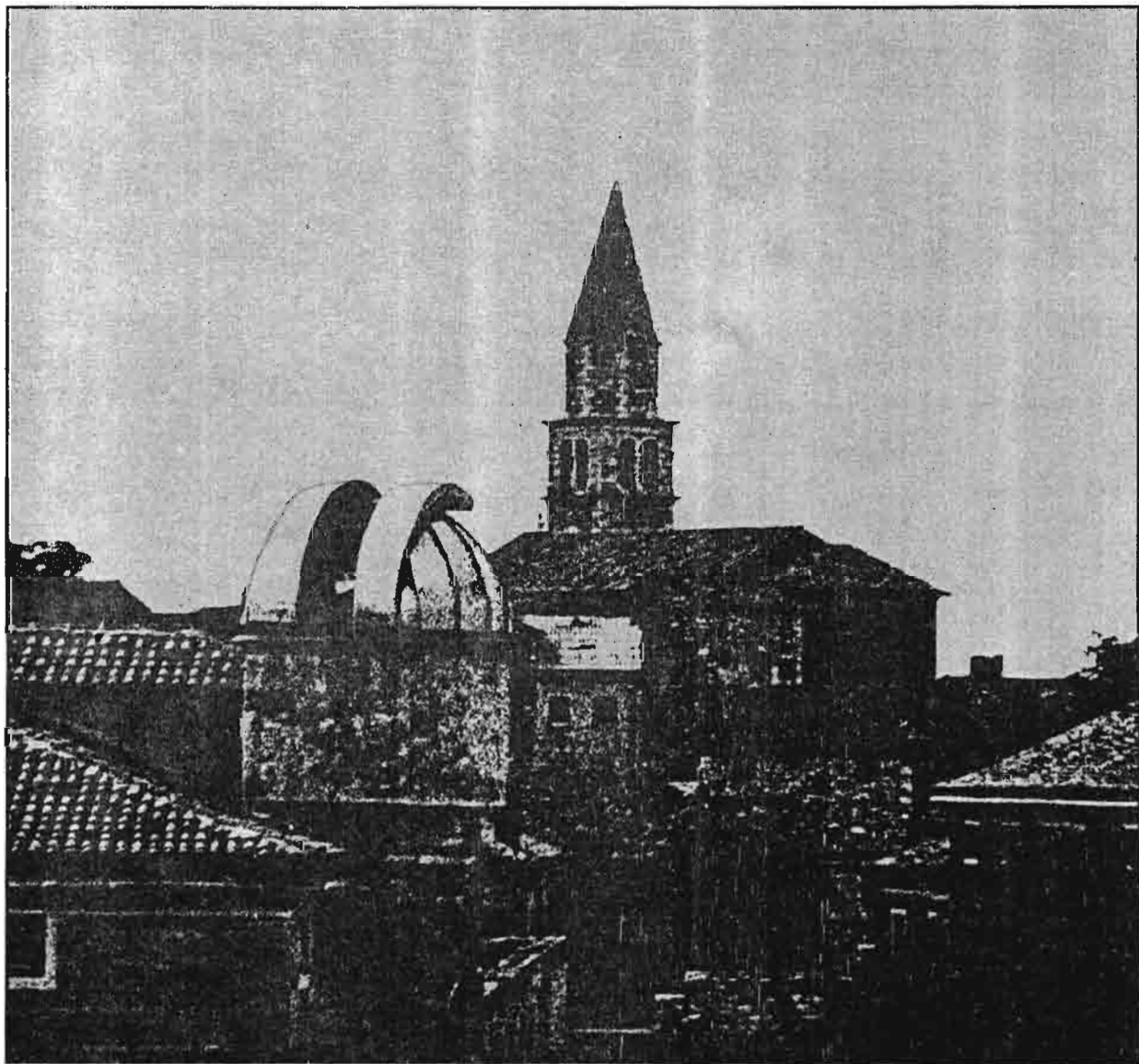
Beogradska ulica, 51463 Višnjjan

Višnjjan je malo istarsko mjesto nedaleko od Poreča. Počeci astronomije u ovom gradiću vezani su za rane sedamdesete godine. Učenici Ivo Fatorić i Korado Korlević su bili prvi koje je zarazila ova nebeska bolest. Najprije se 1974. godine pod rukovodstvom nastavnika Petra Radovana formira astronomska sekcija u pri Osnovnoj školi, a 1976. godine osniva se i današnje Amatersko astronomsko društvo Višnjjan.

U prvom periodu Društvo radi ono što i slični njima. To je popularizacija astronomije, posebno među učenicima. Takođe se pristupa takmičenjima pokreta "Nauka mladima" i surađuje sa Astronomsko-astronautičkim društvom Hrvatske. Prvi instrumenti su bili reflektori nastali samogradnjom, te jedan ruski školski refraktor 80/800. 1982. godine, vlastitim snagama napravljena je aluminijska kupola prečnika 3m koja podignuta na krov zgrade u kojoj su prostorije Društva. U ovu kupolu, 1985. godine smješten je reflektor Newton-ovog tipa 330/1500 mm. Teleskop je na osnovu idejnih i tehničkih rješenja članova Društva konstruisala firma "Nautilus" (dr Aleksandar Jovanović) iz Beograda. Za optiku je korište komplet američke firme

Coulter. Ovaj teleskop ima masivnu njemačku montažu i koristi se za vizuelna i fotografska posmatranja.

1989. i 1990. godine u Višnjanu su održane izuzetno kvalitetne Jugoslovanske ljetne škole astronomije, posvećene posmatranjima meteora. Namjera je da škola postane tradicionalna.



Sl. 92a. Kupola amaterskog astronomskog društva Višnjan.

ASTRONOMSKI OPSERVATORIJ ČRNI VRH (PRIVATNI OPSERVATORIJ HERMANA MIKUŽA)

adresa: Predgriže 29a, 65274 Črni vrh nad Idrijo, Slovenija

telefon: 065/ 77-380 ili 061/ 315-982

god. osnivanja: 1975

nadm. visina: 730 m

PROGRAM

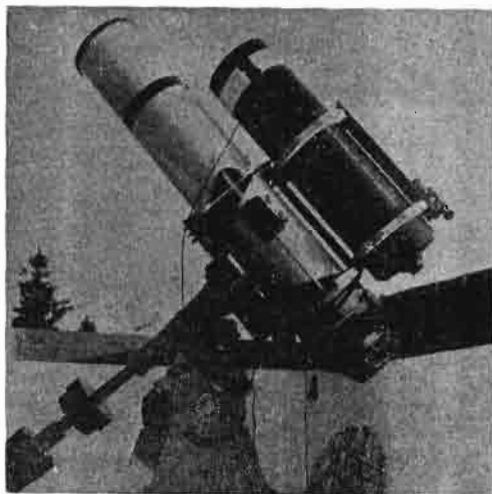
Vizuelna i fotografska osmatranja kometa, deep sky fotografija

INSTRUMENTI

Dve Schmidt kamere na Byers ekvatorskoj montaži. - Linchtenknecker Flat-field Schmidt-Cassegrain kamera 4,0/760 mm - Zen 2,0/400 mm Baker-schmidt kamera Za kompenzaciju relativnog kretanja kometa između zvezda, upotrebljava se kompjuterizirana naprava koja je pričvršćena na teleskop-vodiču.

REZULTATI

Redovno se publiciraju u "International Comet Quartely" i još nekim drugim stranim revijama, kao i reviji "Astronom".



Sl. 93. Astronomski opservatorij Hermana Mikuža na Črnem Vrh u Sloveniji.

PRIVATNA OPSERVATORIJA ALEŠA DOLŽANA

adresa: Aleš Dolžan

Pokopališka 11, 61270 Litija

telefon: 061/ 881-955

Aleš Dolžan se astronomijom počeo intenzivnije baviti 1983. godine. Do tada je obavljao vizuelna posmatranja promjenljivih zvijezda i postao član organizacija BAV (Berliner Arbeitsgemeinschaft für Verenderliche Sterne) i AAVSO (American Association for Variable Star Observes). Prva fotoelektrična posmatranja obavlja sa 32 cm-skim Cassegrain reflektorom. Od 1989. godine ima na istoj montaži dva 32 cm-ska reflektora i dva fotoelektrična fotometra vlastite izrade. Sa fotomultiplikatora tipa EMI 9781 B signal se preko V/F konvertera mjeri na dva brojača. Glavno područje posmatranja su eklipsne promjenljive zvijezde.

Aleš Dolžan je neke svoje radove objavio u I.B.V.S. (International Buletin for Variable Stars) koga izdaje Konkoli opservatorija u Budimpešti.



Sl. 94. Dvostruki fotometarski teleskop Aleša Dolžana.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO JAVORNIK-LJUBLJANA

adresa: Tavčerjeva 2, 61101 Ljubljana

pp 504

Astronomsko društvo Javornik bavi se popularizacijo astronomije u Sloveniji. To se vrši putem redovnih i vanrednih predavanja u Planetarijumu Tehničkog muzeja i na drugim mjestima. Članovi Društva pružaju pomoć astronomskim sekcijama u srednjim školama, te amaterima u Sloveniji. Organizuju se Astronomski tabori i slične aktivnosti. Posljednjih godina posebna pažnja posvećena je izgradnji male opservatorije na brdu Javornik kod Črnog vrha nad Idrijom. Do sada je izgrađena kućica za boravak posmatrača i kupola prečnika 3,6 metara sa teleskopom "Celestron 8".

Društvo se bavi i izdavačkom djelatnošću, a povremeno izdaje "ASTRONOM" reviju za praktičnu astronomiju, te postere i slično.

PRIVATNA OPSERVATORIJA STOPAR SAME

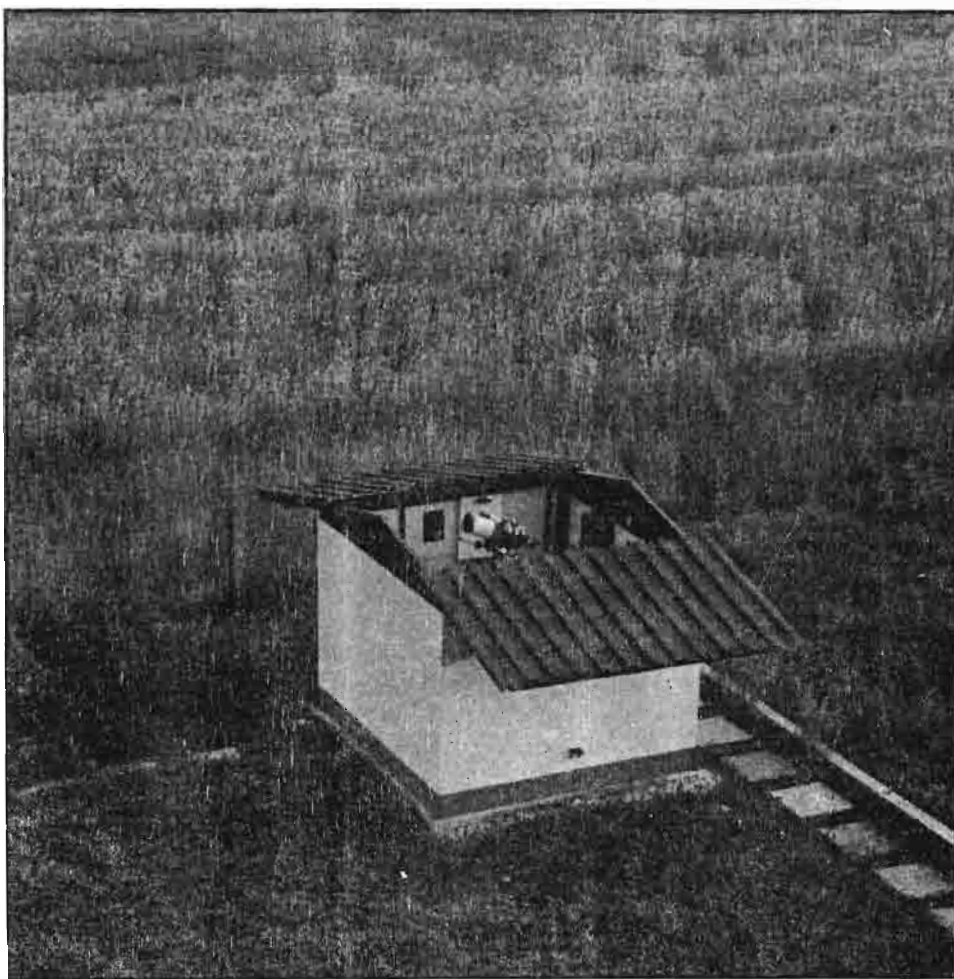
adresa: Stopar Samo

Vitovlje 71c, 65261 Šempas

telefon: 065/ 58-880

Ova mala opservatorija nalazi se u kraju Vitovlje, na relaciji Nova Gorica-Ajdovščina. Za smještaj instrumenata napravljena je kućica sa pokretnim krovom. Instrumenti se uglavnom koriste za fotografisanje odabranih dijelova neba, najviše Mliječnog puta i otvorenih zvjezdanih skupova.

U posljednje vrijeme, Stopar Samo se bavi posmatranjem i snimanjem kometa i asteroida koristeći kamere sa širokim vidnim poljem.



Sl. 95. Mali opservatorij Stopar Same iz Slovenije.

3. ASTROFOTOGRAFIJA ZA AMATERE

Otkriće fotografije je odigralo ogromnu ulogu u razvoju astronomije. Svjetlost većine objekata na nebu je slaba i samo dugim eksponiranjem foto ploča moguće ih je snimiti. Sa kolekcijom ploča koje su pohranjene u mnogim svjetskim opservatorijama, moguće je naknadnim istraživanjima doći do različitih korisnih podataka o svijetu zvijezda, zvjezdanih skupova i maglina. Zbog svega ovoga i najjednostavnija snimanja neba mogu da imaju veliki značaj.

Amaterska astrofotografija je u svijetu danas veoma razvijena. Snimci koje prave neki amateri već su na profesionalnom nivou. Snimanja nebeskih tijela i pojava se mogu vršiti na mnogo načina. Koji od njih odabrati, to u prvom redu zavisi od mogućnosti pojedinaca ili opservatorije. Zato ćemo u ovom kratkom kursu astrofotografije poći od najjednostavnijih metoda koje zahtijevaju samo običan aparat.

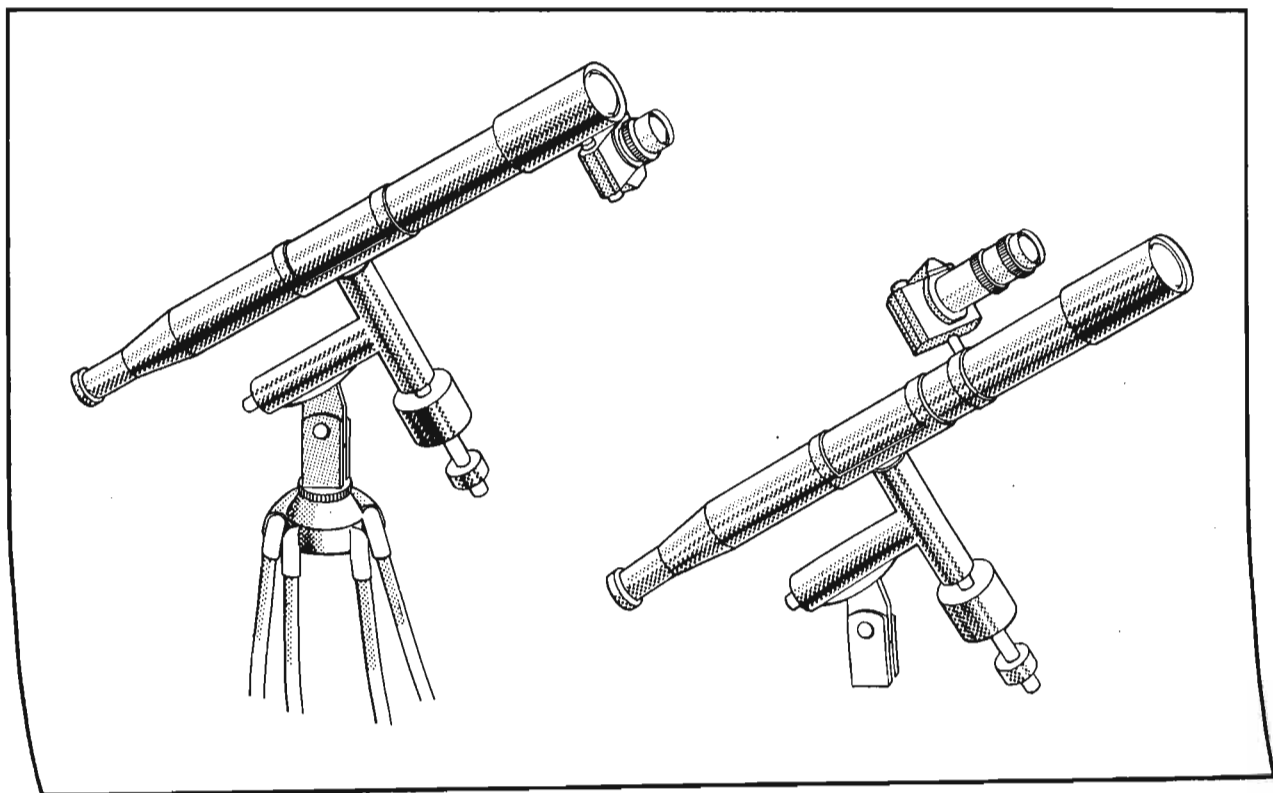
SNIMANJE POMOĆU FOTOGRAFSKOG APARATA

Fotografskih aparata ima mnogo vrsta. U širokoj upotrebi su kamere malog formata sa 35 mm-skim filmom. Njihovi standardni objektiv i obično imaju fokusna rastojanja do 50 mm. Naravno, za svaki aparat se može nabaviti i nekoliko drugih objektiv kao što su teleobjektiv, širokougaoni objektiv itd. Rukovanje sa ovakvim aparatima je jednostavno, jer su u dovoljnoj mjeri automatizovani. Za astronomske svrhe je poželjno da su refleksi, tj. da se izoštravanje i viziranje vrši sistemom prizmi i ogledala kroz isti otvor kroz koji svjetlost pada na film. Međutim, ovo nije baš neophodno, posebno, kada se snimanja obavljaju samim aparatom, bez pomoći teleskopa. Druga vrsta aparata koristi široki film i formati su obično 6x6 cm ili 6x9 cm. Iz ove serije su poznate "Box" kamere kao što su Rolleiflex, Rolleicord itd. Za svako uspješno snimanje prvi uslov je stabilno učvršćen aparat. Za male aparate dovoljno je koristiti fotografske stalke koji se mogu i samostalno izraditi. Ako se upotrebljavaju kamere većih dimenzija i težina, tada je dobro napraviti neki masivniji stalak. Prije nego počnemo ma kakvo snimanje, aparat je potrebno izoštriti. Kod komercijalnih aparata na objektivu se nalazi skala sa oznakom oštine za razne udaljenosti predmeta snimanja. U astronomiji se isključivo koristi beskonačno izoštravanje, pa je dovoljno okrenuti objektiv tako da oznaka na njemu bude "beskonačno". Ako se snimanje obavlja sa samostalno izrađenom kamerom, onda se izoštravanje sprovodi na drugi način. Aparat se uperi na neku sjajniju zvijezdu i njime se načini serija snimaka sa ekspozicijom od 5 minuta. Pri tome se za svaki snimak bira drugačiji položaj objektiv u odnosu na ravan filma ili ploče. Na kameri treba napraviti neku skalu na osnovu koje se može zaključivati na kojem položaju se nalazio objektiv pri svakoj ekspoziciji. Najbolje je te oznake napraviti na milimetarskom papiru i učvrstiti na objektiv. Na nepomični dio kamere stavi se neka oznaka u obliku strjelice. Kada se objektiv pomjera u navoju, tada će na vrh oznake dolaziti razni dijelovi

papira. Kada se završi snimanje film se razvije i posmatraju se tragovi koje je zvijezda ostavila, jer je aparat bio nepomično učvršćen. Tragovi će biti raznih širina. Najtanjem tragu odgovaraće najveća oštrina. Nepomično učvršćenim aparatom se mogu obavljati najrazličitija snimanja. Po danu se snima Sunce. Svakako da je najbolje snimiti pomračenje Sunca jer običnim aparatom se ne mogu snimiti detalji kao što su pjege. Pri pomračenju se snimaju sve faze. Blenda aparata treba da je dobro zatvorena, jer je Sunce izrazito sjajan objekat. Ekspozicije moraju biti vrlo kratke, a samo pri pomračenjima, kada je veliki dio Sunca pomračen, one se nešto produže ili se blenda otvori više. To se odnosi samo na faze maksimalno pomračenog diska Sunca. Nije loše koristiti i neki filter. Za ovakva snimanja se koriste samo filmovi niske osjetljivosti, kao što je mikrofilm itd. Prije svakog pomračenja dobro je nekoliko dana ranije načiniti probne ekspozicije da bi se našli najpovoljniji odnosi blende i brzine okidanja. Mjesec je objekat daleko slabijeg sjaja pa se za njega koriste filmovi srednje osjetljivosti. Tako je pogodno snimati faze Mjeseca i time ćemo dobiti lijepu kolekciju snimaka našeg susjeda. Pri pomračenjima Mjeseca, posebno totalnim, potrebni su osjetljiviji filmovi i nešto duže ekspozicije. Veoma je atraktivno snimanje "pepeljaste svjetlosti" koja se javlja usljed odbijanja sunčevih zraka od našu planetu.

Snimanja meteora su već opisana u dijelu o meteorskoj astronomiji. Pojave sjajnih kometa se takođe mogu registrovati našim aparatom. Dovoljno je, ako se kometa vidi golim okom, izložiti film desetak sekundi. Što se tiče snimanja zvijezda i to se može obavljati nepomično učvršćenim aparatom. Zvijezde će pri tome ostaviti duže ili kraće tragove što zavisi od dužine ekspozicije. Posebno je zanimljivo uperiti aparat ka nebeskom polu. Vrtanja nebeske sfere će biti veoma upečatljiva jer će zvijezde ostaviti kružne tragove čiji su centri u blizini zvijezde Sjevernjače.

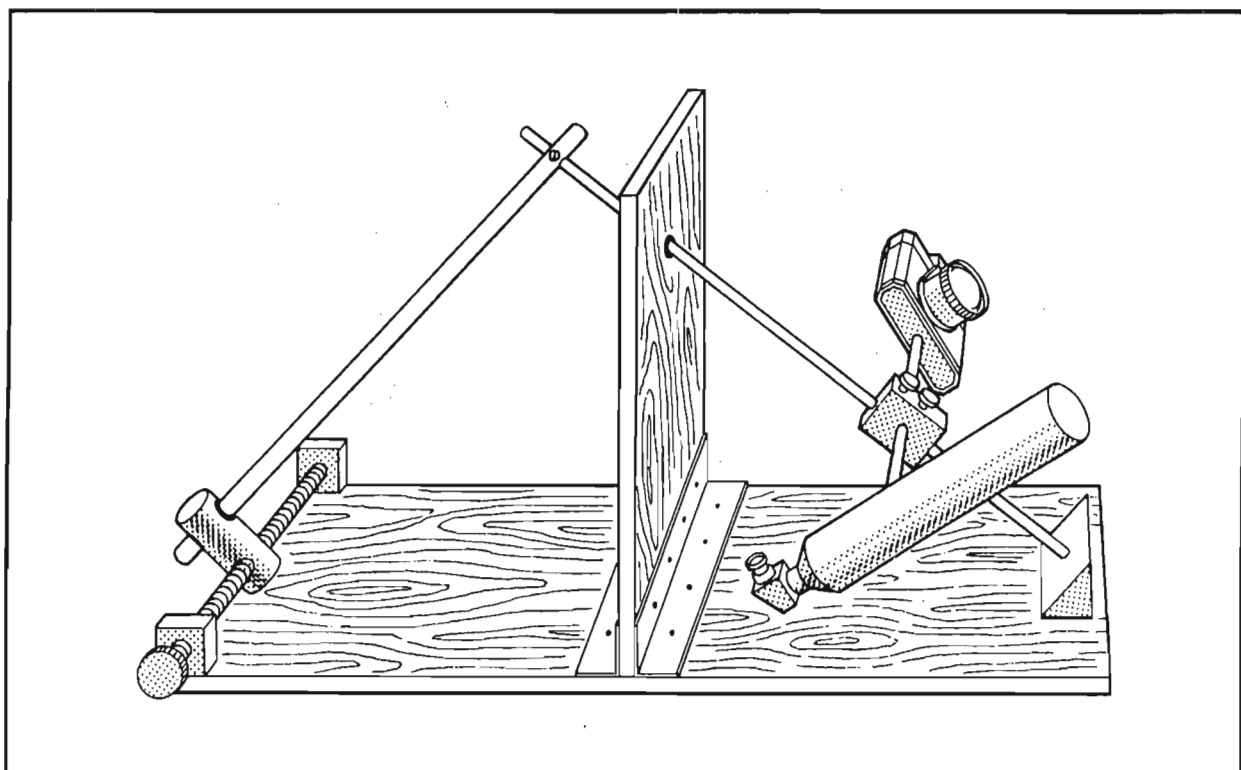
Ako se posjeduje neki teleskop koji ima ekvatorsku montažu, onda je problem snimanja neba sa dugim ekspozicijama riješen na još lakši način. Dovoljno je našu kameru učvrstiti na nekom nosaču uz teleskop i snimanje može da počne. Dosta škola u Jugoslaviji ima teleskop refraktor 80/800 sovjetske proizvodnje. On je veoma pogodan za ovu svrhu.



Sl. 96. Neki od načina montiranja fotografskog aparata na manje teleskope.

Za snimanje zvijezda, zvjezdanih skupova i sjajnijih maglina dobro je napraviti neki uređaj koji će omogućiti snimanje sa praćenjem dnevne rotacije Zemlje. Zvijezde će biti tačkaste i biće ih daleko više nego kada ih gledamo golim okom. Ovaj mehanizam ne mora da bude naročito komplikovan. Njegova izrada zavisi od mogućnosti onoga koji se na nju odluči. Bitno je samo napraviti dvije normalno postavljene osovine (časovnu i deklinacionu) i povezati ih sa nekim zavrtnjima tako da se omogući sporo zakretanje osovine. Ako je uređaj odnosno njegova časovna osa pravilno usmjerena ka nebeskom polu, tada će korekcije po deklinaciji biti minimalne. Zato kod deklinacije nije potrebno praviti komplikovane mehanizme već je dovoljno da postoji mogućnost vrlo malih pomjeranja u dva suprotna smjera.

Paralelno sa aparatom treba učvrstiti neki mali durbin kojim se vrši praćenje. U Sarajevu, na astronomskoj opservatoriji je svojevremeno bio napravljen jedan takav mehanizam. Na slici 97. se vidi izgled ovog uređaja. Pomjeranje po rektascenziji se vršilo okretanjem osovine sa



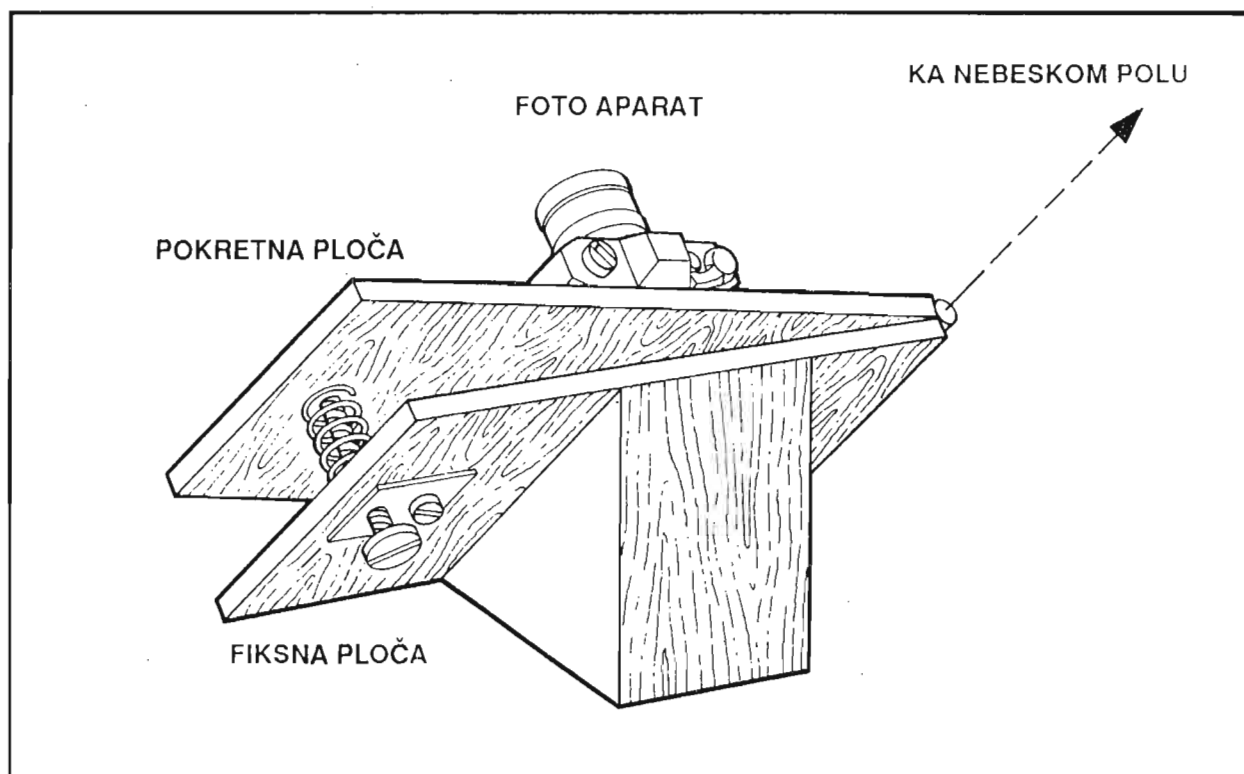
Sl. 97. Ručni astrograf koga su napravili članovi Univerzitetskog astronomskog društva iz Sarajeva.

finim navojem. Na navoju se nalazi okrugli željezni adapter (matica) koji je preko druge osovine povezan sa polarnom osom uređaja. Okretanjem ručice na osovini sa navojem, adapter se pomjerao i vršio zakretanje polarne ose. Ispred okulara malog durbina nalazio se nitni krst. Fokusno rastojanje durbina bilo je oko 20 cm. Njegov objektiv je obično sočivo montirano u aluminijsku cijev. Za pomjeranje po deklinaciji koristio se zupčanik sa pužnim prenosom koji je nađen na nekom otpadu.

Posebnim zavrtnjima bilo je moguće popustiti ili učvrstiti teleskop na objema osama. Aparat se najprije usmjeri na oblast neba koja se snima. Zatim se zategnu odgovarajući zavrtnji i laganim okretanjem ručice se prati dnevna rotacija neba. Rezultati koji su postignuti ovom uređajem bili su odlični. U vidno polje mogu stati čitava sazvežđa, kao što je, na primjer Orion. Mnogi zvjezdani skupovi većih razmjera su takođe mogli biti snimljeni. Ekspozicije su se kretale

do 30 minuta.

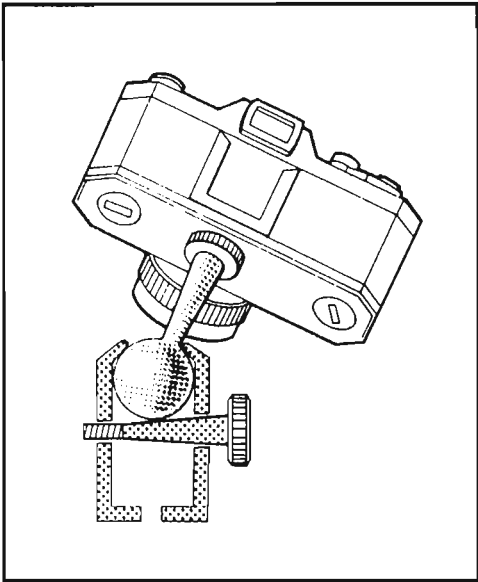
Posljednjih godina kod amatera je veoma popularna izrada posebnih platformi za praćenje prividne rotacije nebeske sfere. One su namijenjene za obične fotografske aparate ili eventualno, u slučaju dobre konstrukcije, i za manje teleobjektive. Pojavljuju se različiti modeli, a jedan od mogućih dat je na slici 98.



Sl. 98. Platforma za praćenje Prividne rotacije neba.

Na puni komad drveta u obliku prizme koji je odrezan pod uglom φ (geografska širina posmatrača) učvršćena je drvena ploča (panel ili deblja šperploča). Sa donje strane ove nepomične (fiksne) ploče nalaze se dva zavrtnja. Kraći zavrtnanj služi da bi se učvrstila metalna pločica u kojoj je rupa sa navojem kroz koji je uvrnut zavrtnanj koji prolazi kroz fiksnu ploču. On slobodno prolazi kroz otvor u fiksnoj ploči i "gura" gornju pokretnu ploču. Ona je, sa desne strane na crtežu, za donju ploču učvršćena pomoću nekih šarki (baglama) oko kojih rotira kada je guramo lijevim zavrtnjem. Da bismo obezbijedili da pokretna ploča ne "padne" preko baglama zbog težine aparata ili drugog razloga, dobro je na tom mjestu učvrstiti neku veću oprugu. Opruga je omotana oko zavrtnja i gornjim i donjim krajem fiksirana za ploče. Na pogodnom mjestu, na gornjoj ploči, postavlja se fotografski aparat. Najbolje je koristiti sistem kakav imaju stalci za fotografske aparate. To je kugla koja je u ležištu i iz koje izlazi standardni zavrtnanj sa navojem koji se može uvrnuti u svaki aparat. Na slici 99. prikazan je princip takvog učvršćenja. Aparat se lako može usmjeriti na ma koju tačku neba i zatim fiksirati pomoću zavrtnja.

Kao što je vidljivo na crtežu, osa baglame je usmjerena ka nebeskom polu, odnosno, ona je naša polarna osa. Ako smo kraj fotografske kamere učvrstili neki mali tražilac i cijeli sistem rektifikovali tako da nema pomjeranja po deklinaciji, tada je lako snimati prateći neku sjajniju zvijezdu. U tom slučaju nije nam potreban poseban proračun za udaljenost ose zavrtnja kojim pokrećemo platformu od ose šarki, koja zavisi od broja navoja na zavrtnju. Ako pak želimo precizno snimanje bez pomoći tražioca obrtanjem zavrtnja za puni krug u određenom vremen-



Sl. 99. *Mogući način učvršćenja fotografskog aparata*

skom intervalu, tada je nužno da sprovedemo mali proračun. Očigledno je da se ovdje radi o tzv. tangen-tnom pogonu (sl.100).

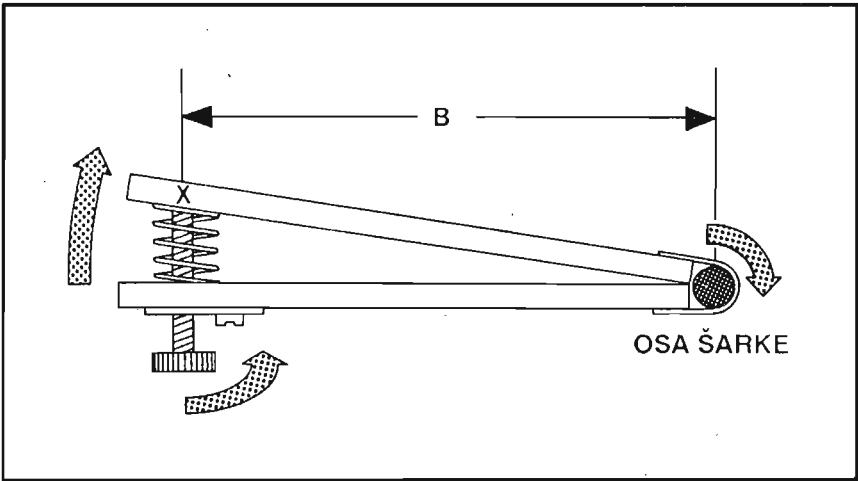
Rotacijom zavrtnja, ploča se linearno pomjera ka "gore" i time njena stranica rotira oko ose baglame. Sa B smo označili udaljenost tačke X (u kojoj zavrtnj dodiruje ploču) i ose šarke. To je udaljenost koja postoji u početnom momentu. Zavrtnj zatim mora da

napreduje u skladu sa $\frac{B}{57,3}$ da bi okrenuli polarnu

osu (osu baglame) za 1°.Zvezdani dan (vrijeme za koje se Zemlja jedan put okrene oko svoje ose) traje 23^h 56^m 04^s ili 86160 sekundi. Ako to podijelimo sa 360° dobijamo da je vrijeme potrebno da se sistem okrene za 1° 239,3 sekunde (malo manje od 4 minute). Još malo računa bi nam pokazalo da je 0,004375 B jednako potrebnom napredovanju zavrtnja u minuti.

Ovo moramo koristiti pri određivanju tačnog rastojan-

ja naše polarne ose od zavrtnja (B). Svakako, ovo razmatranje vrijedi za početno stanje jer je jasno da će tokom vremena tangenadni pogon gubiti svoju brzinu.



Sl. 100. *Shema tangentnog pogona.*

Naime, ugao kod tačke X će se smanjivati (postajati manji od 90°) u skladu sa povećavan-jem dužine zavrtnja koji izlazi iz nepokretne ploče. Da bi se ovo kompenziralo, zavrtnaj se mora obrtati brže. Uz malo računa i koristeći sat, lako možemo obavljati praćenje dodajući postepeno tu malo veću brzinu. Kod složenijih platformi ovo je u potpunosti riješeno uvođenjem zakrivlje-nog (savijenog) zavrtnja tako da dužina B ostaje cijelo vrijeme konstantna. U skromnijim uslovima ne moramo ići na ovu varijantu. Koristeći formulu:

$$B = \frac{228,6}{b \cdot n \cdot p \cdot i}$$

(gdje je b n p i. = broj navoja po inču). Oni koji to žele , mogu sve prebaciti u milimetarske standarde, ali kod nas svi tokari barataju i sa inčnim navojima. Primjer: Ako imamo zavrtnaj sa

32 navoja po inču tada je dužina B:

$$B = \frac{228,6}{32} = 7,14 \text{ inča ili } 7,14 \cdot 2,54 = 18,13 \text{ cm.}$$

Znači na udaljenosti zavrtnja od šarke koja iznosi B=18,13 cm, jedna rotacija zavrtnja u minuti će nam u početnim trenutcima obezbijediti zvjezdani pogon. U sljedećoj tabeli dati su neki standardni navoji i odgovarajuće vrijednosti B:

Tabela

broj navoja po inču	B (u inčima)
16	14,28
18	12,70
20	11,43
24	9,52
32	7,14

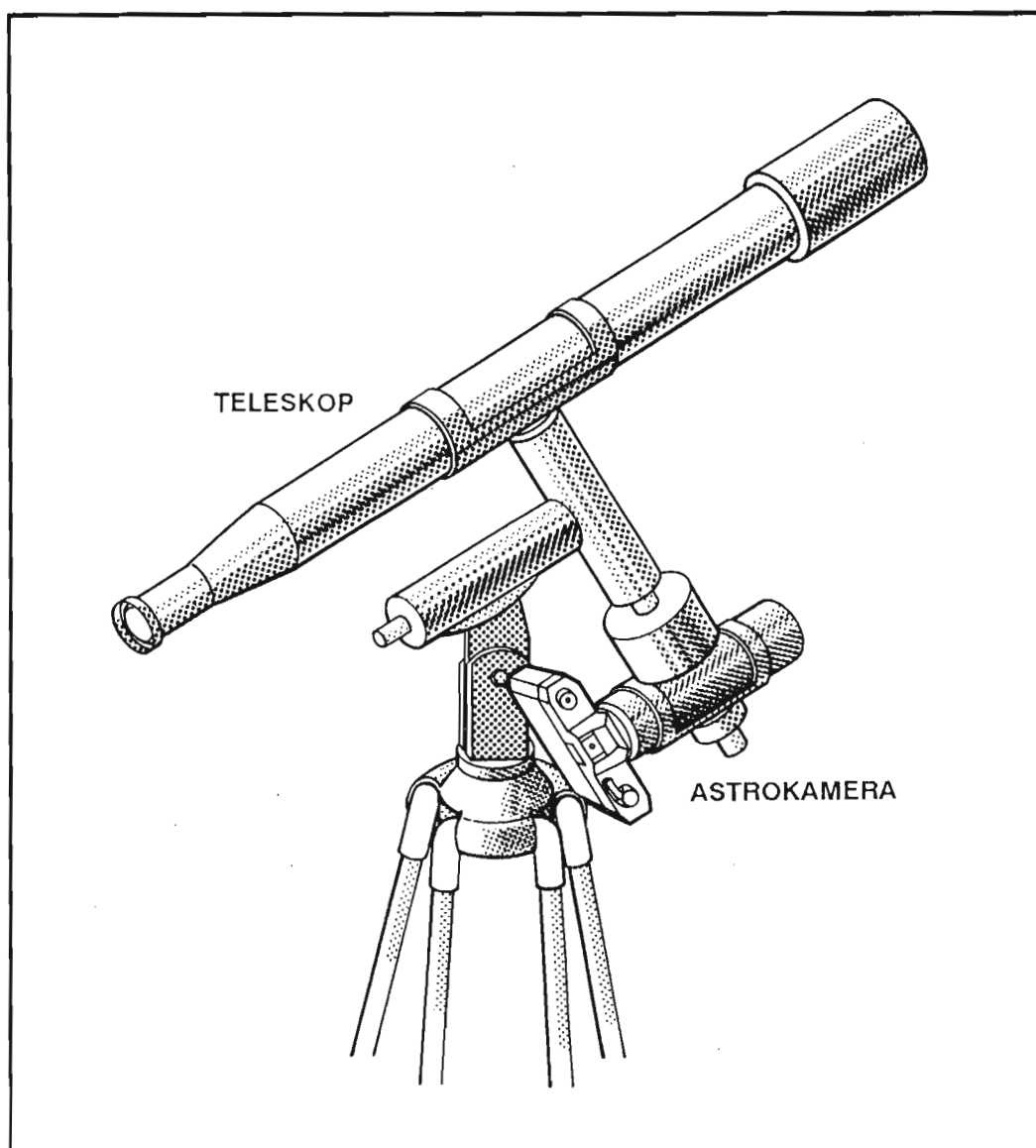
Oni koji požele da naprave ovakve pogone na platformama, sami će lako doći do potrebnih ideja i modifikacija ovisno o upotrebljenom materijalu.

Snimanje neba malim astrokamerama

Za ambicioznije astronome amatere preporučljivo je da za snimanje neba naprave malu astro-kameru. To može da bude i neki teleobjektiv koji se stavi na aparat. Ako se ne posjeduje teleobjektiv tada je astrokameru moguće napraviti koristeći neko ahromatsko sočivo. Fokusno rastojanje ne treba da je veće od 20 cm. Napravi se aluminijska cijev (to se naruči kod nekog tokara) na čijem prednjem dijelu je objektiv, a na zadnjem foto aparat. Kraj cijevi na kojoj je aparat treba da je u cijevi sa gustim navojem kako bi se moglo vršiti izoštravanje.

Ovako napravljenu kameru treba učvrstiti na neki teleskop koji ima mehanizam za fino kretanje. Za ovo je sasvim pogodan ranije pomenuti sovjetski refraktor 80/800 mm. Na Narodnoj opservatoriji "Mejtaš" u Sarajevu su prva snimanja zvijezda i maglina otpočela upravo sa jednom ovakvom kamerom učvršćenom za teleskop na strani gdje su inače smješteni tegovi (Sl.101). U okularu je takođe postavljen nitni krst.

On se sastojao od četiri dlake koje su dvije po dvije postavljene normalno jedne na druge. Tako se u središtu formirao mali kvadratić u koji se dovodila zvijezda. Praćenje se sastoji u tome da se teži zadržavanju zvijezde u središtu kvadratića za čitavo vrijeme ekspozicije. Pri tome se puž na rektascenziji neprekidno pomjera. Ako dođe do drugačijih odstupanja tada se koristi i zavrtnj na deklinacionoj osi. Pošto se dlake nitnog krsta slabo naziru na tamnoj pozadini neba, potrebno je uvesti neko osvjetljenje nitnog krsta. Dovoljno je unutar tubusa ubaciti malu sijalicu koju napaja baterija. Sijalicu je dobro premazati crvenom bojom. Ako za to ima mogućnosti onda je najbolje izraditi čitavu kutiju u kojoj je trafo, reostat i izlaz za sijalicu. Reostatom se reguliše količina svjetlosti koja zavisi od sjaja zvijezde koja se koristi za praćenje.



Sl. 101. Mala astrokamera.

Ekspozicije za ovakva snimanja mogu da budu veoma duge.

Naravno, ne treba snimati iz grada gdje je svjetlost jaka. Potrebno je otići barem nekoliko km dalje gdje svjetlosti nema. Uspjesi koji se mogu postići ovakvim snimanjem su izvanredni. Tako je moguće snimiti čuvenu maglinu M 31 u Andromedi, Veliku maglinu u Orionu, Dumbell maglinu u Lisici, razne zvjezdane skupove, komete itd.

Ako se raspolaže sa teleskopom koji ima satni mehanizam, tada je snimanje znatno olakšano i mogu se koristiti kamere sa većim fokusnim rastojanjima. Na Opservatoriji u Sarajevu je za ovakvo snimanje korišten mehanizam teleskopa "Unitron". Teleskop je bio skinut, a umjesto njega se postavljala astro kamera zajedno sa malim teleskopom za praćenje. Astro - kamera je imala karakteristike 63/480 mm, a teleskop 50/500 mm. Na kameri se nalazio aparat "Zenit 3M". Da bi se povećalo fokusno rastojanje teleskopa vodiča upotrijebljena je jedna Barlow leća. Tako je fokus bio 1000 mm. Ovim je praćenje znatno preciznije. Motor teleskopa je okretao kameru u skladu sa rotacijom Zemlje, a povremene korekcije su vršene pomoću za to predviđenih zavrtnja.

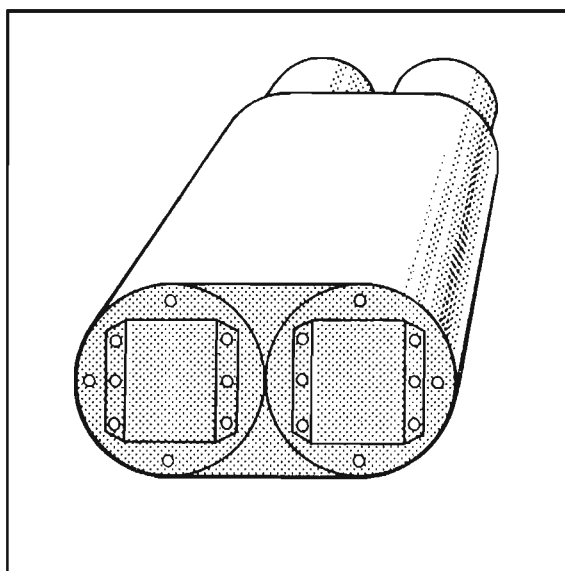
Tehnika praćenja prilikom snimanja sa dugim ekspozicijama nije naročito komplikovana. Za nju je potrebna praksa. Tako se dužim radom stiče rutina i tačno se može znati za koliko se

treba pomjeriti korekcionni zavrtanj pa da zvijezda zauzme željeni položaj. Mehanizmi teleskopa imaju svoje "mrtve" hodove pa je potrebno uvijek zavrtanj blago zaokrenuti na željenu stranu, a zatim ga sasvim neznatno vratiti nazad. Time zvijezda neće "odskočiti" predaleko.

Snimanja sa većim astro-kamerama

Kada smo govorili o astrografima, opisali smo njihove osnovne dijelove. Ovdje ćemo se malo više zadržati na opisu jednog konkretnog astrografa opservatorije u Sarajevu. To je već ranije pominjani dvostruki astrograf. Kao objektivi za ovaj instrument upotrebljene su portretne leće tripleta Taylor-Hobson-Cooke. Ovaj objektiv je anastigmatskog tipa i razrađen je 1893. godine. Na slici 102. dat je crtež astrografa. Kasetni dio i dio sa objektivima su eliptičnog oblika. To je učinjeno zbog toga da astrograf bude što kompaktniji, s obzirom na mehanizam gdje je učvršćen. Pošto su objektivi bili veoma teški, prednja ploča gdje su njihova ležišta je napravljena od aluminijuma, a zadnja od željeza kako bi se barem malo popravio težinski odnos. Obje ove eliptične ploče su povezane jednom pravougaonom aluminijskom pločom koja astrograf dijeli na dva simetrična dijela. Na taj način, svjetlosni zraci od jednog objektiva ne mješaju se sa zracima drugog.

Objektivi su smješteni u ležišta sa finim navojem. Jednom obrtu objektiva odgovaralo je linearno približavanje ili udaljšavanje kasetnog dijela od 6 mm. Ovim se slika u fokalnoj ravni može izoštriti veoma precizno. Posebnim zavrtanjima moguće je fiksirati objektivne na položaju najbolje oštine. Pomenute ploče koje čine kostur astrografa su obavijene aluminijskim limom. Sa stražnje strane se nalaze ramovi za stavljanje kaseti. Ti ramovi mogu da rotiraju nekoliko stepeni tako da se može duža strana ploče dovesti u paralelnost sa rotacijom nebeske sfere. Unutrašnjost instrumenta je obojena crnom mat bojom.

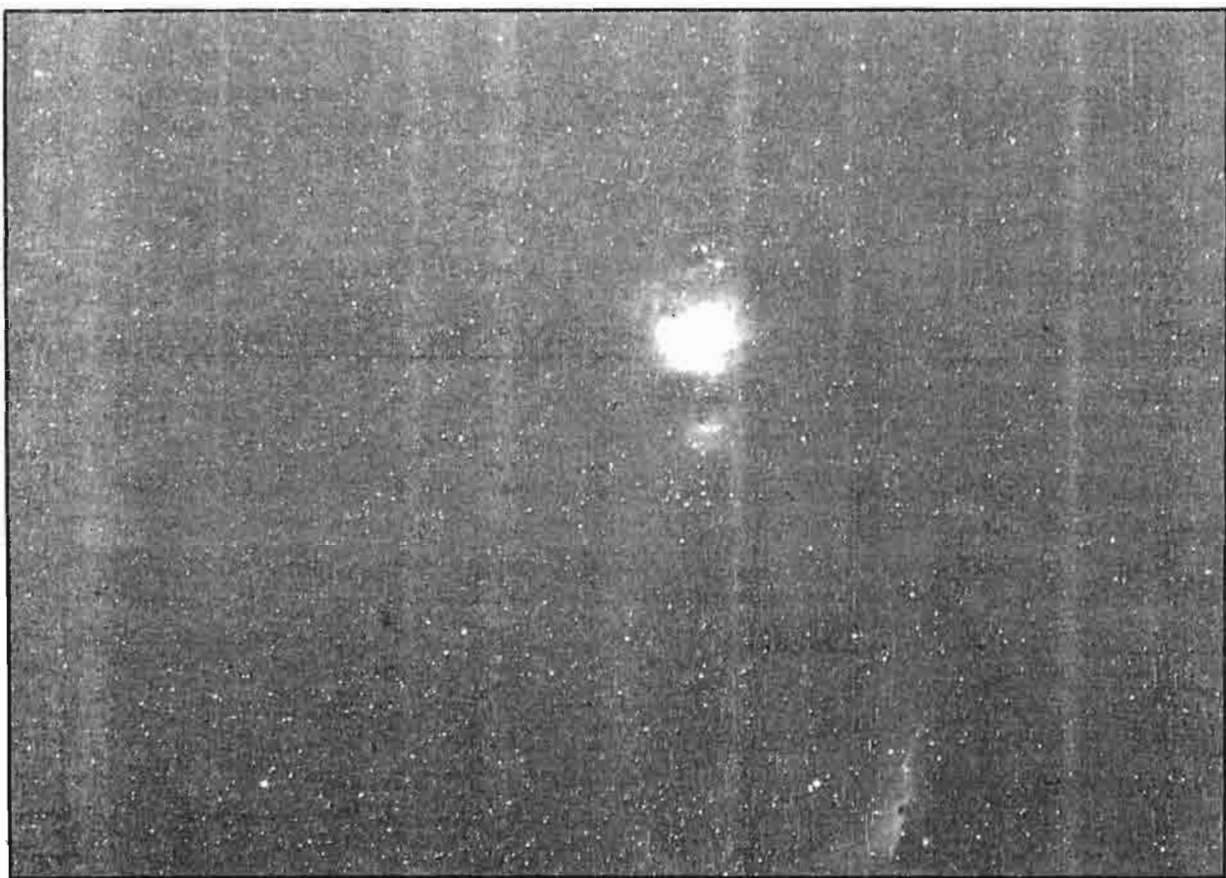


Sl. 102. Dvostruki astrograf.

Ovako napravljen astrograf je posebnim zavrtanjima učvršćen na drugi kraj deklinacione ose masivnog mehanizma sa Cassegrain-Newton-ovim teleskopom prečnika 21.5 cm. Zbog velike razlike u težinama između prednjeg i zadnjeg dijela astrografa, bilo je neophodno dodavanje masivnih olovni i željezni ploče. Poslije ovoga trebalo je izvršiti pažljivu rektifikaciju

jer su prvi snimci pokazali da postoji prilično velika rotacija polja izazvana nepodudarnošću ose instrumenta sa nebeskom osom.

Sa ovakvim uređajem mogu se obavljati raznovrsna snimanja većih površina neba u Sarajevu. Snimanje zvjezdanih skupova i sjajnih maglina takođe može biti polje rada astrokamera ovih dimenzija. Inače, objektivi ovog astrografa zahvataju na nebu zonu od $15^\circ \times 20^\circ$ na pločama 9×12 cm.



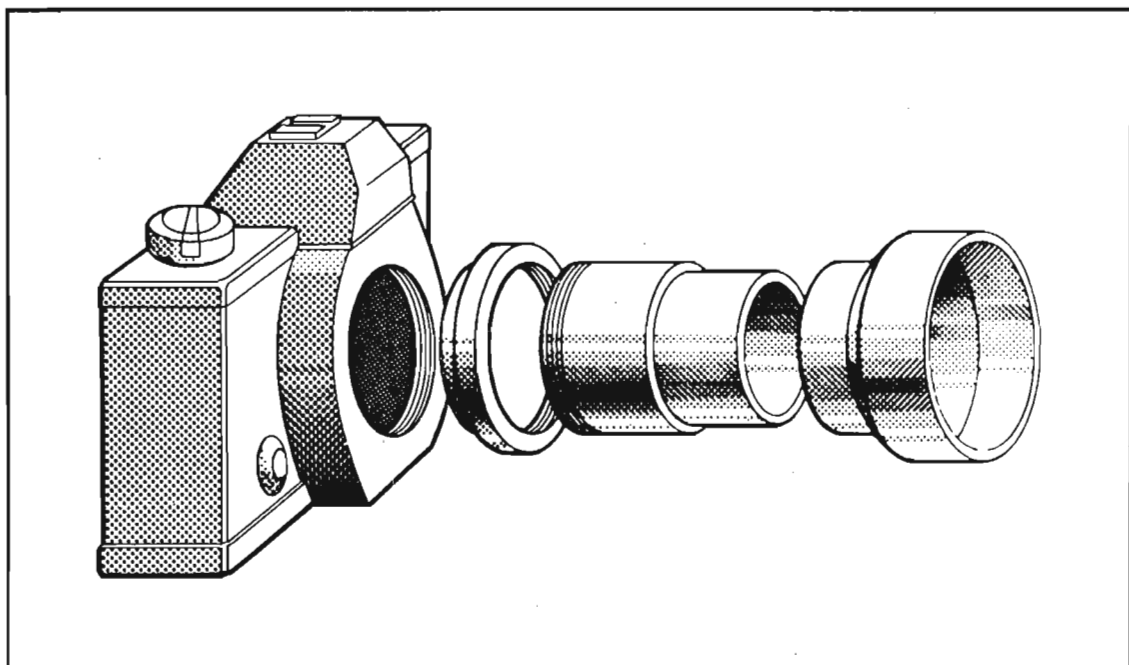
Sl. 103. Splet svjetlih i tamnih maglina u sazvežđu Orion na foto snimku načinjenom dvostrukim astrografom opservatorije u Sarajevu. Korišten je tamnocrveni filter i spektroskopska emulzija Kodak-103a-E.

Za one koji se odluče da konstruišu ovakve uređaje, najvažnije je da izaberu dobar objektiv. Što se tiče formata snimka odnosno izbora veličine fotografskih ploča ili filmova, tu se može dati sljedeći savjet. Ne treba koristiti suviše velike formate. Obično su standardni objektivi portretnog ili nekog drugog tipa predviđeni za neki određeni format. Obična snimanja, koja nisu astronomska, pružaju sasvim pristojne rezultate. Međutim na zvjezdanim snimcima, kod većih formata će biti sve izraženije razne vrste aberacija koje će pokvariti kvalitet snimka. Zato, ako je, na primjer, predviđeni format snimka 13×18 cm onda je bolje koristiti ploče formata 9×12 cm ili manje. Time će se odbaciti loši rubni dijelovi snimka.

FOTOGRAFISANJE PLANETA

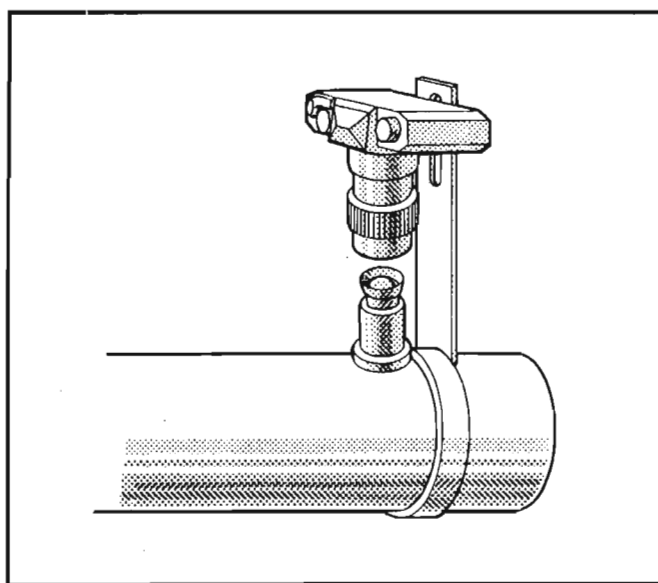
Osnovni problem kod ovakvih snimanja je što su prečnici planeta veoma mali. Zbog toga snimanje planeta običnim aparatima ili astrokamerama ne dolazi u obzir. Da bi se dobili snimci

planeta potrebno je koristiti teleskope. Snimanje planeta u fokusu teleskopa takođe nije moguće, jer su im i tada prečnici još uvijek mali. Jedini sistemi koji dolaze u obzir zasnivaju se na upotrebi okulara, Barlow leća ili objektiv aparata.



Sl. 104. Adapter za snimanje planeta pomoću okularske projekcije.

Prvi način snimanja se sastoji u tome da se najprije sa aparata skine njegov originalni objektiv. Pomoću posebnog adaptera (Slika 104.) aparat se poveže sa okularom teleskopa. Pomjeranjem okularnog dijela vrši se izoštravanje.

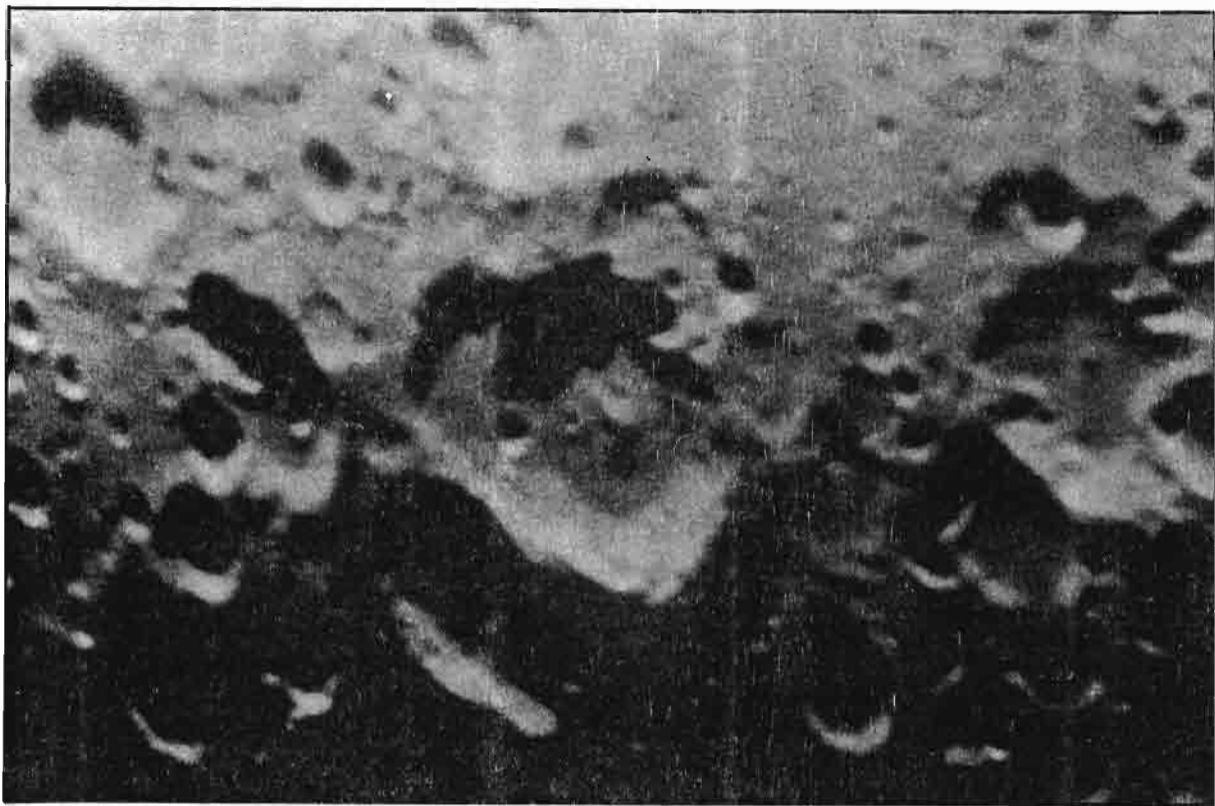


Sl. 105. Izgled nosača za snimanje planeta na Newton-ovom teleskopu bez skidanja objektiv aparata.

Pri ovom načinu snimanja, planeta se projektuje na film i njen diameter će zavisi od uvećanja kojim se obavlja snimanje i udaljenosti filma od okulara. Za dobijanje još krupnijih razmjera lika planete može se koristiti neko negativno sočivo (Barlow leća) koje se postavi ispred okulara. Takođe se snimanje može obaviti i bez skidanja objektiva aparata. Tada se čitav aparat poveže sa okularom i tako vrši fotografisanje.

Snimanje planeta otežavaju turbulentna kretanja vazdušnih masa u atmosferi. Zbog toga uvijek treba praviti serije snimaka od kojih će barem nekoliko biti kvalitetnije, jer će nastati u momentu bolje prozračnosti. Što se tiče ekspozicija za ovakva snimanja, one se najbolje odrede probama, jer svaki instrument daje različitu količinu svjetlosti, zatim, tu je okular ili objektiv aparata i filmska emulzija. Obično se za planete ne preporučuju visoko osjetljive emulzije već one niže osjetljivosti, ali sa većom sposobnošću razdvajanja.

Kod fotografisanja planeta bitno je dobiti, što se može kvalitetnije, neke detalje.

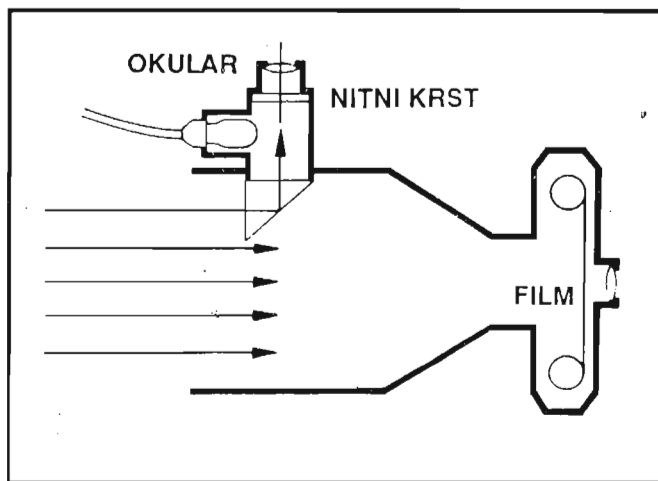


Sl. 106. Površina Mjeseca na snimku načinjenom teleskopom Unitron 102/1500 mm uz ekspoziciju od 4 sekunde i ekvivalentni fokus od 22 metra. Emulzija Kodak 3X PAN.

Fotografisanje Mjeseca je lakše jer on ima velike razmjere i u malim teleskopima, a sjaj mu je dovoljan da bude snimljen i kraćim ekspozicijama. Ekspozicija se mijenja u zavisnosti od faze u kojoj se on nalazi. Dugotrajnim snimanjima može se napraviti veoma dobar fotografski atlas Mjeseca.

Snimanje dalekih vanjskih planeta kao što su Uran, Neptun i Pluton može se obavljati samo sa dužim ekspozicijama u fokusima većih teleskopa. Tako bi za snimanje Plutona u fokusu 15 cm-skog reflektora sa fokusom od 1,2 m bilo potrebno oko 1,5^h. Svakako, potrebno je pri tome

poznavati njegov položaj. Naravno, daleke planete će biti samo svijetle tačke.



Sl. 107. Kamera za snimanje u primarnom fokusu

Snimanje u primarnom fokusu većeg teleskopa

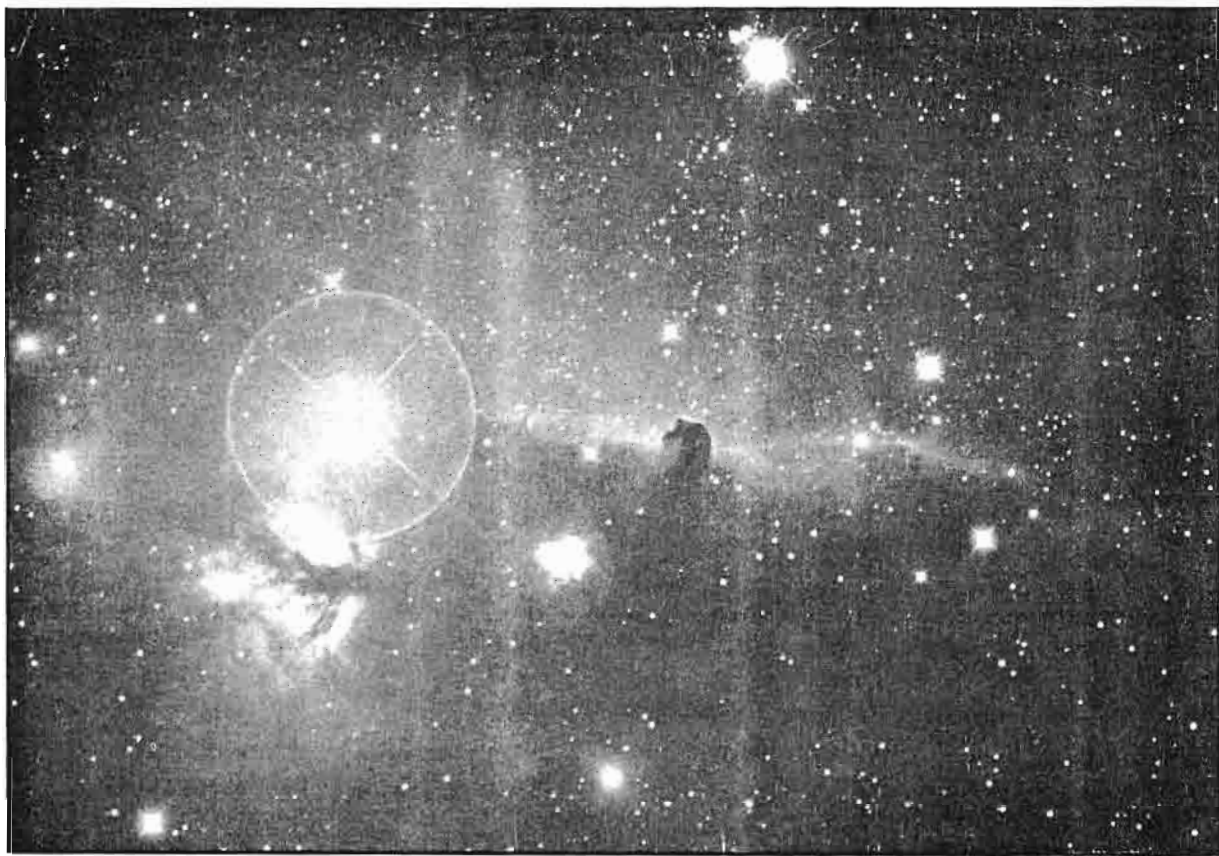
Za snimanja neba sa dugim ekspozicijama pomoću astro kamera, bio nam je potreban neki teleskop za praćenje. Ako se želi vršiti snimanje u fokusu nekog većeg teleskopa, tada bi teleskop za praćenje morao biti većih razmjera, a obično nije moguće imati i njega. Zato se za praćenje pri snimanju moraju koristiti neki drugi metodi. Svi oni se zasnivaju na tome da se nekim optičkim sistemom istovremeno sa snimanjem vrši i kontrola praćenja. Tako se ogledalo teleskopa (ili objektiv refraktora) istovremeno koristi za oba cilja.

Ovakvih sistema ima više vrsta, a mi ćemo ovdje opisati jednu mogućnost koja nam se čini veoma dobrom. Za snimanje se koristi aparat sa koga je skinut objektiv. Na stražnjoj strani tijela aparata probuši se mali okrugli otvor. U otvor se učvrsti jedan okular sa fokusom od, recimo 5-8 mm. On služi za precizno izoštravanje. Ako se u aparat stavi razvijen neosvijetljeni film, tada će se kroz ovaj okular moći posmatrati lik neke zvijezde koja padne na taj dio filma. Na filmu se prethodno na emulziji napravi mreža zareza na koju se izoštri okular. Poslije toga, okrećući teleskop ka nebu, posmatramo neku zvijezdu i pomjerimo aparat sve dok ona ne bude jasna. Tada je aparat izoštren u potpunosti. Na slici (107) se vidi izgled ovog sistema.

Ispred aparata, a malo iznad pravca ka filmu, smješta se cijev sa prizmom i okularom. Ovaj okular služi za kontrolu praćenja i mora imati osvijetljeni nitni krst. Jednim ovakvim aparatom mogu se dobiti kvalitetni snimci galaksija, kuglastih i rasijanih zvjezdanih skupova, kao i drugih objekata slabog sjaja.

LABORATORIJSKI PROCES

Nakon cijele noći provedene na snimanju, potrebno je u laboratoriji procesom razvijanja doći do negativa snimljene oblasti neba ili nekog konkretnog objekta. Ovoj fazi rada treba pristupiti veoma pažljivo jer pretjerana žurba i nestrpljenje mogu da upropaste mnoge kvalitetne snimke.



Sl. 108. Okolina zvijezde Zeta Oriona i maglina Konjska glava.

Snimio Herman Mikuž pomoću Schmidt kamere na hipersenzibilizirani film Kodak TP 2415.

U osnovi se razvijanje može obavljati na dva načina. Jedan je korištenje doze sa spiralnim kalemom ili trakom gdje se stavlja film. Drugi način je razvijanje u plastičnim posudama. 35 mm-ski i široki filmovi se najjednostavnije i najkvalitetnije razvijaju u dozama. Ovih tankova ima raznih vrsta i u suštini sve daju iste rezultate ako se sa njima pravilno rukuje. Film se u mraku stavi u svoje ležište i namota (ako se radi o spiralnom ležištu za film sa kuglicama) ili se namota oko centralnog kalema zajedno sa plastičnom trakom. Ova traka sprječava da se film slijepi i da do njega ne dopre razvijlač.

Kada je film stavljen u dozu i zatvoren poklopac, možemo upaliti svjetlo. Tako je rad u laboratoriji ili improvizovanoj mračnoj komori ugodniji i lakši.

Za razvijanje u astronomskoj fotografiji potreban je sledeći pribor:

- stakleni termometar sa mjernim opsegom između 10° i 30°C ,
- menzura kalibrisana u ml ili kubnim centimetrima,
- dublja staklena ili plastična posuda za miješanje hemikalija,
- više tamnih staklenih boca za držanje razvijlača, fiksira i drugih hemikalija,
- sat sa velikom sekundnom kazaljkom i fluorescentnim brojkama.

Prije početka procesa razvijanja treba provjeriti sobnu temperaturu. Ako je ona ispod $+17^{\circ}\text{C}$, tada se razvijlač mora zagrijati. Pri tome treba voditi računa da će se on malo ohladiti pri sipanju u dozu. Zato ga treba zagrijati malo više nego što je propisano ili zagrijati malo dozu sipajući u nju toplu vodu. Film treba razvijati tačno onoliko koliko je za njega propisano u određenom razvijlaču. Ako je razvijlač star, onda se vrijeme razvijanja mora produžiti. U astrofotografiji je poželjno da se uvijek koristi svjež razvijlač. Svakog minuta kalem u dozi treba zaokrenuti

nekoliko puta u trajanju od 5 -10 sekundi. Time se postiže ravnomjernije razvijanje i istrošeni razvijач uz sami film bude zamijenjen svježim iz dalje okoline.

Po isteku vremena, razvijач se presipa u svoju bocu, a u dozu se sipa prekidač. To može biti obična voda u koju se doda par kapi sirćetne kiseline. Mnoge firme kao Kodak na primjer, proizvode veoma kvalitetne prekidače. Obično se film u njima drži jedan do dva minuta. Posljednja stepenica u ovom procesu je fiksiranje. Film se zatim pere u vodi čija temperatura mora da je oko 18° jer bi nagle promjene temperature mogle da utiču na emulziju. Pred kraj pranja dobro je film potopiti u vodu koja sadrži nekoliko kapi nekog sredstva koje čini film glatkim i bez vodenih kapi. Ovakve deterdžente proizvode neke firme, pa tako postoji Agfin "Agepon" i Kodakov "Photoflo", a može poslužiti i tečni deterđent za suđe.

Razvijanje ploča ili plan filmova se obavlja na isti način. Ako se ne posjeduju specijalne doze za ploče, onda se one razvijaju u plastičnim posudama koje se inače koriste pri izradi pozitiva.

Izbor razvijачa za proces dobijanja negativa zavisi od više faktora. To su, prije svega, vrsta filma i objekta koji je snimljen. Uvijek je bolje koristiti orginalne razvijачe koje proizvode pojedine firme za svoje emulzije. Naravno, ovaj uslov nije uvijek moguće ispuniti pa se često mora pribjegavati improvizacijama. Najbolje je probama ustanoviti koliko je potrebno držati dotični film u razvijачu. Ako se želi dobiti maksimalna moć razlaganja, onda se moraju koristiti sitnozrnasti razvijачi. Znamo, da se fotografska emulzija sastoji od zrnaca haloidnog srebra. Ova zrnca su krupnija kod osjetljivijih emulzija, a pomoću sitnozrnatih razvijачa moguće ih je smanjiti. Međutim, pri ovome se ujedno smanjuje osjetljivost filma i kontrast pa se zato ovakvi razvijачi mogu koristiti samo u onim slučajevima kada se ova dva faktora ne pojavljuju kao značajni.

Filmove i ploče treba sušiti na suhom mjestu koje je čisto od prašine. Najbolje je ostaviti ih da se osuše prirodnim tokom i ne pokušavati ubrzati sušenje grijanjem ili na neki drugi način. Ako su filmovi dugi, onda ih treba isjeći na kraće komade i čuvati u posebnim ulošcima od mekog papira. Nikada ne treba čuvati filmove smotane u rolne.

Izrada pozitiva

U procesu izrade pozitiva mora se raspolagati sa nekim aparatom za uvećavanje. Većina astronomskih snimaka se uvećava dok se direktno kopiranje rjeđe primjenjuje. Svaki aparat za uvećavanje se sastoji od sijalice, dva plankonveksna sočiva koja imaju ulogu kondenzora, ležišta za film i objektiva koji se izoštrava posebnim zavrtnjem. Za 35 milimetarske filmove se obično koriste objektiv i sa fokusnim rastojanjem od 75 mm. Posjeduju blendu slično kao i objektiv fotoaparata.

Prije početka rada ležište za film se mora očistiti od prašine, a isto treba uraditi i sa negativom koga želimo raditi. Ako se radi o seriji snimaka istog objekta, onda treba najprije probrati one koji su najkvalitetniji. To se radi pomoću neke lupe, a veoma su pogodne one koje se stavljaju na oko i kakve koriste časovničari. Tako su obje ruke slobodne za držanje filma. U laboratoriji se pripremi papir, razvijач za papir, prekidač i fiksir. Fotografski papir je slabe osjetljivosti, posebno u crvenoj oblasti spektra. Zbog toga se pozitivi mogu raditi i pri svjetlosti propuštenoj kroz određene zaštitne filtere crvene ili narandžaste.

Prije starta eksponiranja, film treba izoštriti. To se može raditi okom, a bolje je koristiti posebne male mikroskope kojima se postiže oštrina na samom zrnu emulzije. Dužina eksponiranja pri određenoj blendi se najbolje određuje pomoću test papira. Isječe se tanka traka papira i na njoj eksponira negativ tako što se vrši postepeno zaklanjanje papira. Kao rezultat poslije razvijanja dobijemo pozitiv na kome je niz svijetlih i tamnih zona. Izaberemo zatim onu

ekspoziciju pri kojoj nam je negativ najpravičnije eksponiran.

Često je u astrografiji potrebno koristiti tehniku tzv. zaklanjanja. Na primjer, kada se snima Mjesec, onda će njegov rub, koji je dalji od linije koja dijeli noć od dana (terminator), obično biti preeksponiran. Ako se pri izradi slike da isuviše duga ekspozicija, onda će se dijelovi oko terminatora izgubiti tj. potamniće. Zato se prvo izvrši pravilna ekspozicija za te oblasti, a onda se pristupi zaklanjanju. Ono se može obavljati rukama ili nekim tamnim kartonom. Pri tome se svjetlosti izlažu preeksponirane zone, a one druge su zaklonjene. Pri zaklanjanju se ne smije neprekidno držati karton na istom mjestu. Ako bi se to uradilo, onda bi se na fotografiji jasno vidjela linija duž koje je to obavljeno. Tehnika se sastoji u tome da se neprekidno vrše mali pokreti kartonom koji služe za zaklanjanje i time se dobije postepen prelaz koji nije moguće primjetiti na snimcima.

Kod uvećavanja snimaka planeta javlja se problem kontrasta. I likovi planeta su obično veoma mali, pa njihovim uvećavanjem dolazi do gubitka kontrasta i gubljenja detalja. Da bi se povećao kontrast treba postupati na sledeći način. Najprije se originalni negativ kopira ili projektuje veoma malo uvećan na jedan međunegativ. Ovaj treba da je "mekši", tj. da nije suviše kontrastan. Ovaj pozitiv film se poslije obrade ponovo kopira na veoma kontrastan negativ. Slike se rade na kontrast papiru i rezultati ovakvog rada su veoma dobri.

Sušenje slika se može obavljati bez ikakvih posebnih uređaja. Bolji metod je sušenje na posebnim električnim sušilicama kod kojih se fotosi stavljaju na glatke limove. Prije stavljanja lima u sušilicu, potrebno je pažljivo istisnuti svu vodu ispod fotografije.

Uopšte, pri radu u fotolaboratoriji, treba se držati svih uputa koje se nalaze na filmovima, papirima i hemikalijama. Nije loše neko vrijeme raditi u nekom foto klubu i tako savladati osnovnu tehniku rada.

Specijalne tehnike laboratorijske obrade astronomskih negativa

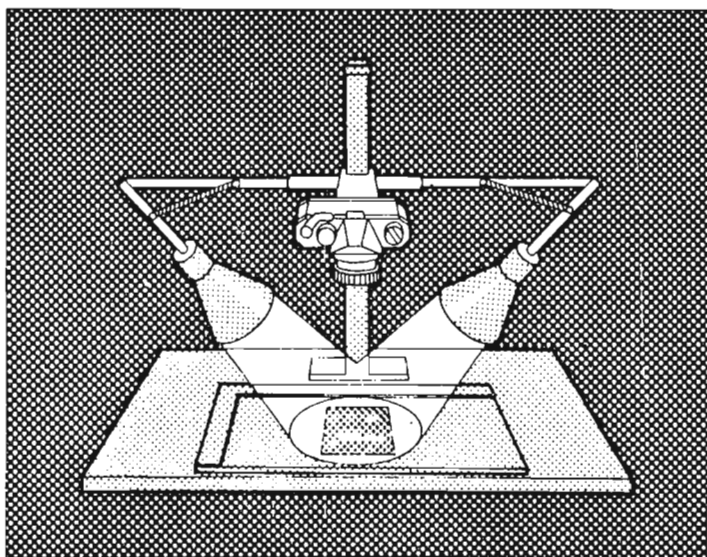
Jednom načinjen snimak (negativ) potrebno je u fotografskoj laboratoriji pretvoriti u jedan ili više pozitiva. Oni su najčešće uvećani i na njima se uočavaju sitniji detalji i izgled snimljenih objekata. Normalni postupak izrade fotografija nije poseban problem. No, koristeći standardni pribor koji ima svaka laboratorija moguće je posebnim tehnikama iz kvalitetnog negativa izvući i detalje koje okom ne zapažamo ili povećati kontrast kao i uočiti finu strukturu preeksponiranih dijelova negativa.

Pokazuje se da je za astronomsku fotografiju najbolje koristiti glatki sjajni papir jer se i slabi detalji na njemu najbolje uočavaju. Takođe je najbolje koristiti kontrastne papire. Izbor takvih papira kod nas nije veliki pa ako ste u prilici da u inostranstvu dođete do visoko kontrastnih papira koji nose broj 6, onda ćete svakako biti u situaciji da vam rezultati budu daleko bolji. Gradacije kontrastnosti pojedinih papira označavaju se brojevima od 1 do 6 s tim što broj 6 pretstavlja najkontrastnije ("najtvrdje") papire. Jasno je da kod snimanja manjim instrumentima kakvi su amaterski, često nije moguće dobiti dovoljno kontrastne snimke neke galaktičke magline ili drugog objekta slabog sjaja. Tada ni dobar papir ne pomaže suviše, jer ti su objekti najčešće podeksponirani. Ponekad, mada je to rjeđe, neki objekti kao sjajnije magline ili komete su preeksponirani i to posebno oni centralni dijelovi. Detalji slabijeg sjaja i fina struktura su nevidljivi. Za sve ove nabrojane mogućnosti postoje rješenja koja u laboratoriji možemo napraviti priručnim sredstvima i biti zaista zadivljeni rezultatima.

Fotokopiranje

Najlakši i najjednostavniji metod za povišenje kontrasta je kopiranje snimanjem već izrađene fotografije na kontrastnom papiru. Za tu svrhu koristi se postojeći fotografski aparat učvršćen na nekom stalku i nekoliko reflektorskih lampi raspoređenih da osvijetle fotografiju.

Treba obratiti pažnju da ne dođe do refleksija pa je najbolje na objektiv aparata staviti kraću cijev od crnog papira. Za snimanje treba koristiti neki osjetljiviji film kakvi su oni od 22 - 27 DINa. Propisnom ekspozicijom presnimimo našu fotografiju i razvijemo film. Sada ponovo na što kontrastnijem papiru radimo novi pozitiv. On će biti znatno kontrastniji. U isto vrijeme dobitkom na kontrastu gubimo na nečem drugom. Naša fotografija će sada biti zrnatija.

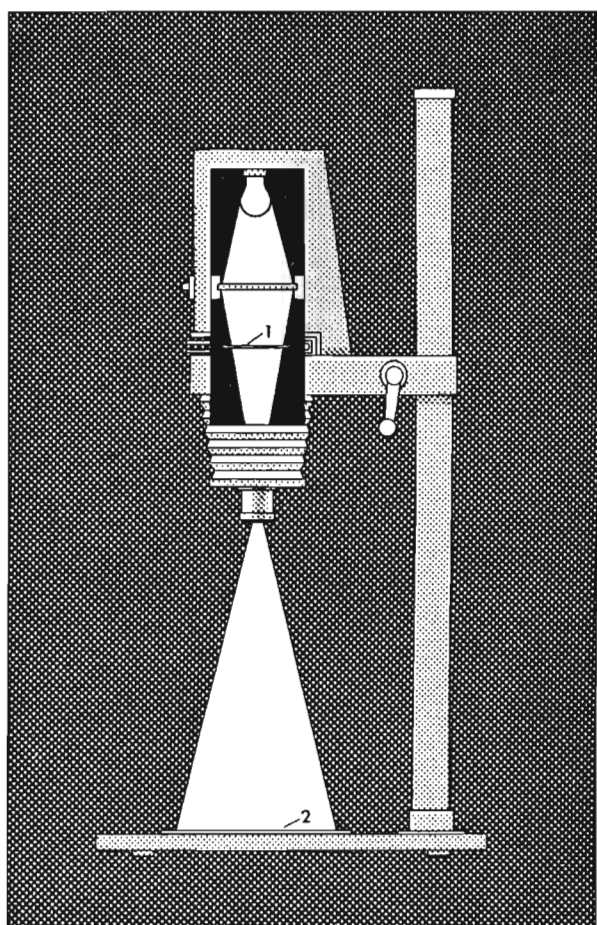


Sl. 109. Stalak za presnimavanje.

Povišenje kontrasta

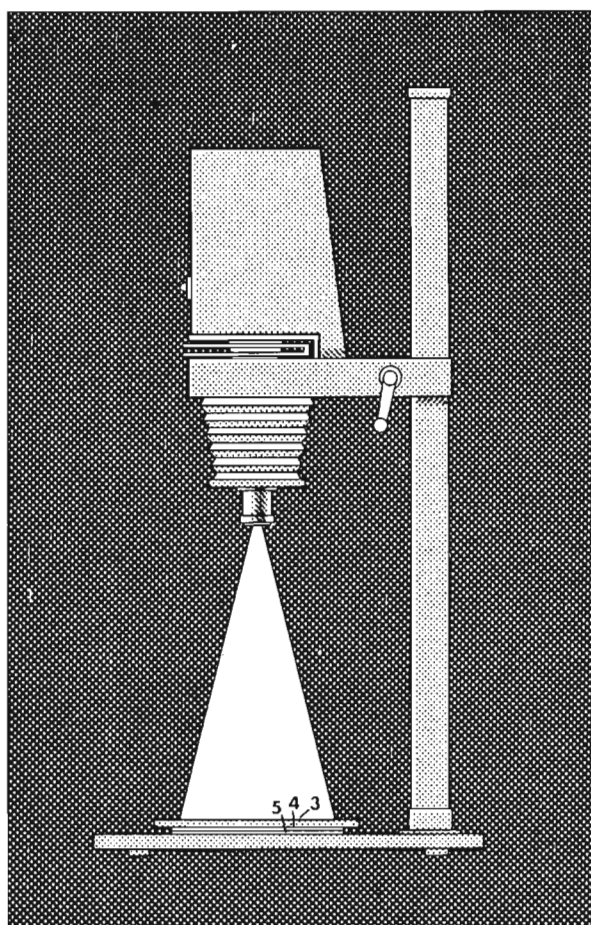
Ukoliko prethodni metod nije dovoljno efikasan u nekom konkretnom slučaju tada se može oprobati i nešto drugo. Korištenje grafičkog filma koji se široko primjenjuje u štamparskoj djelatnosti može da dovede do zanimljivih rezultata. Da bi se postupak proveo potrebno je nabaviti komad mliječnog stakla koje će rasipati svjetlost i praviti je difuznom. Kada ovako raspršena svjetlost prolazi kroz negativ ona uslovljava da budu projektovana samo zrna iz površinskog sloja emulzije. U normalnom slučaju kad se koristi aparat za povećavanje slika sa sijalicom tada se sva zrna po dubini emulzije projektuju u jednakoj mjeri. Površinski sloj emulzije nosi ustvari glavnu informaciju o finim detaljima slabog sjaja. Time ćemo sa nakon našeg negativa projektovati na grafički film slabe magličaste dijelove nekog objekta dok će fon neba ostati blokiran.

Na slici 110 je data shema aparata za povećavanje, smještaja mutnog stakla i grafičkog filma. Sa našeg originalnog negativa pravimo pozitiv kopiju na grafički film i to tako da lik na filmu ne bude uvećan odnosno da je odnos originala i kopije 1:1. Za razvijanje grafičkog filma obično se preporučuju specijalni razvijачi za tu namjenu. No, u praksi se pokazuje da je moguće razvijati ih u običnom razvijачu za fotografije. U koliko ne ide onda je bolje pronaći originalne hemikalije za razvijanje grafičkog filma. Kada osušimo pozitiv pristupamo nastavku procesa.



1- ORIGINAL NEGATIV 2- GRAFIČKI FILM 3- STAKLO 4- POZITIV OD GRAFIČKOG FILMA

Sl. 110.



Sl. 111.

5 - NEGATIV

Prije toga uklonimo staklo koje nam je služilo kao difuzor. Ispod aparata za povećavanje postavimo naš pozitiv i komad grafičkog filma. Izvršimo kontaktno kopiranje osvjetljavajući negativ kroz na njega emulzijom pritisnuti pozitiv (Sl.111). Da bi filmovi bili pritisnuti međusobno nije loše staviti preko njih komad ravnog debljeg stakla čistog i bez oštećenja.

Posljednji negativ koga smo dobili sada stavimo u aparat za povećavanje i radimo fotografiju na kontrastnom papiru. Sada će nam fotografija biti izuzetno kontrastna i maglina radi koje smo ovo sve i radili vidjeće se proširena i na one oblasti gdje na originalu naše oko nije moglo da zapazi njeno postojanje. I u ovom slučaju zrnatost se nešto povećava.

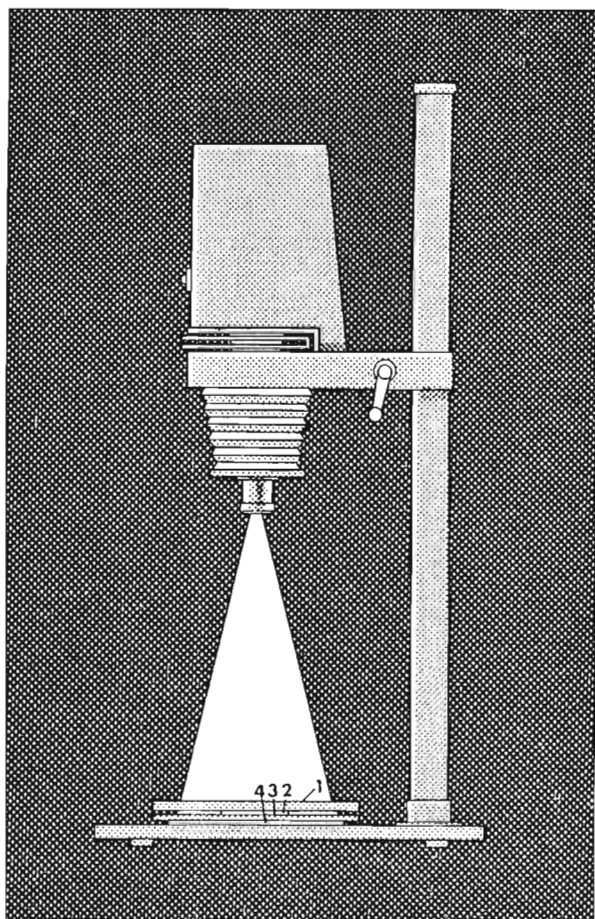
Razmućena maska

Kada se radi sa snimcima sjajnih objekata (npr. Velika maglina u Orionu) onda su centralne oblasti najčešće preeksponirane i nije moguće nazrijeti strukturu tih zona. Ukoliko pokušate da smanjenom ekspozicijom pri izradi pozitiva "izvučete" finu strukturu tada ćete nepovratno izgubiti rubne oblasti magline koji su slabog sjaja. Idealna situacija je kada imamo na našoj fotografiji istovremeno vidljive i slabe rubne detalje i one koje u centralnim oblastima krije preeksponirani negativ. Posljednjih godina razrađena je vrlo jednostavna, a izuzetno efikasna metoda kojom se ovo postiže u laboratoriji. Metod su razradili najprije na englesko-australijskoj opservatoriji gdje se Šmit kamerom prečnika 120 cm snimao atlas neba ekvivalentan onom čuvenom Palomarskom atlasu. Dakle i profesionalnim astronomima je ova metoda donijela

značajne rezultate.

U amaterskim uslovima, metoda "razmućene maske" kako se naziva ovaj način izvlačenja finih detalja, se može realizovati na slijedeći način. Pored kvalitetnog negativa koga želimo obraditi potrebno je da pripremimo film koji će nam poslužiti za pravljenje maske. To može biti neki sa osjetljivošću od 22 DINa. Slika 112. nam daje shemu rada i postupka. Da bi dobili razmućenu masku potrebno je, da originalni negativ i naš film na koga kopiramo, budu malo razmaknuti kako bi likovi zvijezda i drugih detalja bili blago razmućeni. To se najlakše postiže time što se između njih postavi tanko ravno staklo debljine oko 2 mm. Može da dobro posluži neka staklena fotografska ploča sa koje je skinuta emulzija.

Film na kome pravimo masku postavimo prvog i to sa emulzionom stranom okrenutom gore. Zatim dolazi staklena ploča, originalni negativ koji je takođe okrenut emulzijom gore i na



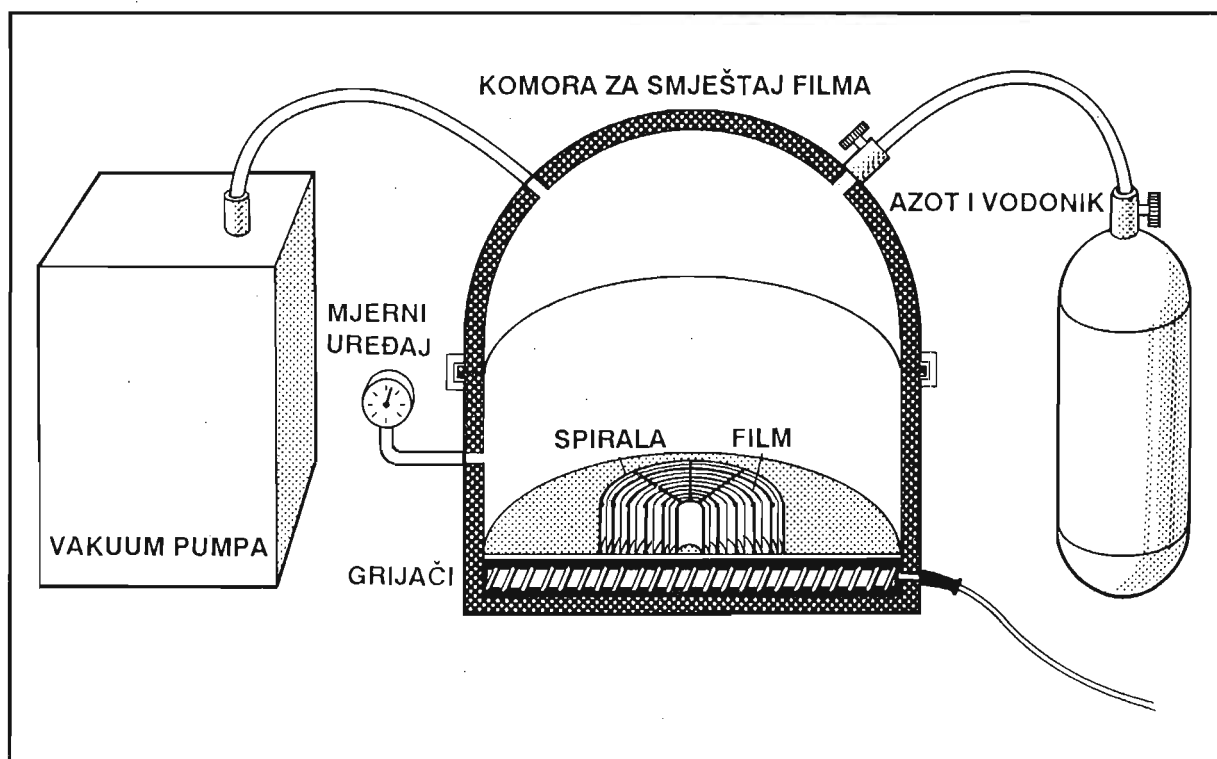
- 1 - DEBELO STAKLO 2 - ORIGINAL NEGATIV
3 - TANKO STAKLO 4 - FILM OD 22 DIN-a

Sl. 112.

kraju deblje staklo koje služi za pritiskivanje ovog "sendviča". Prilikom kopiranja treba težiti da se dobije negativ srednje gustoće tj. da nije odviše kontrastan ali ni suviše "mek". Po završenoj obradi original i maska se postave tačno jedan na drugi u nosač filma aparata za povećavnje. Pri tome se vodi računa da nekoliko repernih zvijezda budu preklapljene što je moguće preciznije, kako bi original i maska bili postavljeni tačno onako kako je potrebno.

Hipersenzitivizacija filma Kodak Tehnical Pan Film 2415

Razvoj novih emulzija, a ujedno, što je još značajnije, otkriće novih metoda u povećavanju osjetljivosti pojedinih filmova novim tehnikama, doveo je posljednjih godina do prave revolucije u astronomskoj fotografiji. Za širu upotrebu, kao najbolja emulzija osamdesetih godina pominje se Kodak Tehnical Pan Film 2415. To je crno bijeli film visoke razdvojne moći, velikog kontrasta i veoma sitnozrnast. Sam po sebi on ne predstavlja nešto posebno. Ali, podvrgnut tretmanu na višoj temperaturi u nekim gasovima on postaje uporedljiv sa klasičnom serijom spektroskopskih emulzija firme Kodak kakve su 103aE i 103aF. On postaje osjetljiviji od ovih specijalno za astronomiju proizvedenih emulzija. Što je najvažnije, pored povišenja osjetljivosti, zrnatost mu je znatno manja. Hipersenzitivizacija ovog filma može se sprovesti na sljedeći način. Ako se radi o 35mm filmu onda ga treba u mraku premotati u spiralni umetak doze za razvijanje filmova. Potrebno je imati komoru sa mogućnošću pravljenja vakuuma koja se zagrijava i na kojoj je neki mjerni uređaj za pritisak i temperaturu. Slika 113. je shema jedne od mogućih konstrukcija uređaja za hipersenzitivizaciju.



Sl. 113. Komora za hipersenzitivizaciju filma.

Na jednom kraju centralne komore, u kojoj je film, je cijev preko koje vršimo ispuštanje vazduha, a cilj je da dobijemo jedan prosječan vakuum. Kada se on napravi onda se na drugu cijev uvodi gasna mješavina koja se sastoji od 2 do 8 % čistog vodonika, a ostatak je čisti azot. Ovakva mješavina je nezapaljiva i može se bez opasnosti upotrebljavati. Mnoge firme u Americi npr. proizvode male boce koje već imaju tu mješavinu pod pritiskom. (tzv. "forming gas".)

Ukoliko mislimo da nam vakuumska pumpa nije najbolja onda se nekoliko puta može

ispumpati naša mješavina i ponovo uvesti tako da smo nakon trećeg kruga sigurni da je u komori mješavina od 99,9% gasa. Sada se pristupa kontrolisanom grijanju. Obično su to temperature od 40° do 60° C. Pokazuje se da pri većem pritisku i višoj temperaturi (u navedenim granicama) vrijeme potrebno za hipersenzitivizaciju postaje kraće. Slijedeća tabela nam daje osnovne podatke za vremena tretiranja nekih poznatih filmova u zavisnosti od temperature:

Film	vrijeme u časovima		
	temperatura		
	45° C	50° C	55° C
Kodak TP 2415	65h	40h	24h
Kodak TRI - X	30h	18h	12h
Ilford HP - 5	16h	10h	6h
Kodak 103a-F	7h	4,5h	3h
Ektachrome 400	7h	5h	3h
Kodacolor 400	7h	5h	3h

Osjetljivost filma nakon tretmana porast će u prosjeku za 10 puta. Jednom obrađen 2415 može na sobnoj temperaturi da stoji nekoliko dana bez gubitka u osjetljivosti. Ako ga stavimo u plastičnu kesicu i u frizer, tada ga možemo koristiti i nakon nekoliko mjeseci.

Film je propisno hipersenzitiviziran ukoliko ga neekspozicionog razvijemo i opazimo blagu zatamnjenost. Ova zatamnjenost se naziva hipersenzitivizirajuće zamagljenje. Razvijajući namijenjeni za niske kontraste povećavaju ovu "maglu" na negativu. Najmanje zamagljenje proizvode visoko kontrastni razvijajući kakav je Kodakov D19 pa ga je najpreporučljivije i koristiti.

Prilikom snimanja, mehanizam teleskopa mora da radi veoma dobro jer će ultra fino zrno 2415 da pokaže svaku grešku u praćenju ili neki drugi defekat kod snimanja. Ovaj film najbolje rezultate pokazuje pri snimanju u crvenoj svjetlosti bliskoj vodonikovojoj liniji alfa (Halfa). Uz crvene filtere, posebno one tamnije, ukoliko se snima iz oblasti gradova, postići će se još bolji rezultati.

OSNOVNI POSTUPCI SA SNIMLJENIM MATERIJALOM

Svaki napravljeni snimak, bilo da ga načinimo običnim fotoaparatom, bilo nekim astrografom, treba pažljivo ispitati poslije obrade u laboratoriji. Uvijek je moguće da možda na njemu nađemo neku novu kometu ili registrujemo eksploziju Nove ili supernove zvijezde. Ako se radi o pojedinačnim snimcima, onda se koristi neki atlas i negativ, ili izrađeni pozitiv, upoređujemo sa istim dijelom neba na zvjezdanim kartama. Negativ treba pregledati nekom lupom i obratiti pažnju na sve maglovite ili razmrljane objekte. Komete se uvijek tako pojavljuju na snimcima.

Daleko je bolje ako se posjeduju snimci iste zone neba načinjeni u razno vrijeme. Njihovim upoređivanjem može se brže i sigurnije ustanoviti neko otkriće. U astronomskom svijetu se za ispitivanje tako napravljenih negativa koriste posebni uređaji. To su tzv. blink komparatori. U principu se sastoje od optičkog dijela koji ima za cilj da snimke projektuje do jednog okulara, a elektronskim putem se naizmjenično projektuju jedan i drugi snimak. Na ovaj način, ako je,

recimo, došlo do otkrića neke Nove, tada će zvijezda, koja se nalazi na tom mjestu, da intenzivno treperi, jer se na jednom snimku ona vidi, a na drugom ne vidi. Isti slučaj će biti sa nekom promjenljivom zvijezdom, samo što će se to vidjeti kao pulsiranje jedne te iste zvijezde. Ako se snimi neki asteroid, tada će on praviti skokovita pomjeranja u vidnom polju.

Blink komparatori su veoma skupi i nije vjerovatno da će ih neki amater posjedovati. Zato se mora pribjeći drugim metodama upoređivanja snimaka iste zone neba načinjenih sa izvjesnim vremenskim razmakom. Jedan način se sastoji u preklapanju ta dva snimka. Oni se postave jedan na drugi i namjeste iznad nekog izvora svjetla difuzne prirode. Zatim se lupom pretražuje čitava zona. Ako se opazi neki lik u obliku crtice, elipse ili mrlje, tada se može raditi o planeti ili asteroidu koji su se pomjerali zbog sopstvenog kretanja. Mrlja nam može biti kometa.

Drugi način je upotreba istog preklapanja, ali tako da se jedna ploča namjerno pomjeri za 1- 2 mm. Likovi zvijezde će biti dvostruki. Ako je na jednom snimku prisutna neka Nova, tada će se ona vidjeti kao pojedinačna zvijezda i biće je lako uočiti. Promjenljive zvijezde će se opaziti tako što će jedna zvijezda u paru biti sjajnija od druge. Ovakve metode mogu da budu veoma uspješne i ne treba žaliti truda kod pregleda snimaka jer se može desiti da vam možda izmakne neko otkriće.

Snimljeni materijal treba čuvati na za to predviđenim mjestima. Svaki snimak mora da ima neki svoj broj po kome ga možemo naći. U posebnoj svesci treba voditi podatke o svemu. Tako je neophodno da postoje podaci o koordinatama središta snimka, tačnom vremenu snimanja, datumu, ekspoziciji i fotografskom materijalu.

4. FOTOELEKTRIČNA FOTOMETRIJA

Da bi povećali preciznost mjerenja sjaja nebeskih objekata, prije svega zvijezda, astronomi su nakon drugog svjetskog rata počeli da koriste fotoelektrične prijemnike zračenja. Kod njih je primijenjen iz fizike poznati fotoelektrični efekat. Naime, u metalima i poluprovodnicima, pored elektrona koji su u sastavu pojedinih atoma postoje i tzv. slobodni elektroni. Elektron može da napusti tijelo ukoliko primi neku vanjsku energiju. Minimalna energija koja je potrebna da bi elektron napustio materijal u kome se nalazi naziva se izlazni rad. Tu energiju možemo označiti sa W_0 . Elektron može, npr. da upije upadni kvant svjetlosti i pređe u stanje više energije od W_0 i time bude "izbijen" iz površine materijala na koji je taj kvant svjetlosti pao. Ova pojava poznata je kao vanjski fotoelektrični efekat ili fotoelektronska emisija. Pri tome treba imati na umu da neće svaki upadni kvant izbiti elektron. Obično se taj procenat izbijenih elektrona naziva kvantni izlaz. U praksi se ne postiže kvantni izlaz veći od 50%. U najjednostavnijem slučaju možemo govoriti o fotoelementu. To je vakuumska cijev kod koje je katoda (negativno naelektrisana elektroda) presvučena fotoosjetljivim slojem pa se naziva fotokatoda. Osvjetljavanjem fotokate izbijaju se elektroni koji, privučeni anodom, tvore strujni tok. Pri tome je ova fotostruja direktno proporcionalna intenzitetu upadnog svjetlosnog snopa. Objašnjenje fotoelektričnog efekta dao je Einstein. Energija kvanta svjetlosti se definiše kao:

$$\mathcal{E} = h \cdot \nu$$

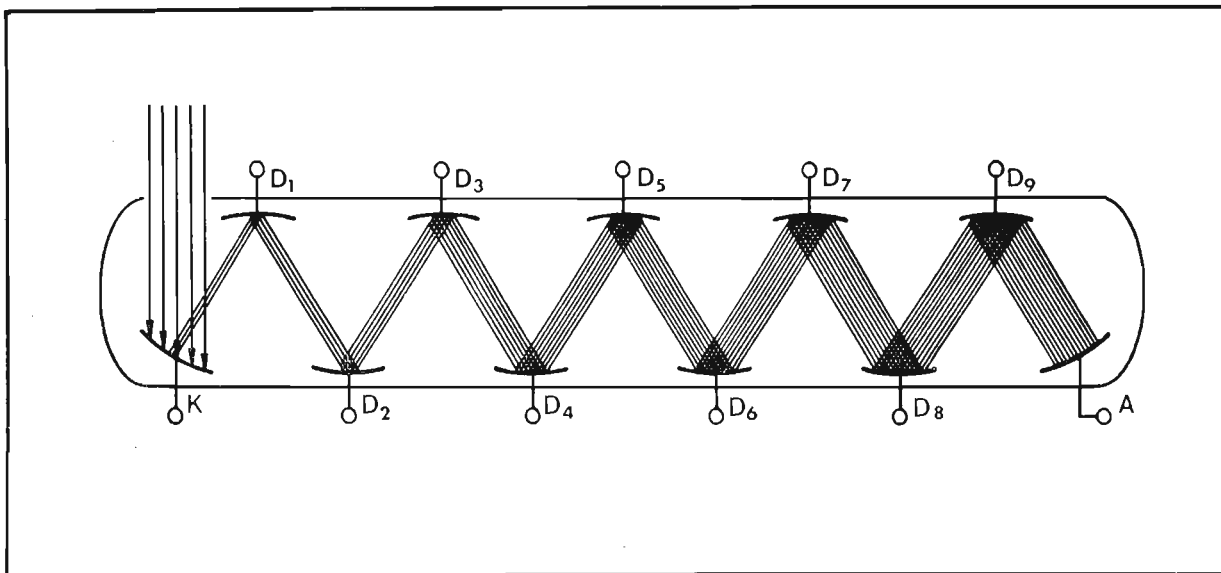
Gdje je h Planck-ova konstanta, a ν frekvencija.

Kao što smo već rekli, fotoelektrični efekat može da nastupi kada upadno zračenje ima frekvenciju veću od:

$$\nu_0 = \frac{W_0}{h}$$

Granična frekvencija ν_0 naziva se crvena granica fotoefekta. Ona zavisi od materijala koji gradi fotokatu. Metali u čistom stanju imaju veliki izlazni rad i za talasne dužine veće od 300nm nisu pogodni. Zbog toga je došlo do razvoja fotokate sa složenim fizičkim i hemijskim sastavom koje obezbjeđuju mali izlazni rad. Tako se najčešće koriste fotokate od cesium antimonida.

Jednostavni fotoelektrični elementi se danas u astronomiji ne primjenjuju. Raširena je primjena fotomultiplikatorskih cijevi. Kod njih se koristi pojava "sekundarne elektronske emisije". Upadni kvant izbija np. jedan elektron koji pada na prvu od niza pomoćnih elektroda (dinoda). On tu izbija nekoliko elektrona a taj mali snop izbija još veći broj elektrona na slijedećoj dinodi i tako sve do posljednje. Kao rezultat dolazi do prave lavine elektrona koji se od nekoliko početnih pretvaraju u snop od 10^8 - 10^9 elektrona na anodi. To je već struja koju nije teško mjeriti nekim podesnim uređajem. Pri svemu ovome, svaka slijedeća dinoda je na višem potencijalu



Sl. 114. Shema fotomultiplikatora K - fotokatoda, A - anoda, D₁ - D₉ - dinode.

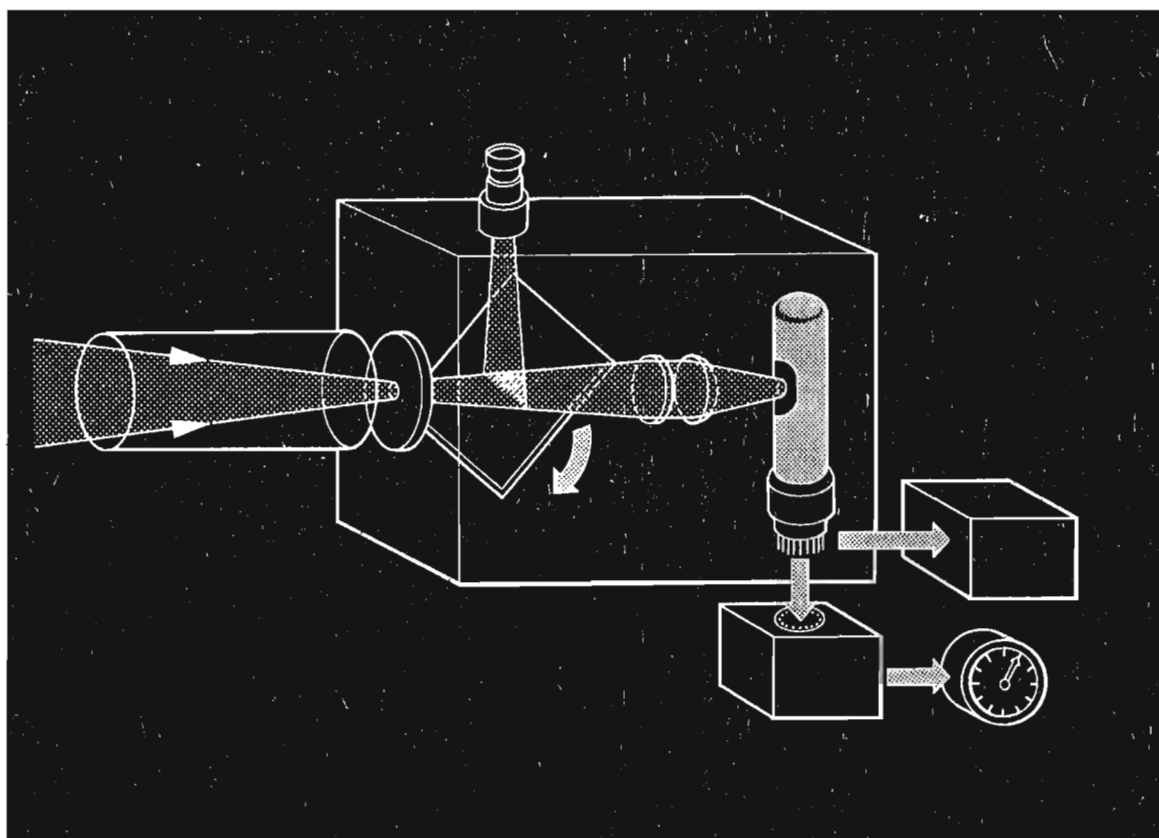
od prethodne, pa se elektroni time ubrzavaju. Na slici 114 data je shema jedne fotomultiplikatorske cijevi sa devet dinoda.

Jedna od najpoznatijih ovakvih cijevi nosi oznaku RCA 1P21. To je prva koja je korištena u astronomiji i na osnovu nje je izveden jedan od široko primjenjivanih fotometrijskih sistema (Johnson - UBV sistem). Obzirom na cijenu, za amatersku upotrebu je veoma pogodna. Danas postoji čitav niz veoma kvalitetnih fotomultiplikatora koji imaju razne karakteristike ovisno o

namjeni. Loša osobina ovih ranih fotomultiplikatora je veliki tamni tok (šum). Naime, kada je cijev u potpunom mraku, a visoki napon nije ni priključen, postoji izvjesna "tamna" struja koja je termalne prirode. Sa smanjenjem ambijentalne temperature ovaj tamni tok se smanjuje ili gotovo potpuno iščezava. Cijevi se mogu hladiti termoelektričnim putem u posebnim komorama ili, što je u skromnijim uslovima jednostavnije, smrznutim ugljendioksidom (suhi led). On je u stanju da cijev ohladi do -79°C . Na opservatoriji u Sarajevu koristi se jedna takva komora u koju se prije posmatranja stavlja suhi led. Njega je jednostavno napraviti koristeći boce kakve služe za gašenje požara (one napunjene ugljendioksidom). U platnenu vrećicu se ispušta gas i u nagloj ekspanziji, on se hladi i pretvara u grudvice suhog leda. Pri tome treba raditi u zaštitnim rukavicama i biti pažljiv jer tako niske temperature mogu da izazovu opekotine. Kada raspolažemo sa fotoelektričnim multiplikatorom, možemo pristupiti izradi jednog fotoelektričnog fotometra. To je pomoćni uređaj koji služi za mjerenje sjaja zvijezda (i drugih slabih nebeskih objekata). Ovakvi uređaji se rijetko izrađuju komercijalno, a i tada u malim serijama. Češće su to konstrukcije po narudžbi ili vlastita izrada. Na slici 116. je data uprošćena shema jednog fotoelektričnog fotometra. To je u suštini jedan opto - mehanički i elektronski uređaj. Snop svjetlosti koji dolazi od objektiva teleskopa pada na točak sa diafragmama. To je niz malih



Sl. 115. Izgled cijevi 1P21



Sl. 116. Shema fotoelektričnog fotometra

okruglih otvora (obično manjih od 1mm). Jedan od njih je malo veći od širine snopa tako da možemo identifikovati našu zvijezdu u vidnom polju. Inače, uloga ovih diafragma je da nam izoluju posmatranu zvijezdu tako da oko nje ima samo mala površina neba. Unutar kućišta fotometra smješteno je pokretno ogledalo koje je postavljeno pod uglom od 45° . Po potrebi, u jednom položaju ono skreće snop ka kontrolnom okularu koji je izoštrjen na fokusnu ravan odnosno diafragmu. U praksi se pored ovog okulara koristi i jedan ispred točka sa diafragma (takođe sa nekim ogledalom) tako da prije nego počnemo mjeriti sjaj posmatramo teleskopom na normalan način dok tražimo izabrani objekat. Kada uočimo zvijezdu koju mjerimo, spuštamo ogledalo tako da snop svjetlosti nastavlja svoj put. On nailazi na točak sa filterima. U slučaju klasične UVB fotometrije (Johnson-ov UVB sistem) koriste se tri filtera. To su filter za ultraljubičasto područje (U), za plavo (B) i za vizuelno područje spektra (V). U standardnom slučaju kada imamo fotomultiplikatorsku cijev 1P21, tada se ovi filteri koriste u sljedećim kombinacijama:

U filter - Schott UG-5 debljine 2mm

B filter - Schott GG-385 (2mm) + BG-12 (1mm)

V filter - Schott GG-495 (2mm)

Nakon točka sa filterima dolazi tzv. Fabri leća. To je jedno sabirno (obično plankoveksno) sočivo izrađeno od kvarca. Kvarc ne upija ultraljubičasto zračenje za razliku od običnog stakla. Uloga Fabri leće je da na fotokatodi umjesto tačkastog lika zvijezde projektuje mrlju svjetlosti određenog prečnika. Fotokatoda, strogo govoreći, nema homogenu površinu, pa kada bi tačkasti lik svaki put padao na drugi njen dio, dolazilo bi do netačnosti u mjerenjima. Ovako, mrlja raspoređuje upadnu svjetlost na veću površinu i time obezbjeđuje konstantno usrednjenje. U slučaju cijevi 1P21 fotokatoda ima dimenzije 7X23mm pa mrlja koju formira na njoj Fabri

leća, ne smije da prelazi 5mm. U skladu sa ovim zahtjevom, bira se i fokus leće.

Fotomultiplikatorske cijevi rade na visokim naponima (neke i do 3000 V). Zbog toga se moraju obezbjediti stabilni izvori takvih napona i to takvi da se mogu po želji mijenjati. Kod ma koje cijevi, njena osjetljivost raste sa naponom, i kada se posmatraju sjajne zvijezde ponekad je potrebno smanjivati taj napon kako se cijev ne bi "zasitila" strujom elektrona. Signal koji se dobije na cijevi pretvorbom svjetlosti u strujni tok mora se pojačati. Za tu svrhu služi DC pojačalo (amplifikator). Dobiveni i pojačani signal se zatim mjeri nekim uređajem. U najprimitivnijoj varijanti, to se vrši nekim ampermetrom sa podesnom skalom. Ako je očitavanje digitalno, tada je posao nešto lakši. Mnogo je praktičnija upotreba pisača sa pokretnom papirnom trakom na kojoj pisaljka ispisuje mjereni signal. Na traci se mogu upisati svi potrebni podaci pa je tako obrada kasnije olakšana. Još je najjednostavnije ako se u sistem uključi neki od personalnih računara.

Problematika izrade optičkih, mehaničkih i elektronskih komponenti fotoelektričnog fotometra detaljno je opisana u stručnoj literaturi (uglavnom američkoj) i ovdje nećemo ulaziti u to. U Jugoslaviji naime još uvijek nema uslova za šire bavljenje ovim područjem. Koliko je autoru poznato, postoje svega četiri kvalitetna fotometra (Beograd, Hvar, Ljubljana i Sarajevo), a ima planova za njihovu nabavku ili konstrukciju na nekoliko amaterskih opservatorija. Sam fotometar i ako uspijemo da dođemo do vrlo kvalitetnog, nije dovoljan. Važan je kvalitet teleskopa. Prečnik nije presudan jer već sa 15 cm-skim možemo sasvim dobro raditi. Bitan je kvalitet montaže. Obzirom da zvijezdu mjerimo u svakom filteru po deset ili više sekundi, to je neophodno da mehanizam "prati" zvijezdu bez pomjeranja iz centra barem jednu minutu.

Prilikom rada svaki put se mjeri i sjaj neba u okolini zvijezde i to kroz svaki filter. Kod obrade podataka neophodno je mjeriti ekstinkciju tj. upijanje svjetlosti u atmosferi. Time se podaci koje dobijemo mogu svesti na međunarodni sistem jer ono što dobijemo je tzv. instrumentalni sistem. Izbor zvijezde koju ćemo posmatrati zavisi od tačnosti koju možemo postići i magnitude koju možemo dostići. Pod normalnim okolnostima (kada je noć kvalitetna -tzv. fotometrijska noć) moguće je postići tačnost ispod 1/100 dijela magnitude. Kod nekih mjerenja, ako se radi o većim promjenama sjaja, može da zadovolji i tačnost od 2/100 dijela magnitude.

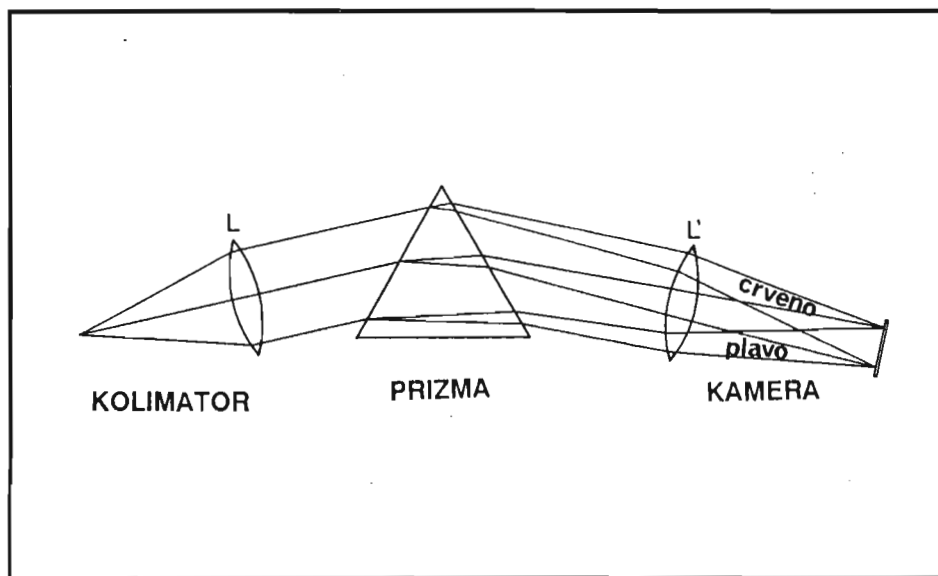
5. SPEKTRALNA ANALIZA U ASTRONOMIJI

Znamo da se vidljiva svjetlost sastoji od niza boja. Razdvajanje svjetlosti na njene monohromatske komponente se ostvaruje na dva načina. Disperzija se može obavljati pomoću prizme ili sa difrakcionim rešetkama. Uređaji pomoću kojih se mogu posmatrati ili snimati spektri zovu se spektralni aparati.

Osnovni dio svakog spektralnog aparata je kolimator. To je sistem sočiva (ili ogledala) koja ulazni, divergentni snop svjetlosti, prevode u paralelni. Ovim se otklanjaju astigmatizam, koma i aberacije koji bi se inače pojavili kada bi svjetlost direktno padala na prizmu ili rešetku. Za snimanje spektara, što je u astronomiji osnovni način njihovog ispitivanja, služe spektrografi. Oni se sastoje od kolimatora, prizme (rešetke), objektiva kamere i kasete. Upadni svjetlosni snop najprije pada na pukotinu. Poslije toga on prolazi kroz sočivo L čiji fokus se nalazi na pukotini. Time snop postaje paralelan i pada na prizmu. Prizma razlaže svjetlo na spektar koji se preko sočiva L' može snimiti na foto - ploču. Dobijeni spektar pretstavlja u stvari sveukupnost monohromatskih likova izvora svjetla. Kod vizuelnih posmatranja, umjesto kamere, stoji durbin kojim se vrše posmatranja.

Analiza spektara zvijezda je veoma važan aspekt njihovog izučavanja. Mnoga zagrijana tijela odaju neprekidni ili ravni (kontinuirani) spektar. U njemu su, u podjednakoj mjeri, prisutna zračenja svih dijelova spektra. Ne postoje oštra slabljenja ili pojačavanja nekih dijelova. Talasne dužine zračenja koje nam stižu od nekog tijela su kraće što je njegova temperatura viša. Tako tijelo zagrijano do 500°C oko može registrovati kao svjetleći objekat. Na toj temperaturi ono zrači najvećim dijelom u crvenom dijelu vidljivog spektra. Sa rastom temperature pojavljuju se i zračenja narandžastog, žutog i plavog dijela spektra. Pošto u svemiru srećemo zvijezde raznih temperatura, to su i njihovi spektri različiti. Zvezdani spektri nisu kontinuirani već su linijski. Na pozadini neprekidnog spektra opažaju se grupe tamnih linija ili traka koje se nazivaju Fraunhoferove linije. Ove apsorpcione linije su bile već davno otkrivene u spektru Sunca.

Poznato je da vrući razrijeđeni gasovi imaju spektre sa svijetlim linijama ili trakama na tamnijoj pozadini. Ovo su linijski spektri. Ako se iza (takvog) razrijeđenog gasa postavi neki izvor koji zrači neprekidan spektar, tada će kao rezultat da se pojavi kontinuirani spektar ispresijecan tamnim linijama. Te linije će se nalaziti na istim mjestima na kojima bi se nalazile svijetle. U ovom slučaju gas je upio zračenja koje je isijavalo tijelo iza njega. Pri tome je upijen onaj dio zračenja kakvo bi i sam gas emitovao da je zagrijan, a ostali dio je propušten. Osnov spektralne analize se sastoji u tome da talasne dužine kojima odgovaraju svijetle (emisione) ili tamne (apsorpcione) linije karakterišu atome određenog elementa. Svaki elemenat ima neke svoje karakteristične linije. Fraunhoferove linije u zvezdanim spektrima ukazuju na činjenicu da je središnji, znatno gušći sloj materije zvijezde, okružen razrijeđenom atmosferom u kojoj se apsorbuju pojedine talasne dužine. Moguće je posmatrati linije i onih elemenata koji se nalaze u jonizovanom stanju. Njihovi atomi su tada lišeni jednog ili više vanjskih elektrona. Normalni



Sl. 117. Shema spektrografa

atom se naziva neutralnim i spektralne linije elemenata, čiji su atomi u neutralnom stanju, označavaju se simbolom elementa i rimskim brojem I. Tako imamo H I, He I, Fe I itd. Linije koje pripadaju jonizovanim atomima se isto označavaju, s tim što u zavisnosti od veličine jonizacije dolazi drugi broj. Tako, na primjer: Na II označava dvostruko jonizovani atom natrijuma, a Fe IV četverostruko jonizovani atom željeza. Neke linije u spektrima zvijezda se specijalno ističu po svom sjaju i rasporedu. Tako su poznate linije H i K koje pripadaju jonizovanom kalcijumu Ca II. Takođe se često sreću natrijumove linije D1 i D2 koje obrazuju poznati natrijumov dublet. Od vodonikovih linija karakteristična je $H\alpha$ čija talasna dužina iznosi $\lambda = 656,3 \text{ nm}$.

SPEKTRALNA KLASIFIKACIJA ZVIJEZDA

Ispitivanja zvjezdanih spektara su pokazala da su oni međusobno veoma različiti. I pored toga, moguće je sprovesti neku klasifikaciju. U opštoj upotrebi je danas Harvardska klasifikacija koju je razradila Elizabeth Kannon poslije sistematskog ispitivanja spektara više od 225.000 zvijezda. Ovaj rad je izdat u poznatom "Henry Draper Catalogue, Annals of the Harvard College Observatory, Vol 99 - 100; 1918 - 1924". Zvijezde iz ovog kataloga nose oznaku HD. Osnovni kriterij koji je korišten pri pravljenju Harvard klasifikacije bio je intenzitet linija (koje odaju atomi) ili traka (koje odaju molekuli). Raznolikost zvjezdanih spektara je uslovljena razlikama u površinskim temperaturama zvijezda. Gruba Harvardska podjela se može napisati u obliku:

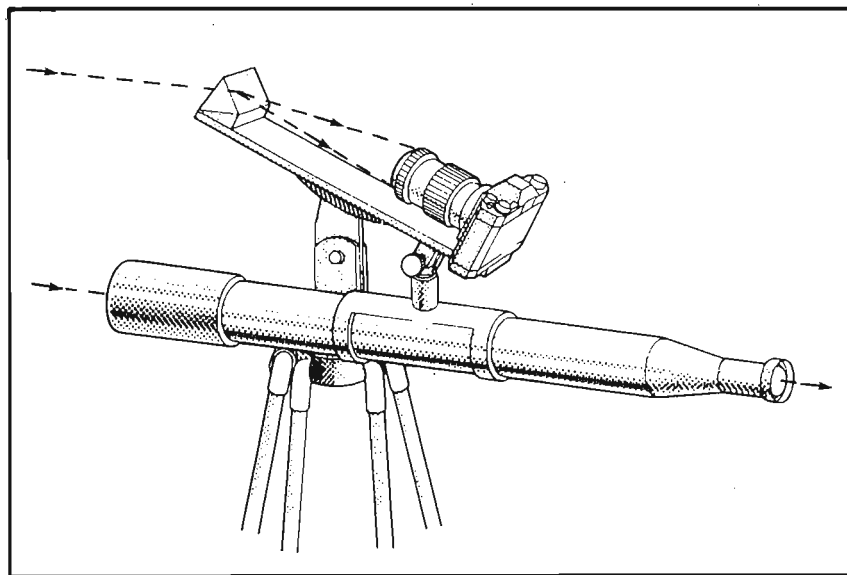


U gornjem nizu, temperatura postepeno opada s lijeva u desno. Prelazni tipovi spektralnog niza se označavaju brojevima od 1 - 9. Tako imamo spektre A0, A1, ..., A9, ..., F0, F1, F2, ... Svaka sljedeća spektralna klasa se naziva kasnijom u odnosu na predhodnu koju zovemo ranijom. Tako su zvijezde, recimo klasa G, K, M, kasnijeg spektralnog tipa od zvijezda A ili B. U klasu O ulaze zvijezde koje su u svemiru rijetke. To su vruća sunca sa jako izraženim ultraljubičastim dijelom spektra. Karakterišu ih linije jonizovanog helijuma (He II). Važna podgrupa ovakvih zvijezda su Wolf - Rayett-ove zvijezde. One su poznate po širokim emisionim linijama atoma He I, He II, N IV, C IV itd. Označavaju se slovom W. Sreću se vrste Wc (izražene ugljikove linije)

i Wn (izražene linije azota). Vruće plavo - bijele zvijezde u svojim spektrima sadrže neutralni helijum, zatim azot, silicijum, kiseonik itd. Pojavljuje se i jonizovani kalcijum. Zvijezde tipa A zovemo bijelim zvijezdama. Kod njih dominiraju vodikove linije iz Balmerove serije. Intenzitet kalcijevih i magnezijevih linija raste, a pojavljuje se i neutralno željezo. Titan, jonizovani i neutralni metali, karakteristični su za bijelo - žute zvijezde tipa F. U žute zvijezde klase G ulazi i naše Sunce koje nosi oznaku G2. Kod ovih se ističu metalne linije, a naročito je izrazit kalcijum. K klasu sačinjavaju narandžaste zvijezde i imaju izrazite linije Call. Kod njih dolazi do pojave molekularnih traka titanovog oksida (TiO). Spektri crvenih zvijezda tipa K su ispresijecani mnogobrojnim trakama. Naročito je prisutan TiO . Kod nekih zvijezda ovog tipa pojavljuju se i svijetle linije. To se označava slovom "e". Tako u klasu M6e spada dugoperiodična promjenljiva Mira Ceti. Klasu R karakterišu apsorpcione linije molekularnog ugljika i cijana. Iste linije su istaknute u spektrima zvijezda klase N koje su crvene boje. Zvijezde tipova R i N često se nazivaju ugljikove zvijezde. Cirkonijev oksid i linije elemenata iz grupe "rijetke zemlje" kao što su itrijum i lantan, karakteristični su za zvijezde tipa S. Izvjestan broj zvijezda ima neke specifičnosti u spektrima koje zahtijevaju razne dodatne oznake. Tako razmrljane linije u spektrima nekih zvijezda dobijaju oznaku "n" (AOn). Oštre linije dovode do toga da se takvim spektrima pripiše oznaka "s" a izrazito tanke i tamne linije dobijaju oznaku "c" (cA2). Kod zvijezda sa istaknutim linijama međuzvjezdanog kalcijuma dodaje se oznaka "k" (BOK). Uz spektre planetarnih maglina stoji slovo P. Često srećemo spektre koji u sebi sadrže karakteristike dvije, a često i tri spektralne klase. Tako postoje zvijezde sa spektrima GOA2 ili GO + A2. Obično se radi o slaganju spektara veoma bliskih dvojnih zvijezda, ali to nije uvijek slučaj. U spektralnoj klasifikaciji se još koriste oznake: "g" za zvijezde gigante i "d" za patuljke.

AMATERSKO SNIMANJE ZVJEZDANIH SPEKTARA POMOĆU OBJEKTIVSKE PRIZME

Svaki astrograf može da posluži za snimanje ogromnog broja spektara zvijezda iz neke oblasti neba na jednoj jedinoj fotografskoj ploči. Ovo se postiže postavljanjem prizme sa malim prelomnim uglom ispred objektiva. Još bolje može da posluži difrakciona rešetka i to ona koja propušta svjetlost. Postoje rešetke koje svjetlost odbijaju i takve se više koriste u spektrografima za velike teleskope. Ukoliko nemate veliki teleskop i dobar spektrograf to još uvijek ne znači da se ne možete baviti zvjezdanom spektrografijom. Sistem objektivskih prizmi ili rešetki nam upravo to omogućava. Poznato je da se tzv. transparentne (propusne) rešetke prave tako što se na ploči od kvalitetnog optičkog stakla ureže dijamantom ogroman broj paralelnih zareza. Njihov broj dostiže u nekim slučajevima i više hiljada po jednom milimetru. Broj linija po milimetru je direktno proporcionalan disperziji jedne rešetke. Tako ćemo za dati teleskop sa rešetkom koja ima veći broj zareza imati i duži spektar. Prizme imaju na žalost veoma malu disperziju. To u praksi znači da uprkos i vrlo dugim fokusnim rastojanjima teleskopa naš će spektar u fokusnoj ravni biti kratak. Samim tim broj linija koje u njemu možemo opaziti biće mali, a i preciznost sa kojom možemo mjeriti talasne dužine tih linija neće biti visoka. Kada se za snimanje spektra koristi objektivska prizma tada ona obično ima manji prelomni ugao i to sve manji što je fokusno rastojanje kamere veće. Time dobijamo "čistije" spektre. Za kamere sa f brojem od f/3 do f/5 najčešće se upotrebljavaju prizme sa prelomnim uglom od 4° - 6° . Takve prizme se ne mogu lako pronaći i uglavnom se izrađuju prema narudžbi. U radu sa manjim instrumentima i čak običnim fotografskim aparatima, sasvim je zadovoljavajuće ako koristimo klasične trostrane prizme sa uglovima od po 60° . Vrlo jednostavan ali efikasan spektrograf možemo načiniti od jednog fotografskog aparata (poželjno je da posjeduje teleobjektiv od recimo 135 mm) i prizme sa prelomnim uglom od 60° . Prizma od flint stakla je najbolja. Slika (118) nam daje shematski prikaz jednostavne konstrukcije spektrografa sa objektivskom



Sl. 118. Spektograf sa objektivskom prizmom

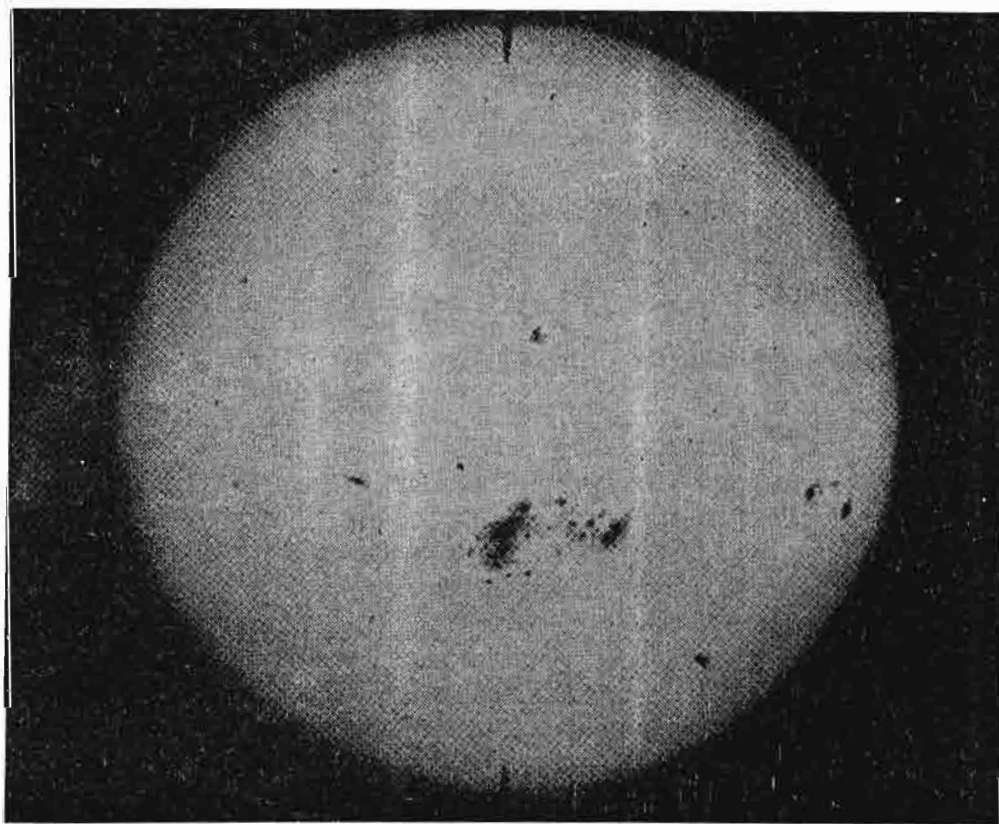
prizmom. Upotrebljen je obični fotografski aparat sa teleobjektivom 135 mm i prizma učvršćena ispred objektiva. Da bi nam spektar padao na film to se prizma mora nagnuti pod tačno određenim uglom. Taj ugao možemo odrediti ukoliko izračunamo ugao najmanjeg odklona (minimum devijacije). Pokazuje se da je za flint prizmu čiji je ugao 60° i indeks prelamanja 1,66 taj ugao najmanjeg odklona 52° . Naša prizma onda mora biti postavljena pod uglom od 26° u odnosu na ravan nosača kamere. Time će dobijeni spektri biti jasni i bez krivljenja ili drugih defekata. Sa slike je vidljivo da je fotografski aparat usmjeren u jednu tačku neba, a da na snimku dobijemo spektar od neke druge zvijezde. Da bi smo mogli pravilno usmjeriti naš spektrograf dobro ga je snabdjeti sa nekim malim tražiocem. Najbolje je centriranje cijelog sistema izvršiti na nekoj sjajnoj udaljenoj uličnoj svjetiljci. Kada u viziru fotografskog aparata dobijemo jasan spektar tada tražilac usmjerimo ka toj svjetlosti. Prilikom snimanja najbolje je da nam prelomna strana prizme bude paralelna sa prividnim dnevnim kretanjem nebeske sfere. Zvijezda koju snimamo (ili više njih) poželjno je da bude blizu nebeskog meridijana. Snimanje se obavlja tako što se izvrši okidanje i pusti da zvijezde za 5 minuta opišu mali trag. Naš spektar će u ovom slučaju biti postavljen vertikalno u viziru fotografskog aparata. Obzirom da bi on bio veoma uska traka svjetlosti, to puštanjem da zvijezde prave male tragove, mi u stvari širimo spektre na razumnu širinu. Ovim ćemo metodom uspjeti dobiti samo spektre sjajnih zvijezda prve i druge veličine. Možemo snimati crno bijelim filmovima koji omogućavaju lakšu detekciju spektralnih linija. Snimanje na kolor filmove nam pak omogućava da jasno razlikujemo crvene zvijezde (čiji će crveni dio spektra biti intenzivniji od plavog) od plavih (kod kojih je situacija obratna). Ukoliko smo u mogućnosti da nabavimo transparentnu optičku rešetku (ili mrežicu kako se još kaže), tada rezultati koje dobijemo mogu da budu još bolji. Pri tome se umjesto prizme ispred objektiva postavlja rešetka i to tako da su zarezi paralelni sa dnevnim vrtnjom neba. Snimanje se vrši na isti način kao u primjeru prethodno opisanog spektrografa sa objektivskom prizmom. Ukoliko se žele dobiti spektri slabijih objekata, onda se mora raspola-gati sa teleskopom koji posjeduje ekvatorsku montažu. U tom slučaju se lik zvijezde polako pomiče po koncu nitnog krsta i ekspozicije mogu da traju i nekoliko časova jer se radi o veoma slabim izvorima svjetlosti.

6. POSMATRANJE TIJELA I POJAVA U SUNČEVOM SISTEMU

Posmatranja Sunca

Sunce, nama najbliža zvijezda, je intezivan izvor svjetlosti i toplote. Zbog toga njegova posmatranja imaju neke specifičnosti i moraju se pažljivo obavljati.

Sunce se može vizuelno posmatrati na više načina. No, prije nego što Vam uopšte padne na pamet da ga gledate, pročitajte važno upozorenje. **Nikad ne smijete gledati direktno u Sunce, ma kako mali teleskop bio. Toplota koja se stvara u fokusu može trajno oštetiti vid i čak izazvati sljepilo.** Neki manji komercijalni refraktori sadrže u svom priboru male filtere

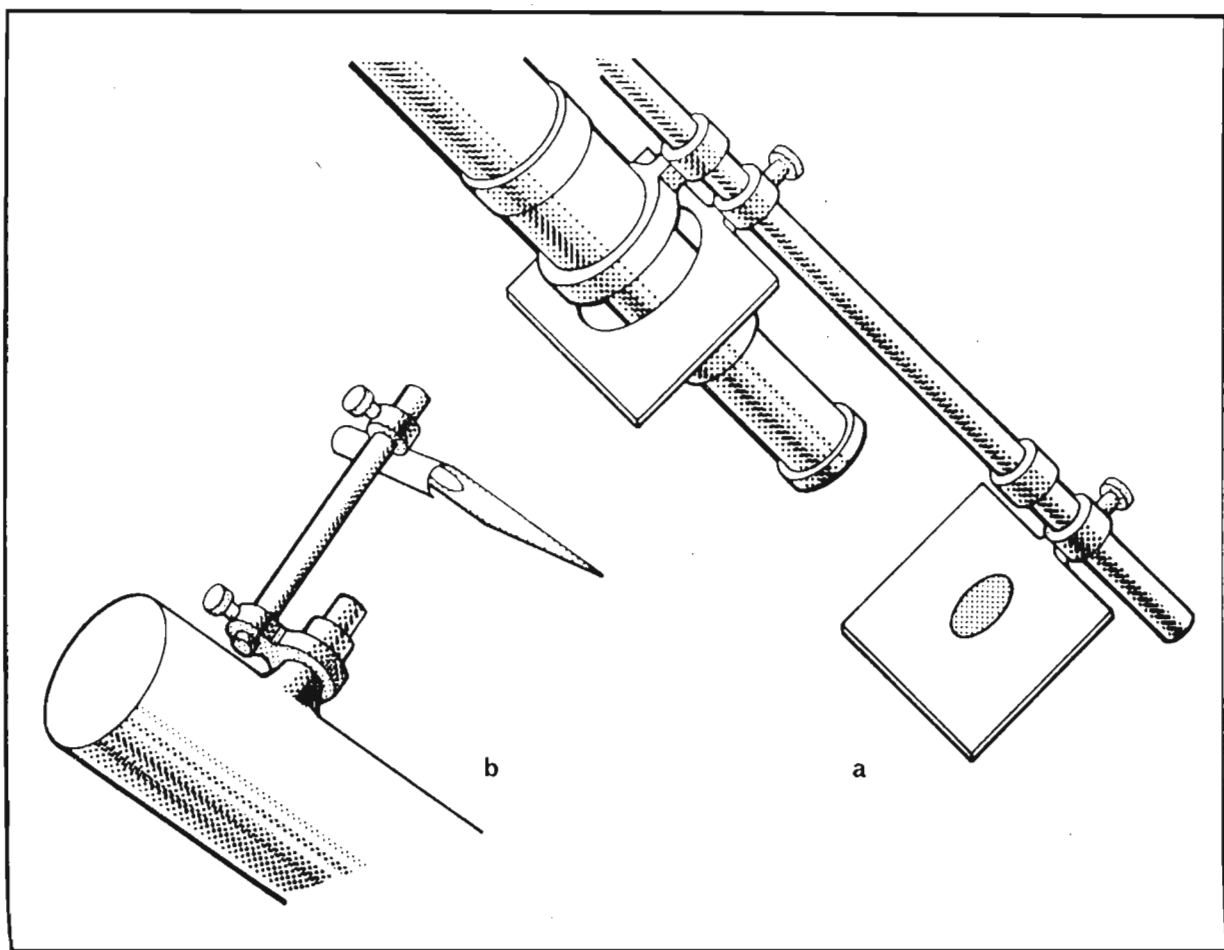


Sl. 119. Velika grupa pjega na Suncu snimljena 7. aprila 1947. god. sa opservatorije Mount Wilson (USA)

koji se postavljaju ispred ili iza okulara. Autor knjige, iz vlastitog iskustva, (a to misli i većina drugih koji se bave posmatranjima) **NE PREPORUČUJE OVAKVE FILTERE**. Jer, ma kako taman bio ovaj filter, ne možemo biti sigurni da li on recimo propušta infracrvene zrake koje su razorne, a koje ne vidimo. Takođe, usljed toplote u fokusu, može da dođe do pucanja filtera kada je oko u djeliću sekunde izloženo punom bljesku i toploti Sunca. Još je pogubnije pokušati koristiti ovakve filtere na većim teleskopima. Najbolji savjet oko njih je, izbjegavajte ih.

Veoma bezbjedno možemo posmatrati Sunce pomoću specijalne tzv. "sunčeve prizme" ili penta prizme. Zbog unutrašnjih refleksija svjetlosnih zraka, na okularni dio teleskopa dolazi samo veoma mali dio ukupnog zračenja Sunca. Dovoljno je koristiti neki obični filter i posmatranje je u potpunosti bezbjedno.

Posljednje decenije, veoma je raširena upotreba posebnih aluminiziranih folija (mylar folije) koje se postavljaju ispred objektiva odnosno na ulazni dio tubusa teleskopa. Na ovu veoma tanku i čvrstu plastičnu foliju naparavanjem je nanesen tanki sloj alumunijuma (obično sa obje strane). Ovakva folija odbija preko 99% sunčeve svjetlosti tako da je posmatranje potpuno bezbjedno. Kod većih prečnika može se smanjiti otvor teleskopa ili koristiti neki blagi neutralni filter. Mylar folije prodaju mnoge firme u USA.

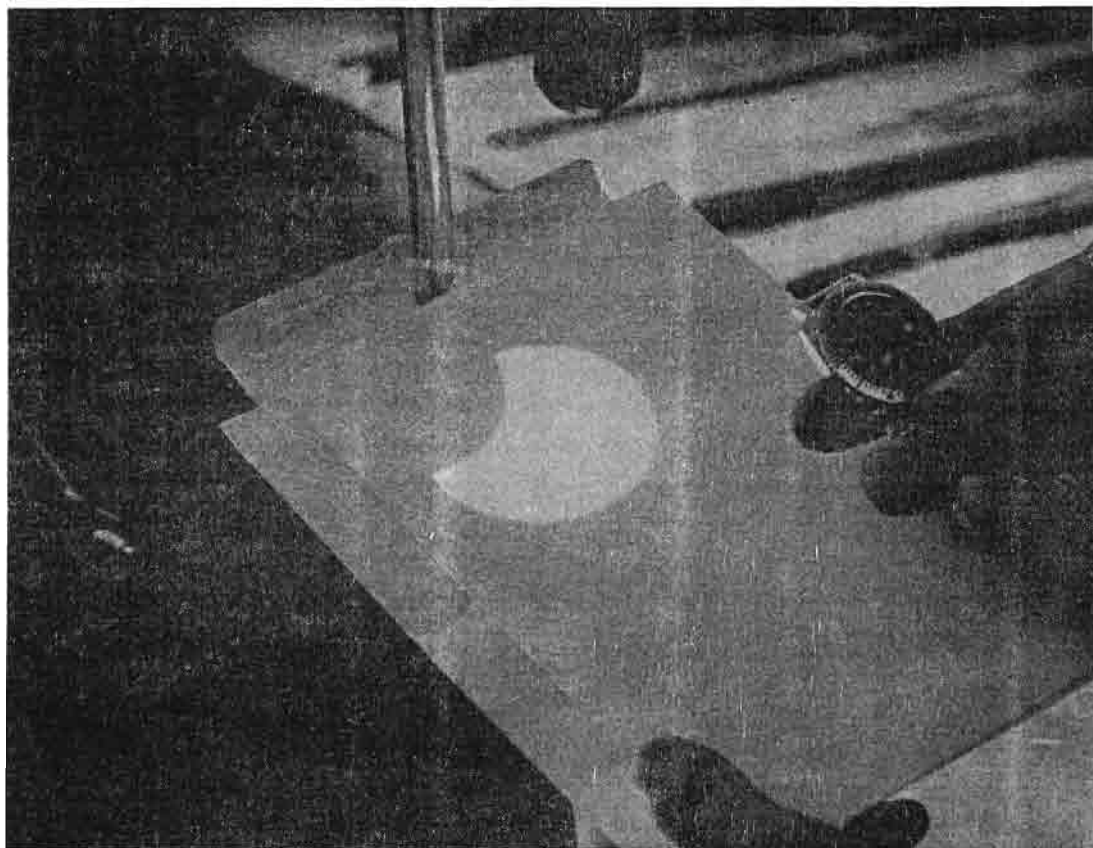


Sl. 120. Ekran za projekciju sunčevog lika na refraktoru (a) i Newton-ovom reflektoru (b).

Za naše amaterske uslove najpogodnija je upotreba ekrana na koje se projektuje sunčev lik. Ovakvi ekrani mogu da se postavljaju i na refraktore i na reflektore. To se postiže posebnim

držačima na kojima ekran može kliziti tako da se dobiju likovi Sunca željenog prečnika. (sl.121.) Poželjno je da ekran bude zaštićen posebnim zaklonima kako bi se spriječila upadna svjetlost Sunca van teleskopa. Ekran je nezaobilazan ukoliko želimo da crtamo položaj pjega. Pri tome je potrebno držati se nekog standarda u prečniku sunčevog lika. Mi ćemo koristiti u ovom razmatranju ekran prečnika 15 cm.

Kada ucrtavamo pjege najpogodniji i najprecizniji način je sljedeći. Na ekran učvrstimo

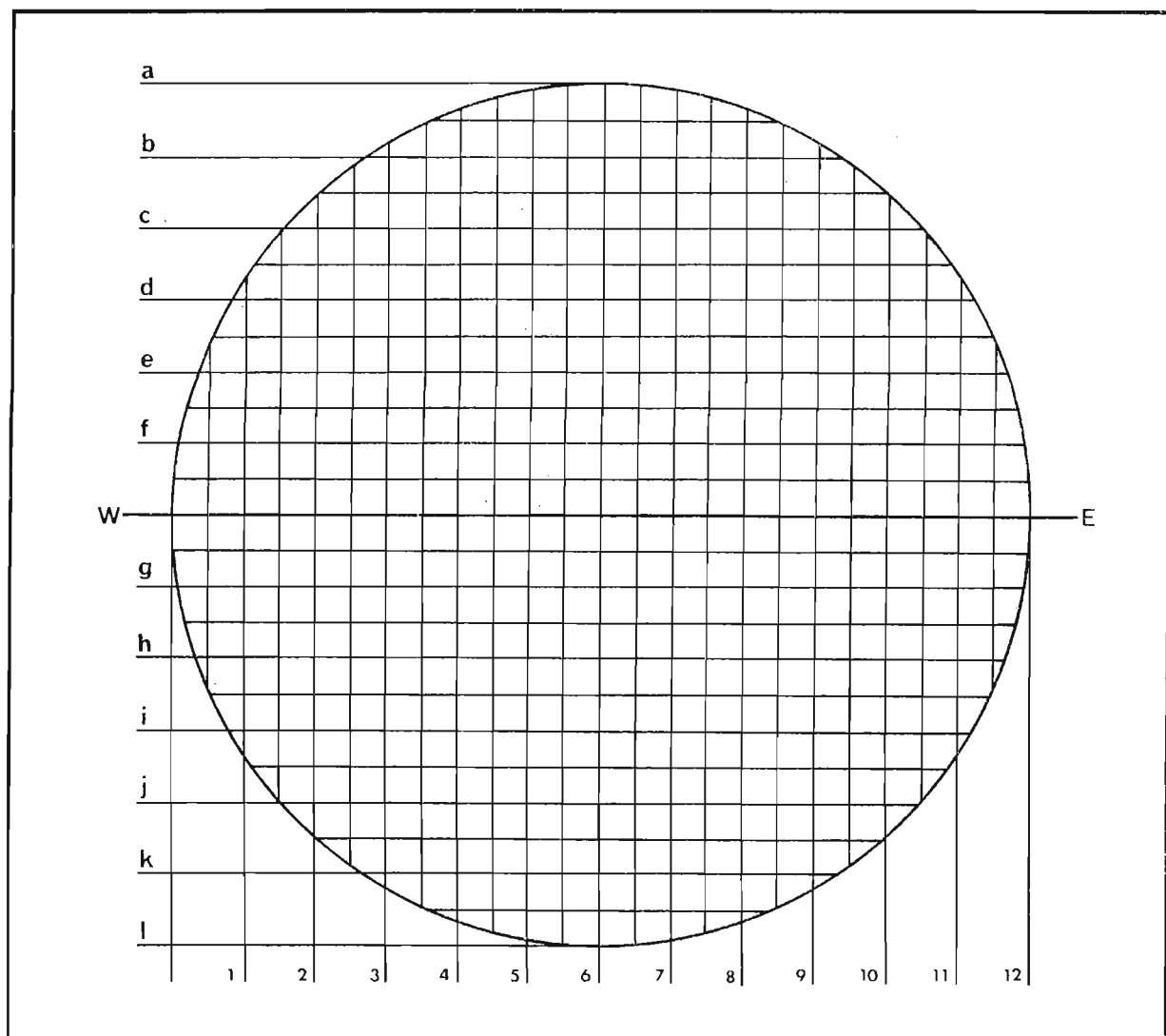


Sl. 121. Projekcija sunčevog lika na ekran malog teleskopa.

(npr. selotejp trakom) krug prečnika 15 cm (sl.122.) koji je izdjeljen na 24 horizontalne i vertikalne linije tako da dobijemo mrežu kvadratića od kojih je svaki dimenzija 6,25 x 6,25 mm. Sa strana ovog kruga ispisane neke uslovno uzete koordinate po x i y osi. Istovremeno, pripremimo još jedan ovakav krug sa mrežom preko koga je paus na kome je izvučen samo krug prečnika 15 cm. Ova dva kruga su na nekoj tvrđoj podlozi (mala daska za crtanje ili nešto slično). Svaku od pjega, fakula ili eventualno pora, ucrtavamo na naš paus. Pri tome gledamo na ekran gdje je projektovan sunčev lik i konstatujemo da je recimo neka pjega određenog oblika smještena u blizini presjeka koordinata 8f ili 5c. Na istom mjestu (na paus koji je preljepljen preko iste mreže koju držimo u ruci) ucrtavamo dotičnu pjegu. Pri tome, da bi lakše vidjeli slabe pjege ili pore možemo povremeno izazivati blagu vibraciju teleskopa (malim udarom). Sve mrlje koje se nalaze na optici ili ekranu ostaće na istom mjestu dok će se pjege i pore "tresti" u skladu sa izazvanom vibracijom.

Crtanje direktno na ekran učvršćen na teleskopu je krajnje nepraktično i ne preporučujemo

ga pogotovu kod malih i nestabilnih teleskopa. Mreža na ekranu se orijentiše (rotacijom oko ose) tako što pustimo lik Sunca da putuje shodno dnevnoj rotaciji nebeske sfere i pri tome težimo da neku pjegu dovedemo da klizi paralelno sa nekom od horizontalnih linija. Naravno, na ekvatorski montiranom teleskopu ova orijentacija mreže na ekranu se može izvesti samo jednom i nemamo potrebe da to ponovo radimo. Na svakom crtežu se upiše vrijeme (UT Universal Time), datum, tačke istoka i zapada, te heliografske koordinate centra sunčevog diska



Sl. 122. Mreža za ucrtavanje položaja sunčevih pjega.

za taj dan (iz efemerida). U Dnevniku posmatranja važno je zabilježiti i opis pjega i to prema sljedećoj tabeli:

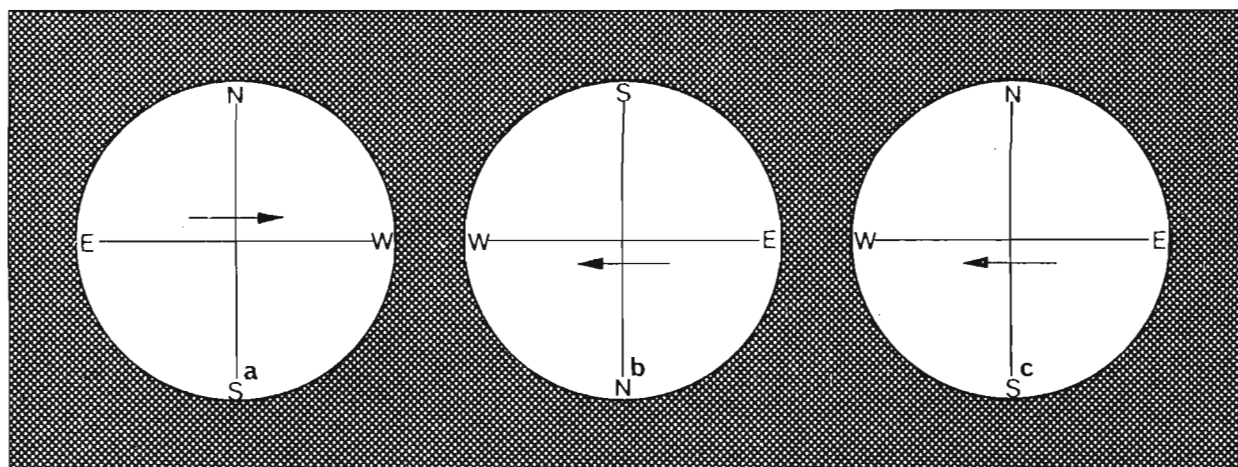
- (1) Jedinična pora (vrlo slaba pjega bez polusjenke)
- (2) Grupa pora
- (3) Usamljena pjega (pjega malo većih razmjera sa primjetnom polusjenkom)
- (4) Usamljena pjega sa porama u svojoj okolini
- (5) Bipolarna grupa sa većom glavnim pjegom (bipolarna grupa se sastoji od dvije pjege suprotnih magnetnih polova)

- (6) Bipolarna grupa kod koje je prednja pjega manja (ta prednja pjega se obično naziva pjega vodilja)
- (7) Bipolarna grupa sa pjegama bliskih dimenzija
- (8) Mnogocentrična grupa pora
- (9) Mnogocentrična grupa pjega (više pjega bez izrazite centralne pjega)
- (10) Specijalni slučajevi

Kod crtanja likova Sunca važno je poznavati njihovu orijentaciju, tj. znati koje tačke na njima odgovaraju sjevernom, južnom, zapadnom ili istočnom rubu Sunca. Kakva će biti orijentacija lika Sunca, zavisice od toga kako se Sunce posmatra.

Što se tiče već pominjane orijentacije likova Sunca u pojedinim situacijama, u nizu slika (123) date su osnovne moguće varijante.

Poznato je, iz opšte astronomije, da kao karakteristika aktivnosti Sunca služi Wolfov relativni broj W . On je proporcionalan deseterostrukom broju grupa pjega "g" plus broj pjega "f".



Sl. 123. Orijentacija likova Sunca. (a) golim okom, (b) teleskopom (c) okularna projekcija.

$$W = k (10 g + f)$$

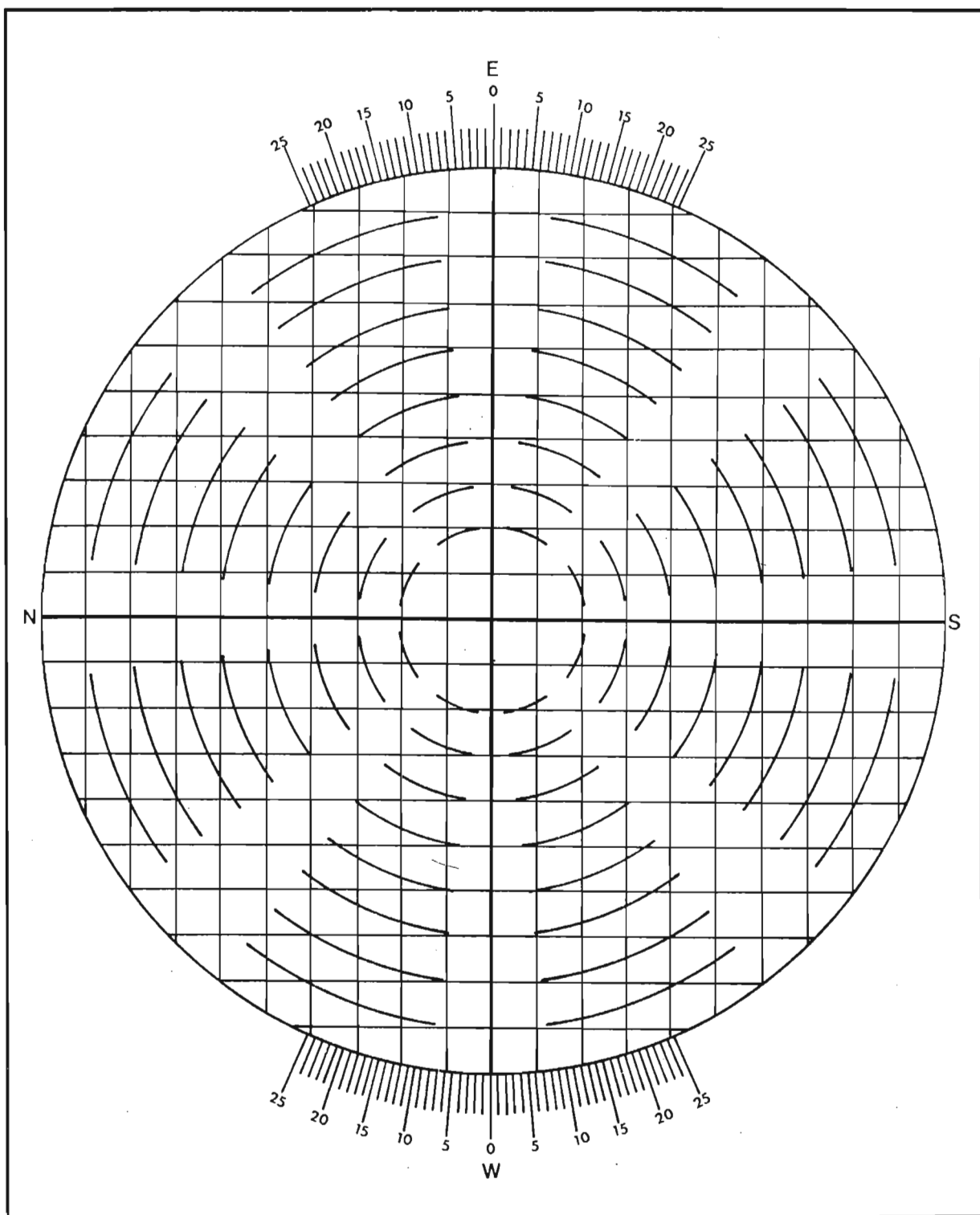
Koeficijent "k" ima različite vrijednosti za razne posmatrače. On zavisi od instrumenta, uslova posmatranja, posmatrača, itd. Pri brojanju pjega na Suncu treba uzeti u obzir da se svako jedro, odvojeno od drugog polusjenkom, računa kao pjega. I pore se takođe broje kao pjege. Kad se vrši brojanje grupa, tada se pojedinačne pjege i pore takođe smatraju grupama.

Wolfovi brojevi, dobijeni od raznih posmatrača, na raznim instrumentima, prevode se na jednake uslove u Centralnom birou "Međunarodne službe Sunca" koja se nalazi u Cirihi (Švajcarska). Ova Služba prima izvještaje i publikuje Wolfov broj svaki mjesec i daje srednji godišnji W .

Za određivanje položaja svih detalja na Sunčevoj površini služe heliografske koordinate. To su heliografska širina i heliografska dužina. Širina se računa od sunčevog ekvatora ka polovima, ka sjeveru je pozitivna. Dužina se mjeri od jednog, uslovno uzetog početnog ili nultog meridijana, koji se naziva Karingtonov meridijan.

Taj meridijan je prošao kroz uzlazni čvor ekvatora Sunca 1.1.1854. godine u 12^h griničkog srednjeg vremena. Tom datumu odgovara julijanska perioda J.D. 2 398 220. Karingtonov

meridijan se kreće ugaonom brzinom od $14^{\circ},1844$ na dan. Sporazumno je uzeto da je prvi obrt Sunca onaj koji je počeo 9.11.1853. u momentu kada su se poklopili Karingtonov i centralni sunčev meridijan. Heliocentrična dužina se računa od Caringtonovog meridijana na zapad. Podaci o Karingtonovim rotacijama Sunca nalaze se u svim astronomskim efemeridama. Za amaterska posmatranja najzgodnije je heliografske koordinate izračunati pomoću specijalnog šablona. Ovdje će biti opisan metod korištenja "Porterovog solarnog diska" u izadnju "British



Sl. 124. Porterov solarni disk.

Iz gornje jednačine dobijamo vrijednost $\sin B$, dok se vrijednost B nalazi pomoću tabele (II) u kojoj se nalaze podaci za ugao, njegov sinus i sekans.

Heliografska dužina centra kruga na crtežu Sunca, u efemeridama je data kao L_0 . Računa se pomoću formule:

$$\sin \Delta L = x \sec B$$

ΔL je razlika između L (heliografska dužina pjege) i L_0 (heliografska dužina centralnog sunčevog meridijana koji je na crtežu predstavljen linijom NS). Vrijednost $\sec B$ se dobija iz tabele (II) na isti način kao i B . Pri ovim proračunima treba stalno voditi računa o predznacima. Iz $\sin \Delta L$ dobijemo vrijednost ΔL a odatle je dužina pjege:

$$L = \Delta L + L_0$$

Vrijednost L_0 nalazimo u efemeridama. U tabeli (II) nalaze se vrijednosti samo do 60° , jer je teško dobiti heliografske dužine pjega koje su na rubovima diska.

TABELA II

ugao	sinus	sekans	ugao	sinus	sekans	ugao	sinus	sekans
0°	0,00	1,00	20°	0,34	1,06	40°	0,64	1,31
1	0,02	1,00	21	0,36	1,07	41	0,66	1,33
2	0,03	1,00	22	0,37	1,08	42	0,67	1,35
3	0,05	1,00	23	0,39	1,09	43	0,68	1,37
4	0,07	1,00	24	0,41	1,09	44	0,69	1,39
5	0,09	1,00	25	0,42	1,10	45	0,71	1,41
6	0,10	1,01	26	0,44	1,11	46	0,72	1,44
7	0,12	1,01	27	0,45	1,12	47	0,73	1,47
8	0,14	1,01	28	0,47	1,13	48	0,74	1,49
9	0,16	1,01	29	0,48	1,14	49	0,75	1,52
10	0,17	1,02	30	0,50	1,15	50	0,77	1,56
11	0,19	1,02	31	0,52	1,17	51	0,78	1,59
12	0,21	1,02	32	0,53	1,18	52	0,79	1,62
13	0,22	1,03	33	0,54	1,19	53	0,80	1,66
14	0,24	1,03	34	0,56	1,21	54	0,81	1,70
15	0,26	1,04	35	0,57	1,22	55	0,82	1,74
16	0,28	1,04	36	0,59	1,24	56	0,83	1,79
17	0,29	1,05	37	0,60	1,25	57	0,84	1,84
18	0,31	1,05	38	0,62	1,27	58	0,85	1,89
19	0,33	1,06	39	0,63	1,29	59	0,86	1,94
20°	0,34	1,06	40°	0,64	1,31	60°	0,87	2,00

Primjer:

Neka smo načinili crtež Sunca na dan 11. januara 1971. godine u $11^h 10^m$ svjetskog vremena (T.U). Za taj datum se u efemeridama nalaze slijedeći podaci koji su nam potrebni za proračun:

$$p = -2^\circ,51 \quad B_0 = -4^\circ,12 \quad L_0 = 357^\circ,93$$

Crtež smjestimo iznad Porterovog diska i zarotiramo ga u smjeru kazaljke na satu za $2^\circ,51$.

Neka je naša pjega smještena u tački sa koordinatama: $x=0,35$ $y = 0,47$ $d = 0,57$.

Korekcija za širinu će, prema tabeli (I), za dato d i B_0 iznositi: $-0,06$. Onda je:

$$\sin B = 0,47 - 0,06 = 0,41$$

Iz tabele (II) nalazimo vrijednost $B = 24^\circ \text{S}$ (24° južno).

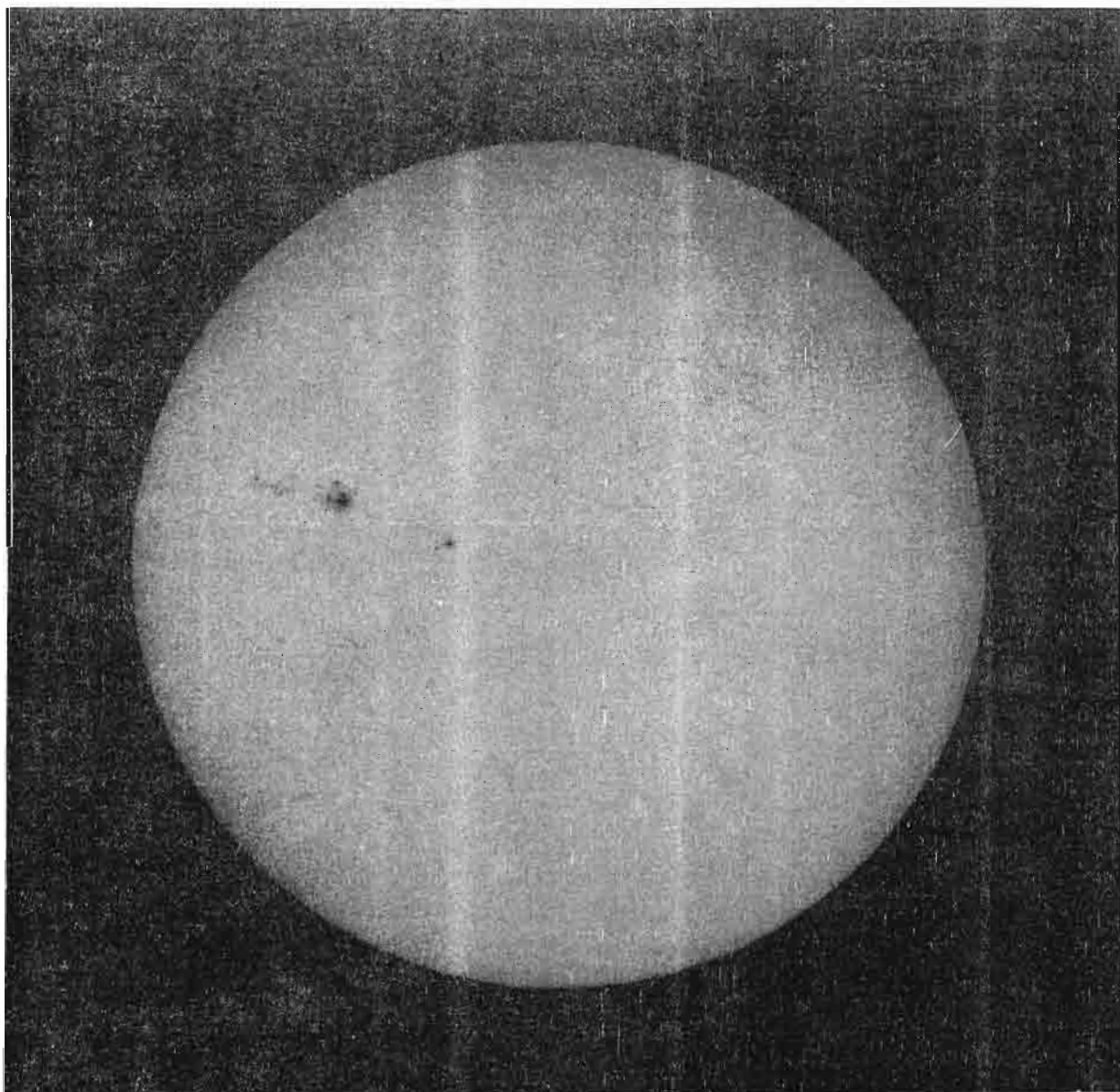
Sada prelazimo na računanje dužine.

$$\sin \Delta L = 0,35 \sec B \quad (\sec B = 1,09)$$

$$\sin \Delta L = 0,35 \cdot 1,09 = 0,38 \quad (\Delta L = 22^\circ,30 \quad L_0 = 357^\circ,93)$$

$$L = L_0 + \Delta L = 357^\circ,93 + 22^\circ,30 = 380^\circ,23$$

Na površini Sunca se pored pjega mogu opaziti i druge pojave. Često se mogu opaziti velike bijele površine. To su fakule. Najlakše se fakule i polja fakula uočavaju na rubu Sunca.



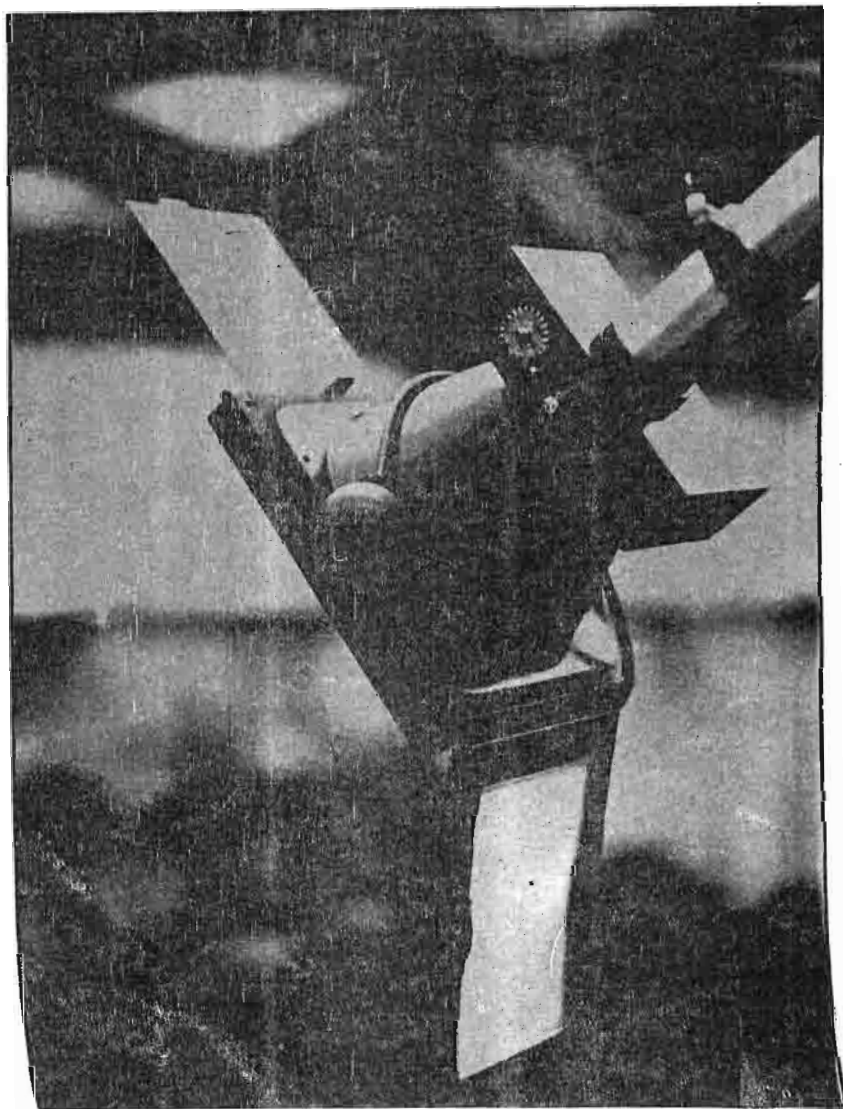
Sl. 125. Amaterski snimak Sunca načinjen refraktorom 80/800 mm okularnom projekcijom.
Ekspozirano 1/30 sekundi 23. oktobra 1969. Snimak Narodne opservatorije "Mejtaš" u Sarajevu.

Ako ih želimo registrovati, potrebno je nacrtati njihov izgled i izvršiti grubo ocjenjivanje njihovih koordinata. Po svom spoljnjem izgledu fakule se mogu podijeliti na dvije grupe:

1. Vlaknaste fakule,
2. Tačkaste fakule ili polja tačkastih fakula.

Pored njih opažaju se i razne fakule bez neke izrazite strukture. Obično su to svijetle mrlje ili grupe mrlja.

U okviru programa praćenja sunčeve aktivnosti, poželjno je vršiti fotografska snimanja. Način snimanja zavisi od instrumenta sa kojim se raspolaže. Snimanje direktno u fokusu teleskopa je pogodno samo ako posjedujemo teleskope sa većim fokusnim rastojanjima. Najbolje je ako su ona 2000 3000 mm. U ovom slučaju neophodno je posjedovati solarnu prizmu ili kvalitetan filter koji se stavlja ispred objektiva. Ako ovo ne bismo imali, onda bi sunčeva toplota mogla progoriti i film i zaslon aparata kojim snimamo. Poželjno je da fotoaparat bude refleksni jer se tada vrši direktno izoštravanje, pomoću prizme u aparatu. Sa fotoaparata se skine objektiv i kućište se pomoću adaptera fiksira na okularni dio teleskopa.



Sl. 126. Kamera za snimanje Sunca smještena na teleskopu Unitron 102/1500 mm.

Treba koristiti filmove slabe osjetljivosti kao što je mikrofilm. U zavisnosti od gustine upotrijebljenog filtera, mogu se koristiti i filmovi srednje osjetljivosti. Aparat je potrebno usmjeriti tako da dnevna paralela bude paralelna sa dužom stranom pravougaonika koji ograničava vidno polje aparata.

Drugi način snimanja je korištenje okulara teleskopa. I u ovom slučaju je neophodna solarna prizma ili tamni filter na objektivu. Ovakav način je pogodan kod snimanja manjim teleskopom, jer je lik Sunca veći na filmu zbog upotrebe okulara. Aparat se snabdije nekim adapterom (alumijska cijev sa navojem koji odgovara navoju objektiva aparata, na jednom kraju, a drugim krajem se može učvrstiti na okular). Izoštavanje se vrši direktno ako snimamo refleksnim fotoaparatom. Ako ne posjedujemo takav aparat, onda stavimo komad neosvijetljenog a razvijenog filma (providnog) u kućište aparata i okularni dio teleskopa pomjeramo sve dok ne postignemo željenu oštrinu.

Za snimanje se može koristiti i ekran na kome se projektuje lik Sunca. Moguće je aparat učvrstiti na teleskop i usmjeriti ga ka ekranu. Međutim, zbog kontrasta slike, daleko je bolje da ekran bude mjesto gdje se smješta fotoploča. Za ovakav način snimanja zgodno je koristiti stare fotoaparate sa pločama. Sa njih se skinu objektivi i lik Sunca se projektuje na mjesto gdje je kaseta sa pločom. Kada se izvrši izoštravanje i ostale neophodne radnje, može se pristupiti samom snimanju. Sunčev disk će biti velikog prečnika i dosta kvalitetno snimljen. Tamni filteri, u ovom slučaju nisu potrebni, jer je sunčev sjaj znatno oslabljen zbog udaljenosti kasete od okulara.

POSMATRANJE PLANETA

UVOD

Ova oblast posmatranja u amaterskoj astronomiji zahtijeva malo veći prečnik i fokus teleskopa. Naravno, neka planetarna posmatranja se mogu obavljati i sa manjim instrumentima, ali da bi se uočili glavni detalji na površinama planeta, neophodno je posjedovati veći teleskop.

Prilikom posmatranja planeta nužno je poznavati njihove osnovne položaje u orbitama u odnosu na Zemlju i Sunce. Ti pojmovi se susreću i u astronomskim efemeridama. Planete koje su od nas bliže Suncu nazivamo donje (unutrašnje), a one dalje od Zemlje su gornje (vanjske). Za unutrašnje planete razlikujemo (vidi sl. 127) donju konjunkciju kada je planeta između Sunca i Zemlje i gornju konjunkciju kada je planeta sa suprotne strane Sunca.

Takođe, donje planete uvijek imaju neku ugaonu udaljenost (elongaciju) od Sunca. Ovisno o trenutnom položaju planete, razlikujemo istočnu i zapadnu elongaciju. I Merkur i Venera mogu da dostignu određenu maksimalnu elongaciju (28° odnosno 48°). Ove planete opažamo uveče (istočno od Sunca) odnosno ujutru (zapadno od Sunca). Kada je donja planeta u donjoj konjunkciji, tada se pod određenim uslovima mogu posmatrati prolazi te planete ispred Sunca. Vanjski planeti dolaze u konjunkciju sa Suncem kada se nađu "iza" Sunca u odnosu na Zemlju.

Značaj posmatranja planeta se sastoji u tome što fotografija malo pomaže u ovoj oblasti. Zbog stalnog kretanja vazdušnih masa u atmosferi Zemlje, slika koju daju teleskopi stalno treperi, pa na snimcima detalji budu razmrljani. Tokom dužeg posmatranja, ljudsko oko može da uoči veoma fine detalje koristeći se povremenim trenucima dobre vidljivosti. Rad na planetskim posmatranjima mora se sistematski obavljati, a dobro je ako postoje mogućnosti da više posmatrača istovremeno vrši posmatranje.

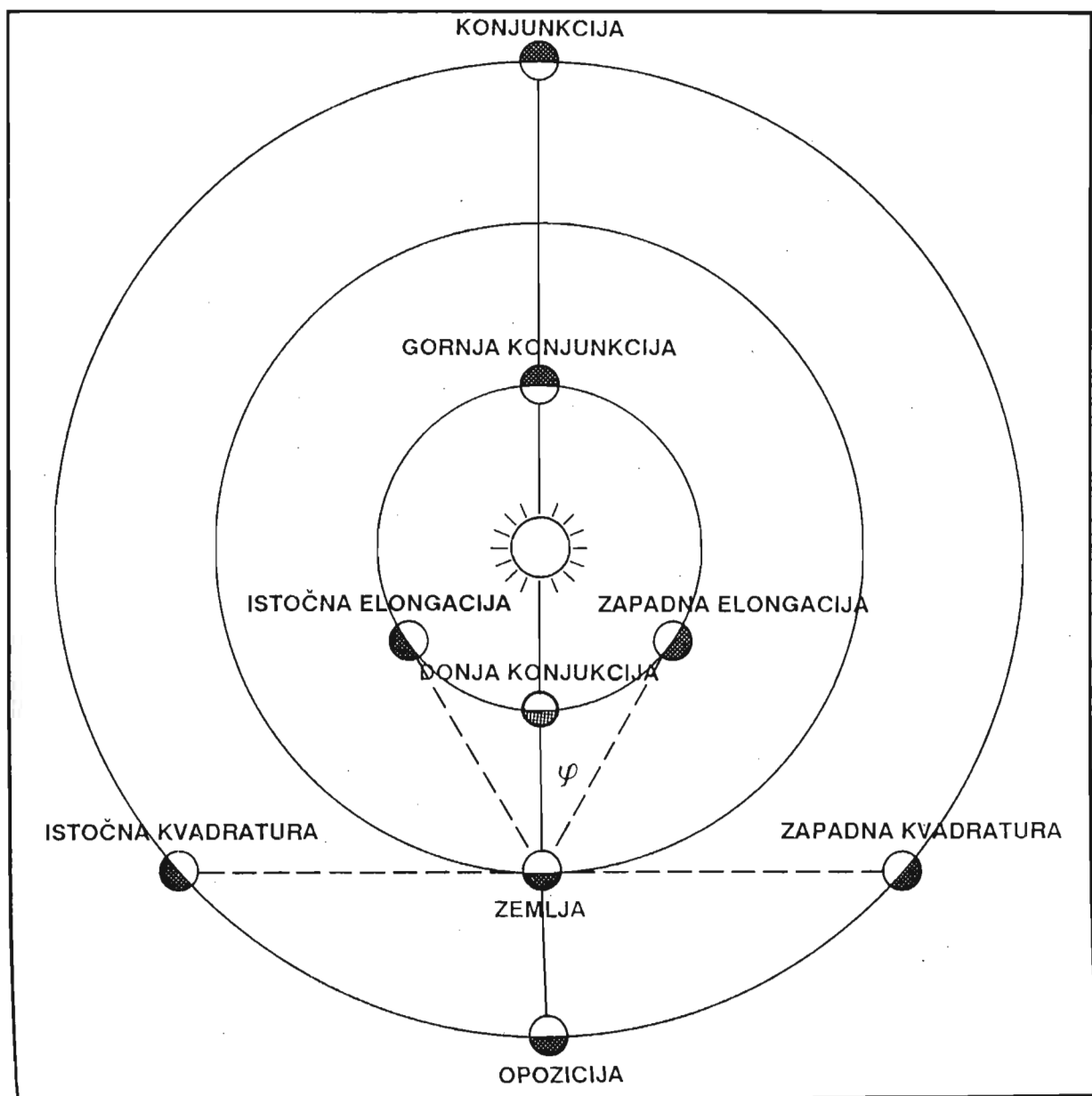
Osnovni zadatak posmatrača planeta je pravljenje crteža planetske površine na kojem se

sa najvećom mogućom preciznošću ucrtavaju razni uočeni detalji. Takvim radom u toku dužeg vremena dobijaju se podaci o položaju detalja na disku planete, promjeni položaja nekih detalja, intenzitetu i boji raznih pjega, pruga i drugih opaženih oblika. Posmatranja bi trebalo da se obavljaju kontinuirano u dovoljno pravilnim vremenskim razmacima.

Izuzetno je važno da posmatrač nacrtaj samo ono što zaista vidi, a ne ono što bi želio da vidi ili je vidio na fotografijama načinjenim velikim teleskopima. Prema tome, nije poželjno unaprijed istraživati kartu ili fotografiju neke planete.

Temeljit opis svakog crteža i uslova pod kojim je nastao je veoma važan. Slijedeći podaci se obavezno unose u bilježnicu:

- mjesto posmatranja
- datum i tačno vrijeme



SI. 127. Planetske konfiguracije. φ je ugao maksimalne elongacije.

- optičke karakteristike teleskopa
- filter
- uvećanje
- ocjena kvalitete slike
- ime posmatrača

Uobičajeno je vrijeme posmatranja izražavati u svjetskom vremenu (Universal Time). Što se tiče ocjene kvaliteta slike, preporučuje se označavanje prema slijedećoj skali:

Ocjena 1: Slika jako drhti, disk planete "struji", i ponekad se izobličiti. Boje se mijenjaju, a detalji nisu vidljivi. Sjaj pozadine neba oko planete se također mijenja. Povremeno se slika potpuno rasplinjuje.

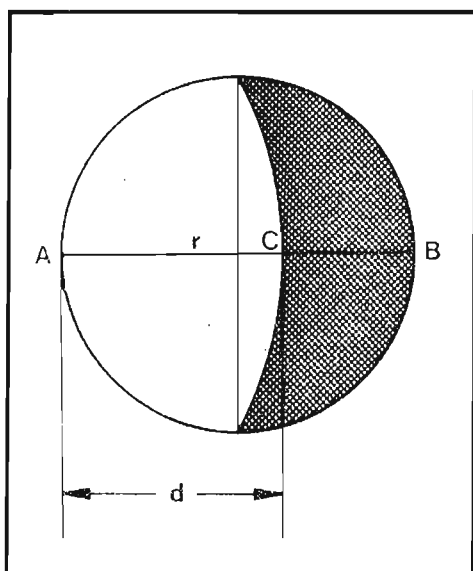
Ocjena 2: Slika drhti, disk planete povremeno "struji", ali se ne izobličuje. Obojenost nije velika i sjaj "fona" neba nije podložan promjenama u toku posmatranja. Na disku uočavamo samo krupne detalje.

Ocjena 3: Slika planete je gotovo nepomična, a rub diska pomalo "struji". Svi osnovni detalji su vidljivi. Povremeno se (u trajanju 1-2 sekunde) mogu opaziti kratka smirivanja slike.

Ocjena 4: Slika je oštra i nepomična. Rub diska je razgovijetan i vidljivi su sitniji detalji i slabije izraženi dijelovi diska. Često nastupaju trenuci potpunog smirenja.

Ocjena 5: Slika je cijelo vrijeme potpuno oštra. Drhtanja i zamućenja su rijetka. Najmanji detalji se jasno vide. Teleskop može da koristi i maksimalna uvećanja.

Ucrtavanje detalja površine vrši se na unaprijed pripremljenim šablonima. Za svaku planetu, u odnosu na teleskop kojim se vrše posmatranja, postoji neka optimalna veličina kruga u koji se vrši ucrtavanje. Važna veličina kod posmatranja planeta je tzv. fazni ugao. To je ugao čiji je vrh u središtu planete, a kraci su usmjereni ka Suncu i Zemlji.



Sl. 128. Faza planete.

$$\overline{AC} = d \quad \overline{AB} = 2r$$

$$\phi = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{d}{2r}$$

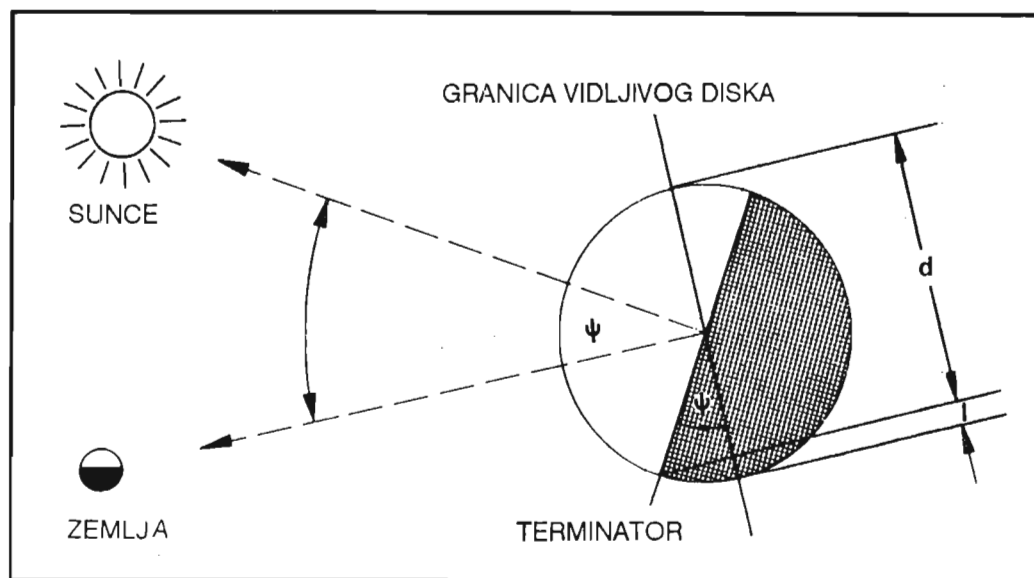
$$\text{primjer: } d = r, \quad \phi = \frac{r}{2r} = \frac{1}{2} = 0,5;$$

$$d = 2r, \quad \phi = 1; \quad d = 0, \quad \phi = 0$$

Faza planete je odnos između površine osvijetljenog dijela diska planete i čitave površine diska. Veza između faze planete i faznog ugla može se izraziti formulom:

$$\phi = \cos^2 \frac{\psi}{2}$$

Fazni ugao unutrašnjih planeta, Merkura i Venere, mijenja se u intervalu



Sl. 129. Fazni ugao neke planete.

od 0° - 180° . U položaju gornje konjunkcije (kada je Sunce između planete i Zemlje) diskovi ovih planeta su potpuno osvijetljeni i tada je fazni ugao jednak nuli. U donjoj konjunkciji nama je okrenuta neosvijetljena strana planete. Pri faznom uglu od 90° osvijetljena je polovina diska i tada je planeta u kvadraturi.

Za vanjske planete fazni uglovi ne mogu nikada biti 180° . Tako je za Mars maksimalni fazni ugao 47° , za Jupiter 12° , Saturn ima 6° , Uran 3° , Neptun 2° , kao i Pluton 2° .

Prividni ugaoni prečnici planeta zavise mnogo od njihovog položaja u odnosu na Zemlju. Za dalje planete ova zavisnost je manje prisutna.

Danas, kad je razvojem astronautike detaljno izučen svijet mnogih planeta i njihovih satelita, postavlja se pitanje kakav je doprinos posmatranje malim teleskopom. Bez obzira na gornju činjenicu, posmatranja planeta mogu biti korisna. Sa jedne strane stiče se neophodno iskustvo u posmatračkoj tehnici, a sa druge, nauci se može dati doprinos nekim posmatranjima. Posebno se to odnosi na one planete (Jupiter i Saturn) gdje su promjene na vidljivim diskovima veoma česte i gdje upoređivanje nekih pojava opaženih od više stotina posmatrača i snimaka poslanih od strane letjelica, može da se dođe do važnih saznanja. Tako npr. promjena intenziteta Crvene pjege na Jupiteru, neke pruge u njegovoj atmosferi ili zamućenost slike Marsa usljed pješčanih oluja, predstavljaju podatke koji su za astronomiju planeta veoma važni. Zato ne treba gledati na ovaj posao kao na nešto bezvrijedno. Sada ćemo se ukratko upoznati sa svim planetama uz opis pojava na koje treba obratiti pažnju.

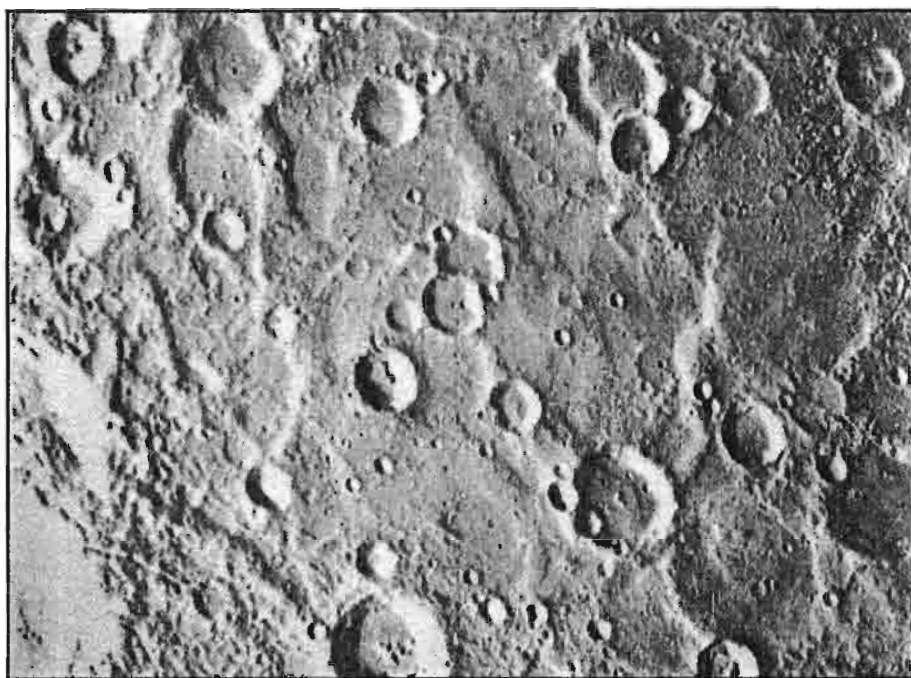
MERKUR

Posmatranja Merkura su veoma otežana zbog činjenice da je ova planeta veoma blizu Sunca. Praktično, amater sa skromnim instrumentom nema šta da traži kod Merkura. Izuzetak predstavljaju relativno rijetki prolazi Merkura ispred Sunca. Tada se Merkur može, u obliku crne okrugle pjege, primjetiti na sjajnom sunčevom disku.

Najpovoljniji uslovi za posmatranje ove planete su u doba njegove istočne ili zapadne elongacije. Tada se on može vidjeti prije ili posle izlaska odnosno zalaska Sunca, a maksimalno ugaono rastojanje od Sunca može da iznosi 28° .

U vrijeme gornje konjunkcije Merkur je "pun" a 12 dana kasnije se vidi kao jutarnja zvijezda

sa maksimalnom istočnom elongacijom. Poslije 36 dana imamo priliku da posmatramo fazu posljednje četvrti ove planete, a poslije 53 dana od početka računanja, Merkur će se pojaviti na večernjem nebu. Nakon 58 dana on je u donjoj konjunktiji i nastupa faza "novog" Merkura. Kao jutarnju zvijezdu ponovo ćemo ga vidjeti poslije 63 dana. Najveću zapadnu elongaciju Merkur ima 80 dana poslije gornje konjunktije i tada je u prvoj četvrti.



Sl. 130. Površina Merkura snimljena kamerom letilice "Mariner 10"

Poslije 104 dana on iščezava sa jutarnjeg neba, a 116 dana kasnije Merkur je u gornjoj konjunktiji. Na slici (131) prikazano je kretanje Merkura oko Sunca gledano sa Zemlje.

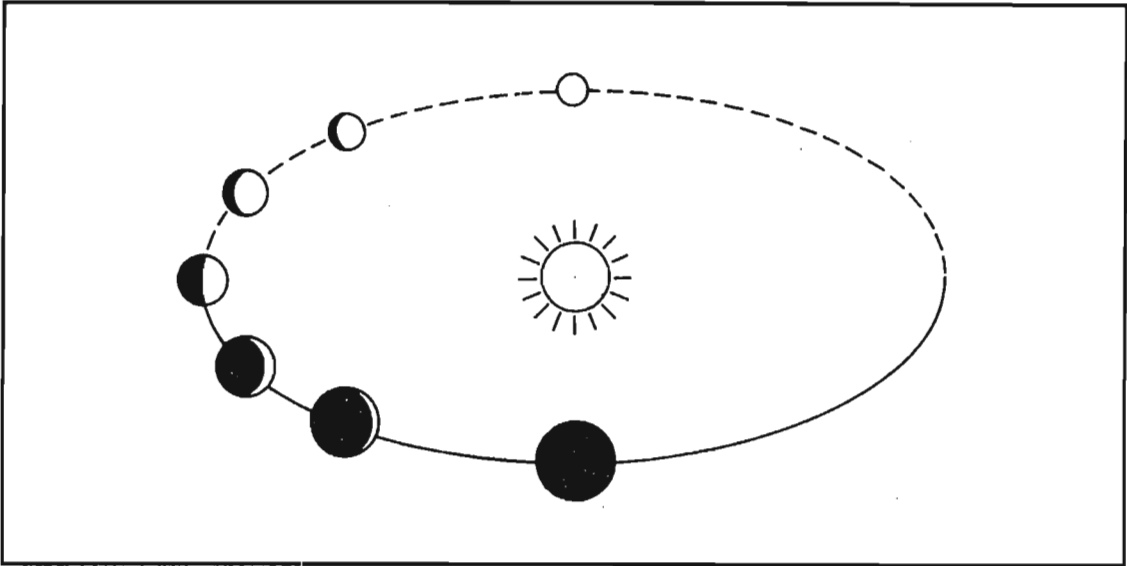
Za posmatrača sa sjeverne polulopte naše planete, Merkur je najpogodniji za posmatranje kao večernja zvijezda, u proljeće, i kao jutarnja zvijezda, u jesen.

U astronomskim efemeridama je potrebno naći koordinate Merkura za određeni datum i time ga je lakše pronaći na nebu. Prividni prečnik mu se kreće od 4,8 do 13,3 ugaonih sekundi, a sjaj od +3 do -1,2 magnitude. Teleskopom prečnika 80-100 mm moguće je, uz povoljne atmosferske uslove, uočiti poneki detalj njegove površine. Naravno, za ovo je potrebno više posmatračkog iskustva. Jednu od najdetaljnijih karti Merkura napravio je Antoniadi sa 80 cm-skim refraktorom opservatorije u Medonu kod Pariza.

Gledan teleskopom, Merkur ima žućkastu boju, a prošaran je slabo uočljivim zelenkastim mrljama. Često se opažaju i bijele pjege. Ako se raspolaže dovoljno dobrim teleskopom, onda treba crtati skice površine Merkura, a poželjno je posmatranja vršiti i filterima da bi se uočila karakteristična obojenja. Mikrometrom se može mjeriti vidljivi disk planete i time doći do podataka o veličini faznog ugla.

Elongacije Merkura od 1990 - 1993.

Istočna elongacija				Zapadna elongacija			
	Datum	Elon.	Magn.		Datum	Elon.	Magn.
1990.	13.04.	20	+0,3	1990.	01.02.	25	+0,1
	11.08.	27	+0,6		31.05.	25	+0,7
	06.12.	21	-0,2		24.09.	18	-0,1
1991.	27.03.	19	+0,1	1991.	14.01.	24	0,0
	25.07.	27	+0,7		12.05.	26	+0,7
	19.10.	22	-0,1		07.09.	18	0,0
					27.12.	22	-0,1
1992.	09.03.	18	0,0	1992.	23.04.	27	+0,6
	06.06.	26	+0,7		21.08.	18	+0,1
	31.10.	24	+0,1		09.12.	21	-0,2
1993.	21.02.	18	-0,3	1993.	05.04.	28	+0,5
	17.06.	25	+0,7		04.08.	19	+0,3
	14.10.	25	+0,2		22.11.	20	-0,3



Sl. 131. Kretanje Merkura oko Sunca.

VENERA

To je druga unutrašnja planeta. Isto kao i kod Merkura, kod Venere je moguće posmatrati faze. Najveća elongacija, koju od Sunca ona može da dosegne, kreće se oko 47°. Maksimalni sjaj ove planete može da bude -4^m,3 pa je ona u to vrijeme, poslije Sunca i Mjeseca, najsvijetliji objekat na nebu.

U gornjoj konjunkciji kojoj odgovara 0 dana Venera je "puna", u fazi posljednje četvrti ona se nalazi 221 dan kasnije i tada dostiže najveću istočnu elongaciju, 286 dana poslije ona iščezava sa večernjeg neba, a "mlada" Venera je 292-og dana. Poslije 298 dana Venera je na



Sl. 132. Venera u fazi poslije I četvrti. Na snimku letjelice "Pioneer Venus" vidljiv je vanjski sloj oblaka što obavija planetu.

jutarnjem nebu i najveću zapadnu elongaciju dostiže poslije 362 dana - tada je faza prve četvrti, 549-og dana planeta nestaje sa jutarnjeg neba, a u gornjoj konjunktiji je nakon 584 dana.

Ugaoni prečnik ove planete se kreće od $10''$ do $64''$. Svoje zabilješke o karakterističnim detaljima crtamo na unaprijed pripremljenim šablonima prečnika 5 cm. U posmatranjima Venere najvažnije je obratiti pažnju na veličinu faze. Pokazalo se, tokom dugogodišnjih posmatranja, da se izračunata faza Venere ne podudara sa njenom veličinom dobijenom iz posmatranja. Javlja se jedno sistematsko odstupanje.

Pojava je ustanovljena još 1790. godine (Schroter). On je opazio da se posmatrani momenat tzv. dihotomije Venere (kada njena faza iznosi 0,5), ne podudara sa predviđenim efemeridnim momentom. Ovakva odstupanja su kasnije ustanovljena i kod drugih faza. Razlika između posmatrane i teorijske faze se može tabelarno i grafički prikazati.

Inače, jedno od objašnjenja za ovu pojavu je da se radi o dodatnoj raspršenoj svjetlosti neba na disk Venere, a postoji mogućnost i da su u igri i reflektujuće osobine gornjih slojeva Venerine atmosfere.

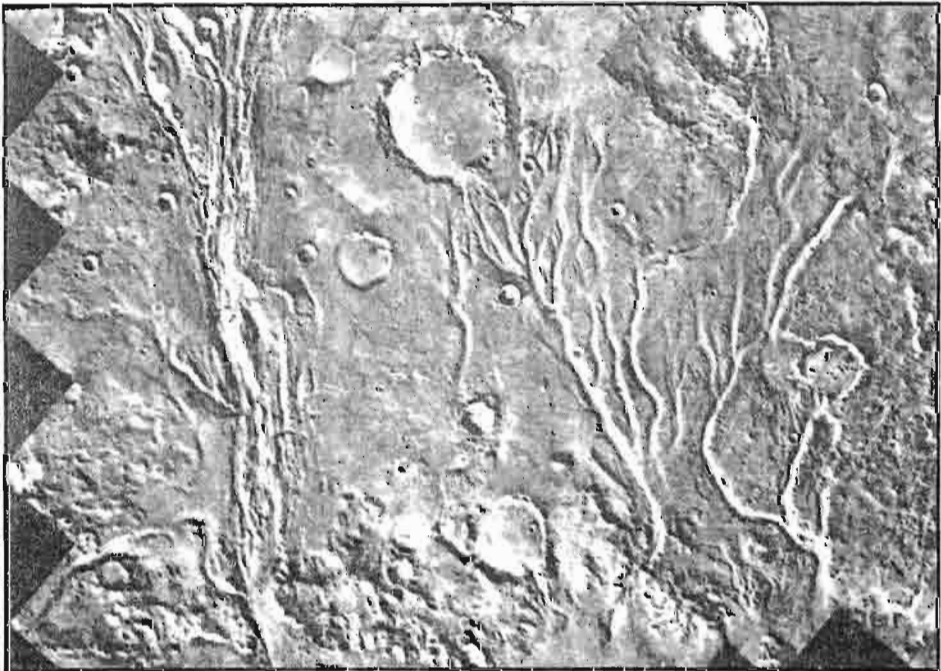
Kada se izvrši ucrtavanje faze, treba pažnju obratiti na terminator tj. liniju koja razdvaja osvijetljeni od neosvijetljenog dijela diska planete. Terminator nekad izgleda "nazubljen". Ova pojava se podudara sa promjenama u visokim slojevima guste Venerine atmosfere kako to pokazuju snimci načinjeni letjelicama iz neposredne blizine.

Važno je posmatrati Veneru u trenutku kvadrature, tj. kada joj je terminator gotovo ravna linija, odnosno kada je osvijetljena tačno jedna polovina diska planete. Kod faze srpa treba obratiti pažnju na rogove srpa i njihovo produženje preko polovine diska. U nekim slučajevima moguće je posmatrati pojavu koja odgovara pepeljastoj svjetlosti na Mjesecu. Cijeli disk će tada biti vidljiv uprkos maloj fazi. Za posmatranja Venere preporučljivo je koristiti razne filtere.

Veneru je moguće posmatrati i danju, često i golim okom jer je dovoljno sjajna. Posmatranja danju se koriste kao dodatna posmatranja jer je tada sjaj Venere slabiji i mogu se vidjeti neki detalji koji inače nisu uočljivi. Naravno, misli se na detalje u gornjim slojevima Venerine atmosfere, jer se njena površina ne može posmatrati upravo zbog veoma guste atmosfere koja je obavija. Fotografisanje se preporučuje naročito zbog preciznog praćenja faza Venere.

Elongacije i donje konjunktije Venere od 1990-1993.g.

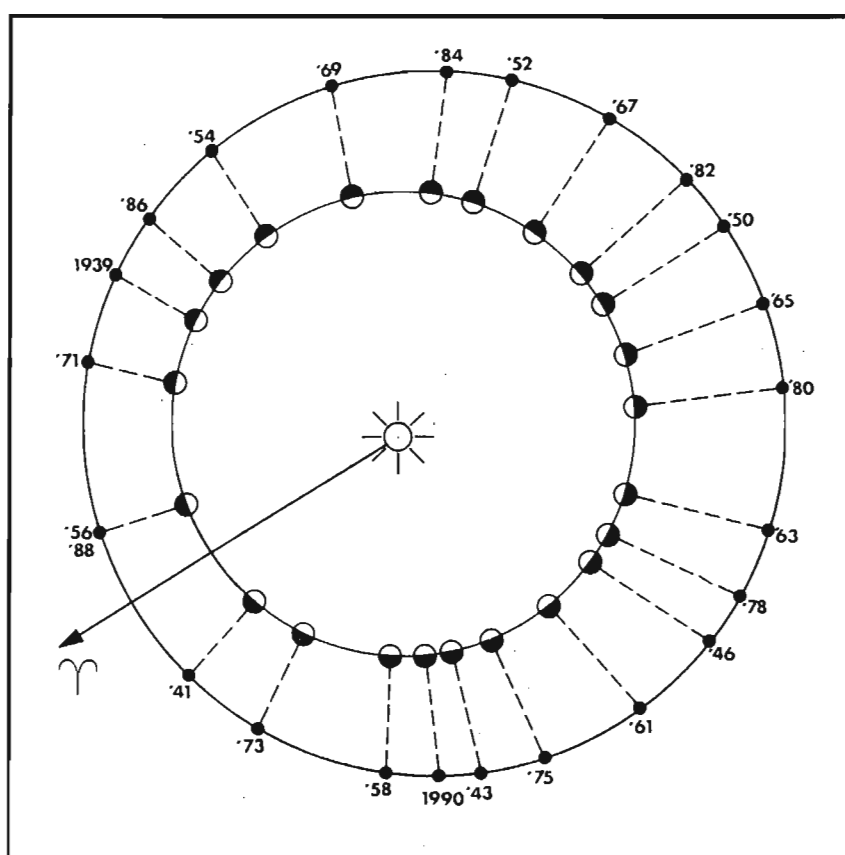
Istočna elongacija	Donja konjunktija	Zapadna elongacija
08.nov.1989.	18.jan.1990.	30.mart 1990.
13.jun.1991.	22.aug.1991.	02.nov. 1991.
19.jan.1993.	01.apr.1993.	10.jun. 1993.



Sl. 133. Oblast na Marsu zapadno od Chryse Planitia. Kanali sugerišu na ogromne bujice koje su tekle u davnoj prošlosti planete.

MARS

Ova planeta ima mnogo zajedničkih karakteristika sa našom Zemljom. Osnovno je da mu je atmosfera veoma providna, pa se bez naročitih problema i sa manjim teleskopima mogu uočiti neki osnovni detalji površine. Ugaoni prečnik mu se kreće od 3,5 do 25,7 ugaonih sekundi.



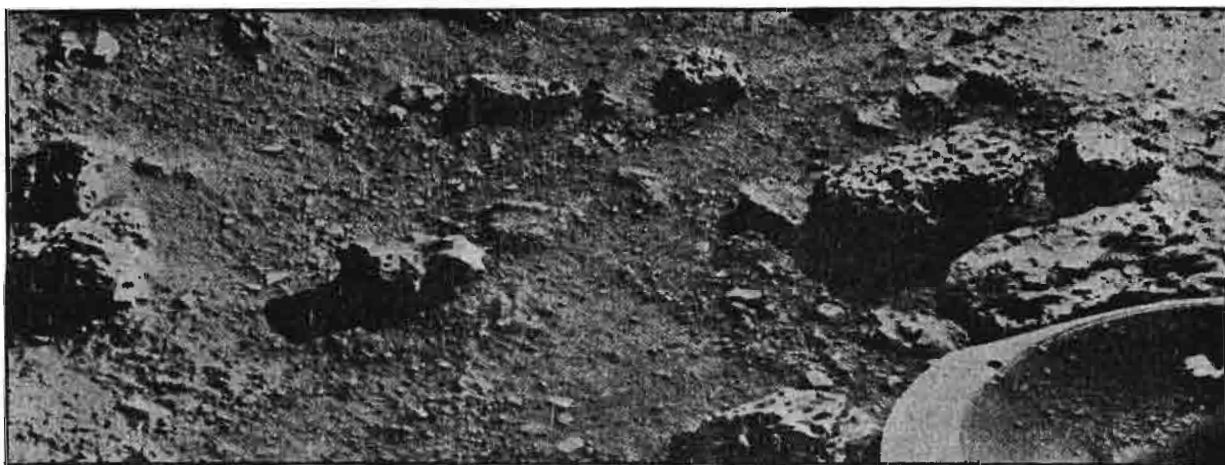
Sl. 134. Orbite Marsa i Zemlje sa upisanim opozicijama od 1939. do 1990. godine.

Poslije konjunktije sa Suncem, Mars se nakon 54 dana pojavljuje na jutarnjem nebu. 390 dana poslije toga, Mars je u opoziciji sa Suncem i u to vrijeme ga je moguće posmatrati preko čitave noći. Nakon 726 dana Mars nestaje sa noćnog neba, a u konjunktiji sa Suncem je 780-tog dana. U vrijeme tzv. Velike opozicije, Mars je od Zemlje udaljen samo 56 miliona km i tada mu je prividni prečnik najveći, a sjaj mu je veoma visok.

Za crtanje detalja površine Marsa treba nacrtati krugove određene veličine. Najbolje je koristiti skalu u kojoj jednoj sekundi prividnog prečnika Marsa odgovaraju 3 mm na papiru. Tako će prečnik kruga Marsovog diska u vrijeme Velike opozicije iznositi oko 75 mm. Kod crtanja se prvo registruju polarne kape, a zatim se prelazi na detalje.

Nakon što se ucrtaju krupni detalji, prelazi se na one sitnije koje teže uočavamo. Kada se posmatraju tamne oblasti pažnju treba obratiti na njihov oblik i intenzitet. Kod atmosferskih fenomena opažaju se žuti i bijeli oblaci. Žuti su posljedica prašine koju dižu vjetrovi, dok su bijeli visoki oblaci sastavljeni od ledenih čestica. Upotreba kolor filtera olakšava posmatranja, posebno kada su u pitanju oblaci. Tamno crveni filteri pojačavaju kontrast žutih prašinih oblaka, dok plavi omogućavaju opažanje bijelih oblaka.

Naš crtež nastavljamo unoseći uočene detalje na rubnim zonama. Na Marsu se mogu uočiti tamne mrlje i svijetlije zone. Dobro je u posmatranjima koristiti niz filtera koji će nam omogućiti da ocjenjujemo boje pojedinih zona. Na ovoj susjednoj planeti često se dešavaju velika zamućenja u atmosferi za koja se pretpostavlja da su izazvana ogromnim pješčanim olujama.



Sl. 135. Površina Marsa na snimku modula letjelice "Viking-2" načinjen u septembru 1976. godine. u desnom donjem uglu vidi se dio jedne od "nogu" modula.

Opozicije Marsa od 1990. - 1997. godine.

Datum	Magnituda	Prečnik
27.nov. 1990.	- 2,0	17",8
07.jan. 1993.	- 0,9	14",0
12.feb. 1995.	- 0,8	13",9
17.mart 1997.	- 1,0	14",2

ASTEROIDI

Asteroidi ili Male planete su skup od ogromnog broja čvrstih tijela različitih dimenzija koja se kreću po eliptičnim i kružnim orbitama, uglavnom u pojasu između Marsa i Jupitera. Njihove dimenzije su male i samo oni najveći kao Vesta dostižu sjaj 6-te magnitude. Najveći asteroid, Ceres, ima prečnik od oko 770 km. Palas, Vesta i Juno su nešto manji, dok su svi ostali znatno manjih dimenzija.

Do danas je kataloški registrovano oko 2000 asteroida, a svake godine se otkrivaju novi. Za te svrhe se isključivo koristi fotografija. Kretanje asteroida moguće je zapaziti u kraćim vremenskim razmacima i na foto pločama se registruju kao duže ili kraće crtice.

Vizuelno se mogu posmatrati samo sjajniji asteroidi. Na osnovu zvjezdanog atlasa i poznatih koordinata (mogu se naći u Efemeridama), potrebno je među zvijezdama pronaći malu planetu. Kada se ona zasigurno identifikuje, tada joj se može mjeriti sjaj. Pri tome se koristi neka od metoda za posmatranje promjenljivih zvijezda. Većina asteroida ima potpuno nepravilan oblik i prilikom rotacije mijenja sjaj. Pored toga sjaj asteroida se mijenja u zavisnosti od njegove udaljenosti od Sunca i Zemlje.

Promjene sjaja nastale usljed nepravilnog oblika asteroida (razni dijelovi površine odbijaju više ili manje sunčeve svjetlosti) različite su za razne asteroide. Promjena sjaja kod Ceresa iznosi 0,04 magnitude, kod Veste 0,13 a ima asteroida kod kojih se promjene kreću i do pola prividne veličine. Promjene sjaja se najlakše mjere fotoelektričnim fotometrima, a kod onih sa većom amplitudom sjaja moguće je procjenu vršiti i vizuelno. Inače, jednu od najvećih promjena sjaja pokazuje asteroid Eros kome se sjaj za oko 5 časova promijeni i do 1,5 magnituda.

Fotografska posmatranja asteroida pružaju dodatni materijal za analizu. Ona se mogu vršiti i običnim fotografskim aparatom, što naravno zavisi od sjaja asteroida u momentu snimanja. Najbolje je koristiti malu astro kameru sa dovoljno kvalitetnim objektivom. Ukoliko je fokus kamere kratak, tada nije poželjno snimati sa dugom ekspozicijom jer asteroid neće biti zabilježen u obliku crtice. Dovoljno je ponoviti snimanje sutradan i na osnovu pomjeranja male planete, lako ju je identifikovati. Sjajniji asteroidi se lako pronađu na snimcima i na osnovu atlasa. Ukoliko je kamera koju koristimo solidnog kvaliteta, i ploče po mogućnosti staklene (a nije uslov), tada se pomoću nekog mjernog mikroskopa mogu mjeriti koordinate asteroida. O metodama takvih mjerenja vidite tekst na kraju ovog poglavlja.

KOMETE

Po svojim dimenzijama i veličanstvenim repovima, komete su najveći objekti Sunčevog sistema. Istovremeno, i pored brojnih podataka koje o njima imamo, komete su i najmanje poznata tijela u našem planetskom sistemu.

Posmatranja i svjedočanstva o pojavi kometa sežu u najranije periode ljudske istorije. Naravno, riječ je o kometama vidljivim golim okom koje su, kako je poznato, uvijek izazivale strah i služile za predskazivanja svih mogućih zala koja su pogađala čovječanstvo.

Stoljetna posmatranja govore da se komete vidljive golim okom (ali ne i spektakularne)



Sl. 136. Sjajna kometa West snimljena 6.marta 1976. dvostrukim astrografom astronomske opservatorije u Sarajevu.

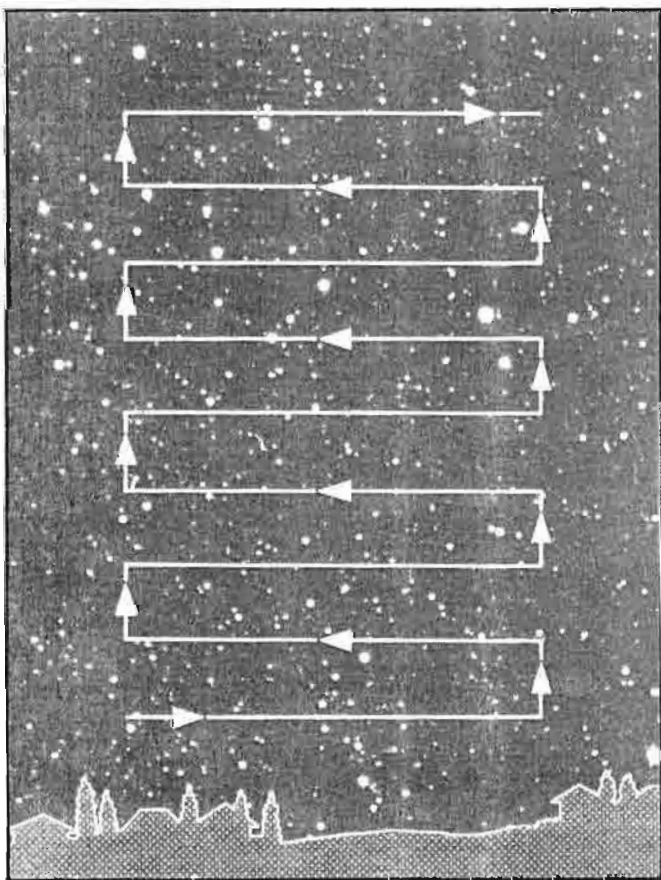
moгу vidjeti u prosjeku jednom u tri godine. Istinski sjajne se pak opažaju jednom u deceniji ili više. Ako se baci pogled na posljednje dvije decenije onda se uočava da je 1970. godine bila dosta sjajna Benett-ova kometa, a 1976. godine izrazito sjajna kometa West. Dugo najavljivana kometa Kohoutek nije bila tako sjajna kada se približila Suncu. Halley-eva kometa 1985/86 takođe nije bila osobito sjajna.

Za razliku od sjajnih kometa, teleskopske komete su dosta česti gosti našeg planetnog sistema. Sjaj im obično nije veći od šeste prividne veličine. Najčešće su to maglovite mrlje kružnog oblika, dok se kod sjajnijih teleskopskih kometa ponekad primjećuje i kratki rep.

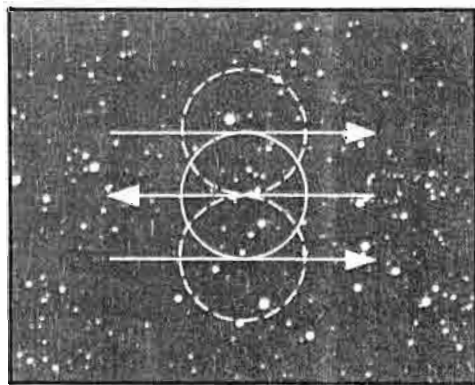
U Sunčevom sistemu ima ogroman broj kometa. Zbog toga se svake godine otkriva po nekoliko novih. Neke od njih otkriju profesionalni astronomi slučajno, kada obavljaju snimanja širokougaonim kamerama, a velik broj kometa otkriju amateri-aktivni lovci na komete. Traganje za kometama je specifično polje rada i potrebno je nešto više reći o tome.

Atmosferski uslovi mjesta posmatranja su veoma važni. To znači da sa mjesta gdje ima previše svjetlosti nemamo nikakvih šansi za bavljenje ovakvim poslom. Test kvaliteta posmatračkog mjesta može da bude vidljivost spiralne galaksije M 33. Ukoliko je (u noći bez mjesečine) možemo opaziti golim okom, tada nam je mjesto veoma pogodno za kometsku potragu. Takođe je poželjno da broj vedrih noći bude oko 75 - 80, pa i 100 godišnje, kako bi smo imali pristojne šanse za otkriće pojave komete.

Što se tiče izbora instrumenta, tu ima različitih pristupa. Pokazalo se da su mnogi dobri za ovu svrhu, a da je najvažnije da imaju veliku svjetlosnu moć i što šire vidno polje. U prošlosti su se najviše koristili refraktori, a pojedine firme su izrađivale posebne instrumente, tzv. tražioce kometa.



Sl. 137. Crtež pokazuje kako treba tragati teleskopom za novim kometama.



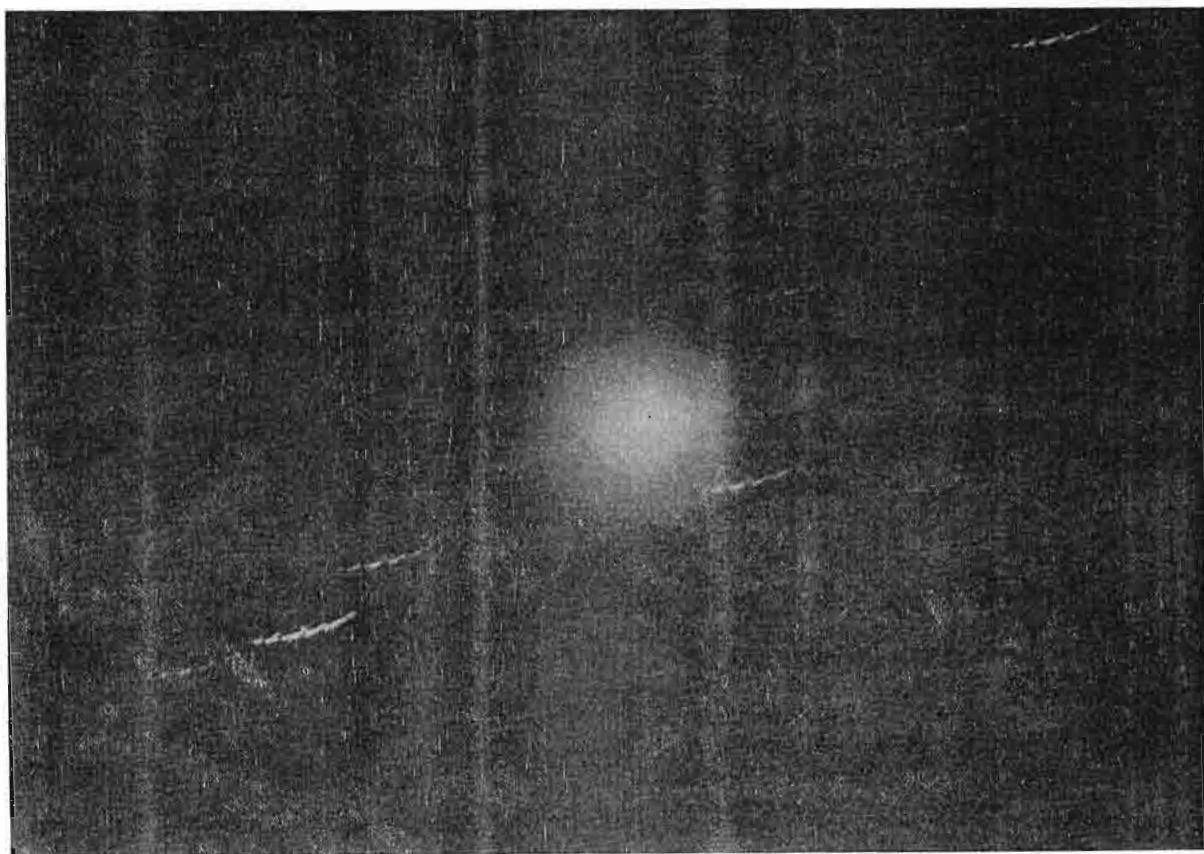
Sl. 137a. Preklapanje vidnog polja teleskopa pri slijedećem prelasku preko neba.

U vezi kvaliteta slike, prosječni refraktori su ispred prosječnih reflektora sličnih dimenzija. Ali, oni su i znatno skuplji. Posljednje dvije decenije je došlo do uvođenja snažnijih dvogleda kao veoma pogodnih instrumenata. Poznata su otkrića engleskog amatera G.Alcock-a koji je, koristeći dvogled 25x105, otkrio više kometa. Najveća prednost dvogleda je korištenje oba oka, jer gledanje samo jednim okom

zna da bude veoma naporno.

Na pitanje gdje tražiti komete, odgovor je: u blizini Sunca. Kada se približavaju Suncu, komete su sjajnije i šansa da se opaze je veća. Dakle treba ih tražiti uveče na zapadu poslije zalaska Sunca, a ujutru na istoku prije izlaska Sunca. Naravno, to ne znači da se komete ne mogu otkriti i na drugim dijelovima neba kako je to praksa pokazala. Naprosto, traganje u zonama bliskim Suncu povećava šanse. Statistički podaci govore da je tri četvrtine svih otkrivenih kometa opaženo u zoru.

Posmatranje počinjemo uveče poslije zalaska Sunca. Teleskop se uperi u tačku udaljenu 45° sjeverno ili južno od tačke gdje je Sunce zašlo. Zatim se teleskop polagano pomjera po azimutu, prođe se zapadna tačka i ide još 45° . Nakon toga se teleskop malo podigne, ali tako da se novo vidno polje preklapa djelimično sa ranijim (vidi sliku 137). Ponovo se teleskop lagano pokreće ka suprotnoj tački. Optimalna brzina pomjeranja je oko pola stepena u sekundi. Kada ovakvom pretragom dođemo do visine od oko 45° nad zapadnim horizontom, tada je večernji dio posmatranja završen. Ujutru je postupak obrnut. Počinje se na visini oko 45° iznad istočne tačke i onda se pomjeranjem polako približavamo samom horizontu koga dostižemo u zoru. Statistike govore da je za otkriće jedne komete potrebno oko 200 do 300 časova traganja. Posmatrač mora solidno poznavati nebo, sazviježđa i posebno Messier-ove objekte koje može zamijeniti sa kometama. Zato je dobar zvjezdani atlas obavezan pribor.



Sl. 138. Halley-eva kometa snimljena 5.decembra 1985. godine Newton-ovim reflektorom prečnika 30 cm. Kodakova emulzija 103a-E eksponirana je 30 minuta. Snimak astronomske opservatorije u Sarajevu. Prilikom snimanja praćeno je kretanje glave komete pa su zvijezde ostavile "skokovite" tragove.

Ukoliko se opazi magličasta mrlja koju nemamo u atlasu, tada je treba ucrtati sa okolnim zvijezdama i gledati da li će da se pomjeri nakon izvjesnog vremena. Kada se utvrdi da se objekat miče, tada je to najvjerovatnije kometa i onda je treba još pažljivije ucrtati i na osnovu atlasa izmjeriti koordinate (rektascenziju i deklinaciju). Informacija o otkriću komete šalje se posebnom centru Međunarodne astronomske unije. Njegova adresa je: Central Bureau for Astronomical telegrams, Smithsonian Astrophysical observatory, Cambridge, MA 02138, USA.

Obavještenje o otkriću šalje se telegramom ili teleksom i treba da sadrži ime i prezime posmatrača, adresu, datum otkrića i koordinate komete. Uobičajeno je da se takvi telegrami šifriraju ali se to i ne mora učiniti. Na slijedećem primjeru pokazaćemo kako se šalje jedan ovakav telegram. Slijedeći tekst predstavlja kopiju telegrama koji je poslao astronom amater Bradfield iz Australije:

BRADFIELD COMET BRADFIELD 19501 91224 79500 16190 13520 01059 20994
30769 BRADFIELD

Kao što se vidi, telegram ove vrste sastoji se od niza riječi i brojeva. Prvo što dolazi je ime otkrivača. U našem primjeru to je Bradfield. Zatim dolazi tip objekta (kometa, asteroid, Nova, Supernova). Mi imamo riječ comet (kometa). Zatim slijedi ime onoga koji je obavio posmatranje (Bradfield). Prva grupa brojeva označava epohu na koju se odnose koordinate (1950. u našem slučaju), a posljednja brojka (koja je ovdje "1") daje obavještenje o tome šta će u daljem dijelu biti dato. Kada se radi o približnim koordinatama, tada se stavlja brojka "1". Kada su koordinate date sa velikom tačnošću, tada se na kraju prve grupe brojeva stavlja broj "2". Ukoliko slijede elementi orbite posmatrane komete, upisuje se broj "3", a kada se daju čitave efemeride, tada je broj "4" oznaka za to.

Naredne grupe brojeva daju detalje o posmatranju. Prvo je datum koji se sastoji od posljednje brojke godine (ovdje je to 1979.g. odnosno broj 9), rednog broja mjeseca (u našem primjeru decembar, odnosno broj 12) i datuma (u našem primjeru 24).

Grupa brojeva 79500 predstavlja decimalni dio dana izražen u svjetskom vremenu (UT). To inače odgovara 19 časova i 05 minuta svjetskog vremena izraženog kroz časove i minute.

Slijedeće dvije grupe brojeva daju koordinate komete, rektascenziju (izraženu u časovima, minutama i desetim dijelovima minuta) i deklinaciju (izraženu u stepenima i minutama). Prva brojka u deklinacionoj grupi je ovdje "1" i označava da kometa ima negativnu deklinaciju, a kada je deklinacija pozitivna, onda umjesto jedinice dolazi broj "2".

Šesta grupa brojeva u telegramu opisuje izgled objekta. Za približno dat položaj, prva brojka grupe je uvijek "0". Slijedeća brojka nam govori da li je ocjena sjaja data za cijelu kometu (tada je brojka "1") ili za jedro (tada je brojka "2"). Naredna dva broja daju prividni sjaj komete, a posljednji označava da li objekat ima zvjezdolik izgled ili difuzan, i koliko repova kometa ima. Npr. oznaka "9" kaže da se radi o difuznom objektu sa centralnim zgušnjem i repom većim od 1.

Predposljednja grupa brojeva daje dnevno kretanje komete u stotinkama minuta rektascenzije i stotinkama stepena deklinacije, pri čemu se koristi ista konvencija za predznak deklinacije.

Posljednja grupa služi za provjeru tačnosti ranije upisanih brojeva, zbog moguće greške pri slanju telegrama. Inače, broj teleksa (teleks je "pouzdaniji" od telegrama) na koji se mogu slati obavjesti je: TWX 710 320 6842 ASTROGRAM CAM.

Dešifrovan, gornji telegram bi glasio: "Bradfield izvještava da je otkrio kometu 1979.godine, decembra 24, 795 UT, njene koordinate za epohu 1950 su bile: rektascenzija $16^{\text{h}} 19,0^{\text{m}}$ i deklinacija $-35^{\circ} 20'$. Ukupni sjaj komete bio je 5 magnituda. Objekat je bio difuzan sa centralnim zgušnjem i repom dužim od 1° .

Komete su zahvalni objekti za posmatranja i izučavanja počev od vizuelnih pa do fotografskih, spektrografskih i fotoelektričnih. Ni jedna velika profesionalna opservatorija nema program kontinuiranog praćenja kometa. A one doživljavaju različite promjene i posmatranja iz noći u noć, omogućavaju nam da ih uočimo.

Posmatranja kometa se mogu vršiti na razne načine. Najjednostavnije je vizuelno posmatranje uz ucrtavanje detalja. Pri tome se obraća pažnja na oblik komete, smjer i dužinu repa i položaj komete među zvijezdama. Dobro je prije posmatranja pripremiti neki atlas koji će služiti za ucrtavanje položaja kometa, posebno onih slabog sjaja. Neki posmatrači za crtanje koriste bijele olovke i crtaju na crnom papiru kakav koriste umjetnici. Ova tehnika je posebno dobra jer se neki slabi detalji lako uoče okom i teleskopom, a duža ekspozicija ih "uništi" zbog preeksponiranosti sjajnijih dijelova.

Uz svako posmatranje je neophodno upisati i neke osnovne podatke. To su:

- datum u svjetskom vremenu (UT) i to u danima i stotim dijelovima dana,
- prečnik teleskopa, fokusno rastojanje i uvećanje pod kojim je posmatranje obavljeno,
- atmosferski uslovi posmatranja. Kvalitet noći se može određivati na osnovu poznatih kriterijuma. Uz ovo upisati i ostale popratne fenomene (ukoliko ih je bilo) kao što su mjesečina, sumaglica i sl.,
- kratak opis komete u cjelini i popis eventualnih neobičnih pojava.

Uz nabrojane korisne podatke koje možemo izvući iz jednog posmatranja svakako bi došlo i određivanje ukupnog sjaja komete. Za ovo treba koristiti mali instrument kojim se kometa jasno vidi. Sljedeća tabela daje opis instrumenata kojim se posmatraju komete određenog sjaja.

Približni sjaj (magnituda)	Poželjni prečnik teleskopa
3 i sjajnija	posmatrati golim okom
4 do 8	dvogled 10x50 ili 20x80
8 do 10	teleskopom 15 do 20 cm
10 do 12	teleskopom 25 do 30 cm
12 do 14	teleskopom 35 do 50 cm

Praksa pokazuje da je dvogled najčešće sasvim dovoljan za dobru procjenu sjaja. Sjaj komete se upoređuje sa sjajem nekih zvijezda u njenoj okolini (poredbene zvijezde). Postoje dva osnovna metoda. Prvu je uveo N.T. Bobrovnikov 1940. godine. Koristeći malo uvećanje teleskopa, namjerno se likovi zvijezda "zamute". Pri tome će i lik komete biti van fokusa. Kada likovi zvijezda budu približno istog prečnika kao i izmućeni lik komete tada je defokusiranje pravilno provedeno. Kao poredbene, odaberu se dvije, kometi bliske, zvijezde. Ako je npr. zvijezda A sjajnija, a zvijezda B slabijeg sjaja, vršimo procjenu koji dio ukupne razlike sjaja ove dvije zvijezde pripada kometi. Neka je recimo, zvijezda A sjajna 6,0, zvijezda B 6,8 i neka ocijenimo da je kometa sjaja 0,4 kada idemo od zvijezde A ka B. U drugom smjeru procijenimo 0,8. Tada će ukupni sjaj komete biti $(0,4 \times 0,8) + 6,0 = 6,3$.

Koristeći više parova poredbenih zvijezda, povećavamo tačnost mjerenja.

Kada je kometa suviše slabog sjaja za "zamućivanje", može se koristiti metod koji opisuje J.B. Sidgwick u svojoj knjizi "Observational Astronomy for Amateurs". Posmatrač pamti prečnik i sjaj oštře slike komete, zatim brzo zamuti sliku i posmatra zamućene likove poredbenih zvijezda. Ovaj proces svakako treba ponoviti više puta kako bi se dobila veća tačnost.

Sjaj jezgra komete, obzirom da je ono zvjezdoliko, može se određivati poznatim metoda-
ma za posmatranja promjenljivih zvijezda. Za mjerenje prečnika glave komete ili kome moguće
je služiti se rastojanjem neke dvije zvijezde u vidnom polju i u mislima procjenjivati koliko
njihovih razmaka sadrži glava komete. Kasnije, u atlasu nađemo ugaono rastojanje te dvije
zvijezde i time dobijamo željeni prečnik u stepenoj mjeri. Precizniji metod je korištenje
okulara sa nitnim krstom. Vertikalna linija se orijentiše da bude tačno u pravcu sjever-jug.

Zatim se kometa dovede u vidno polje i štopericom mjeri vrijeme koje protekne između
prolaska istočnog odnosno zapadnog ruba glave kroz vertikalni nitni konac. Nakon više
obavljenih mjerenja, srednja vrijednost rezultata se množi faktorom F koji je za razne
vrijednosti deklinacije dat u slijedećoj tabeli. Tada se prečnik komete dobije u ugaonim
minutama.

Deklinacije	F	Deklinacije	F	Deklinacije	F
0°	0,25	38°,9	0,20	54°,7	0,15
12°,2	0,24	42°,4	0,19	57°,4	0,14
20°,4	0,23	45°,7	0,18	60°,1	0,13
30°,9	0,22	48°,8	0,17	62°,7	0,12
35°,1	0,21	51°,8	0,16	67°,7	0,11

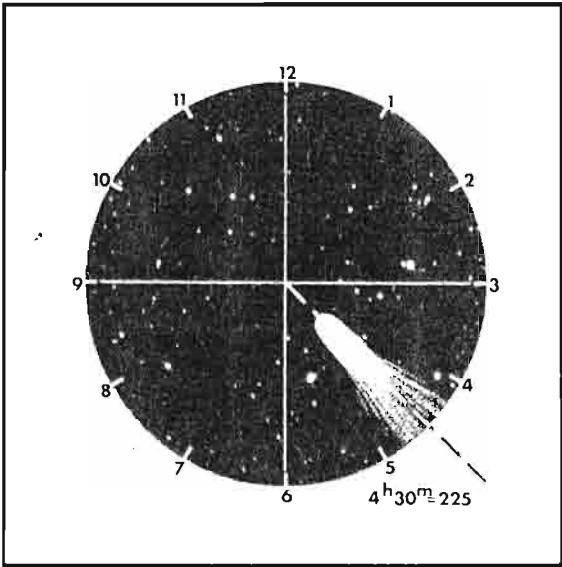
Oni koji raspolažu sa mikrometrom, mogu prečnik kome mjeriti direktno. Kod kometa
se kratkim repovima mjerenje dužina tih repova nije problem. Ako su repovi duži od 10,
tada se na osnovu atlasa mjere ekvatorske koordinate glave komete i tačke do koje je stigao
rep. Neka su koordinate glave α_1 i δ_1 , a kraja repa α_2 i δ_2 . Dužina repa l se računa na
osnovu formule:

$$\cos l = \sin \alpha_1 \sin \delta_2 + \cos \alpha_1 \cos \delta_2 \cos (\alpha_1 - \alpha_2)$$

Ovo se lako izračuna džepnim kalkulatorom. Od ostalih mjerenja važno je odrediti
pozicioni ugao repa komete. Ako naše vidno polje zamislimo kao prednji panel časovnika,
tada možemo koristiti časovnu numeraciju za ovu svrhu.
Tako neka nam je sjever (N) 12 časova, zapad (W) 3 časa, jug (S) 6 časova i istok (E) 9
časova. Tada će tim časovima odgovarati sli-
jedeći pozicioni uglovi:

- 12 časova - 0°
- 9 časova - 90°
- 6 časova - 180°
- 3 časa - 270°

Rep komete na slici (139) je okrenut u
smjeru 4^h 30^m, odnosno ima pozicioni ugao od
225°.



Sl. 139. Određivanje pozicionog ugla komete.

Prije određivanja pozicionog ugla potrebno je izvršiti tačnu orijentaciju vidnog polja (poželjno je da okular ima nitni krst) puštanjem neke zvijezde da se kreće smjerom zapad-istok. Posebnu pažnju obratiti kod teleskopa koji imaju preokrenuto vidno polje.

JUPITER

Jupiter je najveća planeta našeg sistema pa se, i pored velike udaljenosti od Sunca, može veoma dobro vidjeti i u malim teleskopima. Zbog velike brzine rotacije, njegov disk pokazuje izrazitu spljoštenost. Polarne zone Jupitera izvrše obrtaj oko ose za 9 sati i 50 minuta, a oblasti oko ekvatora za 9 sati i 55 minuta.

13 dana poslije konjunkcije sa Suncem, Jupiter se pojavljuje na jutarnjem nebu. U opoziciji se nađe 200 dana kasnije, a nakon 398,88 dana ponovo je u konjunkciji. Moguće ga je posmatrati praktično tokom 10 mjeseci u toku jedne godine. Ekvator ove džinovske planete je nagnut u odnosu na ravan orbite za oko 3° .

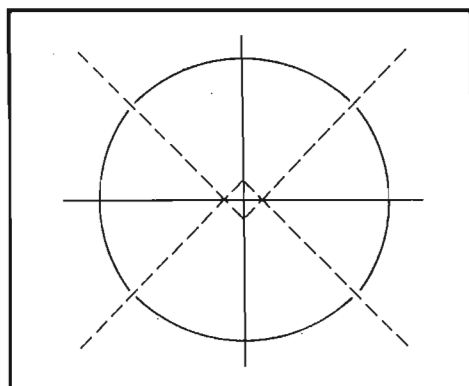


Sl. 140. Planeta Jupiter snimljena kamerom letjelice "Voyager-1" sa rastojanja od 8 miliona kilometara.

Za posmatranja Jupitera potrebni su podaci o njegovoj rektascenziji, deklinaciji, prividnoj veličini i prividnom polarnom i ekvatorskom ugaonom prečniku. Ako se vrše posmatranja njegovih satelita, onda treba poznavati njihove položaje i oznake.

Na vidljivom disku planete Jupiter zapaža se veći broj paralelnih zona i pojaseva. Da bi smo uspješnije pravili skice površine planete (u stvari vanjskih slojeva njegove atmosfere) moramo uvesti neke posebne oznake za karakteristične oblasti oblaka. Šabloni na koje se vrši ucrtavanje trebaju da imaju primjetnu spljoštenost kakva se i uočava kod Jupitera.

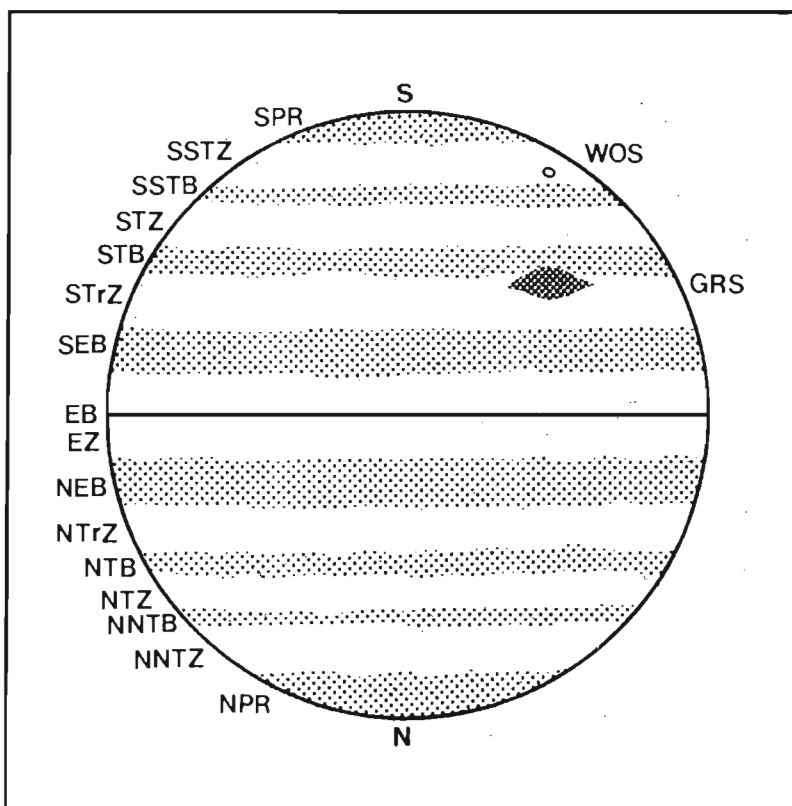
Za ovu svrhu, najbolje je nacrtati kvadrat sa strana-
ma od po 2,5 mm. Zatim se, kao na slici (141),
povuku iscrtkane linije u pravcu stranica našeg
kvadrata. Krakove šestara razmaknemo za 26 mm i
iz gornjeg vrha kvadrata povučemo donji dio luka
između crtkanih linija. Zatim vrh šestara zabodemo u
donji vrh kvadrata i povučemo gornji luk među crtkani-
nim linijama. Iz desnog vrha kvadrata povučemo
desni luk sa radijusom 22,5 mm, a iz lijevog vrha, lijevi
dio luka. Time je naš šablon pravilno napravljen. Na
bijelom papiru se napravi niz ovakvih krugova koji
će nam služiti za pravljenje skica planete Jupiter.



Sl. 141. Crtanje šablona za disk
Jupitera.

Standardni nazivi svijetlih zona i tamnih pojase-
va na disku Jupitera su na slici (142) označeni
skraćenicama. Ove kratice se na engleskom (međunarodna kratica) označavaju sa:

- SPR** South Polar Region (Južna polarna oblast)
- SSTZ** South South Temperate Zone (Južna umjerena zona)
- SSTB** South South Temperate Belt (Južni umjereni pojas)
- STZ** South Temperate Zone (Južna umjerena zona)
- STB** South Temperate Belt (Južni umjereni pojas)
- STrZ** South Tropical Zone (Južna tropska zona)
- SEB** South Equatorial Belt (Južni ekvator. pojas)



Sl. 142 Crtež glavnih svijetlih zona i tamnih pojaseva na disku
Jupitera.

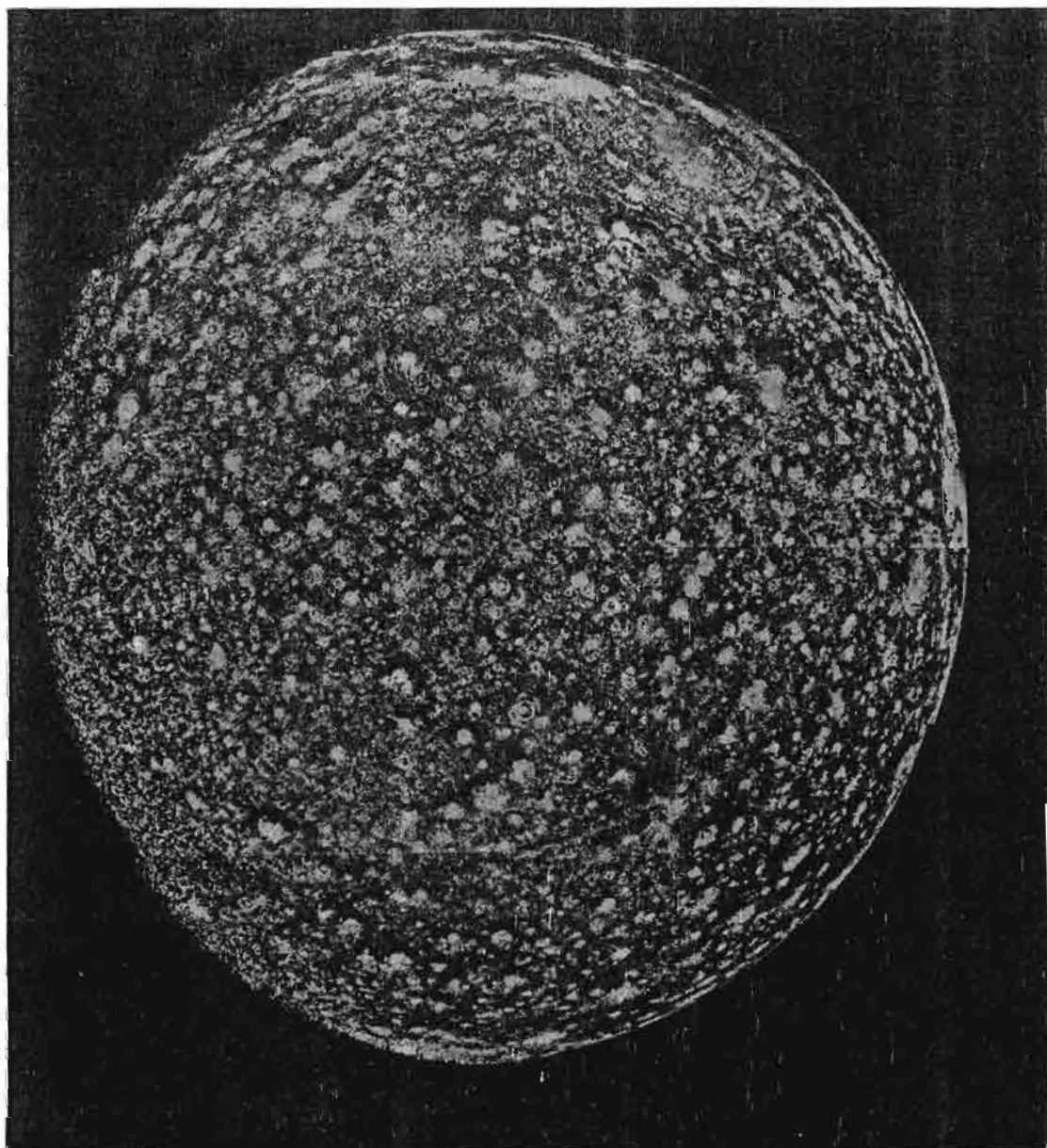
- EZ** Equatorial Zone (Ekvatorska zona)
- EB** North Equatorial Belt (Sjeverni Ekvatorski pojas)
- NTrZ** North Tropical zone (Sjeverna tropska zona)
- NTB** North Temperate Belt (Sjeverni umjereni pojas)
- NTZ** North Temperate Zone (Sjeverna umjerena zona)
- NNTB** North North Temperate Belt (Sjeverni umjer. pojas)
- NNTZ** North North Temperate Zone (Sjeverna umjer. zona)
- NTR** North Polar Region (Sjeverna polarna oblast)
- GRS** Great Red Spot (Velika crvena pjega)
- WOS** White Oval Spots (Bijele ovalne pjege)



Sl. 143 Velika Crvena pjega na Jupiteru snimljena 6.jula 1979. godine pomoću letilice "Voyager 2".

Svake vedre večeri, zavisno od mogućnosti, treba crtati skicu Jupitera sa osnovnim slojevima i pojavama. Za crtanje je najbolje koristiti meku olovku. Posebnu pažnju treba posvetiti tamnim i svijetlim mrljama. Ukoliko se raspolože sa mikrometrom, tada treba mjeriti njihove ugaone prečnike. Planetu je takođe važno posmatrati kroz različite filtere. Povećanje

kontrasta se dobije kada se posmatra kroz narandžasti filter (npr. Wratten N° 21) ili žuti (Wratten N° 8-12). Umjesto pomenutih filtera firme Wratten, mogu se koristiti ekvivalentni filteri drugih proizvođača. Filteri nam omogućavaju i mjerenje intenziteta boja pojedinih oblasti.



Sl. 144. Snimak Jupiterovog satelita Kalisto. Vidljiv je ogroman broj kratera nastalih "bombardovanjem" ovog tijela prije nekih četiri milijarde godina.

Sve neobične detalje treba pomno registrovati. Tako se mogu uočiti pojave sitnih zrnastih struktura, mostova između pojedinih zona, linijskih i štapičastih tvorevina itd. Posebnu pažnju treba posvetiti Velikoj crvenoj mrlji. Po mogućnosti, poželjno je i forografisanje planete.

Pri posmatranju treba biti veoma pažljiv jer je jasnoća slike promjenljiva zbog kolebanja vazdušnih masa u našoj atmosferi. Tokom pojedinih godina, uslovi za posmatranje Jupitera su naročito loši i to kada se ova planeta nalazi nisko nad južnim horizontom. Zbog

toga treba "uloviti" trenutke dobre vidljivosti i tada će se postići bolji rezultati posmatranja. Ako je posmatranje grupnog karaktera, tada svi posmatrači trebaju da prave crteže neovisno jedan od drugog. Tek kada se skupi izvjestan broj crteža, treba vršiti upoređivanja i odbacivanje onih koji se potpuno razlikuju od ostalih crteža napravljenih u isto vrijeme.

U dnevniku posmatranja treba uvijek upisati tačno vrijeme posmatranja, opšte atmosfere uslove (potpuno vedro, laka sumaglica, nemirna atmosfera ili slično). Takođe treba upisati karakteristike teleskopa i uvećanje koje je korišteno, eventualno upotrebljene filtere itd.

Posmatranja Jupiterovih satelita su takođe zanimljiv posao. Četiri najsajnija, poznata kao Galilejevi sateliti (Evropa, Io, Ganimed i Kalisto), možemo vidjeti i najmanjim dvogledom. Koristeći neke bolje efemeride, možemo pratiti satelite, određivati trenutke njihovih prelaza ispred diska Jupitera ili ulazaka u sjenku planete (pomračenja).

Pri prelascima satelita preko Jupitera, mogu se uočiti njihove sjenke na vanjskom sloju oblaka koji okružuju Jupiter.

Opozicije Jupitera od 1989. - 1993.

Datum	Magnituda	Priv.prečnik
27.dec. 1989.	- 2 ^m ,3	47",5
28.jan. 1991.	- 2 ^m ,2	45", 7
28.feb. 1992.	- 2 ^m ,1	44", 7
30.mart. 1993.	- 2 ^m ,0	44",2

SATURN

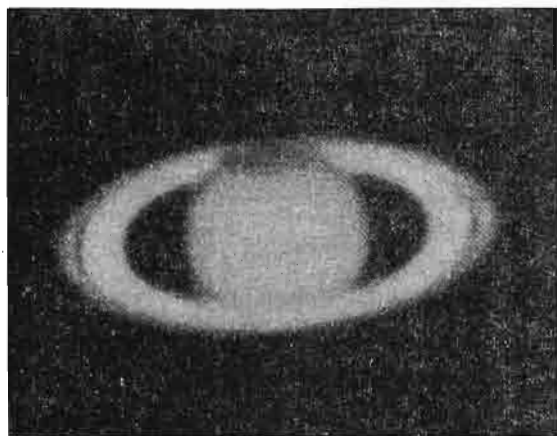
Saturn je za mnoge poznavaoce neba najljepša planeta. Prsten koji ga okružuje je glavni razlog po kome je ova planeta čuvena. Najnoviji snimci prstena iz neposredne blizine, snimljeni međuplanetarnim stanicama "Voyager 1 i 2", pokazuju da je njegova struktura izuzetno složena i da se sastoji iz ogromnog broja manjih, užih prstenova.

Nekih 18 dana nakon konjunkcije, Saturn se pojavljuje na jutarnjem nebu, a u opoziciji sa Suncem on je 189 dana kasnije. Poslije 378 dana on je ponovo u konjukciji sa Suncem. Jednako kao i Jupiter, i Saturn se brzo okreće oko svoje ose. Ekvatorske oblasti planete okrenu se za 10^h 14^m.

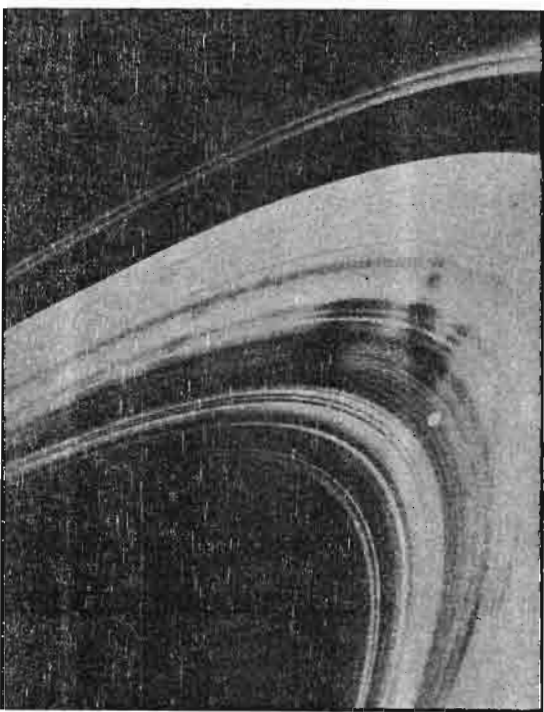
Tri glavna prstena se mogu vidjeti sa Zemlje pomoću teleskopa. Dva sjajnija, prsten A koji je najdalji od planete i prsten B, lako se uočavaju dok je C, zbog slabog sjaja, teže vidjeti malim teleskopom. Između prstenova A i B smještena je poznata Kasinijeva (Cassini) pukotina. Cassini ju je opazio pomoću 7 cm-skog teleskopa uz uvećanje od 90 puta. Pukotina je široka oko 4000 kilometara i "Voyageri" su pokazali da i ona sadrži dosta materije u vidu manjih prstenova.

Crtanje Saturna, prstenova i eventualno uočenih detalja njegovog sloja oblaka preporučuje se prilikom posmatranja ove planete. Saturn je okružen slojem koji podsjeća na smog i koji otežava posmatranje detalja kakvi se recimo kod Jupitera lakše vide.

Od 15 do sada otkrivenih satelita ove planete, njih samo 6-7 je moguće vidjeti amaterskim instrumentima do 35 cm prečnika. Titan se vidi i najmanjim teleskopima. To je jedini satelit u



Sl. 145. Amaterski snimak planete Saturn.



Sl. 146. Detalj Saturnovog prstena

Sunčevom sistemu koji ima atmosferu. Ova atmosfera je uglavnom građena od azota. 1% sastava pripada metanu, a opaženi su tragovi drugih organskih jedinjenja kao što su etan, etilen, acetilen, cijanovodonik itd. Prosječan prividni sjaj Titana, gledanog sa Zemlje u vrijeme normalne opozicije Saturna, iznosi 8,3. Od diska planete on se može udaljiti do 3'.

Ucrtavanje položaja Titana u odnosu na planetu i okolne zvijezde daje nam mogućnost da pratimo kretanje ovog satelita.

Ostali sateliti imaju prosječne magnitude: Rea 10, Diona 10, Tetis 10, 3, Japetus 10,8 i Enceladus 11,7. U povoljnim okolnostima većim teleskopom je moguće opaziti i Mimas 12,1.

Opozicije Saturna od 1990. - 1993.

Datum	Magnituda
14.jul 1990.	+ 0 ^m ,3
26.jul 1991.	+ 0 ^m ,3
07.aug. 1992.	+ 0 ^m ,4
19.aug. 1993.	+ 0 ^m ,5

URAN

Ova planeta se nalazi na rastojanju dvostruko većem od Saturna. Prečnik joj je 52300 km. Već ovo nam ukazuje da je teško uočiti bilo šta na sićušnom disku Urana čiji prečnik nikada ne prelazi više od 4". Okultacije zvijezdama otkrile su da ova planeta raspolaže prstenovima slabog sjaja što je potvrdila i letjelica "Voyger 2". Oko svoje ose ova se planeta okrene jednom za oko 16 sati. Gustina joj je mala i vjerovatno ima stjenovito jezgro omotano ledom. Atmosfera Urana je uglavnom građena od vodonika i heliuma.

Već su ranija teleskopska posmatranja omogućila opažanje pet satelita. To su Ariel, Umoriel, Titania, Oberon i Miranda. Prva četiri imaju pravilne orbite, dok Miranda odstupa svojom veoma nagnutom putanjom i vrlo je blizu matične planete. Titania i Oberon su

vidljivi teleskopima prečnika većeg od 20 cm. Maksimalni sjaj im je 13m. "Voyager 2" je otkrio postojanje još 10 manjih satelita.



Sl. 147. Noćna strana planete snimljena sa daljine od jedan milion kilometara.



Sl. 148. Predio na Uranovom satelitu Mirandi.

Ono što mi od Urana možemo da vidimo je samo majušni zelenkasti disk bez ikakvih detalja. Posmatranja se svode na pronalaženje Urana na nebu, registrovanje kretanja među zvijezdama, ucrtavanje položaja i slično.

NEPTUN

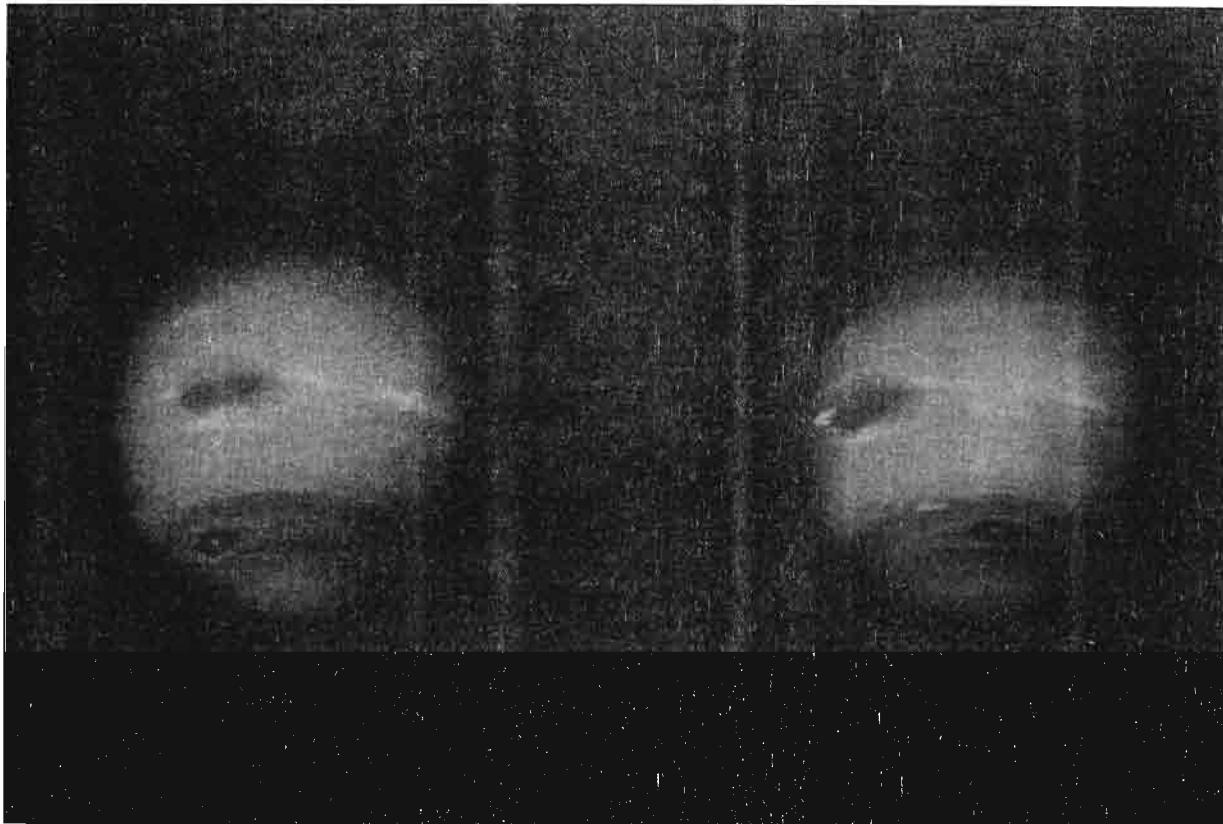
Amateri malo šta mogu da doprinesu posmatrajući ovu zvjezdoliku tačkicu. Pri pronalaženju je neophodan dobar teleskop i efemeride. Plavičasti disk Neptuna nikada ne prelazi 2",5. "Voyager 2" je otkrio postojanje Velike tamne pjege na plavom disku planete. Takođe, Neptun posjeduje magnetno polje, a u gornjim slojevima atmosfere duvaju olujni vjetrovi. 70% atmosfere sačinjava vodonik, 25% helium, a ostalo su metan, sumpor vodonik i sl.

Oko Neptuna kruži 8 satelita. Dva su otkrivena teleskopima. To su Triton i Nereida. Triton se oko Neptuna kreće retrogradno što je jedinstven slučaj. Prečnik mu je 2705 km i ima atmosferu i slabo magnetno polje po čemu podsjeća na planete. Pretpostavlja se da je uhvaćen gravitacionim silama Neptuna nekad u davnoj prošlosti. Površina je prekrivena ledenim omotačem od amonijaka, a uočeni su ledeni geiziri.

PLUTON

Najudaljenija do sada poznata planeta Sunčevog sistema ne pruža nam ni mogućnost da je vizuelno posmatramo čak i većim teleskopima. Moguće ju je u skromnijim uslovima

jedino snimiti boljim astro-kamerama i zatim pronaći na fotografiji. Pluton ima satelit koji je nazvan Haron. Satelit je slučajno otkriven kao malo ispupčenje na liku Plutona. Srednja udaljenost Harona od matične planete iznosi oko 20000 km.



Sl. 149. Planeta Neptun snimljena u razmaku od 17,6 sati letjelicom "Voyager 2". Uočava se Velika tamna mrlja koja planetu obide jednom za 18 sati.

MJERENJE POLOŽAJA ASTEROIDA I KOMETA SA FOTOGRAFSKIH SNIMAKA

Mjerenje položaja asteroida i kometa može da bude veoma interesantno polje rada ukoliko se raspolaže sa minimalnim potrebnim priborom. Osnovno je posjedovati astro-kameru koja daje dovoljno kvalitetne likove. Zatim je neophodan ma kakav mjerni mikroskop. To mogu biti mikroskopi koji se koriste u raznim naukama i tehničkim disciplinama (biologija, metalurgija i sl.). Uz to je potreban neki bolji atlas (SAO, AAVSO Variable Star Atlas, Bečvarov "Atlas Coeli", "Sky Atlas" W.Tiriona, itd.) Ukoliko je moguće postići preciznost mjerenja do dvije sekunde luka, tada smo se približili onome što ima smisla raditi. Ovakva tačnost je dovoljna posebno za komete koje su i tako maglovite mrlje pa nije moguće posve tačno odrediti gdje im je centar. Za kvalitetniji rad, koji je usporedljiv sa profesionalnim posmatranjima, potrebno je da preciznost mjerenja bude bolja od jedne ugaone sekunde. Nju je moguće postići pažljivim radom.

Fokusno rastojanje astrografa kojim se snima (to može biti i neka Šmidt kamera) je važan činilac u postizanju preciznosti mjerenja položaja. Za mjerenje razmjera ploče, odnosno nalaženja koliko milimetara na ploči odgovara ugaonoj mjeri izraženoj u minutama,

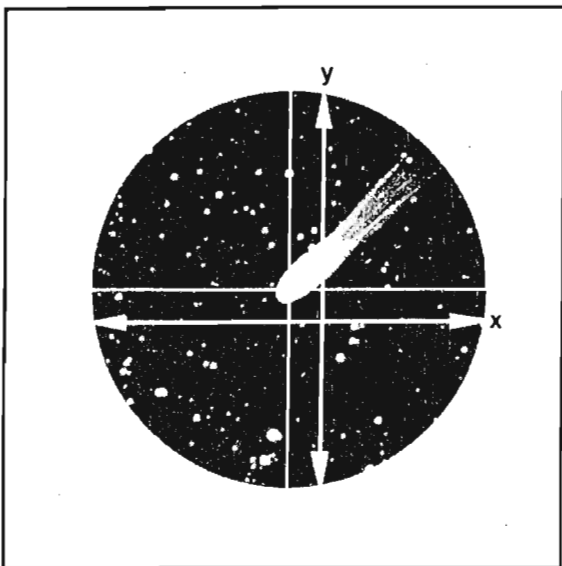
postoji poznata relacija:

$$1 \text{ mm} = 3438/f \quad (1)$$

gdje je f fokusno rastojanje astro-kamere. Tako na primjer, na osnovu gornje relacije dolazimo do zaključka da je razmjer ploče dvostrukog astrografa opservatorije u Sarajevu, čiji je fokus 375 mm, jednak: $1 \text{ mm} = 9',16$. Jednostavan račun nam kaže da ukoliko možemo mjeriti položaje likova na ploči sa tačnošću od jednog hiljaditog dijela milimetra, tada ćemo dobiti preciznost reda 0,5 ugaonih sekundi.

Postoji više vrsta mjernih mikroskopa. Najbolji su oni kod kojih se mjerenje vrši po dvije koordinate (x , y).

Ukoliko se pak pronađe neki kod koga se mjerenje vrši samo po jednoj koordinati, možemo ga preudeliti tako da se mjerenje obavlja rotiranjem ploče. Ipak, isplati se potruditi i pronaći mikroskop kod koga je moguće mjerenje po dvije koordinate.



Sl. 150.

Mjerenje položaja komete ili asteroida vrši se uz pomoć poredbenih zvijezda koje su u blizini. Minimum od tri zvijezde je neophodan, a veći broj (do 10) povećava preciznost mjerenja. Najbolje je ako su poredbene zvijezde ravnomjerno raspoređene oko lika čije koordinate želimo mjeriti. Zvijezde suviše blizu asteroida (komete) ili one koje su dalje ali međusobno bliske, ne treba koristiti. Najbolje je birati zvijezde slabijeg sjaja čiji su likovi manji i mogu se preciznije mjeriti.

Prije početka mjerenja, pripremi se zvjezdani atlas radi lakše identifikacije. Nije loše ako se ima izrađena fotografija te oblasti neba. Ukoliko snimanje nije obavljeno staklenom pločom, tada se film stavlja između dva komada tankog stakla. Najbolje je da je gornje staklo ustvari razvijena foto ploča na kojoj

su snimljene dvije tanke linije koje sačinjavaju naš koordinatni sistem. Snimak se, koliko je moguće tačnije postavi tako da pravci sjever-jug i istok-zapad odgovaraju onima na ploči. Uobičajeno je da pozitivni kraj y ose bude okrenut ka sjeveru, a pozitivni kraj x ose ka istoku. Na slici (150) je prikazan izgled vidnog polja mikroskopa sa označenim linijama koordinatnih osa (x , y). Tanke linije koje se presjecaju u centru vidnog polja i u objektu čije se koordinate mjere, su linije nitnog krsta mikroskopa. Za svaku zvijezdu mjerimo udaljenosti u x (u milimetrima i dijelovima) od y ose. Takođe se mjeri udaljenost y (u milimetrima i dijelovima) od x ose. Oba mjerenja treba vršiti u istom smjeru obrtanja zavrtanja za fino pomjeranje, kako bi se izbjegao "luft" koji je neminovan. Znači, treba se postepeno približavati zvijezdi, a ne preći iza nje pa se vraćati nazad.

Kada se izmjere x i y koordinate u milimetrima svake od zvijezda, tada se pristupa računanju. Na osnovu atlasa se, gledajući kroz mikroskop, odrede koordinate A i D (rektascenzija i deklinacija) presjecišta koordinatnih osa x i y . Dovoljna je tačnost od nekoliko ugaonih minuta. Slijedeća tabela nam govori kako trebamo složiti sve izmjerene podatke:

1. A i D tj. koordinate presjeka x i y ose
2. Za svaku zvijezdu: a) rektascenziju i deklinaciju (α , δ)
b) sopstveno kretanje po α , δ (μ_α , μ_δ)
c) x i y koordinate
3. Koordinate x i y za kometu odnosno asteroid
4. vrijeme sredine ekspozicije prilikom snimanja (do sekunde)
5. Lokalno zvjezdano vrijeme posmatranja (snimanja)
6. Geografska širina mjesta posmatranja.

Korekcija sopstvenog kretanja zvijezda računa se na osnovu nekog zvjezdanog kataloga. Za grublja mjerenja se može i bez nje. Npr. u SAO katalogu date su koordinate za epohu 1950,0 svih zvijezda sjajnijih od 9-te magnitude i njihova sopstvena kretanja u jednoj godini. Da bi smo našli istinske koordinate zvijezde, potrebno je na osnovu slijedeće formule provesti račun:

$$\alpha = \alpha_{1950,0} + \mu_\alpha (t - 1950,0)$$

$$\delta = \delta_{1950,0} + \mu_\delta (t - 1950,0) \quad (2)$$

Ovdje je t godina (i decimalni dio godine) kada je fotografija napravljena. μ_α je godišnje sopstveno kretanje po rektascenziji u sekundama (s), μ_δ je sopstveno kretanje po deklinaciji izraženo u lučnim sekundama ("). $\alpha_{1950,0}$ i $\delta_{1950,0}$ su koordinate zvijezde za epohu 1950,0 i na kraju α i δ su prave koordinate zvijezde u trenutku kada je načinjen snimak.

Za svaki snimak je potrebno odrediti fokusno rastojanje jer, posebno kod kamera sa dužim fokusnim rastojanjem, može zbog temperaturnih promjena doći do pomjeranja fokusa. Fokus se može naći mjerenjem rastojanja dvije zvijezde formulom:

$$f = S / \theta \quad (3)$$

Ovdje je S rastojanje u milimetrima između zvijezda, a θ rastojanje u radijanima između iste dvije zvijezde. S i θ se računaju relacijama:

$$S^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

$$\cos \theta = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos (\alpha_1 - \alpha_2) \quad (4)$$

Ovdje je α data u časovima, minutama i sekundama vremena i mora se pretvoriti u stepene ili radijane. Konverzija se vrši relacijom:

$$\pi \text{ radijana} = 180^\circ = 12^h \quad (5)$$

Najbolje je fokusno rastojanje mjeriti posmatranjem više zvjezdanih parova, jer time preciznost raste.

Kada utvrdimo fokusno rastojanje, dijelimo koordinate x i y sa f i time ih dobijamo izražene u milimetrima ili u jedinicama fokusnog rastojanja.

Sada prelazimo na određivanje tzv. standardnih koordinata (ξ , η) za svaku zvijezdu. U jedinicama fokusnog rastojanja, formule za ove koordinate glase:

$$\xi = \frac{\sin (\alpha - A)}{\sin D \sin \delta + \cos D (\cos \alpha - A)}$$

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} D \cos(\alpha - A)}{\operatorname{tg} D \operatorname{tg} \delta + \cos(\alpha - A)} \quad (6)$$

Standardne koordinate ξ i η razlikovaće se od koordinata x i y za određene konstante koje su date relacijama:

$$\begin{aligned} \xi - x &= ax + by + c \\ \eta - y &= dx + ey + f \end{aligned} \quad (7)$$

a, b, c, d, e i f su tzv. konstante ploče i moramo ih odrediti posebno. Ako imamo tri poredbene, kao u našem slučaju, tada za svaku od njih pišemo jednačinu za koordinatu ξ .

$$\begin{aligned} x_1 a + y_1 b + c &= \xi_1 - x_1 \\ x_2 a + y_2 b + c &= \xi_2 - x_2 \\ x_3 a + y_3 b + c &= \xi_3 - x_3 \end{aligned} \quad (8)$$

Ove tri jednačine se lako riješe i dobiju vrijednosti a, b i c . Na sličan način, konstante d, e i f se nađu iz jednačina:

$$\begin{aligned} x_1 d + y_1 e + f &= \eta_1 - y_1 \\ x_2 d + y_2 e + f &= \eta_2 - y_2 \\ x_3 d + y_3 e + f &= \eta_3 - y_3 \end{aligned} \quad (9)$$

Izračunavši sve konstante, pomoću relacije (7) možemo odrediti standardne koordinate komete (ξ_0, η_0).

Rekrascenzija i deklinacija komete (asteroida) se zatim izračunavaju pomoću formula:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\alpha_0 - A) &= \frac{\xi_0}{\cos D - \eta_0 \sin D} \\ \operatorname{tg} \delta_0 &= \frac{(\eta_0 \cos D + \sin D) \sin(\alpha_0 - A)}{\xi_0} \end{aligned} \quad (10)$$

Opisani postupak vrijedi ukoliko smo radili sa tri poredbene zvijezde. Ukoliko uzmemo više zvijezda, tada će nam cijeli račun biti tačniji ali se to izvodi nešto drugačije. Ako radimo sa 6 zvijezda, tada će nam se pojaviti šest jednačina u relacijama (8) i (9). Rješavanje ovakvih sistema vrši se metodom najmanjih kvadrata. Ne ulazeći u matematičke detalje, mi ćemo samo sprovesti postupak kako se to radi u našem slučaju. Neka radimo sa n poredbenih zvijezda, tada moramo izračunati slijedeće jednačine:

$$\begin{aligned} A &= \sum x_i^2 & B &= \sum y_i^2 & C &= \sum x_i y_i & D &= \sum x_i \\ E &= \sum y_i & L &= \sum x_i \xi_i & M &= \sum y_i \xi_i & N &= \sum \xi_i \\ P &= \sum x_i \eta_i & Q &= \sum y_i \eta_i & R &= \sum \eta_i & & (i = 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (11)$$

Sada formiramo slijedeće tri jednačine (to su tzv. "normalne jednačine"):

$$\begin{aligned} A(1+a) + Cb + Dc &= L \\ C(1+a) + Bb + Ec &= M \\ D(1+a) + Eb + nc &= N \end{aligned} \quad (12)$$

Njih lako možemo riješiti po a, b i c . Isto tako iz jednačina:

$$\begin{aligned}
 Ad + C(1+e) + Df &= P \\
 Cd + B(1+e) + Ef &= Q \\
 Dd + E(1+e) + nf &= R
 \end{aligned} \tag{13}$$

dobijemo d , e , i f . Kada ovo završimo, na isti način zatim odredimo koordinate komete (asteroida).

Da bi nam mjerenja bila tačnija, pogotovo ako se radi o kometi koja je snimana niže nad horizontom, moramo uvesti i popravke za diferencijalnu refrakciju. U tu svrhu, najprije računamo "istinsku" zenitnu udaljenost i azimut za svaku zvijezdu. To su veličine z i A .

"Istinske" koordinate su one koje bi bile u odsustvu atmosfere.

$$\cos z = \sin \rho \sin \delta + \cos \rho \cos \delta \cos H$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin H}{\cos \rho \operatorname{tg} \delta - \sin \rho \cos H} \tag{14}$$

ρ je ovdje geografska širina mjesta osmatranja, a H časovni ugao zvijezde (dobija se kada od lokalnog zvjezdanog vremena trenutka snimanja oduzmemo rektascenziju zvijezde).

Zatim računamo "prividnu" zenitnu daljinu ζ svake zvijezde tj. zenitnu daljinu kakvu zvijezda ima kada se njena svjetlost prelomi u zemljinoj atmosferi.

$$\zeta = z - 58,2 \operatorname{tg} \zeta \tag{15}$$

Prividna deklinacija δ' , prividni časovni ugao H' i prividna rektascenzija zvijezde α' , se računaju iz relacije:

$$\sin \delta' = \sin \rho \cos \zeta + \cos \rho \sin \zeta \cos A$$

$$\operatorname{tg} H' = \frac{\sin A \operatorname{tg} \zeta}{\cos \rho - \sin \rho \cos A \operatorname{tg} z} \tag{16}$$

$$\alpha' = \text{LST} - H' \text{ (gdje je LST - lokalno zvjez.vrijeme)} \tag{17}$$

Kada imamo α' i δ' svake zvijezde, tada računamo konstante ploče na isti način kao maločas. Time na kraju dobijemo "prividnu" rektascenziju i "prividnu" deklinaciju komete (asteroida).

Da bi smo dobili konačne vrijednosti koordinata tj. α_0 i δ_0 , moramo provesti slijedeći postupak:

$$\cos \zeta_0 = \sin \delta'_0 \sin \rho + \cos \rho \cos \delta'_0 \cos H'_0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\sin H'_0}{\cos \rho \operatorname{tg} \delta'_0 - \sin \rho \cos H'_0} \tag{18}$$

Ovdje je H'_0 prividni časovni ugao komete (asteroida) koji je ustvari lokalno zvjezdano vrijeme minus prividna rektascenzija (α'_0).

Sada računamo istinsko zenitno rastojanje komete (asteroida):

$$z_0 = \zeta_0 + 58,2 \operatorname{tg} \zeta_0 \tag{19}$$

Na kraju računamo istinsku deklinaciju δ_o , istinski časovni ugao H_o i istinsku rektascenziju α_o :

$$\sin \delta_o = \sin \rho \cos z_o + \cos \rho \sin z_o \cos A_o$$

$$\operatorname{tg} H_o = \frac{\sin A_o \operatorname{tg} z_o}{\cos \rho - \sin \rho \cos A_o \operatorname{tg} z_o} \quad (20)$$

$$\alpha_o = \text{LST} - H_o$$

SAO - Smithsonian Astrophysical Observatory, 1969. Star
Atlas of reference stars and Non-stellar Objects,
MIT Press, Cambridge, Mass. USA

AAVSO- American Asociation of Variable Star Observers
"Variable Star Atlas", 187 Concord Ave.,
Cambridge, Mass.02138 USA

Bečvar,A. 1962, Atlas Coeli, Czechoslovak Academy of Sciences, Prague.
Will Tirion, 1986, Sky Atlas, Sky publishing Corporation.

Posmatranja Mjeseca

Jedini Zemljin prirodni satelit je sigurno bio prvi objekat za posmatranja mnogim amaterima. Pogled kroz teleskop na njegove kratere, mora i planine i dan danas uzbuđuje i prekaljene astronomske vukove. Iako su ljudi još 1969. godine dotaknuli njegovu površinu i donijeli brojne uzorke mjesečevih stijena, ovaj nezaobilazni pratilac naše planete još uvijek predstavlja i zanimljiv astronomski objekat. Moguće ga je posmatrati i najmanjim instrumentom. Dovoljno je sjajan za upotrebu velikih uvećanja i dobro je pratiti ga iz dana u dan u skladu sa pomjeranjem njegovog terminatora (linije koja razdvaja svjetlo od tame).

Oni koji za to imaju talenta, mogu se baviti crtanjem teže vidljivih detalja koji se fotografski ne mogu registrovati. Takav posao traži strpljenje i duge noći jer se pri raznim uslovima osvjetljenosti Mjeseca, različito vide pojedine strukture njegovog reljefa. Pri tome je najrazumnije opredjeliti se na jednu užu oblast (jedan krater, dolina i slično).

Drugo polje rada je posmatranje onih kratera i oblasti na Mjesecu za koje postoje izvještaji o bljeskovima i promjenama ma koje vrste. Neki od ovih fenomena su optičke prirode, dok se za neke još uvijek ne može sa sigurnošću tvrditi šta predstavljaju. Ovakva posmatranja je pogodno obavljati uz pomoć filtera (recimo crveni i plavi) tako da se lakše uoče promjene boje nekog detalja.

Za one ambicioznije, koji posjeduju veće teleskope, izazov može predstavljati istraživanje tzv. "mjesečevih kupola". Ove polusferične strukture su male, a zbog oblika ih je teško razlikovati od okolnog terena sem kada su blizu terminatora. Uz dosta sreće moguće je eventualno otkriti i neku novu, do sada neopaženu kupolu, naravno, uz uslov da se negdje pribave detaljne karte Mjeseca.

Uz upotrebu neke karte Mjeseca, možemo se postepeno, iz noći u noć, upoznati sa osnovnim reljefom našeg prirodnog satelita. Taj opis dat je na sljedećim stranicama.

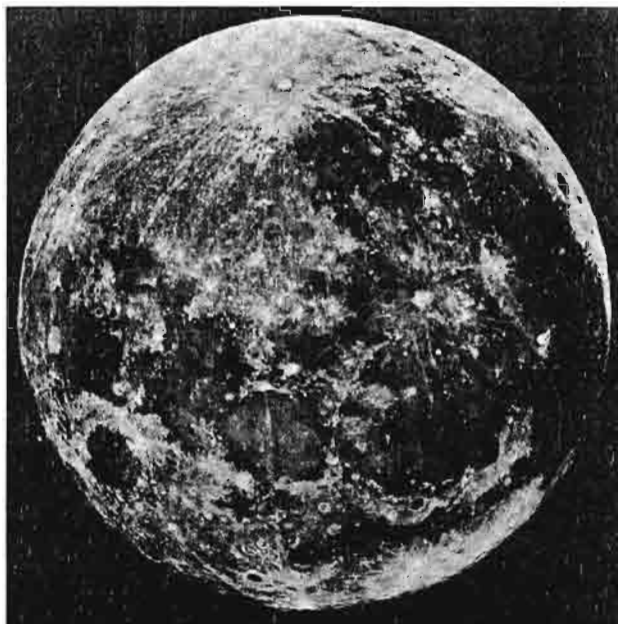
Opis mjesečeve površine

Faza tankog srpa

Za one koji se još uvijek ograničavaju na posmatranja samo golim okom, interesantno je da pokušaju ustanoviti koliko najranije mogu opaziti tanki srp Mjeseca na zapadnom horizontu. Ta vidljivost se mijenja u toku godine i najbolji su uslovi u proljeće kada se mjesec pojavljuje pod najvećim uglom u odnosu na horizont. Neki posmatrači su opazili Mjesec kada je bio star svega desetak sati. Upotreba malog durbina olakšava ovakva posmatranja.

Tri dana poslije Mladog Mjeseca

Najuočljiviji oblik kod ove faze Mjeseca je svakako poznato More Kriza /Mare Crisium/.



Sl. 151. Mjesec.

Spada među manja "mora" sa prečnikom od oko 600 kilometara. Okruženo je planinsko-kraterskom zonom, a u samom moru smješteni su neki manji krateri kao Picard, Pierce i Graham. Na jugozapadnom dijelu Mare Crisium zapažaju se bijele zrakaste strukture.

U ovoj fazi opažaju se i neki dijelovi rubnih "mora" koji se najjasnije vide pri zapadnoj libraciji Mjeseca. To su Mare Australe, Smythii, Marginis i Humboldtianum. Svojim većim dijelom ona zalaze za nevidljivu stranu Mjeseca. Daleko na jugu zapaža se krater Furnerius čiji se zidovi dižu na visinu od preko 3300 metara. Sjeverno je predivni Petavius sa centralnim brdom prečnika 180 kilometara. Krater Vendelinus je prilično narušen, a četvrti u nizu je Langrenus sa dimenzijama od 130 kilometara. Eliptičan izgled ovih kratera u našem teleskopu dolazi otuda što ih posmatramo "sa strane" jer su inače približno kružnog oblika.

Blizu sjevernog pola Mjeseca smješten je krater Endymion čije je dno neobično tamno i mijenja ton sa porastom starosti Mjeseca. Ta pojava se dešava kod još nekih kratera pa ih je zato interesantno posmatrati. U ovo vrijeme još je vidljiva pepeljasta svjetlost odnosno efekat osvjetljavanja noćne strane Mjeseca Zamljinom svjetlošću. U teleskopu se opažaju neke karakteristične tamne i svijetle zone zatamnjene strane.

Peti dan

Mare Foecunditatis ili More Plodnosti pojavljuje se u svom punom sjaju. Veoma je uočljiv par kratera Messier i Pickering koji leže blisko jedan drugom u središtu ove ravnice. Pad svjetlosti u razno vrijeme dovodi do promjena u vidljivosti kratera pa čas jedan izgleda veći i dublji, a čas se to dešava sa drugim. Mare Nectaris /More Nektara/ nalazi se nešto istočnije od Mora Plodnosti i karakteristično je po lancu kratera Caterina, Cyrillus i Theophilus. Kod ovog posljednjeg zidovi se terasasto dižu iznad 500 metara. Ovakvi lanci kratera kakvih ima još mnogo na površini našeg susjeda svjedoče o nesumnjivom vulkanskom porijeklu velikih kratera. Udari meteorita su pak mogli proizvesti mnogo malih kratera i neravnina na tlu ovog mrtvog svijeta.

Mare Tranquillitatis ili More Tišine takođe nam je vidljivo u ovoj fazi, a kod njega se naročito ističe krater Posidonius prečnika 110 km. U njegovoj unutrašnjosti ima dosta zanimljivih detalja. Sjeverno se ističu krateri Atlas i Hercules. Ovaj prvi ima dno čija se zatamnjenost mijenja sa promjenom osvjetljenosti Mjeseca.

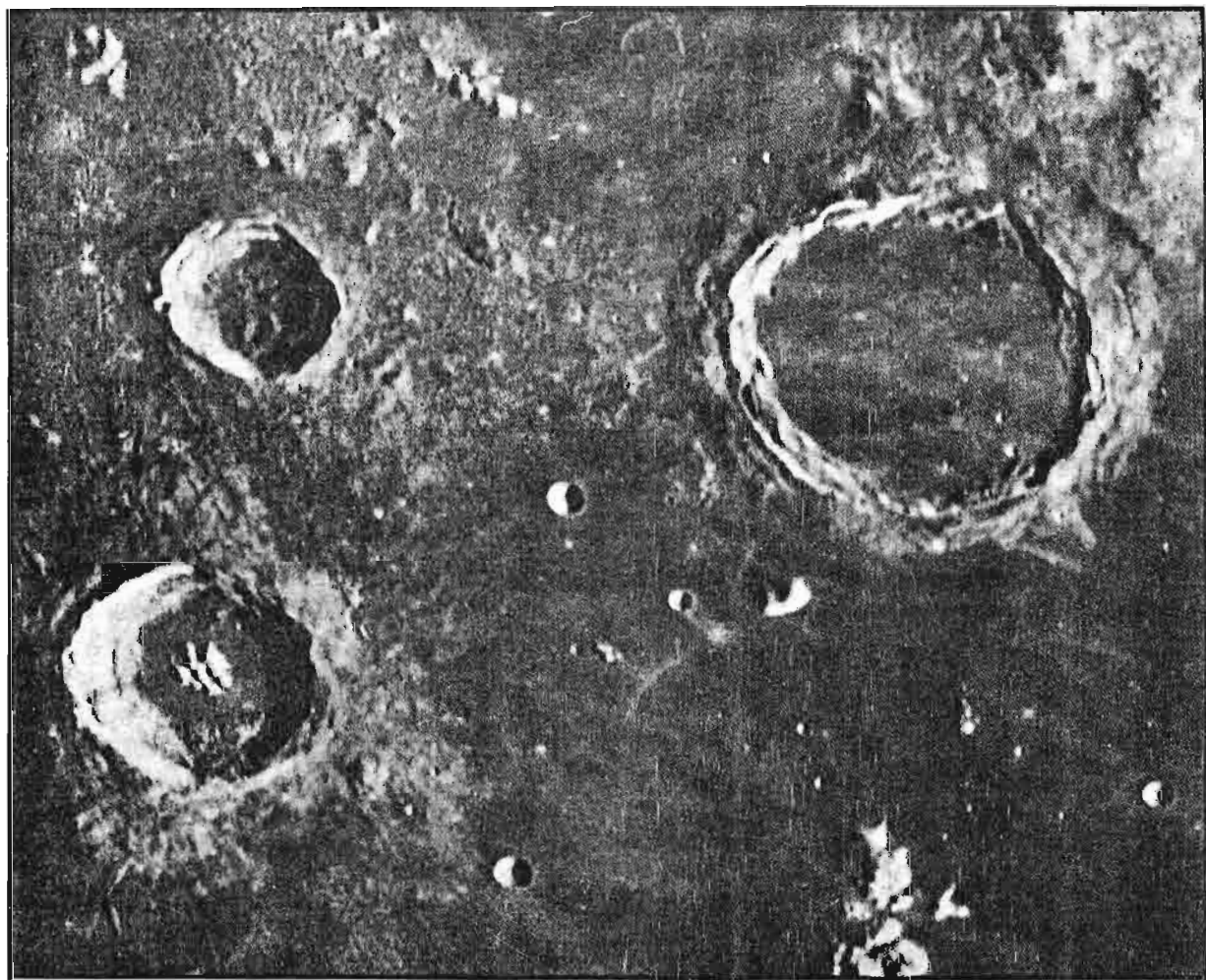
Prva četvrt

U ovoj fazi srebreno crni svijet Mjeseca je veoma upečatljiv. Terminator (linija koja odvaja noć i dan na Mjesecu) pruža se poput noža, a južna hemisfera je prepuna kratera. Krater Stofler u svom jugozapadnom dijelu ima mali krater Faraday, a Hipparchus sa niskim zidovima biće gotovo nevidljiv u vrijeme Punog Mjeseca kada za njega bude podne dugog Mjesečevog dana.

More pare ili Mare Vaporum nije previše uočljivo. Nalazi se oko središta diska, a u njemu je smješten jedan veoma poznati objekat. To je krater Hyginus koji se nalazi u sredini veoma zanimljive tvorevine pukotine dugačke oko 270 kilometara. Pukotina je široka oko 2 kilometra ali je lako vidljiva u teleskopu od 75 milimetara prečnika. Vidljivost omogućava činjenica da je ona uočljivo svjetlija od svoje okoline. Inače, astronomi ovu pukotinu nazivaju Hyginusova pukotina. U velikim teleskopima se vidi da je ona ustvari građena od niza "kraterastih" struktura. Hyginus gradi pravougli trougao sa Maniliusom i kraterom koji nosi ime našeg naučnika Boškovića.

Mare Serenitatis ili More Vedrine je lijepo kružno more i u ovoj fazi Mjeseca veoma dobro vidljivo. Planinski vijenci Haemusa i Caucasusa ograničavaju ga sa južne i istočne strane. Površina ove velike ravnice nema nekih naročito uočljivih oblika. Krater Bessel je jedini uočljiv, a istočno od njega možemo zapaziti bijelu mrlju koja predstavlja kontraverzni krater Linné. 1866. godine Julius Schmidt, koji je tada radio na svojoj kasnije čuvenoj mapi Mjeseca, objavio je da je Linné iščezao kao krater i da se vidi samo bijela mrlja na tom mjestu. I raniji posmatrači su

tvrdili da je prstenasta planina Linné bila uočljiva ranije. U snažnijim teleskopima Linné ima kraterast oblik okružen bijelom mrljom. Danas se smatra da ova "uzbuna" oko kratera nije imala fizičke podloge već da su u pitanju određeni optički efekti različite vidljivosti pod raznim osvjetljenostima Mjeseca. Sjeverno od ovog Mora vide se veći krateri Aristotel i Eudoxus.



Sl. 152. Krateri Autolycus, Aristillus i Archimedes na snimku opservatorije Lick.

Deveti dan

Dan nakon prve četvrti u vidno polje nam ulaze ogromne prstenaste ravniče, džinovski krateri Ptolomeus (prečnik 160 km), Alphonsus (100 km) i Arzachel. Alphonsus je naročito postao poznat kada je 1958. godine sovjetski astronom Nikolaj Kozirev izvijestio o opažanju erupcije gasova praćene crvenkastim bljeskom. Pojava se prema njemu desila na podnožju centralne planine kratera. Posmatranje je obavljeno 125 cm-skim teleskopom Krimске opservatorije.

Ovakva slabija svjetlucanja su opažena i ranije pa postoji mogućnost da je vulkanska aktivnost još prisutna u ovoj zoni.

Deveti dan Mjeseca dovodi nam mnogobrojne objekte u položaj pogodan za posmatranja. Zanimljivo je pogledati 90 kilometarski krater Tycho koji je smješten na južnom dijelu terminatora. Ima veoma lijepu centralnu planinu, a svuda od njega pružaju se mnoge svijetle pruge

koje se naročito ističu kada je Mjesec pun. Pojedine od njih pružaju se i do dvije hiljade kilometara preko našeg satelita. Slične pruge ima krater Copernicus smješten u Okeanu oluja (Oceanus Procellarum), a pojava se u manjim razmjerama opaža i kod drugih kratera. Priroda ove pojave još uvijek nije jasna i tek detaljnija ispitivanja na licu mjesta mogu dati odgovor na ovo, a i na mnoga druga pitanja.

Južno od Tycho-a leži Clavius drugi po veličini krater na Mjesecu. Ima prečnik od oko 260 kilometara. Unutar Mora oblaka (Mare Nubium) nalazi se interesantna tvorevina poznata kao "Uspravni zid". To je pukotina prava poput linije duga oko 100 kilometara. Zemljište zapadno od nje je za oko 250 metara više od tla istočno od pukotine.

Sjeverno od mjesečevog ekvatora blizu južnog dijela Mora kiša ili Mare Imbrium smješten je vjerovatno najljepši krater na Mjesecu. To je Copernicus prečnika 100 kilometara čiji se zidovi dižu do visine od preko 5000 metara. Centralni brežuljak ima tri odvojena vrha. Inače, u Moru kiša nalaze se neke interesantne strukture. Zapadni dio ove ravnice ograničen je planinskim lancem mjesečevih Apenina u kome se nalazi vrh Mount Huygens visok oko 6000 metara. Sjeverno su Alpe sa čuvenom Alpskom dolinom koja je kao nožem urezana kroz planine.

Na sjeveru Mora kiša leži krater Plato koji je jedna od najbolje ispitanih struktura na Mjesecu. Razlog leži u tome što se u njegovoj unutrašnjosti nalaze mnogobrojne kraterske tvorevine. One su rasute po čitavom dnu, a povezuju ih svijetlije površine.

Nešto južnije od Plato-a je Pico, izolovano brdo. Istočno se zapaža impresivni Sinus Iridum (Dugin zaliv).

Jedanaesti dan

1783. godine engleski astronom W. Herschel objavio je izvještaj o posmatranju Mjeseca u fazi kada je vidljiva "pepeljasta svjetlost". Svjetlost Zemlje tada dominira na Mjesečevom nebu. Od svih tamnih i svijetlih struktura koje su se mogle nazrijeti, on je istakao sjajni krater Aristarchus. Smješten je na sjevernom dijelu Okeana Oluja i okružuje ga mali sistem svijetlih pruga. Čitav krater, a posebno centralno brdo, je građen od svijetlog materijala koji omogućava da ga se veoma lako uoči. Postoje neki izvještaji o opaženoj aktivnosti i bljeskovima u ovoj oblasti. Jugoistočno od ovog kratera nalazi se znatno tamniji Herodotus. Sjeverno, uz njega, opaža se poznata Schroterova dolina koja ima oblik slova U. Daleko na jugu, na rubu Mora vlage (Mare Humorum) je Gassendi za njega postoje izvještaji o opaženim bljeskovima koji ukazuju na moguću aktivnost.

Trinaesti dan

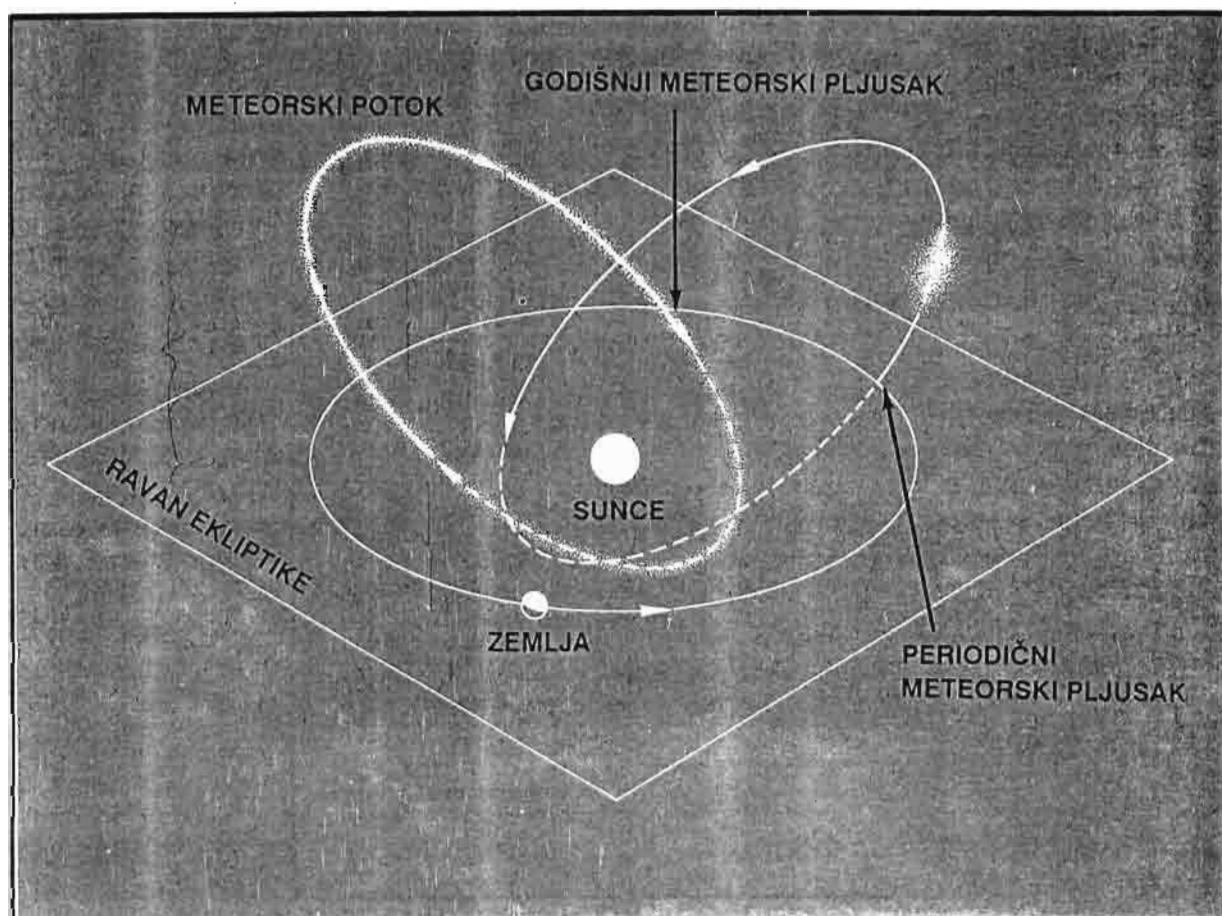
Mjesec je sada gotovo pun. Objekti na istočnom rubu postaju vidljivi, a zavisno od stepena libracije moguće je vidjeti i neke od oblika sa druge, nevidljive strane Mjeseca. 210 kilometara je širok krater Grimaldi i izgleda nam eliptičan. Ta eliptičnost mnogih kratera na rubu je prividna zbog ugla pod kojim ih gledamo. Riccioli u susjedstvu ima takođe tamno dno. Nešto južnije su Rook-ove planine sa vrhovima koji idu i preko 6000 metara. Dalje na jugu je Schicard koji je nešto manji od Clavius-a. Na sjeveru je kraterasta tvorevina nazvana Struve.

nalaženje koordinata tačke iz koje dolaze, spadaju u polje u kojem amateri mogu dati izuzetne rezultate. Za ovakva posmatranja nisu neophodni ni teleskopi ni bilo kakvi skupi uređaji.

Dovoljno je poznavanje jednostavnih pravila, znanje o sazviježđima, te saradnja sa astronomskim društvima i organizacijama koje se bave ovim područjem. U Jugoslaviji postoje prilično dobra iskustva u ovakvim posmatranjima. Tako su brojne astronomske grupe praktikovale posmatranja meteora, na Ljetnim školama poput onih u Prviću kod Šibenika, Petnici kod Valjeva, te u posljednje vrijeme u Višnjanu kod Poreča. U periodu od 1980. - 1983. godine sa Astronomske opservatorije u Sarajevu vršena su patrolna snimanja bolida pomoću specijalne "fish eye" kamere, a u namjeri da se formira jugoslovenska mreža.

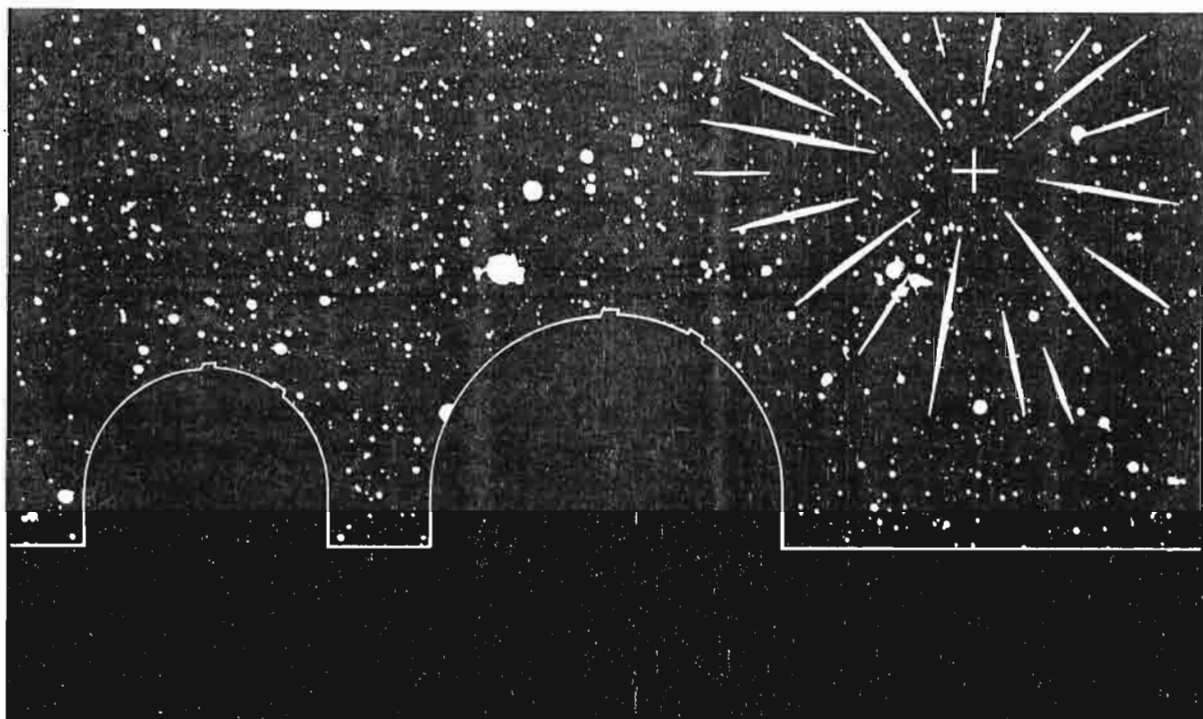
Osnovni podaci

Prema savremenim astronomskim saznanjima u međuplanetskom prostoru nalaze se mala tijela koja nazivamo meteoroidima. Dok su meteoroidi u kosmičkom prostoru, nije ih zbog malih dimenzija moguće vidjeti. Kada uđu u Zemljinu atmosferu, na visini od nekih stotinjak kilometara od tla, oni počinju da svijetle zbog trenja. Vrlo brzo, najveći dio meteoroida koje sada zovemo meteori, u potpunosti ispare već na visini od 25 km. U rijetkim slučajevima, kada je meteoroid dovoljno krupan, do površine Zemlje može da dopiye nešto od njegove mase. To što nađemo na površini nazivamo meteorit. Izuzetno rijetko, u razmacima od više miliona godina, veliki meteoriti svojim padovima su u stanju da izazovu pravu katastrofu i naprave veće ili manje kratere.



Sl. 154. Razlika između meteorskog roja i meteorskog potoka.

Danas znamo da meteoroidi pripadaju porodici tijela Sunčevog sistema. Većina tog materijala nastaje raspadom kometa. Tako je uočeno da je orbita meteorskog potoka Leonida identična sa orbitom kometa Temple-Tuttle 1868 I. Perseidi pak pokazuju veliku sličnost u orbiti sa kometom Swift-Tuttle 1862 III. Postoje i direktni dokazi za to, pa je raspad kometa Biela, uzrokovao desetak godina kasnije susret Zemlje sa imponzantnom meteorskom kišom.



Sl. 155. Izgled meteorskog radijanta.

Dio meteoroida potiče i iz asteroidnog pojasa, gdje se sudarima većih tijela stvaraju manje čestice koje se dalje mrve na još manje. Ovako nastali meteorski rojevi postepeno se šire duž i oko svoje orbite jer se radi o lakim česticama podložnim gravitacionim uticajima većih tijela, pogotovo planeta. Tako se formira meteoroidno vlakno koje se na kraju širi u meteorski potok ili struju.

Tokom godine Zemlja se na svom putu sreće sa brojnim meteorskim potocima i rojevima. U određenim datumima povećava se frekvencija opaženih meteora i dostiže maksimum.

Ono što se u noćima maksimuma jednog potoka lako uočava je činjenica da nam izgleda kako svi opaženi meteori izleću iz određene tačke na nebu. Tu tačku nazivamo radijant. To je privid, jer se meteori jednog potoka kreću paralelno u prostoru, a paralelne linije se prividno sjeku u beskonačnosti.

Radijanti nose ime po sazviježđu ili najsajnijoj zvijezdi kraj koje se nalaze. Tako imamo potok Perseida, alfa Bootida i sl. U stvarnosti radijant nikada nije tačka već izvjesna površina na nebu prečnika nekoliko uglovnihi stepeni. Istraživanja pokazuju da mlađi potoci imaju "tačkastije" radijante od starijih kod kojih dolazi do postepene divergencije u putanjama pojedinihi meteoroida. Zbog toga svaki se radijant postepeno pomiče na nebu, pa se kod određivanja radijanata ne mogu koristiti posmatranja obavljena različitih noći.

Vizuelna posmatranja meteora

Ovaj način posmatranja je najrašireniji u amaterskoj praksi i daje izuzetno dobre rezultate. Može se obavljati individualno (sa kasetofonom), što je teže, i grupno. Rad u grupi ima prednost što je moguće posmatrati veću oblast neba i što je lakše uvesti neiskusne posmatrače u tehniku ovih posmatranja. Svaka grupa treba da ima zapisničara i u jednoj ne treba da je više od 5-6 posmatrača. Zapisničar je osoba koja vodi dnevnik posmatranja i to za svakog posmatrača posebno. Obično se unaprijed odabere područje neba koje se gleda i to najčešće oblast oko zenita prečnika 60° . Tu je ekstinkcija (odnosno upijanje svjetlosti u atmosferi) najmanja pa se prividni sjaj ili magnituda meteora najtačnije određuje. Uobičajeno je da se posmatranja obavljaju u intervalima od po 60 minuta sa kraćom pauzom nakon toga. Naravno, prije početka posmatranja potrebno je naviknuti oko na tamu za šta je neophodno dvadesetak minuta. Važna stvar je izbor posmatračkog mjesta za koje je bitno da je dalje od direktnog ili jačeg svjetla i da ima što bolju vidljivost cijelog nebeskog svoda. Obično se, ako je to moguće, posmatračko mjesto bira u blizini nekog pogodnog objekta (Astronomska opservatorija, planinarski dom i sl.).

Za pripremu svakog posmatranja potrebno je pripremiti neke neophodne stvari. U najkraćem to su:

- plastična prostirka za mjesto gdje će se ležati
- vreće za spavanje ili tople deke (noću je i ljeti hladno kada se leži na zemlji, a tek o zimi ne treba ni govoriti),
- olovke i druge pisaljke,
- podmetači za papir
- baterijske lampe sa crvenim filterima i regulacijom sjaja po mogućnosti,
- precizan sat
- fotokopije formulara za posmatranja
- gnomonske zvjezdane karte
- kasetofon (po mogućnosti)
- fotografske aparate
- hrana, piće (ne alkohol) i slično.

Princip rada se sastoji u slijedećem. Grupa koja leži na izabranom mjestu posmatra nebo i trudi se da registruje svaki meteor koji proleti kroz posmatranu oblast. Stvar je dogovora kako će se obavljati komunikacija sa zapisničarem. Najvažniji podatak je magnituda meteora. Procjenu vršimo sa tačnošću od 0,5 magnituda. Sjaj meteora procjenjujemo poredeći ga sa susjednim zvijezdama iste zenitne daljine. Ovo svakako zahtjeva od posmatrača poznavanje sazviježda i magnituda sjajnijih zvijezda. Izuzetno je bitno, više puta u toku posmatranja, odrediti tzv. graničnu prividnu veličinu zvijezda. Na kraju, iz takvih posmatranja izvodi se srednja magnituda za datu noć.

Granična magnituda nam govori o kvalitetu određene noći, a koristi se u kasnijoj analizi. Možemo je odrediti direktno posmatranjem nekih standardnih zvijezda iz atlasa ili karte kao što je ona pod brojem 1 u prilogu ovog teksta. To je okolina sazviježda Mali Medvjed koje je cirkumpolarno i nikada ne zalazi. Takođe, kod direktnih posmatranja možemo koristiti slijedeću tabelu u kojoj su date magnitude nekih poznatih nebeskih tijela i zvijezda.

Magnituda Objekat

- 13	Pun mjesec
- 10	Mjesec u prvoj i posljednoj četvrti
- 6	Mladi mjesec
- 4	Venera
- 2	Jupiter, Mars u perihelnoj opoziciji
- 1,5	Sirius, Mars u normalnoj opoziciji
0	Vega, Capela, Arocurus, Rigel
1	Aldebaran, Altair, Spica, Pollux, Regulus, Saturn
2	Polarna, α , β , γ And, α Per, γ Ori, β Tau, zvijezde u pojasu Oriona, α Hya, β Leo, β UMi, α, ζ, η UMa, α CrB, α Oph,
3	γ Peg, α Cet, η Tau, ζ Vir, α CVn, η Boo, α Lib, β Sco, γ Aql,
4	γ Cas, δ Tau, σ Leo, ζ Boo, ζ Lyr, π Peg.
5	Slabe zvijezde, dobro vidljive za vedre noći, Alkor.
6	Okom najslabije vidljive zvijezde.

Pouzdaniji metod se sastoji u posmatranju određenih površina na nebu omeđenih poznatim zvijezdama. U prilogu teksta date su karte dvadeset takvih oblasti. Uz svaku kartu nalazi se tabela u kojoj N označava broj zvijezda koje vidimo u omeđenoj površini, a L_m je granična magituda.

Primjer: Ako u četverouglu koga na karti broj 2 zvijezde δ - χ - ξ - ζ Zmaja (Draco) vidimo pet zvijezda tada je granična magnituda iz tabele $L_m = 4,2$.

Srednju graničnu magnitudu određujemo iz sume pojedinih procjena po formuli:

$$L_{ms} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{mi} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

gdje je t_i vremenski interval posmatranja (npr. intervali od 60 minuta, 40,80). Primjer:

$$L_{ms} = \frac{5,5 \cdot 40 + 6,0 \cdot 25 + 6,2 \cdot 40 + 6,3 \cdot 80}{185} = \frac{1422}{185} = 6,06$$

Pri svakoj ocjeni sjaja potrebno je zapisati vrijeme sa tačnošću od jedne sekunde. Za podešavanje sata i njegovu korekciju najbolje je koristiti signale sa radio prijemnika. Veoma je pogodan za to "BBC World Service" koji na kratkotalasnom području daje časovne signale svaki puni sat. Početak svakog sata označen je dužim signalom koji slijedi nakon pet kraćih. Frekvencije na kojima emituje BBC su: 15,070 MHz, 12,095 MHz, 7,325 MHz i 6,195 MHz.

Za vrijeme posmatranja treba paziti na eventualnu pojavu oblaka. Svaka promjena

oblačnosti neba veća od 10% mora se registrovati i upisati vremenski interval kada se to desilo. Uz podatak o sjaju meteora ide i posmatračeva procjena njegove pripadnosti nekom radijantu ili se konstatuje da je sporadični. U mislima, svaki od posmatrača povlači i produžuje liniju duž meteorskog traga. Ako ona prolazi blizu nekog od poznatih radijanata tada konstatujemo da je to recimo Perseid ili Leonid. Ako meteor prolazi kroz sam radijant, blizu njega ili kraj te tačke ima veliku ugaonu brzinu, tada sigurno ne pripada tom radijantu. Ukoliko se ne može odrediti pripadnost određenog meteora ni jednom poznatom radijantu, tada je on sporadik. U formular se upisuje skraćenica ili prvo slovo potoka odnosno sporadika.

Iskusniji posmatrači mogu da se bave i određivanjem položaja meteora. Pri tome se mora zapamtiti položaj u odnosu na obližnje zvijezde, te ga po sjećanju ucrtati na zvjezdanu kartu. Za ovu svrhu se prave karte u posebnoj, tzv. gnomonskoj projekciji i na njima ucrtani meteori su prave linije što i vidimo na nebu. Strijelicom se ucrtava smjer leta.

Ako je frekvencija meteora veća od 5 u minuti tada se ne može posmatrati na klasičan način. Radi se o meteorskoj kiši pa se bira manje područje omeđeno zvijezdama i broje se samo meteori koje opažamo unutar te površine.

U prilogu ovog teksta dat je izgled formulara koji se koristi za upisivanje meteorskih podataka. Ovakav izgled propisan je od strane "International Meteor Organisation (IMO)" pa ne treba praviti neke vlastite verzije ili koristiti formule iz starije literature. Primjetićete da su date dvije verzije formulara. Prva grupa je ispisana podacima (preuzeto iz "Priručnika za vizuelno promatranje meteora" autora Korlević Korada u izdanju AAD "Višnjan") koji služe kao primjer i na osnovu kojih su izvedeni svi proračuni koji objašnjavaju pojedine aspekte meteorskih pojava. Prema tome, kada u formuli za recimo graničnu magnitudu nađete neke brojeve, pogledajte na tabelu "Sky Conditions Limiting Magnitude" iz koje su oni uzeti.

Zaglavlja tabela i formulara su na engleskom jer se sva posmatranja prikupljaju u IMO centru u Belgiji, a adrese su u prilogu, zajedno sa tabelama. Poslije ispunjenih formulara dolaze potpuno prazni koje možete fotokopirati ili prekucati sami.

Nakon posmatranja potrebno je što prije, već sutradan, srediti sve podatke i uredno ispisati formule. Noćna pisanja pod slabim svjetlom daju nekad čudne grafološke rezultate. U slučaju kada je zapis obavljao zapisničar, tada treba izdvojiti posebno posmatranja svakog od posmatrača i prepisati ih u poseban formular. Takođe je važno ponovo kontrolisati sat koji je korišten uporedivši ga sa radio signalima. Dobro je upamtiti i slijedeće:

- svake noći koristi novi formular - čuvaj kopiju svakog posmatranja za buduću obradu - formular se ispunjava i čuva i u slučaju da nije viđen ni jedan meteor - upoređuj samo sređena posmatranja svakog od posmatrača.

Proračuni nakon posmatranja

Da bi naša posmatranja imala smisla, neophodno je izvršiti njihovu standardizaciju vodeći računa o svim faktorima koji utiču na naše procjene.

Najprije je bitno grupisati posmatrane magnitude meteora u pojedinačne klase. Za ovo postoji odgovarajući obrazac u prilogu sa tabelama. Klasa magnituda je definisana u intervalu od +0,5 do -0,5 cjelobrojne vrijednosti magnitude koja daje ime intervalu. Iz tabele podataka vrlo je jednostavno dobiti srednju magnitudu $\bar{m}$ i to preko formule:

$$\bar{m} = \sum_{i=1}^6 \frac{m_i \cdot \text{magnituda intervala}}{N}$$

gdje je N broj viđenih meteora.

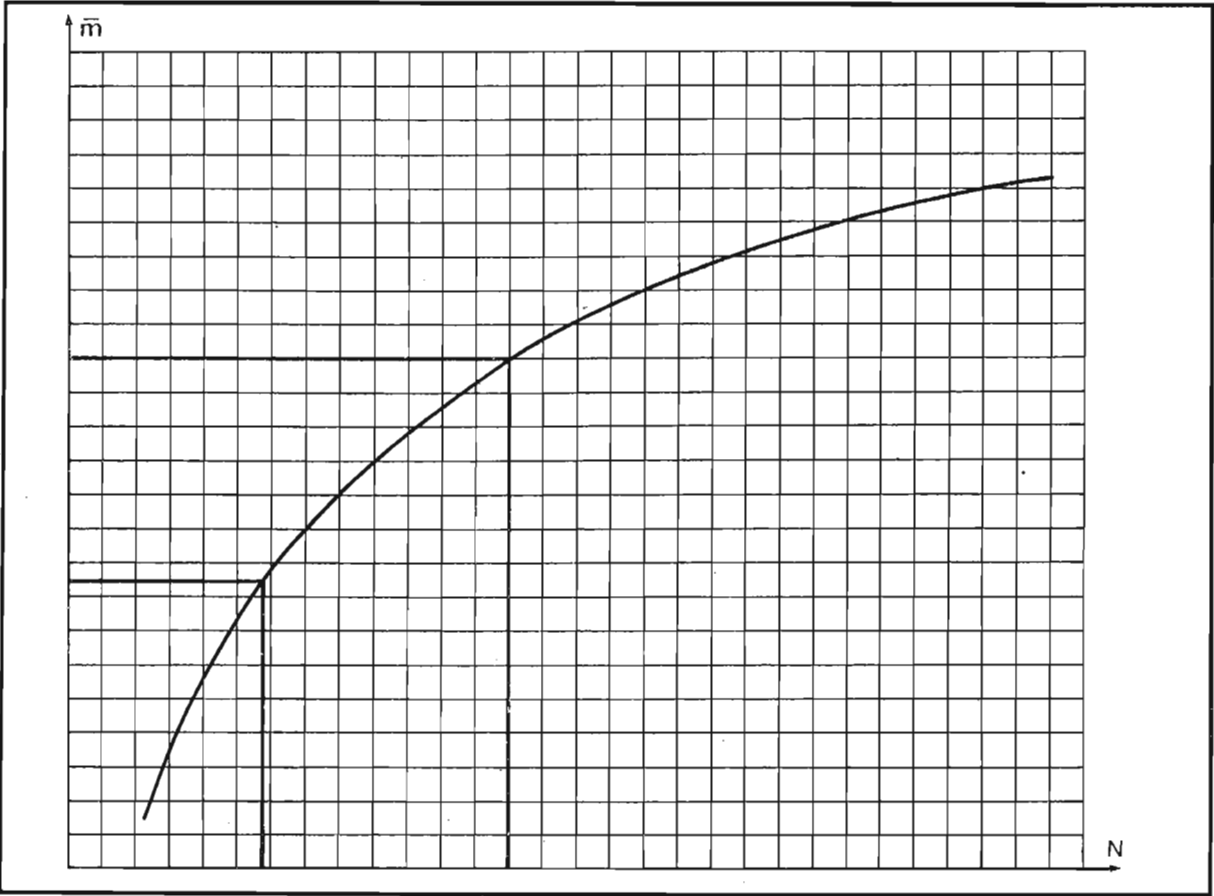
- Summary report -															
		Magnitude Distribution													
Showers	$\overline{m}$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	Total
Perseids	1,94				0,5	2	2,5	1	2	4,5	6	2,5	2,5	0,5	24
Aquarids	2,79								0,5	1,5	4	1			7
χ Cygnids	2,29								0,5	0,5	1				2
α Capricornids	1,75								1	0,5	0,5				2
Sporadics	2,63							1	1,5	3	3	1			12

Primjer za Perseide:

$0,5 \cdot (-3) + 2 \cdot (-2) + 2,5 \cdot (-1) + 1 \cdot 0 + 2 \cdot 1 + 4,5 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 2,5 \cdot 4 + 2,5 \cdot 5 + 0,5 \cdot 6 = 46,5$

$\overline{m}_{per} = \frac{46,4}{24} = 1,94 \qquad Lm = 6,06 \qquad 6,5 - 6,06 = 0,44$

$\Rightarrow \overline{m}_{per} = 1,94 + 0,44 = 2,38$



Sl. 156.

Za dalja razmatranja će nam takođe trebati tzv. populacioni indeks "r". On nam pokazuje koliko se više pojavljuje meteora magnitude $m+1$ nego onih magnitude "m". On je takođe mjera za određivanje broja meteora koje ćemo izgubiti (odnosno nećemo opaziti) tokom loših posmatračkih uslova kada je granična magnituda manja.

Sada možemo preći na određivanje tzv. Zenitne satne frekvencije ili ZHR (od Zenit Hour Rate). To je po definiciji broj meteora koji bi jedan posmatrač vidio na nebu bez oblaka u vedroj noći sa graničnom magnitudom neba od 6,5 pri čemu je radiant u zenitu, a posmatranje traje jedan sat.

U praksi, ovo su suviše idealni uslovi, pa se zbog toga uvode korekcionni koeficijenti. Time se vrši standardizacija svih posmatranja. Za kvalitetnije rezultate važno je da imamo što više posmatranja. Dakle, po definiciji, Zenitna satna frekvencija je:

$$ZHR = \frac{F \cdot C \cdot K \cdot N}{T}$$

gdje su:

- F = korekcija za oblake
- C = korekcija za graničnu magnitudu
- K = korekcija za zenitnu udaljenost radianta
- N = broj meteora određenog radianta
- T = efektivno vrijeme posmatranja u satima

Najprije ćemo odrediti koeficijent F ili korekciju za oblake. Sve vrijeme pomno pratimo eventualnu promjenu oblačnosti neba. Kada oblačnost pređe 30% treba napraviti pauzu. Po definiciji:

$$F = \frac{1}{1 - K'}$$

$$K' = \sum_{i=1}^n \frac{K_i \cdot t_{\min}}{t_{\min \text{ ukupno}}}$$

Primjer: Iz tabele "Sky Conditions, Clouds, Sky Obscured" imamo podatke o oblačnosti od 10%, 20% i 10% i pripadne intervale u minutama. Ove procenete izražavamo preko 0,1 (za 10%) i 0,2 (za 20%). Tada dobijamo:

$$K = \frac{0,1 \cdot 15 + 0,2 \cdot 35 + 0,1 \cdot 15}{189} = 0,05$$

$$F = \frac{1}{1 - 0,05} = 1,06$$

Koeficijent "C" se određuje preko ranije pomenutog populacionog indeksa (r) iz distribucije magnituda. Ako se "r" zbog manjeg broja viđenih meteora ne može odrediti, tada se uzima neka srednja vrijednost iz prakse. Obično je to 2,5 za meteorske potoke i 3 za sporadične meteore.

Primjer:

$$r_{\text{per}} = 2,23 \quad r_{\text{spor}} = 2,85$$

$$C = r^{(6,5 - L_m)} \Rightarrow C_{\text{per}} = 2,23^{(6,5 - 6,06)}$$

Odnosno, $C_{\text{per}} = 1,42$

Koeficijent "K" se može odrediti direktno procjenjujući visinu radianta tokom posmatranja. Preciznije se to može učiniti pomoću formule:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (\theta - \alpha)$$

gdje su:

z = zenitna udaljenost

φ = geografska širina posmatrača

δ = deklinacija

α = rektascenzija

θ = lokalno zvjezdano vrijeme

Pokazuje se da je:

$$K = \sec z = \frac{1}{\cos z}$$

$$K_{\text{per}} = 1,395$$

Na kraju, uvrstivši vrijednosti iz naših primjera dobijamo da je zenitna satna frekvencija za Perzeide:

$$\text{ZHR}_{\text{per}} = \frac{F \cdot C \cdot K \cdot N}{T} = \frac{1,06 \cdot 1,42 \cdot 1,395 \cdot 24}{3,083}$$

$$\text{ZHR}_{\text{per}} = 16$$

Na kraju možemo da procijenimo i grešku koju u sebi sadrže naša posmatranja. Greška direktno zavisi o broju opaženih meteora. Neodređenost ZHR je veća što je manji broj meteora na osnovu kojih je određen. Ako je viđeno 25 ili više meteora potoka, interval u kome se sa 50% vjerovatnosti nalazi pravi ZHR određuje se formulom:

$$\text{ZHR}_{\text{ERR}} = \pm \frac{\text{ZHR}}{\sqrt{N}}$$

gdje je N broj viđenih meteora potoka.

Iz prethodne formule je jasno da je neodređenost ZHR veoma velika, pa zato nema smisla da vrijednosti koje dobijemo ostavljamo sa decimalama koje tada daju privid preciznosti koja nije realna. Iz ovog razloga vrši se zaokruživanje na cijeli broj.

Primjer: Ranije smo za Perseide našli da je $\text{ZHR} = 16$

$N_{\text{per}} = 24$. Tada je:

$$\text{ZHR}_{\text{Err}} = \pm \frac{16}{\sqrt{24}} = \pm 3$$

Znači da je vrijednost ZHR za Perseide: $\text{ZHR}_{\text{per}} = 16 \pm 3$

Za manji broj viđenih meteora neodređenost je nesimetrična i određuje se na osnovu slijedeće tabele:

n	a / n	b / n	n	a / n	b / n
1	0,268	2,051	10	0,714	1,354
2	0,432	1,928	11	0,726	1,335
3	0,518	1,716	12	0,737	1,320
4	0,573	1,604	14	0,755	1,293
5	0,611	1,526	16	0,769	1,273
6	0,639	1,473	18	0,782	1,256
7	0,665	1,433	20	0,792	1,242
8	0,684	1,401	22	0,801	1,230
9	0,700	1,375			

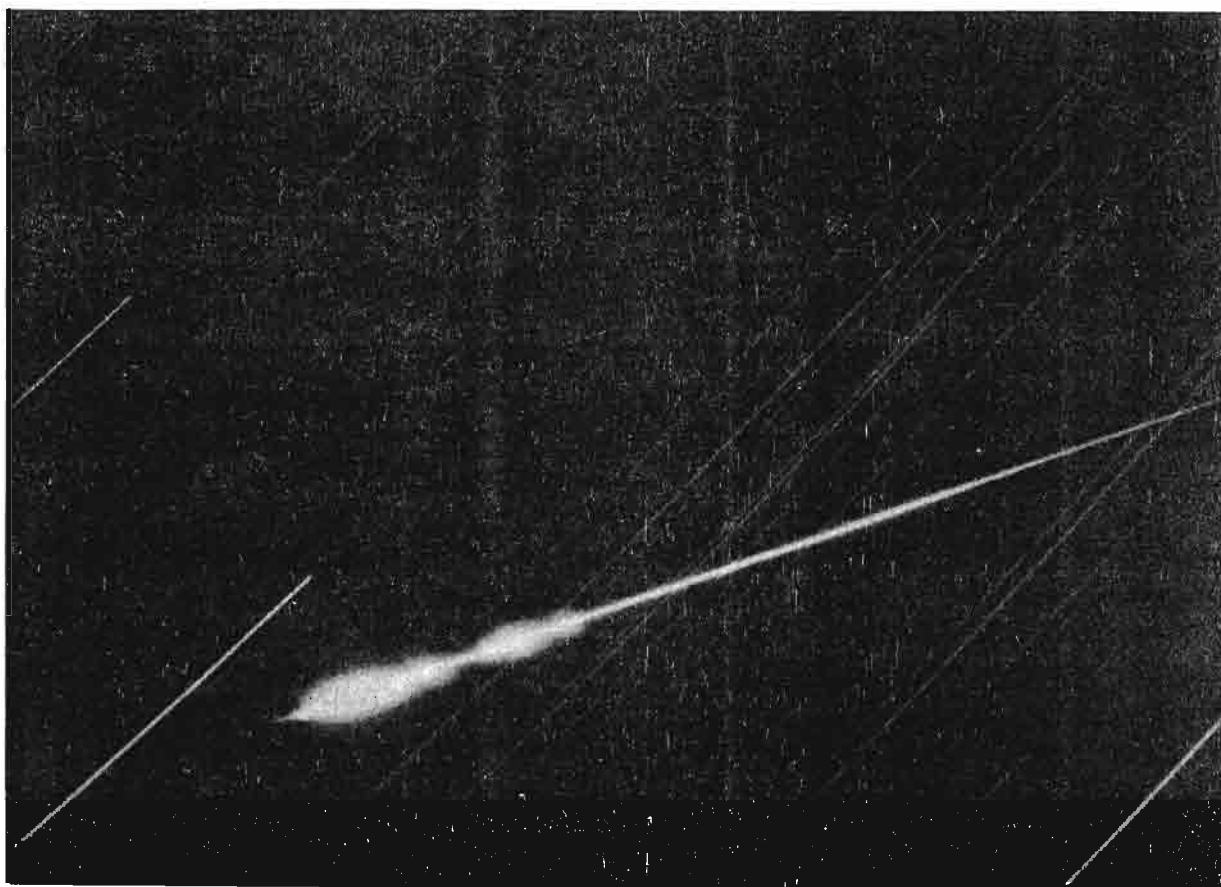
U tabeli je a/n donja, a b/n gornja granica očitavanja greške ZHR za dati broj meteora.
Primjer: Neka smo posmatrali 5 Capricornida za $ZHR = 7,2$.
U Tabeli za $n = 5$ imamo:
 $\min ZHR = 0,611 \cdot 7,2 = 4,4$
 $\max ZHR = 1,526 \cdot 7,2 = 11,0$
tj. ZHR se nalazi između minimalne i maksimalne vrijednosti:
 $4,4 < 7,2 < 11,0$

Fotografska posmatranja meteora

Već prvih godina kada je počela primjena fotografije u astronomiji ovaj moćni metod istraživanja primjenjen je i na meteore. Prvi snimak meteora u istoriji astronomije pripisuje se Vejniku u Pragu (1885.). U klasičnoj astrofotografiji, kada se snimaju slabi objekti, kamera se usmjeri na određenu oblast i koristeći neki časovni pogon instrumenta, ostaje sve vrijeme usmjerena u tom pravcu. Dužim ekspozicijama dobijaju se sve slabiji i slabiji objekti sve dok se ne dosegne prag gdje fon neba ne dozvoljava dalje snimanje. Ponekad se pri ovakvim snimanjima registruje prelet sjajnijeg meteora. No, u praksi ovakav metod nije dobar i ujedno je komplikovaniji jer zahtjeva dobar mehanizam. Obzirom da je važno snimiti meteor, za nas nema značaja ako se zvijezde na snimku pojavljuju u obliku tragova zbog dnevne rotacije neba. Meteor će pod nekim uglom presjeći ove zvjezdane tragove.

Pri tome je kamera (ili više njih) usmjerena na neku oblast neba gdje se očekuje veća pojava meteora. Prednost ovakvog metoda je što ne moramo više da se bavimo našom kamerom, već jedino da zabilježimo vrijeme početka i kraja ekspozicije (to može biti i cijela noć).

Za snimanje meteora mogu se bez problema koristiti obični komercijalni fotoaparati. Obzirom da je ugaona brzina meteora velika, da bi se trag registrovao poželjno je da objektiv kamere zadovoljava određene zahtjeve. Efikasnost nekog objektiva u meteorskoj fotografiji uslovljena je intenzitetom lika koje on daje i razmjerom polja sa kvalitetnim likovima.



Sl. 157. Bolid iz roja Geminida snimljen 11. decembra 1988. godine na ekspediciji AAD Višnjan.

Ako preko vidnog polja kamere prelazi tačkasti izvor sa ugaonom brzinom ω intenzitet fotografskog lika je, po jedinici površine, funkcija od D^2/F odnosno:

$$b_p = k \frac{D^2}{F} \text{ za datu vrijednost } \omega.$$

Ovdje su: F = fokus objektiva

D = prečnik objektiva

Za fiksno D , očigledno je da F mora biti što manje. Sa druge strane, efikasnost registracije meteora nekim objektivom, direktno je proporcionalna korisnoj površini vidnog polja. Kombinacija ova dva zahtjeva daje nam formulu za efikasnost objektiva:

$$E = \frac{(D \cdot d)^2}{F}$$

Ovdje je " d " prečnik vidnog polja u ugaonim jedinicama.

U praksi, obzirom na međusobnu ovisnost gornjih veličina, kratkofokusni objektivni nisu ujedno i najefikasniji za snimanje meteora. Kompromis se mora naći između suprotnih zahtjeva za " d " i D/F . Neki eksperimentalni radovi (Waters i Prentice) u kojima je korišten vještački meteor pokazuju da je bitan faktor odnos F/D , a da su pri tome linearne vrijednosti D i F kao takve nebitne. Odnosno, za zadani F/D sjaj slike direktno je proporcionalan sa D .

Tako su došli do tabele:

D	F	D / F	D ² / F	Intenzitet slike
1,3	6,0	0,22	0,28	1
2,3	10,5	0,22	0,50	3
2,0	6,0	0,33	0,67	6
4,25	8,5	0,50	2,17	9
2,75	6,0	0,46	1,26	10

U praksi, većina komercijalnih objektiv koji rade od $f/2$ do $f/2,8$ dobro će poslužiti kod meteorske fotografije. Upotreba širokougaonih objektiv tipa "riblje oko" (fish eye) koji daju snimak čitavog nebeskog svoda ima smisla samo kod snimanja izuzetno sjajnih meteora - bolida. Razlog je izuzetno mali razmjer slike koji oni daju. U praksi će se pokazati da će jedan $f/2$ objektiv snimiti većinu meteora prve magnituda (i sjajnijih) ukoliko slučajno nemaju neke abnormalne ugaone brzine.

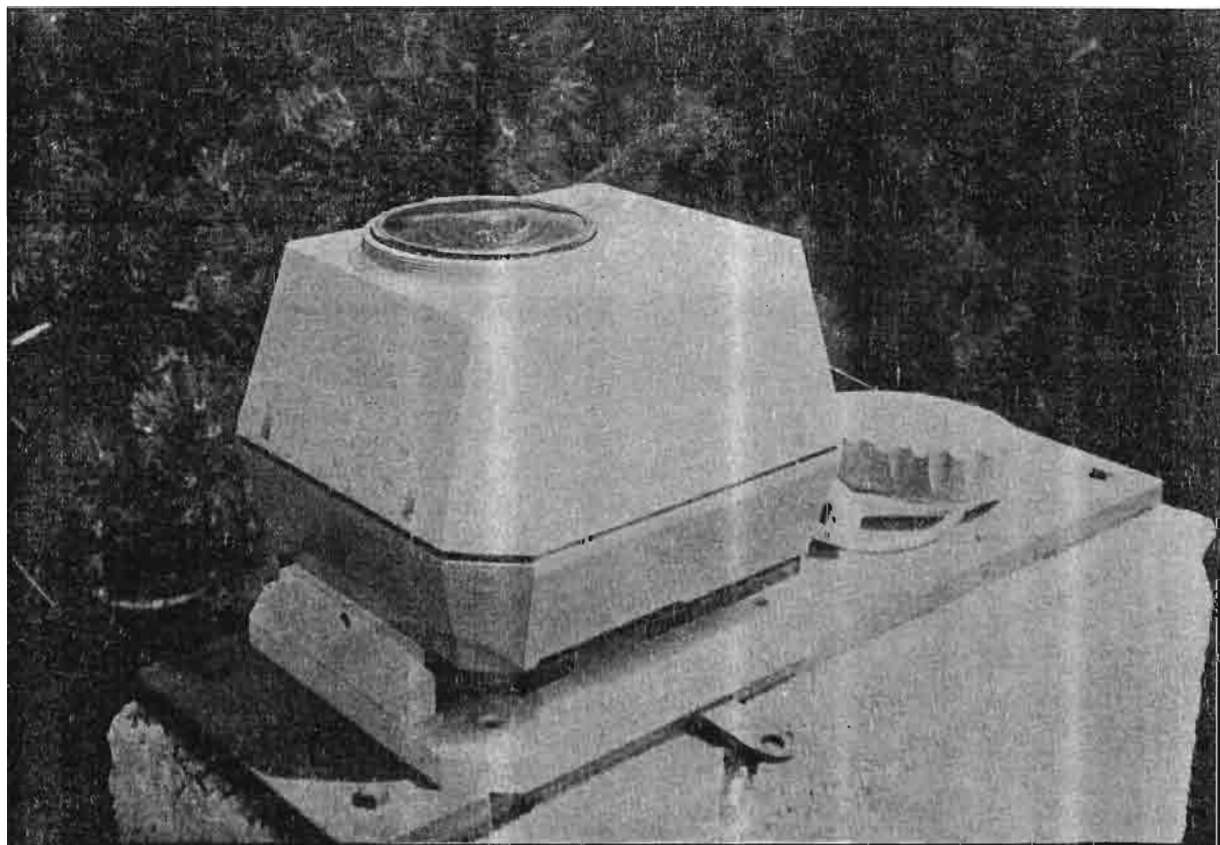
Za pokrivanje većih površina neba obično se koristi više fotografskih aparata koji su usmjereni na razne tačke. Važno je probom ustanoviti najoptimalnije trajanje ekspozicije kako sjaj neba ne bi odviše zatamnio snimke. Takođe treba voditi računa da ne dođe do rošenja optičkih površina što je čest slučaj kada se snima po cijelu noć. Amateri to izbjegavaju laganim grijanjem objektiv (npr žica sa većim otporom koja se obavije oko objektiv i napaja naponom od 12 V).

Tokom maksimuma nekog potoka, da bi se snimilo što više meteora kamera se ne usmjerava tačno u radijant. Prema nekim autorima najoptimalnije je kameru usmjeriti u tačku na daljini od 35° - 55° od radijanta koja je na visini 40° - 60° nad horizonta. Što se tiče izbora filmova, njih danas ima dovoljno na tržištu. Koriste se naravno crno bijeli i to veće osjetljivosti. Poslije cijele noći provedene na posmatranju i snimanju, ne treba ujutru biti razočaran kada se čak i za maksimuma sjajnijih potoka ne snimi više od par meteora. Da bi smo znali trenutak kada je snimljen neki meteor, moramo vršiti paralelna vizuelna posmatranja. Jer naša kamera će registrovati samo sjajne meteore koje ćemo sigurno zapaziti i okom. Ako se snima uz pomoć nekog mehanizma ili platforme koja prati prividnu rotaciju neba, tada nas vrijeme nije bitno jer ćemo radijant lako odrediti sa snimka na kome su zvijezde tačke. Ukoliko snimanje vršimo istovremeno sa dvije međusobno razdvojene tačke (na razmaku 40-80 km) onda se trangulacionim metodama može odrediti visina meteora i dužina njihovog leta kroz atmosferu.

Ukoliko želimo odrediti ugaonu brzinu (a ako se snimanje vrši iz dvije tačke, i linearnu, i linearnu geocentričnu brzinu) tada se koristi poseban sektor koji rotirajući prekriva u pravilnim razmacima objektiv kamere. Ovaj rotator može da se ugradi i unutar kamere ispred filma kako je to izvedeno u kamerama koje se koriste za snimanje bolida na astronomskoj opservatoriji u Sarajevu. Obično se brzina motora koji pokreće sektor podesi tako da pravi 15-20 prekrivanja objektiv u sekundi. Kada meteor proleti kroz vidno polje, njegov trag je isprekidan. Ovisno o ugaonoj brzini na pojedinim dijelovima putanje, ti segmenti će biti različitih dužina. Znajući brzinu motora nije problem iz tragova odrediti ugaonu brzinu meteora i njegovih dijelova.

Bolidi

Izuzetno sjajni meteori, sjajniji od -4^m , koje možemo vidjeti i danju na punoj sunčevoj svjetlosti, nazivaju se bolidi. Očigledno je da se radi o većim meteoroidskim masama koje u nekim slučajevima dopru i na površinu Zemlje. Tu ih nalazimo kao meteorite. Obzirom da se radi o kosmičkom materijalu koga možemo direktno ispitivati u laboratorijama, to posmatranja bolida imaju veliki značaj.

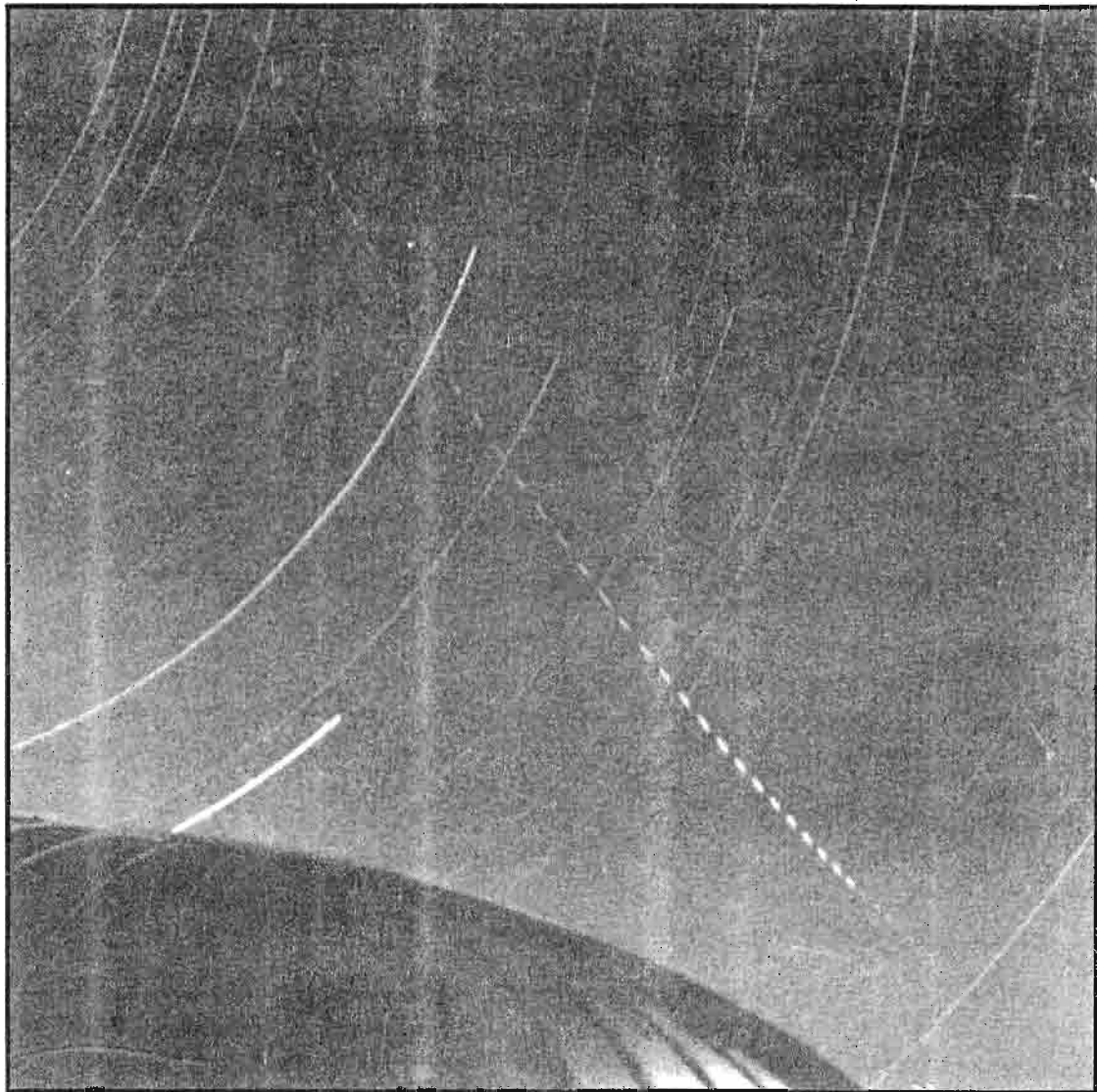


Sl. 158. "All sky" kamera koja se koristi za snimanje bolida na Astronomskoj opservatoriji u Sarajevu.

Obzirom na činjenicu da se bolidi pojavljuju razmjerno rijetko, to su šanse da se vizuelno opaze male. Neophodno je neprekidno patrolno posmatranje neba, a to se postiže fotografskim metodom. Naime, u svijetu je do sada razvijeno nekoliko ovakvih patrolnih mreža. Prva i najstarija je čehoslovačka mreža koju je osnovao Zdenek Ceplecha. Na više stanica u ČSSR postavljene su tzv. "All Sky" kamere koje koriste aluminiziranu ispupčenu sfernu površinu iznad koje je na nosaču smještena kamera kojom se snima. Posljednju deceniju dio ovih kamera zamjenjen je novim koje imaju objektivne tipa "riblje oko" (Fish eye). Rotator je ugrađen zajedno sa motorom unutar kamere. Dvije ovakve kamere se koriste na Astronomskoj opservatoriji u Sarajevu. Napravljene su na opservatoriji Ondrejov u ČSSR, a dobijene uz pomoć opservatorije Hvar Geodetskog fakulteta u Zagrebu.

1959. godine, Ceplecha je sa saradnicima uspio da snimi let bolida sa nekoliko stanica, te da proračuna mjesto pada i pronađe fragmente tzv. Pribram-skog meteorita. 1970. godine

isti uspjeh je postigla američka prerijska mreža (American Prairie Network) otkrićem meteorita Lost City. I na kraju, 1977.godine kanadska mreža nazvana MORP (Meteorite Observation and Recovery Project) omogućila je snimanje i pronalaženje meteorita Innisfree. Za sva tri bolida (meteorita) određene su orbite oko Sunca i svi bitni parametri.



Sl. 159. Dugi sjajni bolid snimljen sa opservatorije u Sarajevu.

U periodu od 1980-1982.godine, sa opservatorije u Sarajevu vršena su patrolna snimanja bolida, sa povremenim prenošenjem jedne kamere na opservatorij Hvar. Snimljeno je nekoliko desetina bolida. Ovo je bio prvi pokušaj stvaranja jugoslovenske patrolne mreže za praćenje bolida. U posljednje vrijeme sa oživljavanjem interesa za meteorska posmatranja, ove kamere su korištene tokom ljetnih škola astronomije u Višnjaju.

Ako se prilikom nekog meteorskog ili drugog astronomskeg posmatranja uoči pojava bolida, tada treba da se zapišu slijedeći podaci:

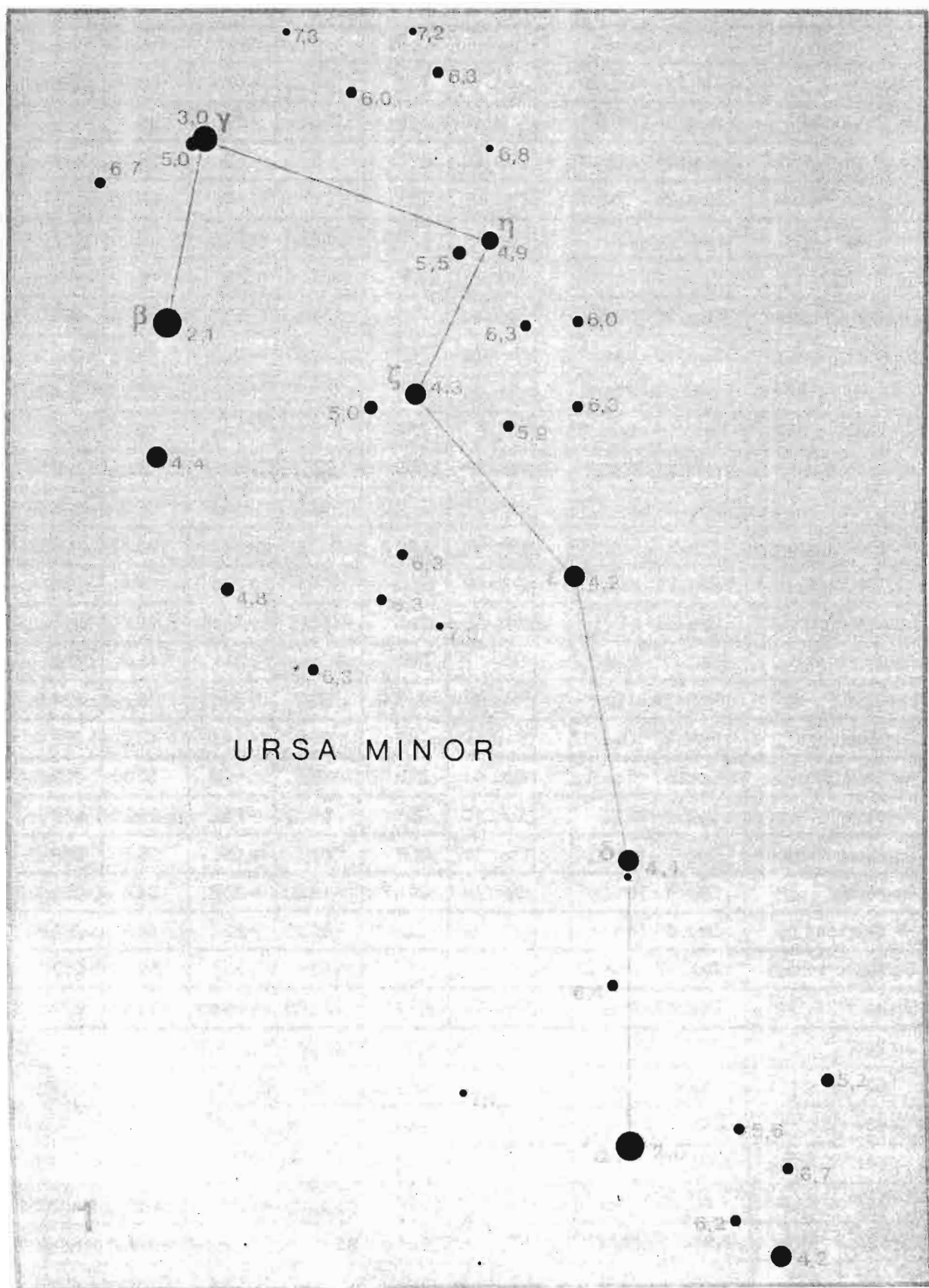
- datum i vrijeme
- koordinate mjesta posmatranja
- koordinate početka i kraja traga
- prividni sjaj
- dužina trajanje leta u sekundama
- boja
- opis traga
- fragmentacija (raspad bolida na manje dijelove)
- ako je trag ostao vidljiv duže vrijeme, onda ga treba opisati, ubilježiti eventualne zvučne pojave i slično.

Formular u koji treba upisati podatke o posmatranju, i adresa na koju se šalje, dat je u prilogu ovog poglavlja zajedno sa ostalim tabelama.

VEĆI METEORSKI POTOCI

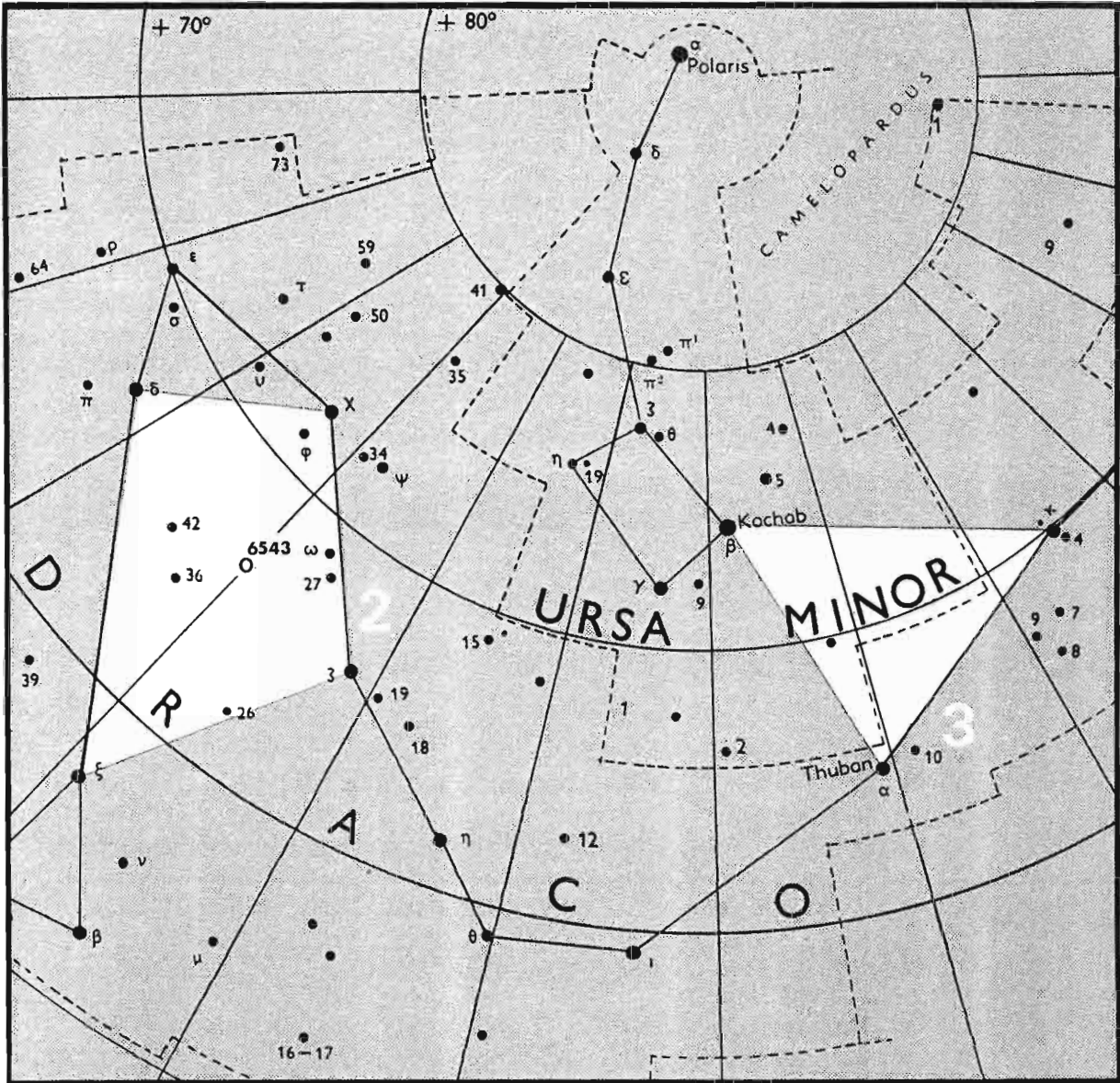
naziv	datum	maximum	λ_{sun}	$\alpha (^{\circ})$	$\delta (^{\circ})$	km/s	λ_{sun}
Quadrantids	Jan. 1 - 4	Jan. 3	282.0	230.1	+48.5	41.5	282.7
δ Cancrids	Jan. 13 - 21	Jan. 16	296	126	+20	28	296
Virginidis	Feb. 3 - Apr. 15			186	0	35	350
δ Leonids	Feb. 5 - Mar. 19	Feb. 26	338	159	+19	23	338
Carmeloperdalids	Mar. 14 - Apr. 7			118.7	+68.3	6.8	359.0
σ Leonids	Mar. 21. - Maj 13	Apr. 17	27	195	-5	20	28
δ Draconids	Mar. 28 - Apr. 17			281	+68	26.7	14
κ Serpentids	Apr. 1 - 7			230	+18	45	14
μ Virginids	Apr. 1 - Maj 12	Apr. 25	35	221	-5	29	35
α Scorpiids	Apr. 11 - Maj 12	Maj 3	42	240	-22	35	42
α Bootids	Apr. 14 - Maj 12	Apr. 28	36	218	+19	20	36
ϕ Bootids	Apr. 16 - Maj 12	Maj. 1	40	240	+51	12	40
April Lyrids	Apr. 20,- 23	Apr. 22	31.7	271.4	+33.6	47.6	31.7
η Aquarids	Apr. 21 - Maj. 12	Maj 3	42.4	335.6	-1.9	65.5	42.4
τ Herculids	Maj 19 - Jun. 14	Jun. 3	72	228	+39	15	72
χ Scorpiids	Maj 27 - Jun. 20	Jun. 5	74	247	-13	21	74
Daytime Arietids	Maj 29 - Jun. 19	Jun. 7	76	44	+23	37	77
Daytime ζ Perseids	Jun. 1 - 17	Jun. 7	76	62	+23	27	78
Librids	Jun. 8 - 9. 1937	Jun. 8	78.2	227.2	-28.3	16	78.2
Sagittaridis	Jun. 8 - 16. 1957-8	Jun. 11	80	304	-35	52	80
θ Ophiuchids	Jun. 8 - 16	Jun. 13	82	267	-28	26.7	82
June Lyrids	Jun. 11 - 21. 1969	Jun. 16	84.5	278	+35	31	84.5
Daytime Taurids	Jun. 24 - Jul. 6	Jun. 29	96	86	+19	30	96
Corvids	Jun. 25 - 30. 1937	Jun. 26	95.2	191.9	-19.1	10	95.9
June Bootids	Jun. 28. 1916	Jun. 28	97.6	219	+49	13.9	98
July Phoenicids	Jul. 3 - 18	Jul. 14	112	31.1	-47.9	47	109.6
$\circ$ Draconids	Jul. 7 - 24	Jul. 16		271	+59	23.6	113
Northern δ Aquarids	Jul. 14 - Aug. 25	Aug. 12	139	339	-5	42.3	139
Southern δ Aquarids	Jul. 21 - Aug. 19	Jul. 29	125	333.1	-16.5	41.4	125.0
α Capricornids	Jul. 15 - Aug. 10	Jul. 30	126	307	-10	22.8	127
Southern τ Aquarids	Jul. 15 - Aug. 25	Aug. 5	131	333.3	-14.7	33.8	131.0
Northern τ Aquarids	Jul. 15 - Sep. 20	Aug. 20	147	327	-6	31.2	147

naziv	datum	maximum	λ_{sun}	$\alpha(^{\circ})$	$\delta(^{\circ})$	km/s	λ_{sun}
Perseids	Jul. 23 - Aug. 23	Aug. 12	139	46.2	+57.4	59.4	139.0
κ Cygnids	Aug. 9 - Okt. 6	Aug. 18	145	286	+59	24.8	145
Southern Piscids	Aug. 31 - Nov. 2	Sep. 20	177	6	0	26.3	177
Northern Piscids	Sep. 25 - Okt. 19	Okt. 12	199	26	+14	29	199
Aurigids	Sep. 1. 1953	Sep. 1	157.9	84.6	+42.0	66.3	157.9
κ Aurigids	Sep. 11 - 28	Sep. 21	178	338	-5	16.0	178
Southern Taurids	Sep. 15 - Nov. 26	Nov. 3	220	50.5	+13.6	27.0	220.0
Northern Taurids	Sep. 19 - Dec. 1	Nov. 13	230	58.3	+22.3	29.2	230.0
Daytime Sextantids	Sep. 24 - Oct. 5	Sep. 29	184	152	0	32.2	183.6
Annual Andromedids	Sep. 25 - Nov. 12	Okt. 3	190	20	+34	18.2	228
Andromedids	Nov. 27. 1885	Nov. 27	246.7	25	+44	16.5	247
Orionids	Okt. 2 - Nov. 7	Okt. 21	207.7	94.5	+15.8	66.4	208.0
October Draconids	Okt. 9	Okt. 9	196.3	262.1	+54.1	20.43	196.3
ϵ Geminids	Okt. 14 - 27	Okt. 19	206	104	+27	69.4	209
Leo Minorids	Okt. 22 - 24	Okt. 24	211	162	+37	61.8	211
Pegasids	Okt. 29 - Nov. 12	Nov. 12	230	335	+21	11.2	230
Leonids	Nov. 14 - 11	Nov. 17	234.46	152.3	+22.2	70.7	234.5
Monocerotids	Nov. 27 - Dec. 17	Dec. 10	258	99.8	+14.0	42.4	257.6
σ Hydrids	Dec. 3 - 15	Dec. 11	259	126.6	+1.6	58.4	259.0
Northern X Orionids	Dec. 4 - 15	Dec. 10	258	84	+26	25.2	258
Southern X Orionids	Dec. 7 - 14	Dec. 11	259	85	+16	25.5	259
Geminids	Dec. 4 - 16	Dec. 14	261.7	112.3	+32.5	34.4	261.0
δ Arietids	Dec. 8 - 14			52	+22	13.2	257.6
Coma Berenicids	Dec. 12 - Jan. 23			175	+25	65	282
Ursids	Dec. 17 - 24	Dec. 22	270	271.06	+75.85	33.4	270.66



DIREKTNO ODREĐIVANJE GRANIČNE MAGNITUDE

Oznake uz zvijezde predstavljaju vrijednost prividnih
zvjezdanih veličina (magnituda)

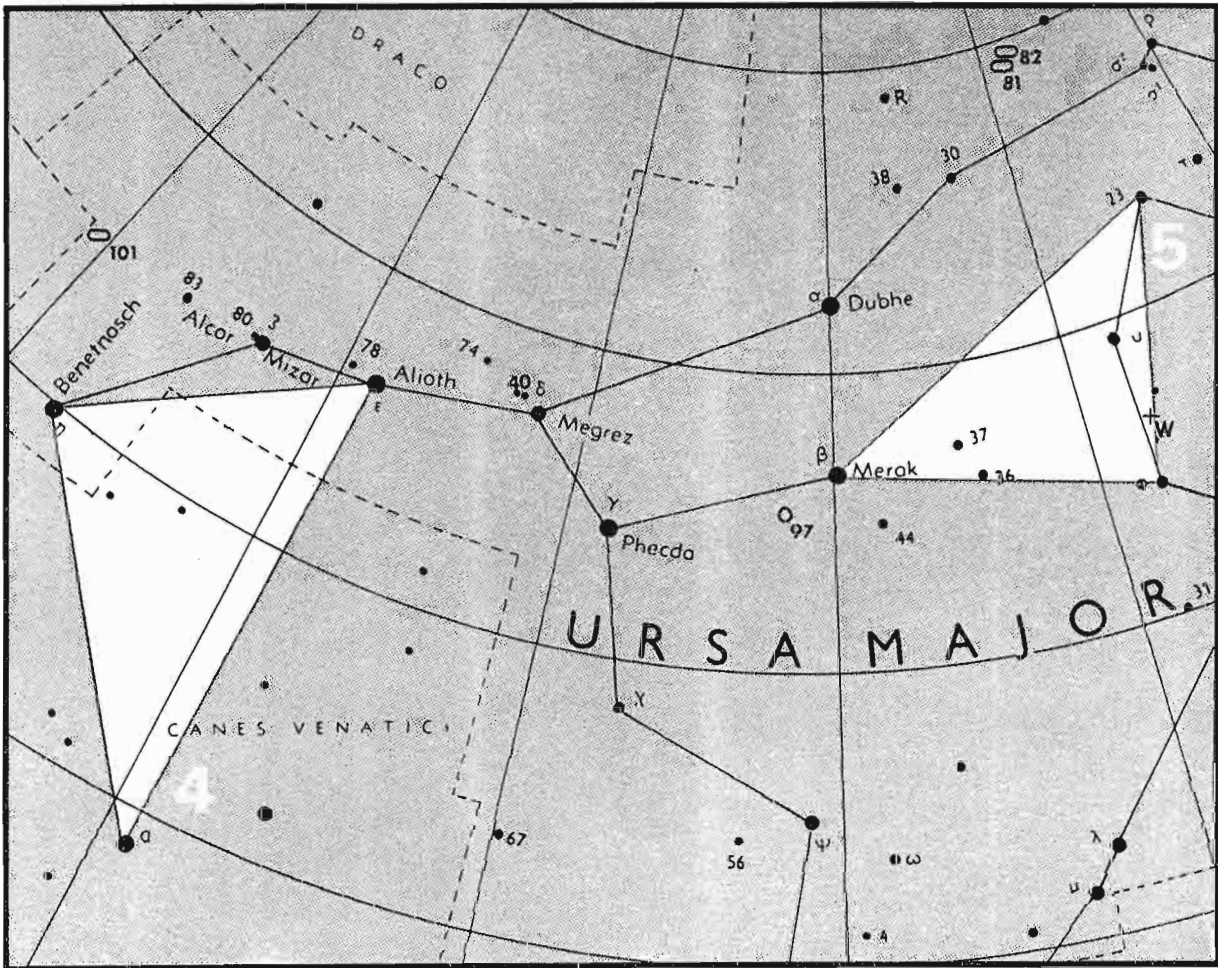


POVRŠINA br. 2

N	Lm	N	Lm
2	3.2	17	6.5
3	3.7	18	6.6
4	3.9	20	6.7
5	4.2	23	6.8
6	4.9	28	6.9
8	5.0	34	7.0
9	5.2	41	7.1
10	5.3	46	7.2
11	6.0	55	7.3
12	6.1	60	7.4
15	6.3	73	7.5
16	6.4		

POVRŠINA br. 3

N	Lm	N	Lm
1	2.2	17	7.1
2	3.6	18	7.2
3	3.9	21	7.3
4	5.2	28	7.4
5	5.4	32	7.5
6	5.7		
8	6.1		
11	6.4		
12	6.6		
14	6.7		
15	6.8		
16	7.0		

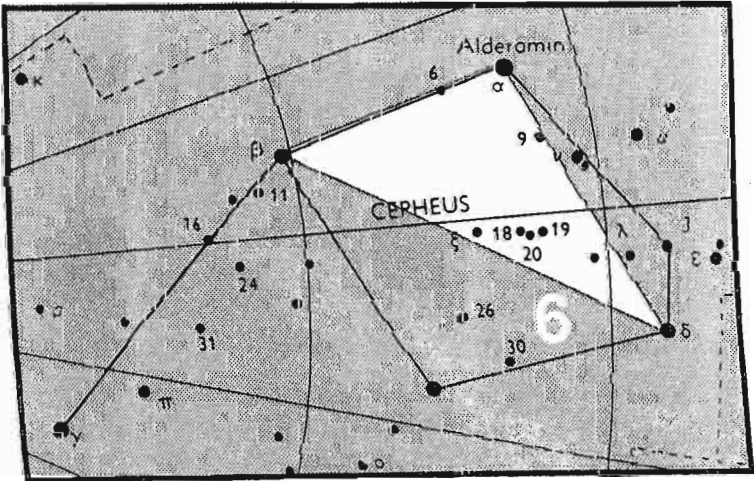


POVRŠINA br. 4

N	Lm	N	Lm	N	Lm
1	1.7	9	6.0	24	7.0
2	1.9	11	6.2	26	7.1
3	2.9	13	6.3	27	7.2
4	4.6	14	6.4	28	7.3
5	5.1	17	6.6	33	7.4
6	5.7	19	6.8	36	7.5
8	5.9	22	6.9		

POVRŠINA br. 5

N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm
1	2.4	8	5.2	17	6.3	29	7.0
2	3.3	9	5.4	18	6.4	33	7.1
3	3.7	11	5.7	19	6.5	37	7.2
4	3.9	13	5.8	20	6.6	44	7.3
5	4.5	14	6.0	23	6.7	49	7.4
6	4.6	15	6.1	25	6.8	54	7.5
7	4.8	16	6.2	27	6.9		

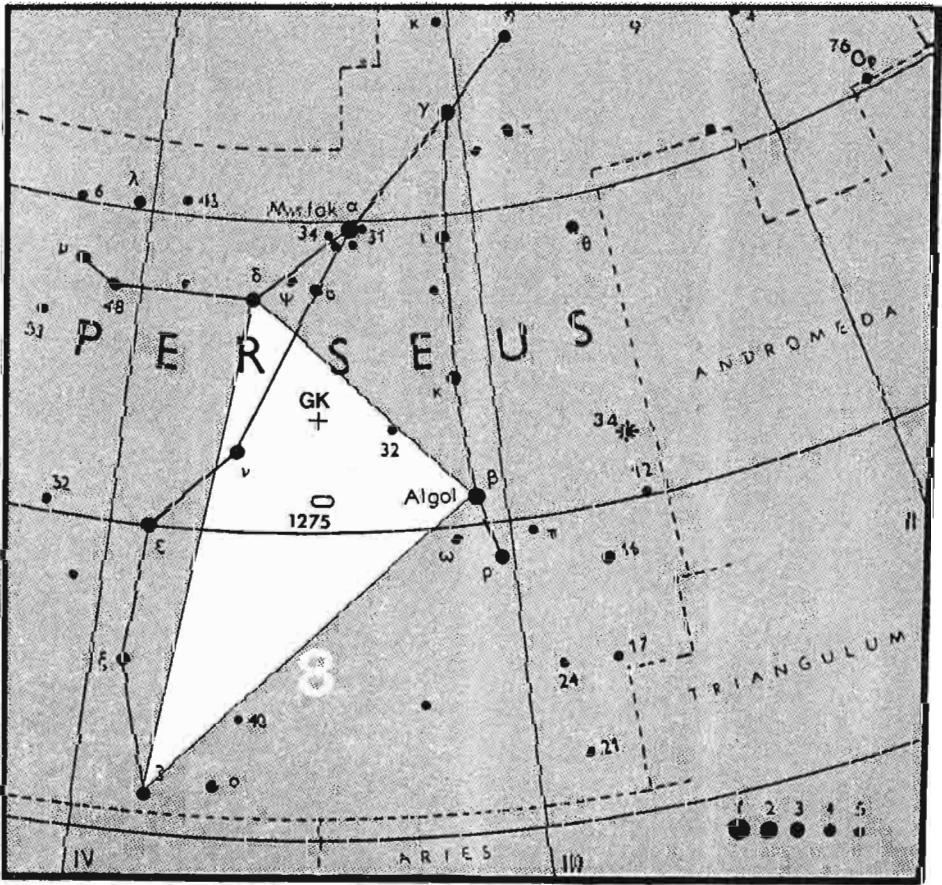
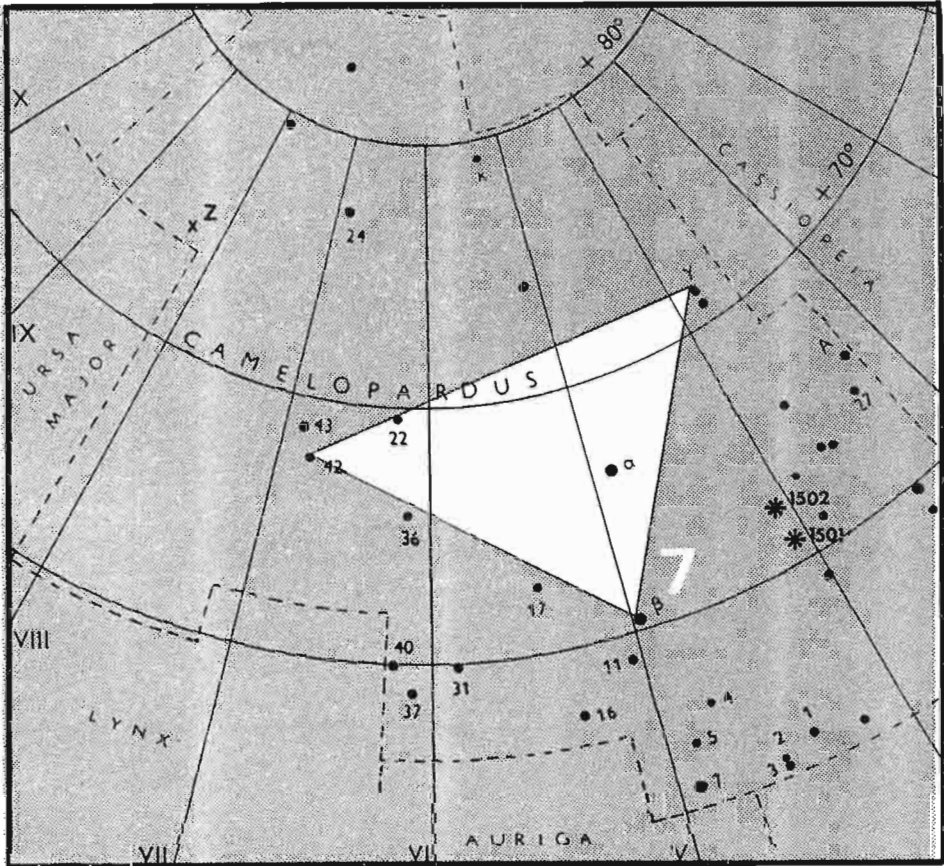


POVRŠINA br. 6

N	Lm	N	Lm	N	Lm
1	2.6	12	5.5	23	6.8
2	3.3	13	5.9	26	6.9
3	4.0	14	6.0	33	7.0
4	4.5	15	6.1	41	7.1
5	4.6	17	6.2	48	7.2
7	4.9	18	6.3	49	7.3
8	5.2	20	6.4	57	7.4
10	5.4	22	6.5	65	7.5

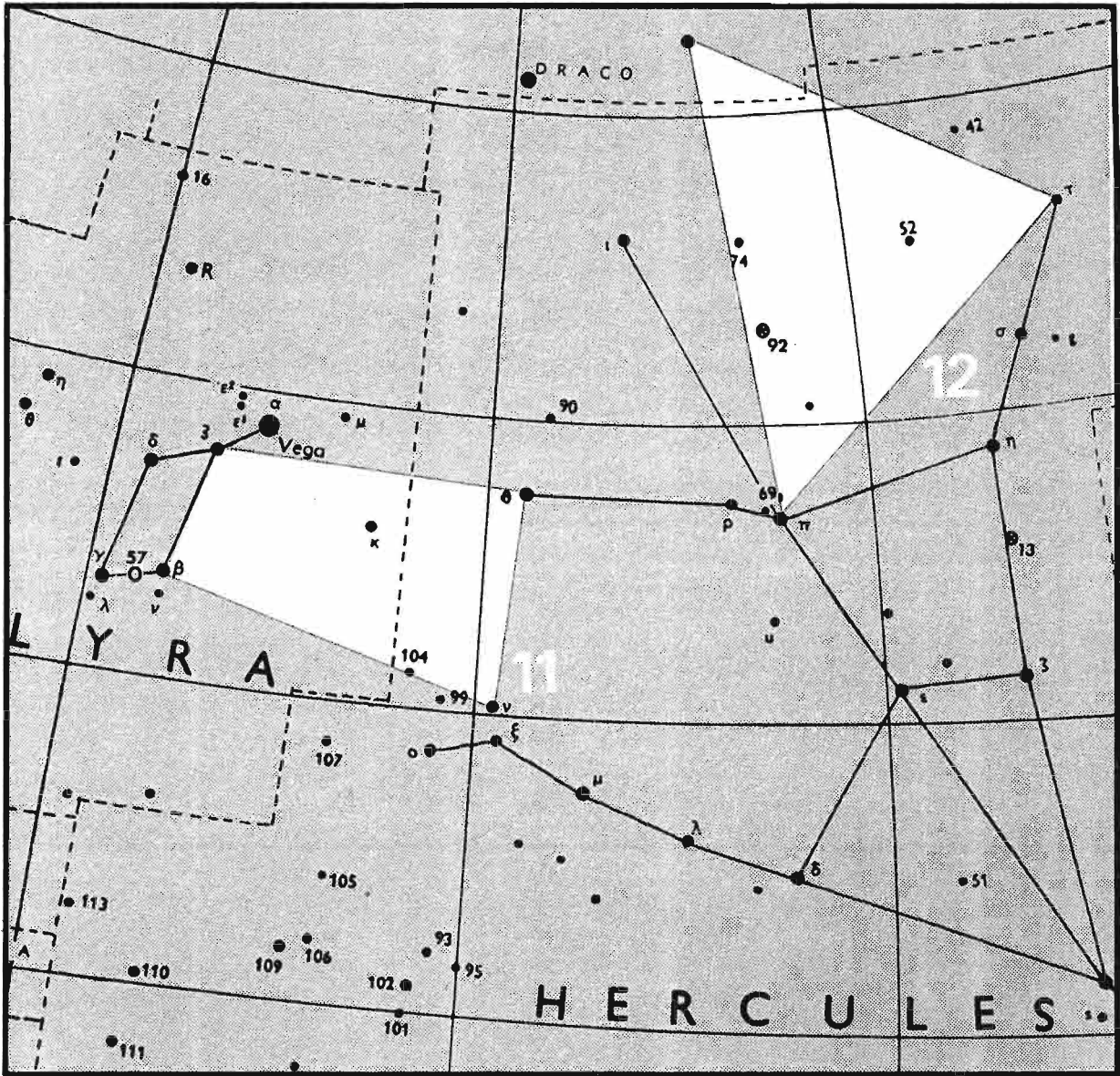
POVRŠINA br. 7

N	Lm	N	Lm
1	4.2	28	6.6
2	4.4	33	6.7
4	4.7	37	6.8
5	5.0	45	6.9
6	5.4	50	7.0
7	5.7	56	7.1
9	5.8	60	7.2
10	5.9	67	7.3
13	6.0	74	7.4
15	6.1	82	7.5
16	6.2		
18	6.3		
23	6.4		



POVRŠINA br. 8

N	Lm	N	Lm
2	2.9	17	6.3
3	3.1	20	6.4
4	3.9	23	6.6
6	5.0	26	6.7
7	5.1	27	6.8
8	5.4	29	6.9
10	5.6	31	7.0
11	5.7	35	7.1
12	5.8	42	7.2
13	6.0	44	7.3
14	6.1	54	7.4
15	6.2	59	7.5



POVRŠINA br. 11

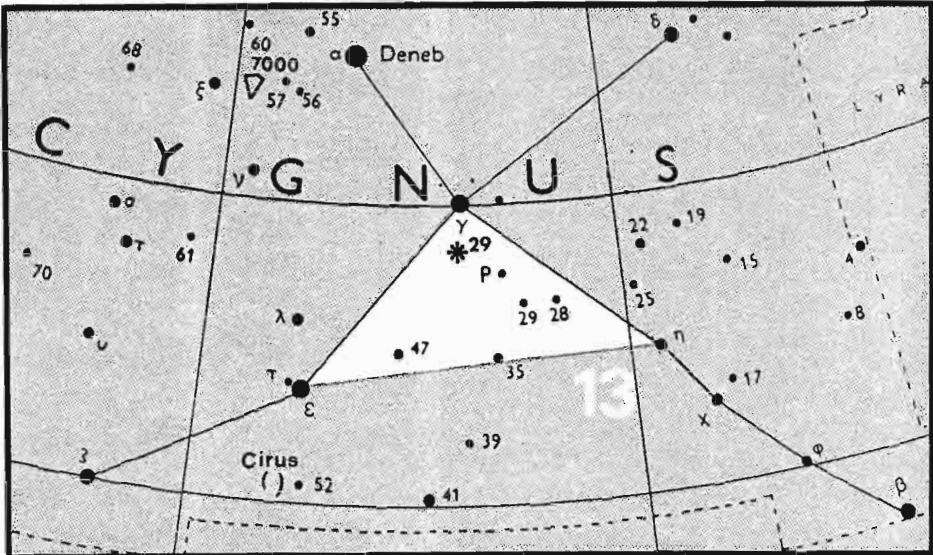
N	Lm	N	Lm
1	3.9	17	6.3
2	4.0	18	6.5
4	4.3	20	6.8
5	4.5	23	6.9
6	5.0	27	7.0
7	5.5	32	7.1
8	5.7	36	7.2
12	5.9	42	7.3
13	6.0	43	7.4
15	6.1	52	7.5
16	6.2		

POVRŠINA br. 12

N	Lm	N	Lm
1	3.0	22	6.6
2	3.4	26	6.7
3	3.9	32	6.9
4	4.9	33	7.0
5	5.1	35	7.1
6	5.5	38	7.2
7	5.9	48	7.3
10	6.0	54	7.4
12	6.1	61	7.5
18	6.3		
21	6.4		

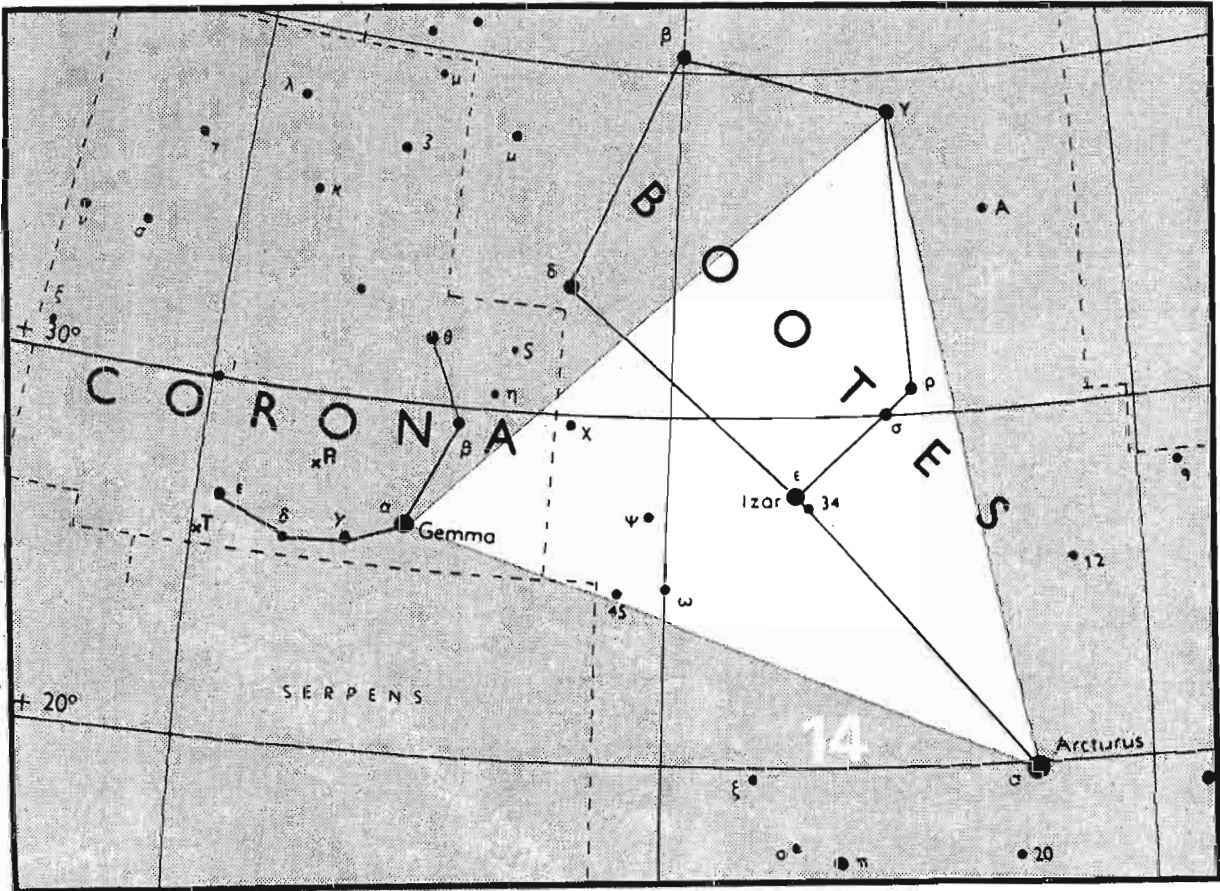
POVRŠINA br. 13

N	Lm	N	Lm
1	2.3	18	6.3
2	2.6	20	6.4
3	4.0	24	6.5
4	4.8	28	6.6
6	4.9	32	6.7
7	5.0	34	6.8
8	5.2	36	6.9
11	5.5	41	7.0
12	5.7	46	7.1
13	5.9	49	7.2
14	6.0	54	7.3
15	6.1	61	7.4
16	6.2	65	7.5



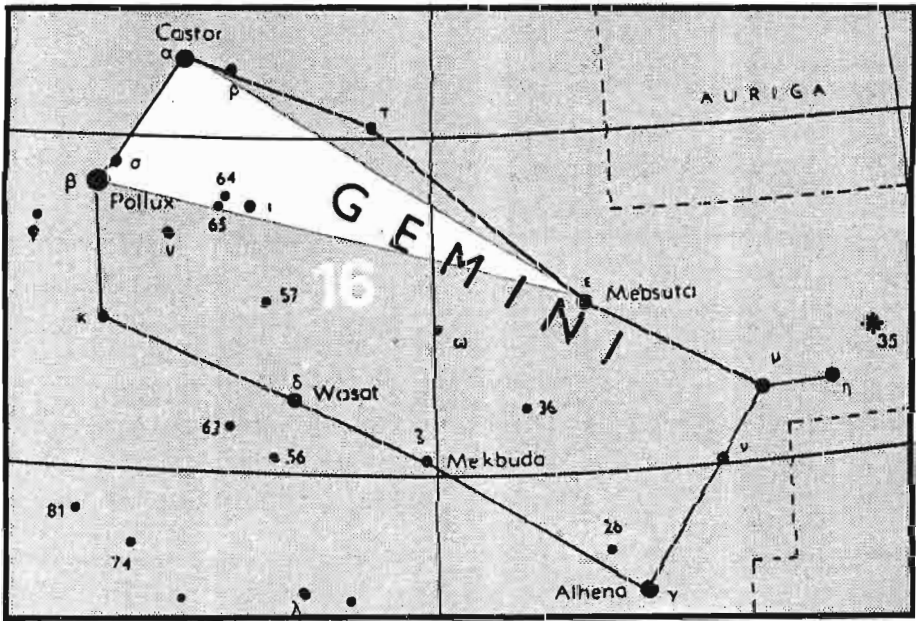
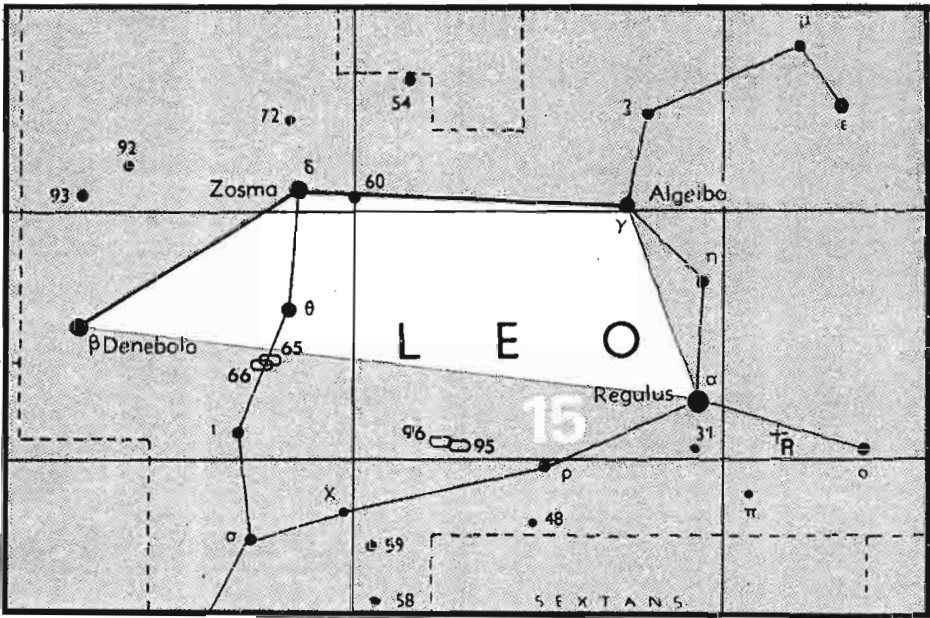
POVRŠINA br. 14

N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm
1	0.2	7	4.7	17	5.9	30	6.5	55	7.1		
2	2.3	9	4.9	19	6.0	32	6.6	60	7.2		
3	2.7	10	5.0	21	6.1	36	6.7	69	7.3		
4	3.0	11	5.3	23	6.2	39	6.8	73	7.4		
5	3.8	13	5.7	25	6.3	45	6.9	86	7.5		
6	4.5	14	5.8	27	6.4	52	7.0				



POVRŠINA br.15

N	Lm	N	Lm
1	1.3	20	6.3
2	2.2	21	6.4
4	2.6	24	6.6
5	3.4	25	6.7
6	3.8	29	6.9
7	4.4	32	7.0
8	5.0	34	7.1
11	5.6	38	7.2
13	5.7	40	7.3
15	6.0	44	7.4
18	6.1	45	7.5

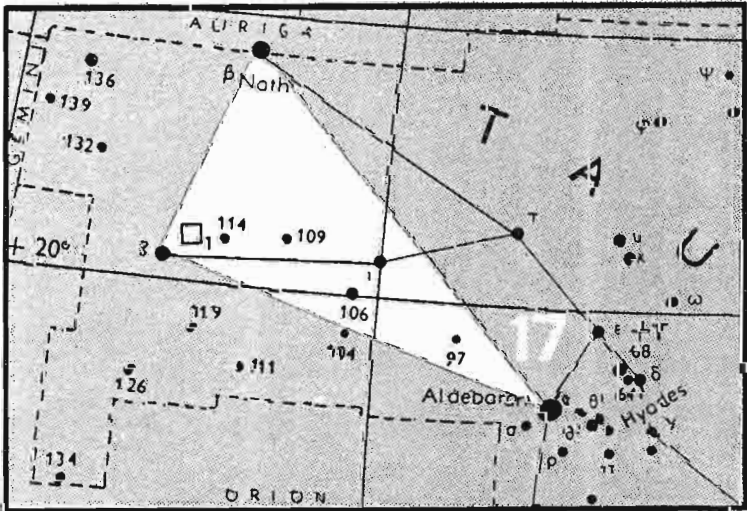


POVRŠINA br. 16

N	Lm	N	Lm
1	1.2	12	6.1
2	2.4	13	6.2
3	3.2	14	6.3
4	3.9	15	6.4
5	4.3	16	6.5
6	5.0	18	6.6
7	5.1	20	6.7
8	5.3	22	6.9
9	5.6	23	7.0
10	5.7	25	7.2
11	5.9	26	7.3

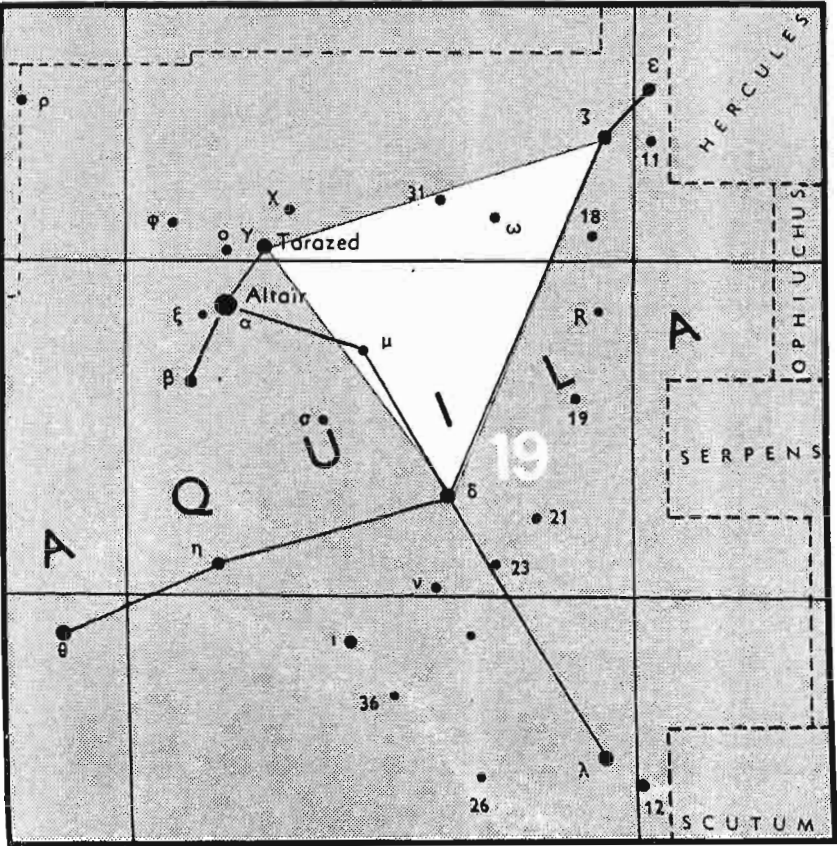
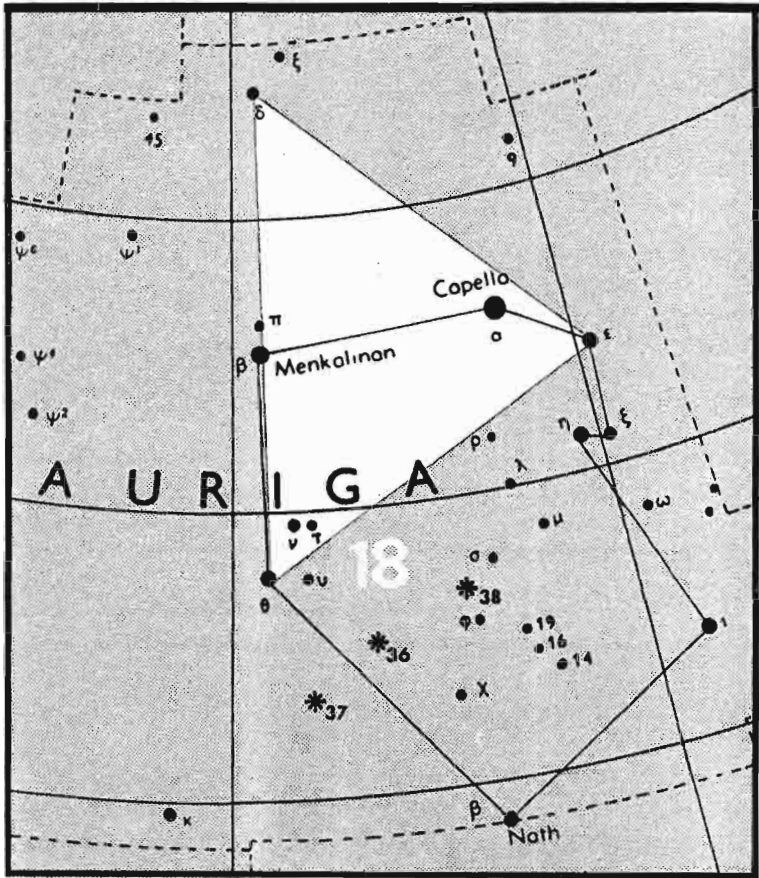
POVRŠINA br. 17

N	Lm	N	Lm
1	1.1	15	6.2
2	1.8	16	6.3
3	3.0	17	6.4
4	4.7	20	6.5
5	4.8	21	6.6
7	5.1	23	6.7
8	5.3	26	6.8
9	5.5	28	6.9
10	5.9	29	7.0
11	6.0	31	7.4
12	6.1	32	7.5



POVRŠINA br. 18

N	Lm	N	Lm
1	0.2	17	6.3
2	2.1	20	6.4
3	2.7	26	6.5
4	3.5	30	6.6
5	3.9	35	6.7
6	3.2	37	6.8
8	4.6	41	6.9
9	5.1	44	7.0
10	5.5	50	7.1
11	5.9	55	7.2
12	6.0	60	7.3
14	6.1	68	7.4
16	6.2	81	7.5



POVRŠINA br.19

N	Lm	N	Lm
1	2.8	11	6.4
2	3.0	12	6.5
3	3.4	13	6.6
4	4.6	19	6.9
5	5.1	22	7.0
6	5.2	24	7.1
7	5.4	25	7.2
8	6.0	26	7.3
10	6.2	27	7.4

VISUAL OBSERVING FORM 1

Date : 1989 / 08 / 08 , from 22h10m to 01h30m U. T.

Location λ= 13 ° 43 ' E/W , φ= 45 ° 16 ' N/S , h = 280 meter

Place : Višnjan Country : YU

Observer : Pinko Palino

17 - 1989

Sky Conditions Moonlight	Cluds , Sky Obscured				K = 0.05 F = 1.06
	Time	%	Time	%	
	22h10m22h25m	10	23h15m01h30m	0	
	22h25m23h00m	20	h m h m		
	23h00m23h15m	10	h m h m		

Sky Conditions Limiting Magnitude												Mean Lim. Magnitude Lm = 6.06
Time	N°	N	Lm	Time	N°	N	Lm	Time	N°	N	Lm	
22h10m			5.5	00h20m			6.3	h m				
22h50m			6.0	00h30m			6.3	h m				
23h15m			6.1	00h50m			6.3	h m				
23h20m			6.2	01h10m			6.3	h m				
00h00m			6.3	01h13m			6.3	h m				

Local Sidereal Time

Mean Time 23h50m

Sid. Time at Greenwich Oh h m

Longitude Correction h m

Local Sidereal Time 21h54m

Local Sidereal Time (°) 323 °

Z = 44°

Effective Observing Time U. T.

Start: 21h10m - End: 01h30m

Dead Time 15 min ΔU. T. = 3 s

Breaks : from 23h15m until 23h20m

from 00h20m until 00h30m

from h m until h m

from h m until h m

Netto Observed Time T_{eff} = 185 m

- SUMMARY REPORT -											
Period U. T.	T _{eff}	F	Lm	Per	Aqu	K Cyg	α Cep			Spor.	Total
22 10 - 23 15	1.083	1.18	5.69	6	2	1	0			3	12
23 20 - 00 20	1	1	6.23	7	2	0	1			2	12
00 30 - 01 30	1	1	6.30	11	3	1	1			7	23
				24	7	2	2			12	47

DATE; 19 / / / H M

LOCATION $\lambda =$ ° ' "

$$\Phi = \frac{0}{1} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{4}{5}$$

PLACE ;

OBSERVER ;

SKY OBSCURED	K	MIN	K	MIN	K	MIN

$$\sum_{i=1}^n \frac{K_i \cdot X}{T_{\min}} = K' = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\frac{1}{1 - K'} = F = \underline{\hspace{2cm}}$$

$\theta = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$

 $T = \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}} \text{ H}$

START: H MIN - END ; H MIN

DEAD TIME; MIN - (Δ U.T.; S)

BREAKS	FROM	H	M	UNTIL	H	M
--------	------	---	---	-------	---	---

FROM H M UNTIL H M

FROM H M UNTIL H M

FROM _____ H _____ M UNTIL _____ H _____ M

MEAN TIME

SIDEREAL TIME

λ

TOTAL (θ)

H MIN

	H	MIN
--	---	-----

H MIN

H MIN

LIMITING MAGNITUDE																			
TIME		N°	N	LM	TIME		N°	N	LM	TIME		N°	N	LM	TIME		N°	N	LM
H	M				H	M				H	M				H	M			

MEAN LIMITING MAGNITUDE:

$$C_M = \quad C_S =$$

$$N_M = \frac{F \times C_M}{T} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$N_s = \frac{F \times C_s}{T} = \underline{\hspace{2cm}}$$

[illegible][illegible]

--

[illegible]

REMARKS

NM	R	NM	R

- SUMMARY REPORT -															
Showers	m	Magnitude Distributions													Total
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	
Sporadics															

- Descriptions , Fireballs , Peculiar Meteors , Notes -

International Meteor Organization

Fireball Data Center

PSF 37
DDR - 1561 Potsdam

FIREBALL REPORT FORM

Date: _____ (year), _____ (month), _____ (day), _____ h _____ m _____ s UT

Location: _____

Longitude: _____ ° _____ ' _____ " E/W Latitude: _____ ° _____ ' _____ " N/S

Altitude: _____ meter

Apparent trail:	begin	$\alpha =$ _____ °	$\delta =$ _____ °
	end	$\alpha =$ _____ °	$\delta =$ _____ °

Description: appatent magnitude: _____

duration: _____

color: _____

train: _____

fragmentation: _____

persistent train: _____

angular velocity: _____ % or scale number: _____

sounds: description _____

time laps: _____

Observed and address: _____

Source, reviewer: _____

Additional remarks, sketch, drawings, etc.:

7. PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

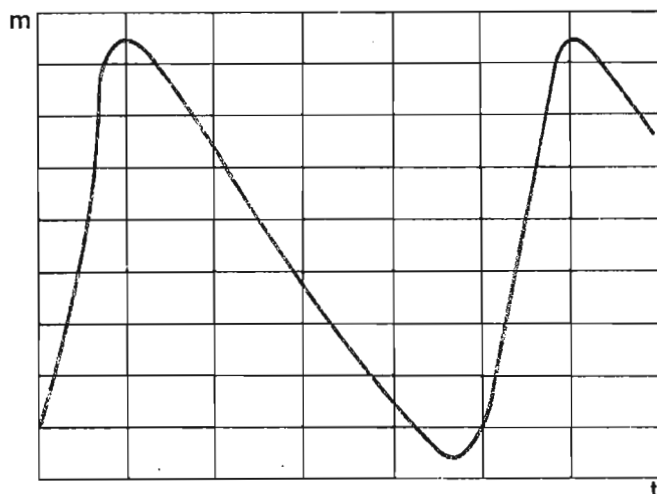
Posmatranja promjenljivih zvijezda su veoma zahvalno polje rada za astronome amate-re. Time se nauci pružaju mnogi vrijedni podaci čije ispitivanje može dovesti do novih otkrića o zvijezdama i njihovoj strukturi.

Već golim okom je moguće pratiti nekoliko desetina ovakvih zvijezda. Običan dvogled ili mali teleskop je dovoljan za posmatranje promjenljivih do 10^m (desete prividne veličine). Profesionalni astronomi nisu u stanju da redovno prate sve poznate promjenljive zvijezde, jer ovih ima veoma mnogo. Zbog toga je pomoć amatera veoma dragocjena. Da bi se ova kooperacija uspješno obavljala, neophodno je poznavati osnove tehnike posmatranja promjenljivih kao i obradu podataka prikupljenih na takav način.

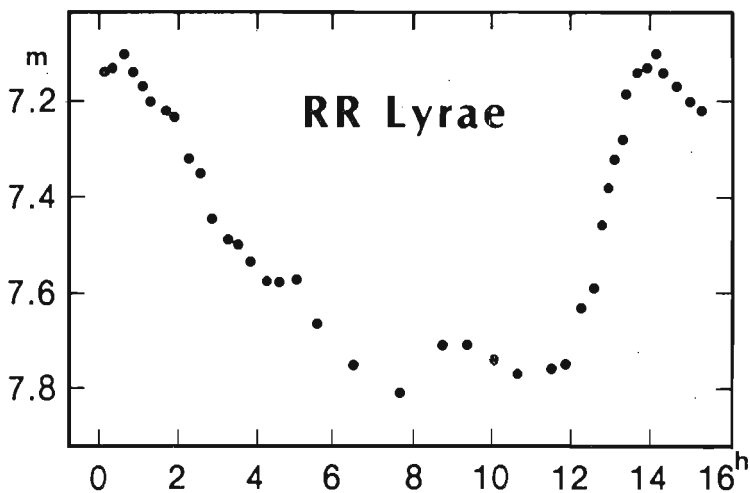
Pored istraživanja fizičkih promjenljivih (kojih su promjene sjaja izazvane stanjima u unutrašnjosti zvijezda), veliku ulogu imaju i posmatranja sistema zvijezda koje se međusobno pomraćuju. Iz ovakvih mjerenja se mogu dobiti podaci o dimenzijama zvijezda, masama, itd.

Osnovni podaci o promjenljivim zvijezdama se publikuju u raznim katalozima. U Moskvi se izdaje "Opšti katalog promjenljivih zvijezda" koji je u svom domenu najopsežniji. U raznim astronomskim efemeridama se takođe mogu naći takvi podaci.

Promjenljive zvijezde se obilježavaju prema sazviježđima u kojima se nalaze i to velikim slovima latinice počevši od R. Kada se iskoriste sva slova abecede do kraja, prelazi se na dupliranje slova pa tako imamo AB, AZ, BB, BR, RS, TT, itd. Ovakvih kombinacija ima 334. Nakon što se iscrpe sve kombinacije, prelazi se na oznaku V (od lat. promjenljiva) uz koju dolazi neki broj nakon broja 334. Tako na primjer, zvijezda V 351 Sgr označava 351-u



Sl. 160. Kriva sjaja zvijezde delta Cephei.



Sl. 161. Zvijezde RR Lyrae ima period od 13,6 sati.

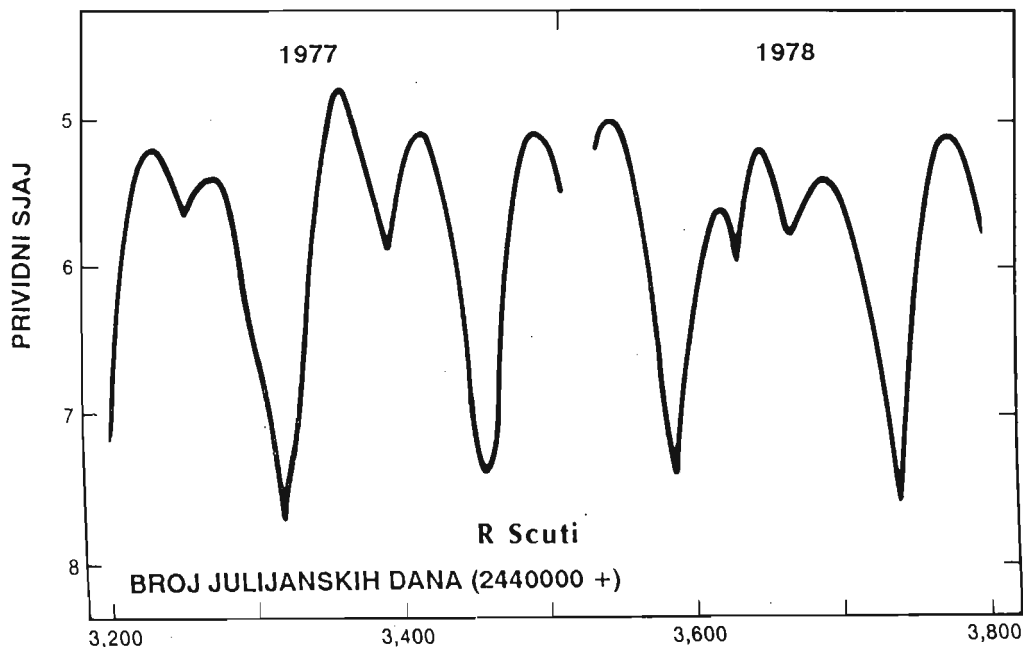
promjenljivu zvijezdu u sazviježđu Sagittarius (Strijelac). Pojedine veće Astronomske opseruatorije u svijetu uz novu promjenljivu koju otkriju, daju neku svoju oznaku. Tako postoje oznake, naprimjer, HV 2778 (Harvardska promjenljiva broj 2778) ili S 256 (Sonnenberg) itd.

VRSTE PROMJENLJIVIH ZVIJEZDA

PULSIRAJUĆE PROMJENLJIVE:

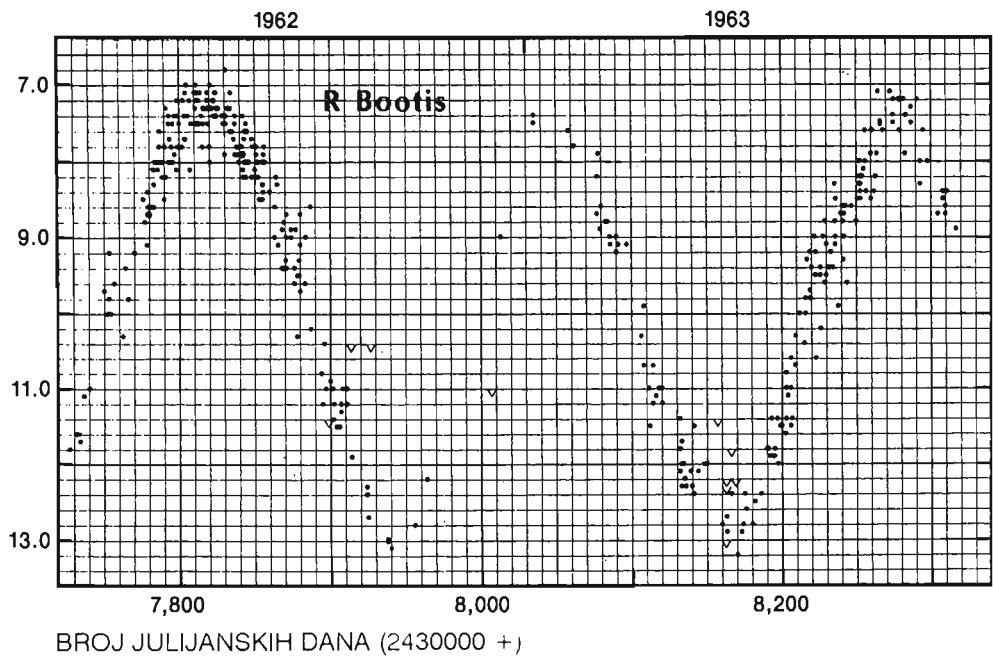
1. Cefeide

Ove, većinom žute zvijezde, se šire i skupljaju u periodu od jednog do 70 dana. Amplitude promjene sjaja im iznose od 0,1 do 2 magnitude. U maksimumu sjaja imaju obično spektralni tip F, a u minimumu od G do K.



Sl. 162. Kriva sjaja zvijezde R Scuti.

Što je spektralni tip cefeide "kasniji" (kasniji u nizu OBAFGKM), to je duži njen period promjene sjaja. Zvijezda δ Cephei je klasični primjer ovakvih promjenljivih.



Sl. 163. R. Bootis je promjenljiva tipa Mira Ceti. Ima period od 223 dana.

2. Zvijezde tipa RR Lyrae

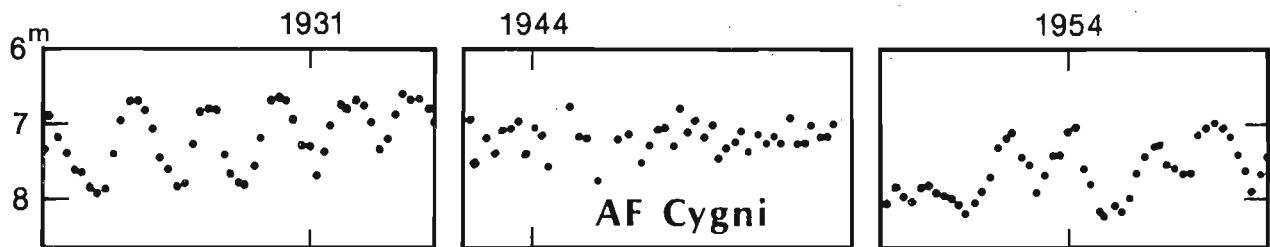
To su džinovske pulsirajuće zvijezde čiji se periodi kreću između 0,05 i 1,2 dana. Amplitude im obično ne prelaze 1 do 2 magnitude. To su bijele zvijezde uglavnom sa spektralnim tipom A. Primjeri takvih zvijezda su RR Lyrae, zatim RR Leonis, itd.

3. Zvijezde tipa RV Tauri

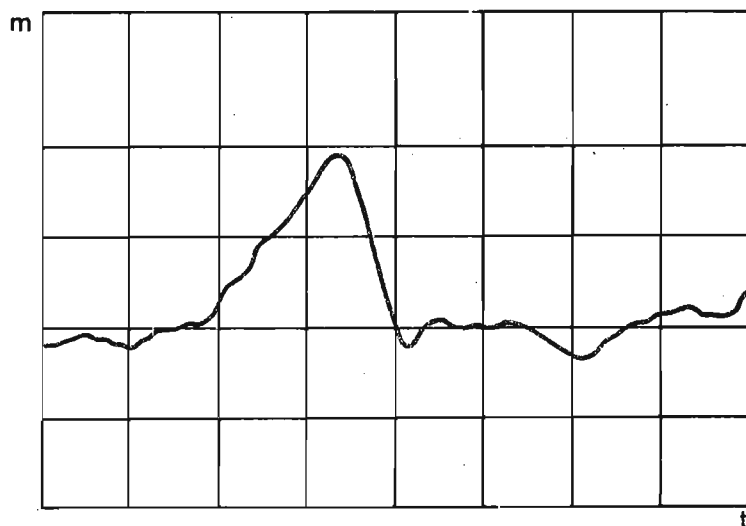
Na krivim sjaja ovih zvijezda zapaža se dubok minimum. One su inače žuti supergiganti. Periodi mjereni u odnosu na dva uzastopna minimuma kreću se od 30 do 150 dana. Amplituda sjaja ide do tri magnitude. Primjeri ovakvih zvijezda su R Scuti i V Vulpeculae.

4. Dugoperiodične promjenljive ili promjenljive tipa Mira Ceti

Imaju amplitude 2,5 do 5 magnituda, pa i više. To su crveni giganti sa periodima od 80 do 1000 dana. Imaju karakteristične emisije linije u spektrima. Najčešće su spektralnog tipa M. o Ceti ili Mira Ceti je najpoznatiji predstavnik ovakvih zvijezda. Takva je i R Bootis.



Sl. 164. Polupravilna promjenljiva AF Cygni u nekim periodima (srednja slika) ne pokazuje nikakve promjene sjaja.



Sl. 165. Kriva sjaja zvijezde game Cassiopeiae.

5. Polupravilne promjenljive

Kod ovakvih zvijezda zapaža se izvjestan stepen pravilnosti u promjeni sjaja koji je istovremeno praćen intervalima kada promjene nisu tako pravilne. To su uglavnom džinovske i superdžinovske zvijezde. Periodi im se kreću od 30 do 1000 dana. Amplitude promjene sjaja obično nisu veće od jedne do dvije magnitute. Ovakve zvijezde su npr. AF Cygni i S Persei.

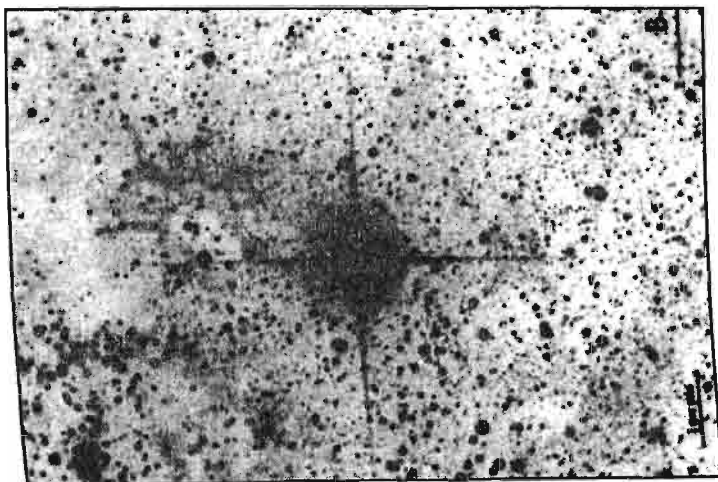
6. Nepravilne promjenljive

Ove zvijezde ne pokazuju nikakvu pravilnost u promjenama sjaja ili je ta pravilnost jedva prisutna. γ Cassiopeiae i Y Telescopii su tipični predstavnici.

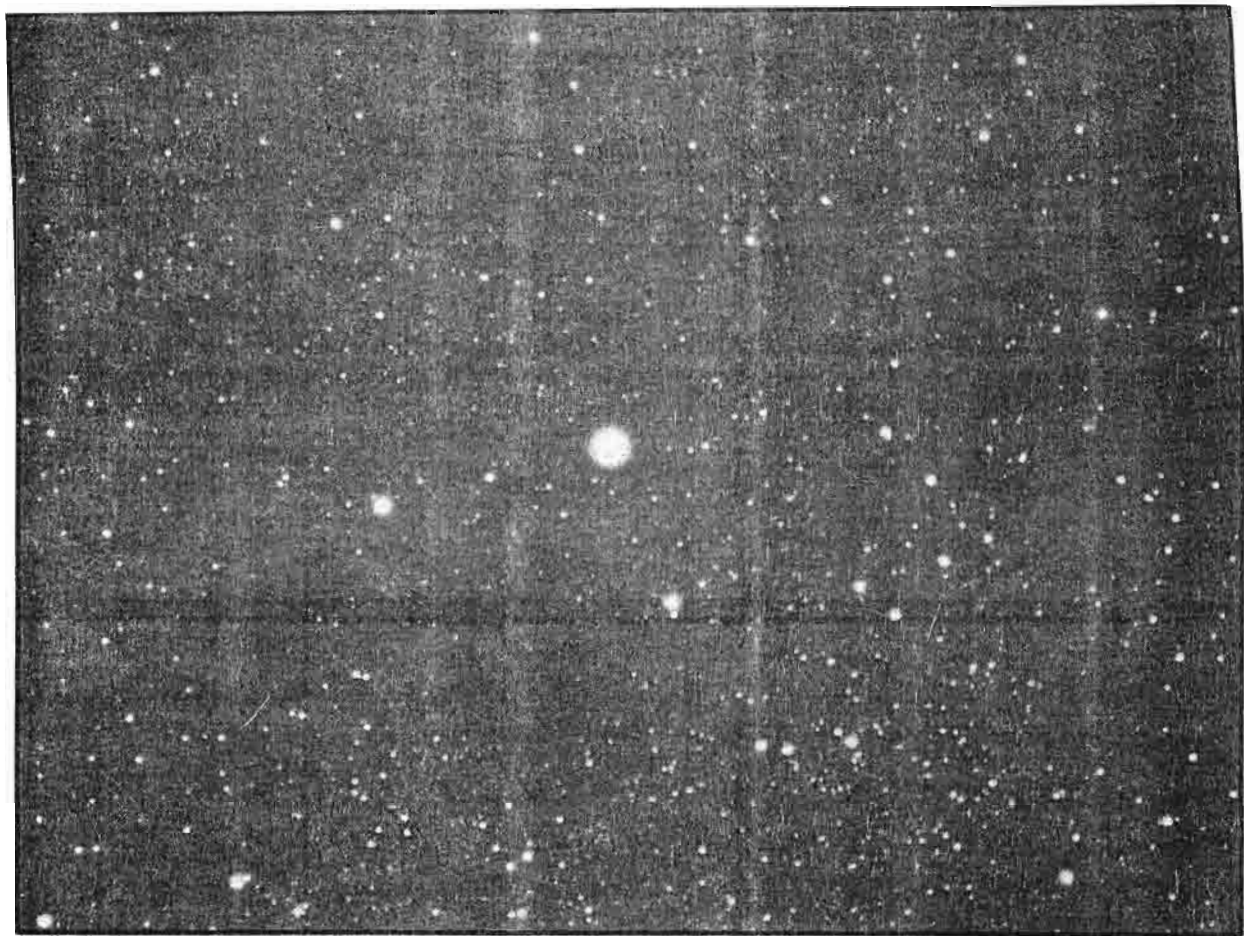
ERUPTIVNE PROMJENLJIVE

1. Supernove

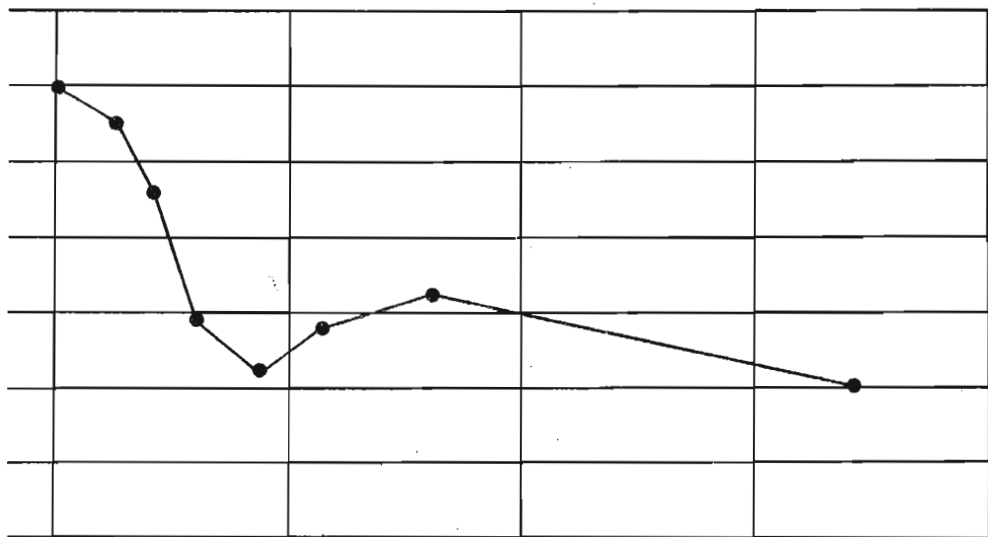
Nakon gigantske eksplozije zvijezde, sjaj joj se povećava za 20 ili više magnituda. Krive sjaja Supernovih su slične onima kod Novih. Posljedni put je supernova u našoj galaksiji posmatrana 1604. godine.



Sl. 166. Supernova u Velikom Magelanovom oblaku.



Sl. 167. Nova zvijezda u sazviježđu Labud koja je eksplodirala 1975. godine. Snimak opservatorije u Sarajevu. Snimio Muhamed Muminović dvostrukim astrografom.



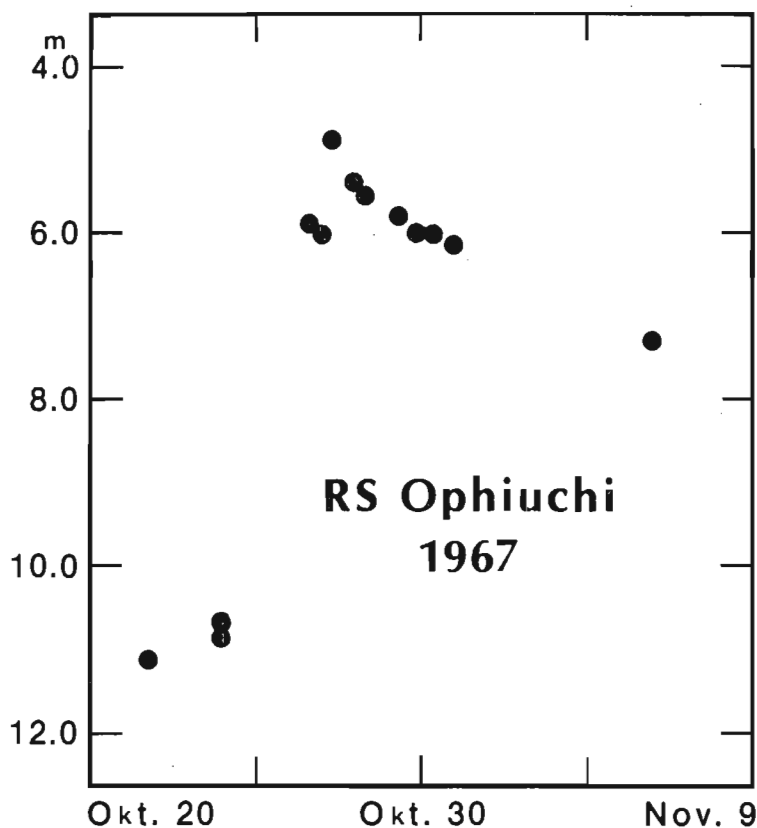
Sl. 168. Kriva sjaja Nove u Labudu načinjene na osnovu fotografske procjene sjaja (mjerenje M. Muminović).

2. Nove

Najčešće se radi o tijesnim dvojnim sistemima koji su građeni od normalne zvijezde i bijelog patuljka. Eksplozijom se sjaj Novih povećava od 7 do 16 magnituda. Nakon što se eksplozija smiri, sjaj zvijezde se ponovo vraća na stepen prije eksplozije. Najsajnija Nova u posljednim decenijama pojavila se u Labudu 1975. godine.

3. Povratne Nove

Slične su Novim zvijezdama. Karakterišu ih dvije ili više eksplozija u kojima im sjaj raste i opada. Klasičan primjer ovih zvijezda je T Coronae Borealis, zatim RS Ophiuchi.



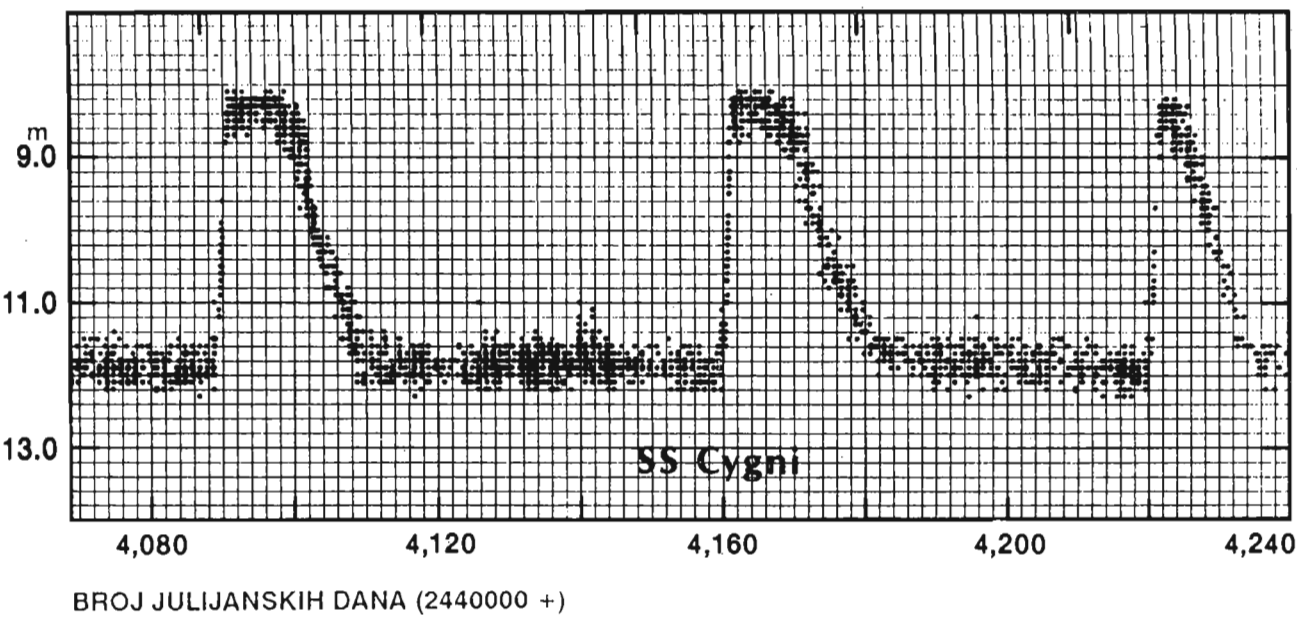
Sl. 169. Kriva sjaja zvijezde RS Ophiuchi.

4. Zvijezde tipa U Geminorum

Nakon dugih intervala kada im je sjaj minimalan, ove zvijezde koje spadaju u patuljaste Nove, naglo povećaju sjaj do maksimuma. Zavisno od pojedine zvijezde, ovo povećanje sjaja ide od 2 do 6 magnituda. Većina (ako ne i sve) ovih zvijezda su bliski dvojni sistemi. Primjer takve zvijezde je SS Cygni.

5. Simbiotske zvijezde

Glavna karakteristika ovih zvijezda su nagla povećanja sjaja do 3 magnituda. Smatra se da su ove zvijezde bliski dvojni sistemi. Jedna komponenta je crveni džin, a druga vruća plava zvijezda. Obje zvijezde sistema su omotane zajedničkom maglinom. Primjer: Z Andromedae.



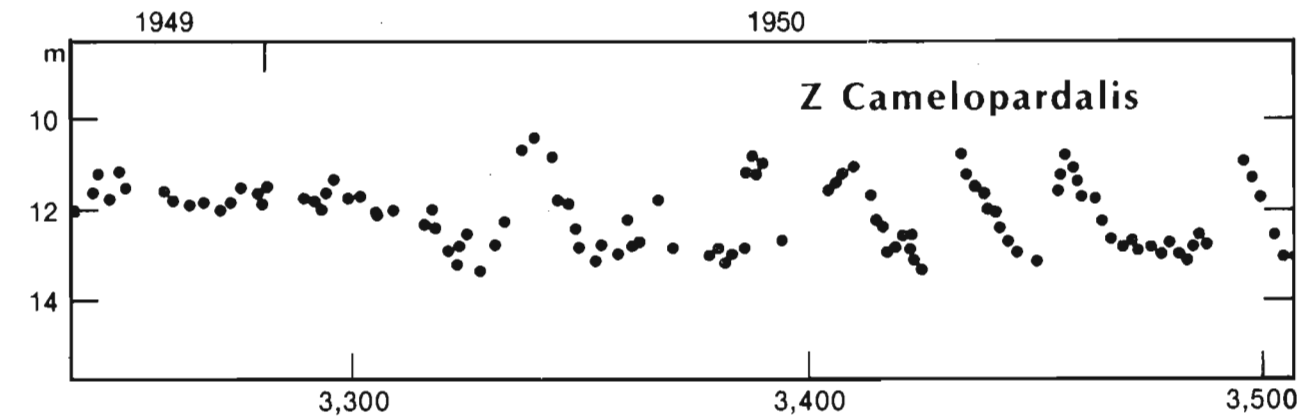
Sl. 170. Kriva sjaja patuljaste Nove SS Cygni.

6. Zvijezde sa bljeskovima

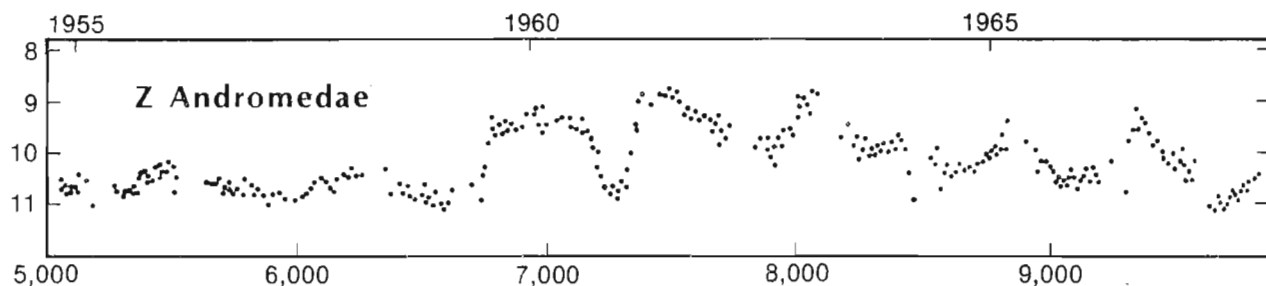
Sjaj im naglo, u roku od par minuta, naraste od jedne do šest magnituda i isto tako brzo opadne. Obično su to crveni patuljci kao što je zvijezda UV Ceti ili YZ Canis Minoris.

7. Zvijezde tipa Z Camelopardalis

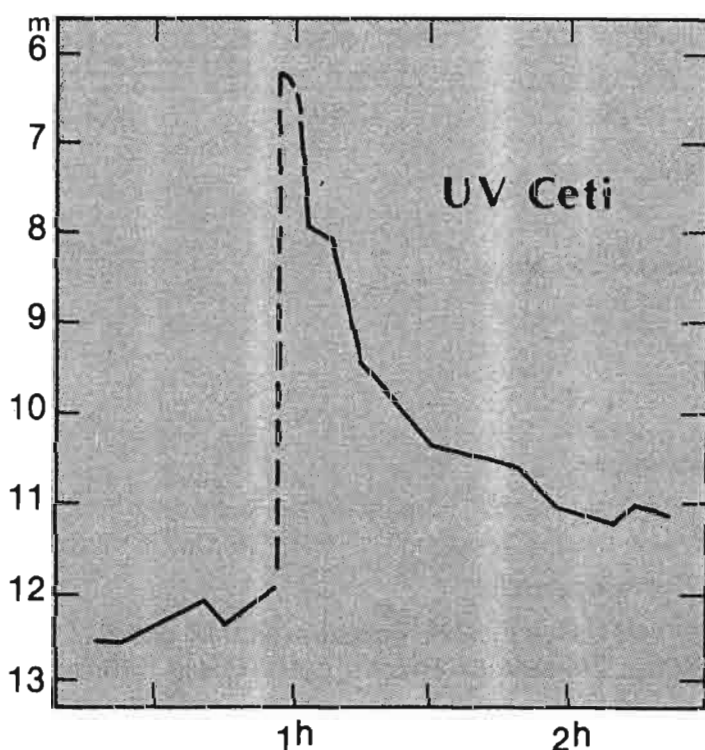
Slične su zvijezdama tipa U Geminorum. Pokazuju ciklične promjene koje se smjenjuju sa intervalima konstantnog sjaja. Zvijezda po kojoj su dobile ime je tipični predstavnik ove grupe.



Sl. 173. Kriva sjaja zvijezde Z Camelopardalis.



Sl. 171. Kriva sjaja zvijezde Z Andromede.



Sl. 172. Bljesak zvijezde UV Ceti prema posmatranjima V.Oskaniana na astronomskoj opservatoriji u Beogradu.

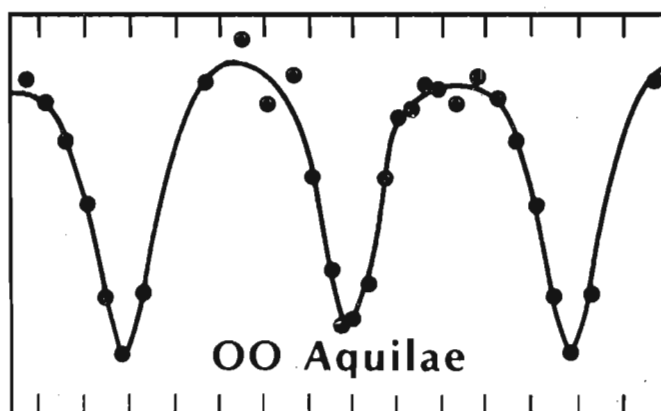
OSTALI OBLICI PROMJENLJIVIH

1. Rotirajuće promjenljive

Ove zvijezde rotiraju oko svojih osa veoma brzo. Obično su uz to članovi dvojnog sistema. Prilikom rotacije dolazi do malih promjena u sjaju izazvanih najvjerovatnije tamnim ili svijetlim mrljama na površini zvijezde. Primjeri ovakvih zvijezda su RS Canum Venaticorum, UX Arietis.

2. Pomračujuće (ekliptične) promjenljive

Radi se o dvojnim sistemima u kojima tamnija zvijezda prekriva sjajniju tokom orbitalnog kretanja. Time dolazi do promjena sjaja koje uočavamo. Klasična zvijezda ovog tipa je beta Persei ili Algol.



Sl. 174. Kriva sjaja pomračujuće promjenljive OO Aquillae.

PRONALAZENJE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE NA NEBU

Ako se radi o sjajnim zvijezdama onda njihovo pronalaženje na nebu nije problem. Međutim, ove zvijezde su veoma dobro izučene pa se češće posmatraju zvijezde slabijeg sjaja, koje nije baš lako naći. Izbor zvijezde koju ćemo posmatrati zavisi i od teleskopa sa kojim se raspolaže.

U početku, radi vježbe, bolje je početi posmatranja sjajnijih zvijezda sa većim amplitudama promjene sjaja. Kasnije se počinju istraživati one slabije i one koje ulaze u specijalne vrste kao što su nepravilne promjenljive i sl.

Sjajnije zvijezde se pronalaze pomoću atlasa neba kao što su Bečvarov "Atlas Coeli", SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory) atlas, Will Tirion-ov "Sky Atlas" itd.

Američko udruženje posmatrača promjenljivih zvijezda (American Association of Variable Star Observers) je 1981. godine, koristeći SAO atlas, napravilo poseban Atlas promjenljivih zvijezda (AAVSO Variable Star Atlas). U njemu je označen ogroman broj promjenljivih zvijezda i date su magnitude u V oblasti (V-fotoelektrični određena vizuelna prividna veličina). Atlas se može nabaviti kod "Sky Publishing Corporation" (vidi adresu u popisu literature).

Prije traženja u atlasu, potrebno je poznavati koordinate promjenljive ili njenu oznaku. Za slabije zvijezde se obično prave karte okolina tih promjenljivih gdje su date i neke sjajnije zvijezde koje nije teško pronaći pa se na osnovu njih mogu lako naći traženi objekti. Ovakve karte se nalaze u nekim knjigama, a izdaju ih i razne astronomske organizacije u svijetu kao što su "American Association of Variable Star Observers" (AAVSO), zatim "Variable Star Section of the British Astronomical Association", itd.

Uz karte okolina su obično date i skale koje označavaju koliko milimetara na njima odgovara ugaonim jedinicama. Na kartama okolina označene su zvijezde čiji se sjaj može iskoristiti za upoređivanje. U Prilogu ove knjige (vidi prilog broj I) date su karte okolina većeg broja promjenljivih zvijezda koje su pogodne za amaterska posmatranja.

Ako se za posmatranje koristi teleskop sa paralaktičkom montažom (ekvatorskom) onda je moguće direktno pronalaženje traženog dijela neba gdje se zvijezda nalazi. Pri tome je potrebno poznavati nebeske koordinate zvijezde. Ako je mehanizam teleskopa slab ili podjele na krugovima nisu najbolje, onda se za sjajnije promjenljive može koristiti slijedeći

metod. Nađe se na zvjezdanoj karti neka sjajnija zvijezda sa sličnim koordinatama ili jednom gotovo istom. Teleskop se usmjeri u nju, fiksira po jednoj osi, i zatim lagano pomjera sve dok tražena zvijezda ne bude u vidnom polju teleskopa.

Što se tiče vrste instrumenata koji se mogu koristiti za ovakva posmatranja, tu nema nekih posebnih savjeta. Već smo vidjeli da od otvora teleskopa zavisi do koje ćemo prividne veličine moći ići. Ako se radi sa sjajnijim zvijezdama, onda je bolje služiti se dvogledom ili tražiocem teleskopa sa kojim se raspolaže. Kada se jednom počne program posmatranja neke promjenljive zvijezde, tada ga do kraja treba vršiti istim instrumentom.

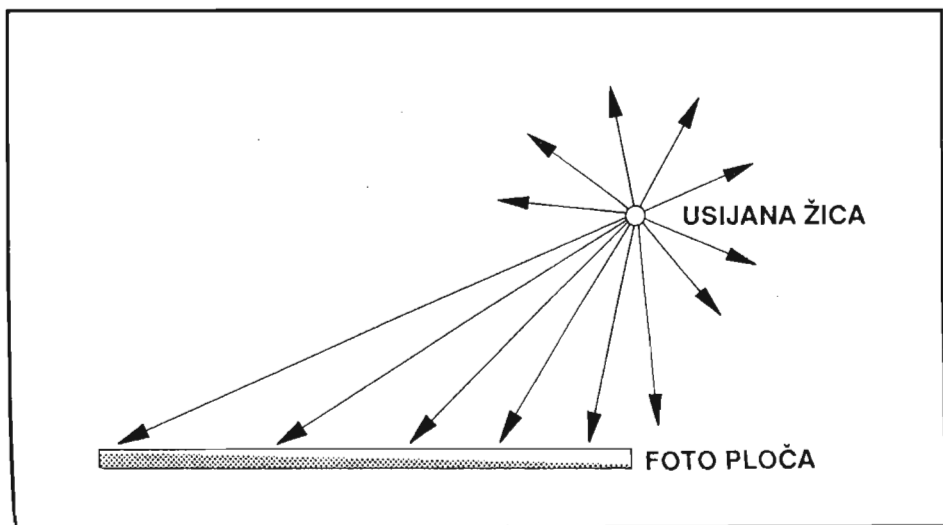
VIZUELNI ZVJEZDANI FOTOMETRI

Ocjenjivanje sjaja zvijezda može se uspješno vršiti pomoću vizuelnih zvjezdanih fotometara. Za profesionalne astronome su ovakvi uređaji već istorija jer se prešlo na fotoelektrične instrumente, ali za amatere su još uvijek preporučljiviji od ocjenjivanja sjaja pomoću oka, metodama koje ćemo kasnije opisati. Naravno, uz pretpostavku da su kvalitetno izrađeni.

Za sve instrumente ovog tipa karakteristična je upotreba vještačke zvijezde čiji se sjaj mijenja u željenom opsegu pomoću nekih oslabljivača svjetla. U upotrebi su razne dijafragme, kao što je iris, zatim tzv. "mačije oko" koje se sastoji od dvije pravougaone pločice sa prorezima trouglastog oblika. Pomjeranjem pločica jedne ispred druge smanjuje se ili povećava otvor kvadratičnog oblika što ga one tako obrazuju. Takođe se često koristi fotometrijski klin.

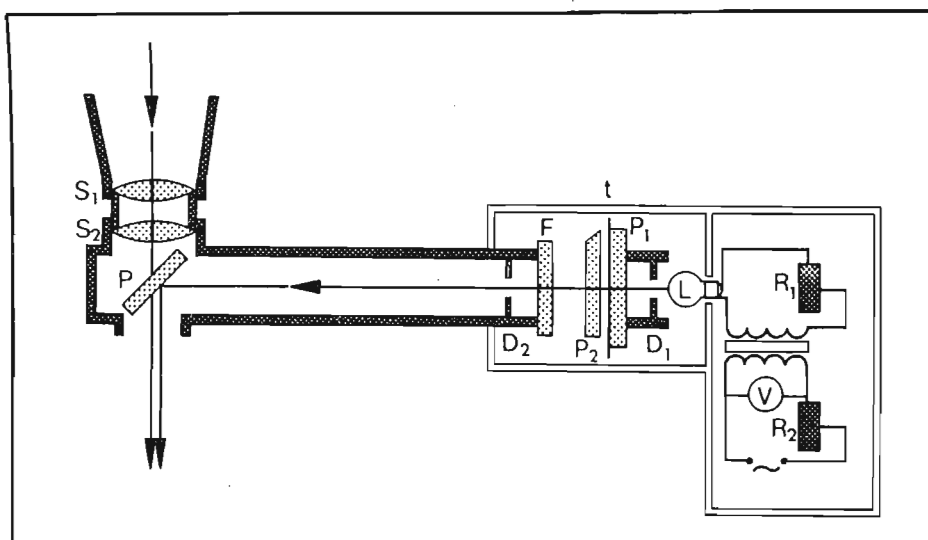
Obzirom da je stakleni fotometrijski klin veoma teško nabaviti, opisaćemo način na koji se može izraditi foto-ploča na kojoj zacrnjenost postepeno opada od jednog ruba ka drugom. U fotolaboratoriji se postavi neosvjetljena ploča, a na nekoj daljini i nekoj visini od nje montira se žica od cekasa kroz koju može teći struja. Puštanjem struje, nit će se usijati i zračiti svjetlost. Pošto se nalazi sa jedne strane ploče, onda će dalji dijelovi biti slabije osvijetljeni od onih bližih dijelova ploče. Time će se, poslije razvijanja, dobiti snimak na kome su zacrnjenja u padu i to sa određenom "strminom". Ovu strminu možemo po želji birati u zavisnosti od međusobnog položaja ploče i usijane niti. Princip je prikazan na slijedećem crtežu.

Treći način promjene intenziteta svjetlosti vještačke zvijezde je možda najjednostavnije realizovati. Baziran je na polarizaciji svjetlosti. Između sijalice i oka se namjesti dva polariza-



Sl. 174.a Izrada fotometrijskog klina.

ciona filtera. Zakretanjem jednog od njih za neki ugao, vrši se slabljenje svjetlosti. Na slijedećem crtežu prikazan je izgled jednog vizuelnog polarizacionog fotometra.



Sl. 175. Polarizacioni fotometer.

O - Okular

P - planparalelna polusrebrena staklena pločica,

D₁- dijafragma sa kružnim otvorom, P₁-polarizacioni filter(polarizator),

P₂-polarizacioni filter koji se rotira(analizator),

t - indeks ili marka kojom očitavamo vrijednost zakretanja analizatora,

D₂- druga dijafragma,

L - sijalica koja se napaja preko transformatora,

V - voltmetar za kontrolu napona,

R₁ i R₂- otpornici,

F - točak sa filterima,

S₁ i S₂ su dva sočiva od kojih je prvo fokusirano na lik zvijezde koji daje objektiv teleskopa. Drugo sočivo služi kao optički relej da bi se po želji udaljio fokus prema okularu.

Kada su ose polaroida paralelne, vještačka zvijezda ima najveći sjaj. Zakretanjem za neki ugao imaćemo slabljenje svjetlosti izraženo prividnim veličinama:

$$m = -5 \log \cos \alpha$$

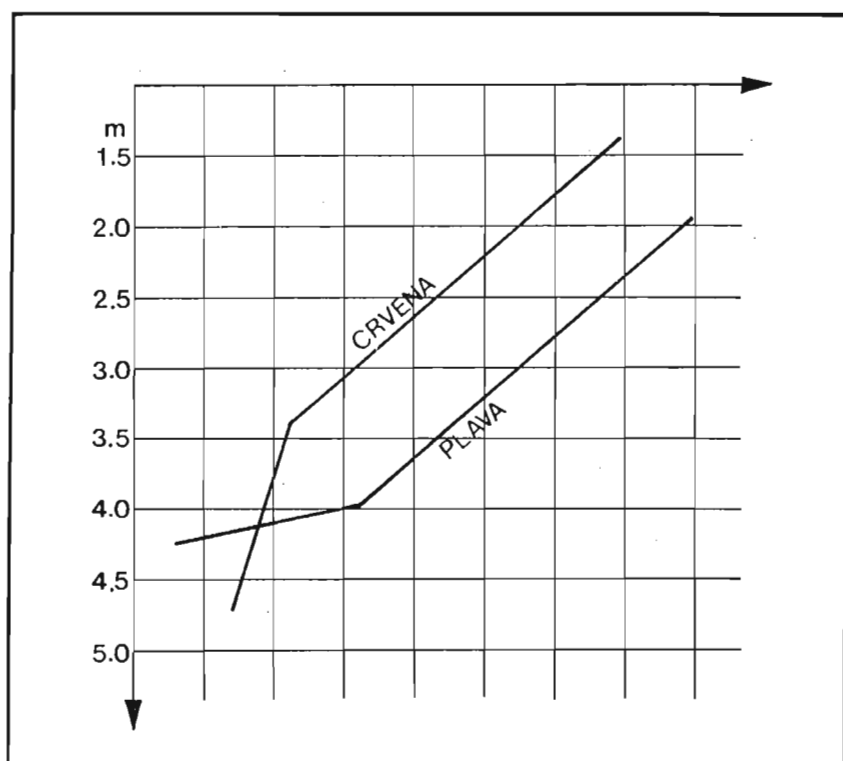
P₂ je izbaždaren u nekim uslovnim veličinama ili u prividnim veličinama. Čitav uređaj nije teško konstruisati, a polarizacioni filteri, koji se koriste u fotografiji, mogu sasvim dobro da posluže za ovu svrhu.

PURKYNE-ov EFEKAT

Neki fiziološki efekti ljudskog viđenja u znatnoj mjeri mogu da utiču na vizuelna posmatranja promjenljivih zvijezda. Takav je i efekat koji je prvi opisao čehoslovački fiziolog J.E. Purkyně još 1825.godine. Efekat se sastoji u tome što ljudsko oko ne reaguje jednako na identičnu količinu svjetlosti koju prima od dva izvora koji se razlikuju po dijelu spektra iz koga imaju maksimum zračenja.

Pretpostavimo da imamo dvije svijetle tačke identičnog sjaja od kojih je jedna crvena a druga plava. Crvena tačka će nam izgledati sjajnije. Zatim je potrebno, na bilo koji način, oslabljivati istovremeno oba izvora svjetlosti u istom omjeru. Na primjer, možemo oba izvora udaljavati od oka. Vidjeli bismo da njihov sjaj postaje jednak, a sa daljim oslabljivanjem (udaljavanjem) svjetlosti plavi izvor bi nam počeo da izgleda sjajnije.

Uticaj Purkyně-ovog efekta se sastoji u tome da će nam kod posmatranja zvijezda sjajnijih od treće prividne veličine one sa crvenom bojom izgledati sjajnije od plavih. U slučaju kada se posmatraju zvijezde slabijeg sjaja, onda će efekat biti obratan. Purkyně-ov efekat prikazan je na slijedećem dijagramu.



Sl. 176. Purkyně-ov efekat.

Kada se posmatraju sjajnije crvene zvijezde, onda je bolje koristiti teleskop manjeg otvora ili ako je teleskop veliki, treba mu otvor smanjiti nekom dijafragmom.

VIZUELNE METODE OCJENJIVANJA SJAJA

Da bi odredili trenutni sjaj neke promjenljive zvijezde, potrebno je izvršiti poređenje sa obližnjim zvijezdama koje imaju postojan sjaj. Poredbene zvijezde se tako odaberu da se nalaze blizu promjenljive a najbolje je da su u istom vidnom polju.

Što se tiče izbora teleskopa za posmatranja on zavisi od mogućnosti svakog onog koji se upusti u ovakva posmatranja. Dobar dvogled je sasvim dovoljan za posmatranja sjajnijih promjenljivih. Među posmatračima koji koriste teleskope, najpopularniji su reflektori Newton-ovog tipa. Pri tome su pogodniji oni kraćih fokusnih rastojanja ($f/5$ do $f/8$). Vrlo je važno da okular bude širokog vidnog polja (najbolji je Erfle tipa). Stabilnost montaže teleskopa je takođe značajna, a poželjno je da se radi o ekvatorskoj montaži radi lakšeg praćenja zvijezde na nebu i pronalaženja korištenjem koordinata. Neophodno je da časovnik koji se koristi

ima vidljive oznake i u mraku (najpogodniji su digitalni, bilo ručni ili stoni, a naročito oni kod kojih se intenzitet osvjtljenja može podešavati po potrebi).

Osnovni savjeti za posmatrače promjenljivih:

- Odmoriti oči u potpunom mraku 15 do 20 minuta prije početka posmatranja. Time se vrši adaptacija na slabe izvore svjetla.

- Pažljivo treba provjeriti da li smo uspješno identifikovali promjenljivu na osnovu nekog atlasa ili karte okoline.

- Preporučljivo je koristiti kao poredbene samo one zvijezde koje su predložene na nekoj karti okoline, a ne neke vlastite. Osnovni razlog je što su poredbene unaprijed izabrane, sa konstantnim sjajem, pa posmatranja većeg broja ljudi mogu biti upoređena i zajednički obrađena.

- Ukoliko je razmak između promjenljive i poredbene veći, potrebno je nekoliko puta uzastopno dovoditi ih u centar vidnog polja kako bi procjena bila što tačnija. Ukoliko su u istom vidnom polju, treba ih po mogućnosti gledati tako da linija koja ih spaja bude paralelna sa linijom očiju.

- Pri posmatranjima ne treba pretjerivati sa uvećanjima. Dovoljno je koristiti ono uvećanje (ili onaj optički instrument) pri kome se posmatrane zvijezde lako vide. Ako se zvijezde dobro vide u dvogledu, nema potrebe koristiti teleskop.

- Kada se posmatraju crvene zvijezde (kao što su dugoperiodične promjenljive tipa Mira Ceti) najbolje je ocjene donositi nakon kraćeg pogleda na zvijezdu. Ukoliko se duže gledaju, povećava se mogućnost greške jer crvena svjetlost ima tendenciju da jače pobuđuje oko ukoliko mu je ono duže izloženo (Purkyně-ov efekat).

- Pri ocjenama sjaja treba zaboraviti ranija mjerenja (bilo vlastita, bilo tuđa) kako ne bi došlo do greške.

- Zvijezde čiji sjaj varira u intervalu ispod 0,5 magnituda nisu pogodne za vizuelna posmatranja i zahtijevaju fotoelektričnu fotometriju. Zbog toga ne treba precjenjivati vlastite sposobnosti.

- Potrebno je voditi računa o rošenju optičkih površina, posebno okulara koji je izložen vazduhu što pri disanju izlazi iz posmatračevih usta. Povremeno treba koristiti čist i mek papir ili krpu i brisati dostupne optičke površine. Zarošene površine dovode do zamagljenja likova i time do pogrešnih ocjena.

- Posmatranja počinjati uvijek u odmornom stanju i prekidati ih kada osjetite umor.

- Svako posmatranje treba zabilježiti u podesnu svesku. Ništa ne treba ostavljati u memoriji.

- Datum je potrebno bilježiti u dvostrukom obliku (npr.19/20. juni 1990.).

- U postojeću svesku upisati uslove posmatranja, posebno kvalitet atmosfere, prisustvo Mjeseca i slično.

- Ne treba zaboraviti na podatke o vremenskom trenutku svakog posmatranja, tačan naziv promjenljive i oznake svih poredbenih zvijezda.

PICKERING-ova METODA

Sjaj promjenljive zvijezde upoređujemo u ovoj metodi sa sjajem dvije poredbene zvijezde čiji nam je prividni sjaj poznat iz literature. Pri tome je jedna poredbena slabijeg sjaja, a druga sjajnija od promjenljive. Promjenljivu ćemo označiti slovom "v", a poredbene sa "a" i "b".

Posmatranje počinje na slijedeći način. Posmatramo neko vrijeme zvijezde "a" i "b" i u mislima podijelimo razliku njihovog sjaja na deset dijelova. Zatim ocjenimo za koliko je tih desetih dijelova zvijezda "a" sjajnija od promjenljive "v", odnosno za koliko je desetina "v" sjajnija od "b". Ako je na primjer, zvijezda "a" za tri desetine sjajnija od "v", tada će razlika "v" i "b" biti sedam desetina. Matematički ovu procjenu sjaja možemo pisati na slijedeći način:

$$a \ 3 \ v \ 7 \ b$$

Ovo što smo izvršili je interpolacija, pa se stoga Pikeringsova metoda često naziva i Interpolaciona metoda. U najopštijem slučaju, kada su razlike u sjaju vrijednosti "m" i "n", zapis sjaja će biti:

$$a \ m \ v \ n \ b$$

pri čemu je $m + n = 10$. Sjaj promjenljive zvijezde izražen u magnitudama se računa kao:

$$m_v = m_a + \frac{m}{10} (m_b - m_a) \quad \text{ili} \quad m_v = m_b - \frac{n}{10} (m_b - m_a) \quad (1)$$

Na jednom primjeru pogledajmo sada kako izgleda posmatranje promjenljive zvijezde pomoću Pickering-ove metode. Neka poredbene zvijezde imaju sjaj od $m = 5,63$ i $m = 6,78$ a prilikom posmatranja smo dobili npr. slijedeću procjenu:

$$a \ 2 \ v \ 8 \ b$$

Na osnovu formula (1) slijedi:

$$m = 5,63 + 0,2 (6,78 - 5,63) = 5,86$$

$$m = 6,78 - 0,8 (6,78 - 5,63) = 5,86$$

POGSONOVA METODA

U ovoj metodi polazi se od prilično dokazane pretpostavke da je ljudsko oko u stanju da uoči razliku u sjaju od 0,1 prividne veličine. Promjenljiva koju posmatramo upoređuje se samo sa jednom poredbenom kojoj poznajemo pravu magnitudu. Ocjenjivanje se vrši tako što se određuje za koliko je desetina prividne veličine promjenljiva zvijezda slabija ili sjajnija od poredbene. Pretpostavimo da smo odredili da je zvijezda "a" za 0,4 veličine sjajnija od promjenljive "v". Tu ocjenu zapisujemo kao:

$$a \ 0,4 \ v$$

Ako je sjaj zvijezde "a" $m = 8,42$ u tom slučaju će sjaj promjenljive iznositi $m = 8,82$. Obično se u praksi umjesto jedne uzimaju dvije poredbene zvijezde. Jedna je sjajnija, a druga slabija od promjenljive. Za konačni sjaj promjenljive se uzima srednja vrijednost ove dvije procjene.

Prednost ove metode je što se sjaj promjenljive određuje odmah iz posmatranja. No, za početnike ona nije najpogodnija jer je potrebno malo veće iskustvo u ocjenjivanju sjaja.

ARGELANDEROVA METODA

Poznati astronom prošlog vijeka Argelander je razradio ovu metodu i ona se i danas smatra najpogodnijom pri vizuelnom određivanju sjaja promjenljivih zvijezda. Kao i kod prethodno opisanih metoda (a i nekih drugih metoda koje ovdje nisu date), pri posmatranju se koriste dvije ili više poredbenih zvijezda. Prednost ove metode je što svaki posmatrač

izrađuje vlastitu skalu poredbenih zvijezda i na taj način se u najvećoj mogućoj mjeri izbjegava uticaj individualnih grešaka u određivanju sjaja.

Ukoliko se koristi više poredbenih zvijezda tačnost procjenjivanja je veća, pogotovo za neiskusnije posmatrača. U našem primjeru pretpostavimo korištenje dvije poredbene zvijezde "a" i "b". Promjenljiva je i ovdje označena sa "v". Ukoliko nam izgleda da su obje poredbene istog sjaja ili nam pri brzom prelasku sa jedne na drugu zvijezdu izgleda čas jedna ili čas druga sjajnija, tada pišemo:

a o b ili kraće ab

Ako nam u prvom trenutku izgleda da su obje zvijezde podjednako sjajne, ali pri pažljivom posmatranju primjetimo da je zvijezda "a" jedva malo sjajnija od zvijezde "b", tada kažemo da je "a" za jedan stepen sjajnija od "b". U tom slučaju pišemo:

a 1 b

Ako nam zvijezda "a" izgleda svo vrijeme posmatranja sjajnija od "b", tada usvajamo da je razlika između njih dva stepena i pišemo:

a 2 b

Razlika u sjaju koja odmah upada u oči već na prvi pogled ima vrijednost tri stepena. Možemo pisati:

a 3 b

Odnos a 4 b označava još upadljiviju razliku u sjaju dvije zvijezde. Veći intervali od ovih koje smo nabrojali nisu potrebni.

Vidimo da je u ovoj metodi glavna karakteristika uvođenje stepena. Stepen je, kako vidimo, najmanja razlika u sjaju koju jedan posmatrač može da zapazi. Kod izvežbanih posmatrača vrijednost stepena iznosi oko 0,1 magnitude. No, u svakom slučaju, ta vrijednost je individualna stvar i ne utiče odviše na tačnost procjene sjaja. Kod onih koji tek počinju sa ovakvim posmatranjima vrijednost stepena može da iznosi i 0,2 ili 0,3 magnituda. Na osnovu do sada rečenog, Argelanderovu metodu možemo sažeto predstaviti na slijedeći način:

- | | |
|---|-------|
| 1. Zvijezde "a" i "b" su jednakog sjaja | a b |
| 2. Zvijezda "a" je jedva primjetno sjajnija od zvijezde "b" | a 1 b |
| 3. Zvijezda "a" je bez sumnje sjajnija od zvijezde "b" | a 2 b |
| 4. Već na prvi pogled je jasno da je zvijezda "a" sjajnija od "b" | a 3 b |
| 5. Zvijezda "a" upadljivo je sjajnija od "b" | a 4 b |

Sada možemo jednim primjerom pokazati kako bi izgledalo ocjenjivanje sjaja neke promjenljive zvijezde. Sjaj joj se uvijek mora upoređivati sa dvije poredbene zvijezde od kojih je jedna sjajnija ("a") a druga slabijeg sjaja ("b"). Promjenljiva je "v".

Prvo poredimo promjenljivu sa zvijezdom "a". Poslije posmatranja uočili smo da je "a" tek nešto malo sjajnija od "v". Pišemo:

a 1 v

Sada upoređujemo "v" sa "b" i već na prvi pogled uočavamo da je "v" sjajnija od "b". Znači:

v 3 b

U opštem obliku, jednu procjenu sjaja možemo pisati:

a m v n b

Ovdje je "m" razlika u stepenu između "a" i "v", a "n" razlika u stepenim između "v" i "b".

Primjer obrade posmatranja Argelanderovom metodom

Prilikom posmatranja potrebno je najprije da imamo tačno zabilježeno vrijeme. Zavisno od tipa promjenljive, tačnost u zapisu vremena je različita. Ipak, nema razloga da vremenski trenutak ocjene sjaja ne zabilježimo sa tačnošću od jednog minuta ili niže. Obično se vrijeme izražava u svjetskom vremenu (Univerzal Time ili U.T.) Slijedeći važan korak je prevođenje posmatranog trenutka vremena u tzv. julijanski period. Uveo ga je Josef Skaliger 1583. godine. Julijanski dan je redni broj srednjeg sunčevog dana koji se počinju računati od 1.1.4713. godine prije naše ere (Griničkog podneva). Obično su tabele sa julijanskim danima date u svakim većim astronomskim efemeridama. U Prilogu ove knjige (vidi tabelu I) dati su julijanski dani u nultom času svakog "nultog" dana u mjesecu od 1900. - 2000. godine.

Julijanski period od 7980 godina sastoji se iz proizvoda brojeva $28 \times 19 \times 15$. To su tri ciklusa: Sunčev od 28 godina poslije kojeg dani u sedmici počinju da padaju u iste datume u mjesecu kao na početku ciklusa; Metonov ciklus ili "Mjesečev krug" od 19 godina poslije koga se faze Mjeseca ponavljaju u iste datume u mjesecu i treći ciklus od 15 godina je tzv. "Rimski broj" koji nema astronomsko značenje. Poslije jednog julijanskog perioda isti redni brojevi ove tri periode se ponavljaju istim redom.

Pretvaranje možemo najbolje uvježbati na slijedećem primjeru:

Neka je, na primjer, posmatranje obavljeno 28.8.1981. godine. U tabeli priloga IV nađemo da je za tzv. "nulti" dan mjeseca augusta broj julijanskih dana jednak 2 444 817. Kada na ovo dodamo 28 dana, dobijemo da je za naš datum broj julijanskih dana jednak 2 444 845. U našem pretpostavljenom primjeru neka smo posmatranja vršili u 21^h i 33^m . Tabela iz priloga V nam omogućava pretvaranja časova i minuta u dijelove dana. Tabela sadrži vrijednost pretvorbe do maksimalno $11^h 60^m$ odnosno 12^h . Ukoliko je vrijeme posmatranja, kao u našem primjeru, uveće tada je dovoljno dodati 12 časova, odnosno iznos od 12 časova pretvoren u dijelove dana (0,5 dana). Vidimo iz tabele da vremenu od $9^h 33^m$ odgovara 0,3979 dana. Na ovo dodamo 0,5 dana i dobijemo da je vrijeme posmatranja u dijelovima dana bilo: 0,8979 dana. Ovaj posljednji podatak dodajemo na ranije određeni julijanski dan te dobivamo da je vrijeme našeg posmatranja izraženo u julijanskim danima jednako: 2 444 845,8979.

Ako vršimo posmatranja promjenljivih sa većim periodom promjene sjaja, ovako sprovedena obrada trenutka posmatranja je dovoljna. No, ukoliko smo posmatrali kratkoperiodičnu promjenljivu tada se mora sprovesti tzv. "svođenje na centar Sunca". Ovo je neophodno činiti zbog toga što se rastojanje od Zemlje do zvijezde mijenja u zavisnosti od revolucije naše planete oko Sunca. Tada se posmatrani minimum odnosno maksimum sjaja može razlikovati do $\pm 8,3$ minuta. Formula za opisanu popravku glasi:

$$\Delta = - 8^m,308 \cos \beta \cos (\lambda - \lambda^\circ) = - 0^d,0058 \cos \beta \cos (\lambda - \lambda^\circ)$$

Ovdje su:

β - ekliptička širina zvijezde (koordinata u ekliptičkom sistemu)

λ - ekliptička dužina zvijezde (koordinata u ekliptičkom sistemu)

λ° - ekliptička dužina Sunca u trenutku posmatranja. Ovako dobijen trenutak posmatranja naziva se heliocentrični i označava se sa D_{hel} .

Ekliptičku dužinu Sunca vadimo iz Efemerida, a ekliptičke koordinate možemo dobiti iz ekvatorskih slijedećim formulama prelaza:

$$\sin \beta = - \cos \delta \sin \alpha \sin \epsilon + \sin \delta \cos \epsilon$$

$\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha$
 $\cos \beta \sin \lambda = \cos \delta \sin \alpha \cos \epsilon + \sin \delta \sin \epsilon$
Gdje su:
 ϵ - nagib ekliptike prema ekvatoru (23° 26' 30")
 α - rektascenzija
 δ - deklinacija

Sada ćemo dati primjer obrade nekog posmatranja izvršenog Argelanderovim postupkom. Kada smo odabrali promjenljivu zvijezdu "v" koju ćemo posmatrati, potrebno je da nađemo i poredbene. Njih treba birati tako da su smještene blizu promjenljive. One takođe treba da su što sličnije po spektralnom tipu. Obično se uz karte okolina daje niz potencijalnih poredbenih zvijezda sa njihovim sjajem (kao što je učinjeno u Prilogu ove knjige). Nakon odabiranja formiramo slijedeću tablicu poredbenih zvijezda:

Tabela 1.

zvijezda	a	b	c	d	e
sjaj	7,64	8,07	8,28	8,93	9,25

Pretpostavimo da smo obavili ukupno 26 ocjena sjaja. One su zapisane na slijedeći način:

Tabela 2.

Broj ocijena	datum	Vrijeme u T. U.	J D	Procjena	v
1.	1.1.74	20 h	2 442 050,33	a1v3b	7,69
2.	2.1.74	20 h	051,33	a4v1b	7,96
3.	3.1.74	20 h	052,33	bv2c	8,07
4.	4.1.74	20 h	053,33	b1vc	8,37
5.	5.1.74	20 h	054,33	c2v3d	8,61
6.	6.1.74	20 h	055,33	c4v2d	8,77
7.	7.1.74	20 h	056,33	dv3e	8,95
8.	8.1.74	20 h	057,33	d1v1e	9,10
9.	9.1.74	20 h	058,33	d2v1e	9,15
10.	10.1.74	20 h	059,33	c1v4d	8,49
11.	11.1.74	20 h	060,33	cv4d	8,37
12.	12.1.74	20 h	061,33	a4v1b	7,96
13.	13.1.74	20 h	062,33	a2v2b	7,79
14.	14.1.74	20 h	063,33	a4vb	8,07
15.	15.1.74	20 h	064,33	b1v2c	8,17
16.	16.1.74	20 h	065,33	b2v2c	8,23
17.	17.1.74	20 h	066,33	c1v3d	9,54
18.	18.1.74	20 h	067,33	c3v2d	8,73
19.	19.1.74	20 h	068,33	dv3e	8,95
20.	20.1.74	20 h	069,33	d1v1e	9,10

21.	21.1.74	20 h	2 442 070,33	dv2e	8,95
22.	22.1.74	20 h	071,33	c3v1d	8,78
23.	23.1.74	20 h	072,33	b4vc	8,37
24.	24.1.74	20 h	073,33	a4v1b	7,96
25.	25.1.74	20 h	074,33	a2v2b	7,79
26.	26.1.74	20 h	075,33	a1v4b	7,62

Vidimo da je vrijeme posmatranja dato u svjetskom vremenu (T.U.) koje se od našeg srednje evropskog razlikuje za jedan čas (tj. Za prelazak na svjetsko vrijeme treba od našeg vremena oduzeti jedan čas).

Najprije ćemo odrediti razliku u stepenima između poredbenih zvijezda. U svim posmatranjima koja smo obavili ona nije jednaka pa moramo odrediti srednju vrijednost:

Tabela 3.

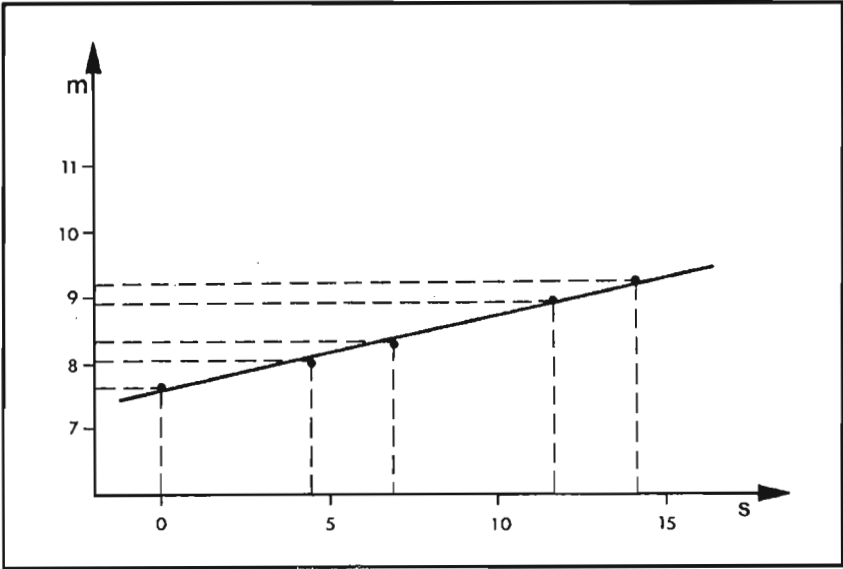
razlika	a - b	b - c	c - d	d - e
stepeni	4,50	2,40	4,71	2,50

Da bi smo ustanovili neku skalu sjaja, pretpostavimo da zvijezda "a" ima sjaj od 0,00 stepeni. Tada će ostale zvijezde imati sjaj:

Tabela 4.

zvijezda	a	b	c	d	e
sjaj (stepeni)	0,00	4,50	6,90	11,61	14,11

Sada se može odrediti i sjaj promjenljive u stepenima. Uzimamo prvo posmatranje alv3b. Iz alv sledi da je sjaj promjenljive 1 stepen, a iz procjene v3b dobijemo $4,50 - 3 = 1,50$ tj. sjaj je 1,5 stepeni. Od ove dvije vrijednosti nađemo srednju vrijednost $(1 + 1,5) : 2 = 1,25$ stepeni. Da bi smo dobili sjaj promjenljive u prividnim veličinama, moramo prevesti vrijednosti



Sl. 177.

stepena u magnitude. To se može obaviti na dva načina. Jedan je grafički, a drugi računski. Najprije ćemo to izvesti grafičkim metodom.

Nacrtamo koordinatni sistem (Sl.177.) i na horizontalnu osu nanesimo stepene, a na vertikalnu prividne veličine. Za svaku od poredbenih zvijezda nađemo tačku u koordinatnom sistemu. U idealnom slučaju, kada spojimo sve tačke trebali bi dobiti jedan pravac. U praksi se to, zbog raznih posmatračkih grešaka, ne dešava pa zato vršimo usrednjavanje. Povlačimo pravu tako da leži najbliže svakoj od tačaka kako je to vidljivo sa slike. Sada ponovo vršimo očitavanje sjaja poredbenih zvijezda tako što na našu pravu vučemo pravce koji se presjecaju sa njom. Ti pravci polaze sa horizontalne ose. Zatim ih produžimo pod pravim uglom na vertikalnu osu i dobijemo korigovane prividne veličine poredbenih zvijezda.

Sada nam poredbene zvijezde imaju sjaj:

Tabela 5.

zvijezda	a	b	c	d	e
m_k	7,57	8,07	8,33	8,90	9,19

Uvrštavanjem ovih vrijednosti u svaku od ocjena sjaja (vodeći računa o veličini stepena) lako ćemo dobiti prividni sjaj promjenljive pri svakoj ocjeni.

Nešto tačniji postupak je računski i obavlja se metodom najmanjih kvadrata. Napisaćemo najprije tablicu u kojoj su date vrijednosti pravih prividnih veličina poredbenih i njihov sjaj u stepenima.

Tabela 6

zvijezda	a	b	c	d	e
m	7,64	8,07	8,28	8,93	9,25
s	0,00	4,50	6,90	11,61	14,11

Tačke koje smo dobili na našem grafiku (Sl.177) bi, kao što smo rekli, trebale ležati na jednom pravcu. Znači one moraju da zadovoljavaju linearnu jednačinu:

$m = x + sy$ gdje su "m" - prividna veličina poredbene zvijezde; "s" - njen sjaj u stepenima; "y" - vrijednost jednog stepena izražena u prividnim veličinama; "x" - prividna veličina zvijezde koju smo uzeli za nula punkt naše skale tj. zvijezda čiji je sjaj u stepenima jednak 0,00 (a). Ovu relaciju možemo napisati za svaku poredbenu zvijezdu:

Tabela 7.

s	$x+0,00y$	$x+4,50y$	$x+6,90y$	$x+11,61y$	$x+14,11y$	$s_o \quad x+7,42$
m	7,64	8,07	8,28	8,93	9,25	$m_o \quad 8,43$

Na kraju tabele data je aritmetička sredina svih pet jednažbi odnosno srednja vrijednost stepeni ("s_o") i srednja vrijednost prividnih veličina ("m_o"). Zatim su nam potrebne još veličine $s' = s - s_o$ i $m' = m - m_o$

Tabela 8.

sred. vrijed.

s'	-7,64	-2,92	-0,52	+4,19	+6,69	+0,02
m'	-0,79	-0,36	-0,15	+0,50	+0,82	+0,02

U slijedećem koraku tražimo veličine "s' m' " i "(s')² "

Tabela 9.

s' m'	+5,852	+1,051	+0,078	+2,095	+5,486
(s') ²	55,0564	8,5264	0,2704	17,5561	44,9651

Na osnovu posljednje tabele izračunamo sume $\sum s' m'$ i $\sum (s')^2$.

Dobijemo $\sum s' m' = 14,562$ i $\sum (s')^2 = 126,3744$

Slijedi:

$$y = \frac{\sum s' m'}{\sum (s')^2} \qquad i \qquad x = m_o - s_o y$$

Uvrstimo li brojne vrijednosti, dobijemo:

$$y = \frac{14,562}{126,3744} = 0,114 \qquad x = 8,43 - (7,42 \cdot 0,114) = 7,59$$

Sada iz relacije $m_k = x + sy$ izračunavamo korigovani sjaj poredbenih zvijezda. Vidjećemo da se korigovane veličine dobijene računski osjetno razlikuju od vrijednosti koje smo dobili grafičkim metodom. Zbog toga, ako imamo namjeru da postignemo što je moguće veću tačnost, tada je neophodno korekciju uvijek vršiti računskim metodom najmanjih kvadrata.

Kad smo dobili korigovani sjaj poredbenih zvijezda, on će nam poslužiti i za određivanje sjaja promjenljive zvijezde. Vidjeli smo na početku razmatranja da je opšti oblik izraza za zapis posmatranja slijedeći:

amvnb

Sjaj promjenljive je:

$$m_v = m_a + m \frac{m_b - m_a}{m + n}$$

(ako računamo u odnosu na zvijezdu a) i

$$m_v = m_b - n \frac{m_b - m_a}{m + n}$$

(ako računamo u odnosu na zvijezdu b)

Okako izračunate prividne veličine promjenljive zvijezde date su još u Tabeli 2. Pogledajmo npr. kako se računa prvo posmatranje. Ocjena je bila: a1v3b. Na osnovu prethodne formule, slijedi:

$$m = 7,57 + \frac{8,07 - 7,57}{1 + 3} = 7,69$$

Kada smo konačno dobili korigovane prividne veličine promjenljive zvijezde, možemo pristupiti pravljenju krive sjaja. Na horizontalnu osu (apscisu) se nanosi vrijeme posmatranja najčešće u julijanskim danima, a kod kratkoperiodičnih zvijezda može i u svjetskom vremenu (časovi i dijelovi časa). Na vertikalnu osu (ordinatu) se stavljaju vrijednosti sjaja u prividnim veličinama.

DODATAK

U ovom dijelu knjige date su zvjezdane karte, karte okolina promjenljivih zvijezda, vidna polja dvojnih zvijezda, karte rasijanih skupova sa standardnim zvijezdama za fotometriju, te tabele za Julijanske dane i transformaciju časova i minuta u desete dijelove dana. Prvih 17 karata predstavljaju sjeverno nebo do deklinacije od 20 stepeni. Kao podloga korišten je "Sky Atlas" Willa Tiriona za epohu 2000.0 i na njoj su simbolima označeni položaji svih objekata čije su karte date u prilogima I, II, III. Pri tome je za svaku kartu okoline promjenljivih zvijezda korištene oznaka , za vidno polje sa dvojnim zvijezdama oznaka , a za rasijane skupove oznaka .

Prema tome, ukoliko želite naći približan položaj neke promjenljive zvijezde, dovoljno je da uočite rimski broj karte na tabeli uz njenu zvjezdanu okolinu, a zatim pronađete određenu kartu. Brojka uz simbol za okolinu promjenljive je redni broj naše zvijezde.

PRILOG I

KARTE OKOLINA PROMJENLJIVIH ZVIJEZDA

Na sljedećim stranicama date su karte okolina većeg broja promjenljivih zvijezda sa svim bitnim podacima. Promjenljiva zvijezda je na njima označena kao bijeli kružić. Broj u donjem (desnom ili lijevom) uglu označava dimenzije vidnog polja koje je prikazano i to ugaonim minutima. Rimski broj u tabeli uz svaku kartu označava na kojoj se od glavnih zvjezdanih karata nalazi određena okolina promjenljive.

Poredbene zvijezde su označene najčešće malim latiničnim slovima (a, b, c, d, itd), u nekim slučajevima velikim latiničnim slovima ili brojevima. Kod nekih karata date su standardne oznake zvijezda (grčkim slovima). Takođe, na nekim kartama, što se lako uočava, uz pojedine poredbene zvijezde date su njihove prividne veličine (magnituda).

U tabelama se pojavljuju oznake:

ph fotografska magnituda

B fotoelektrična plava magnituda

V fotoelektrična vizuelna magnituda

v vizuelna magnituda

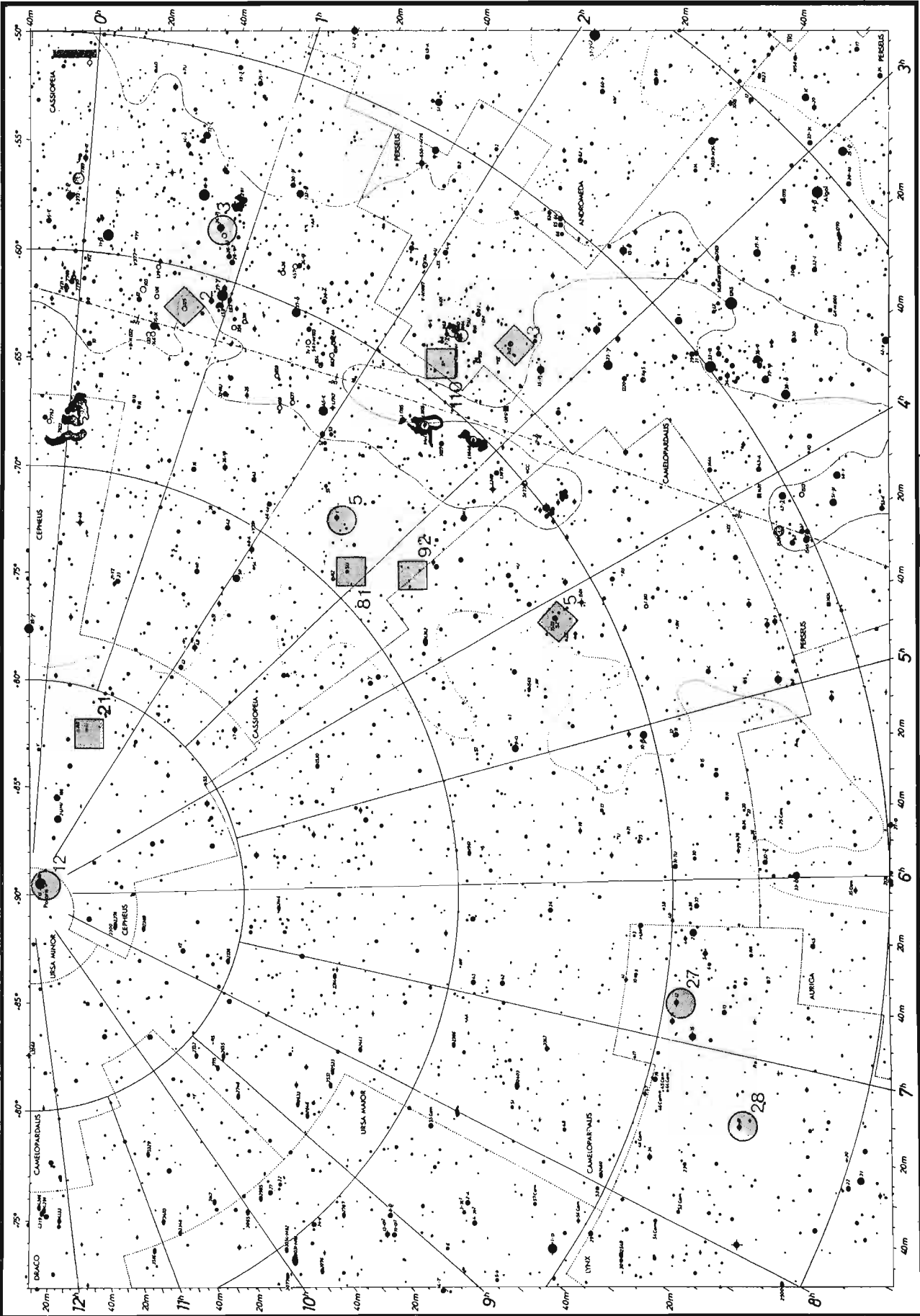
E pomračujući sistemi čije orbite leže u pravcu gledanja

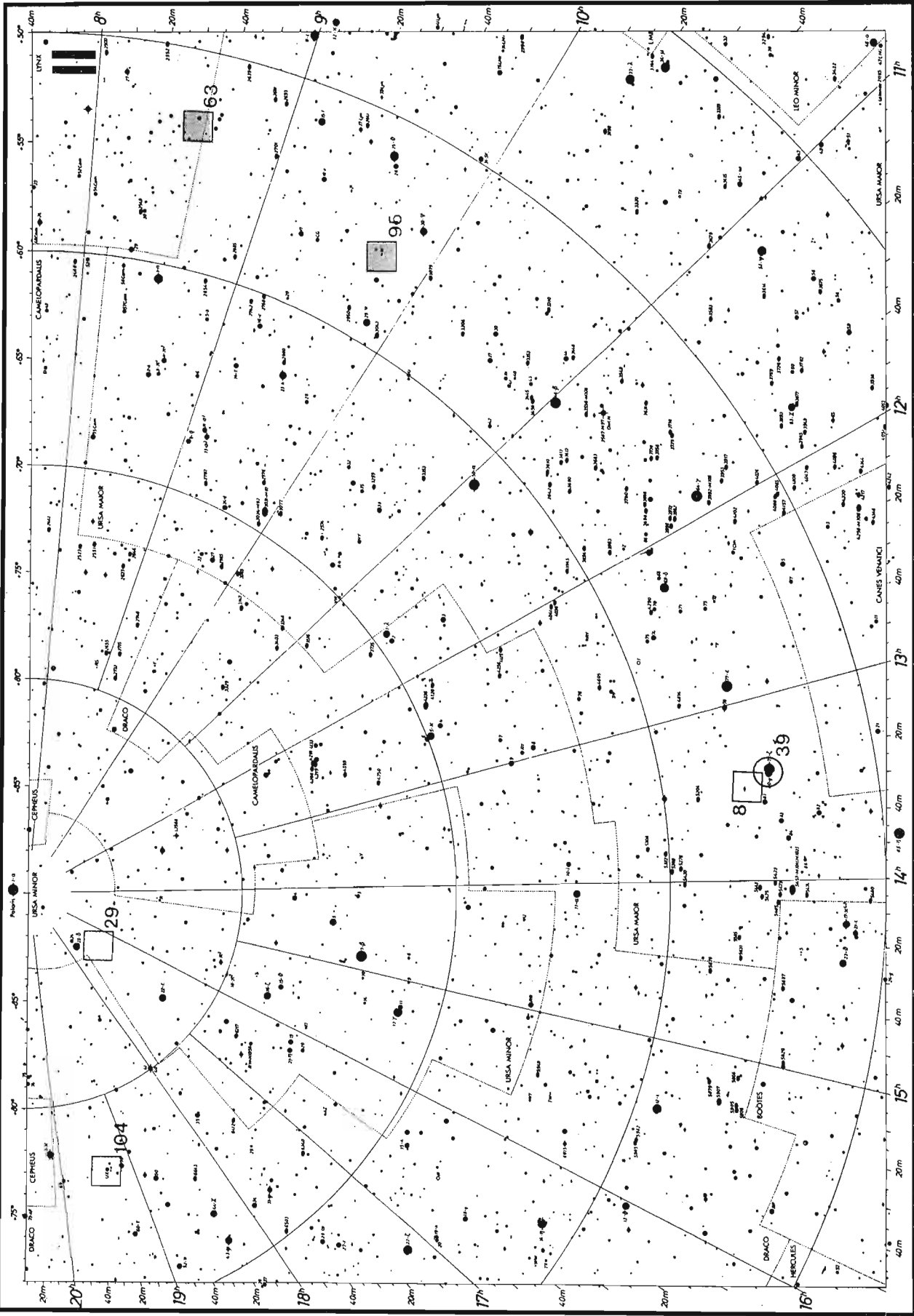
EA Algolski tip pomračujućih (eklipsnih) sistema

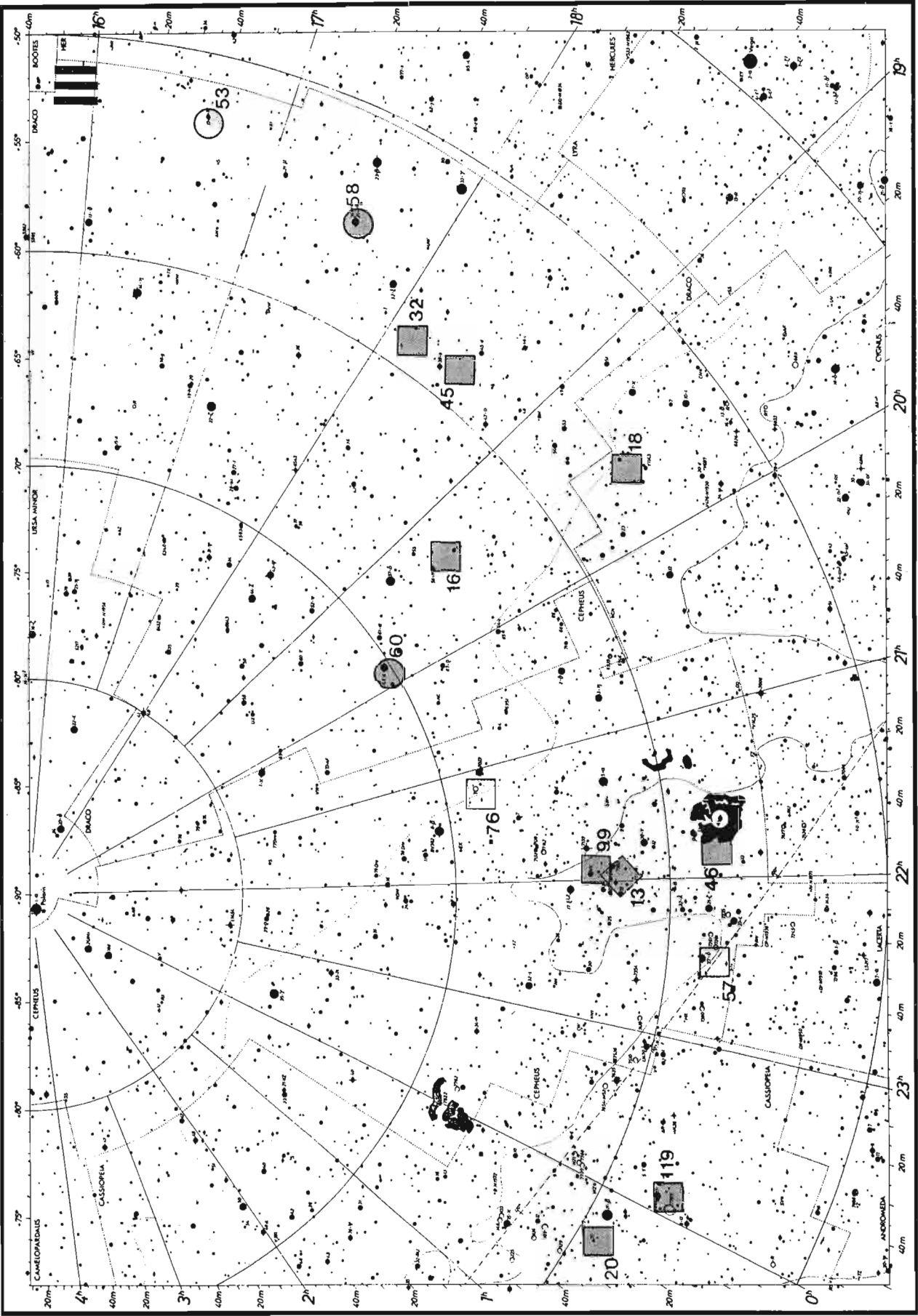
EB Pomračujući sistemi tipa beta Lyrae

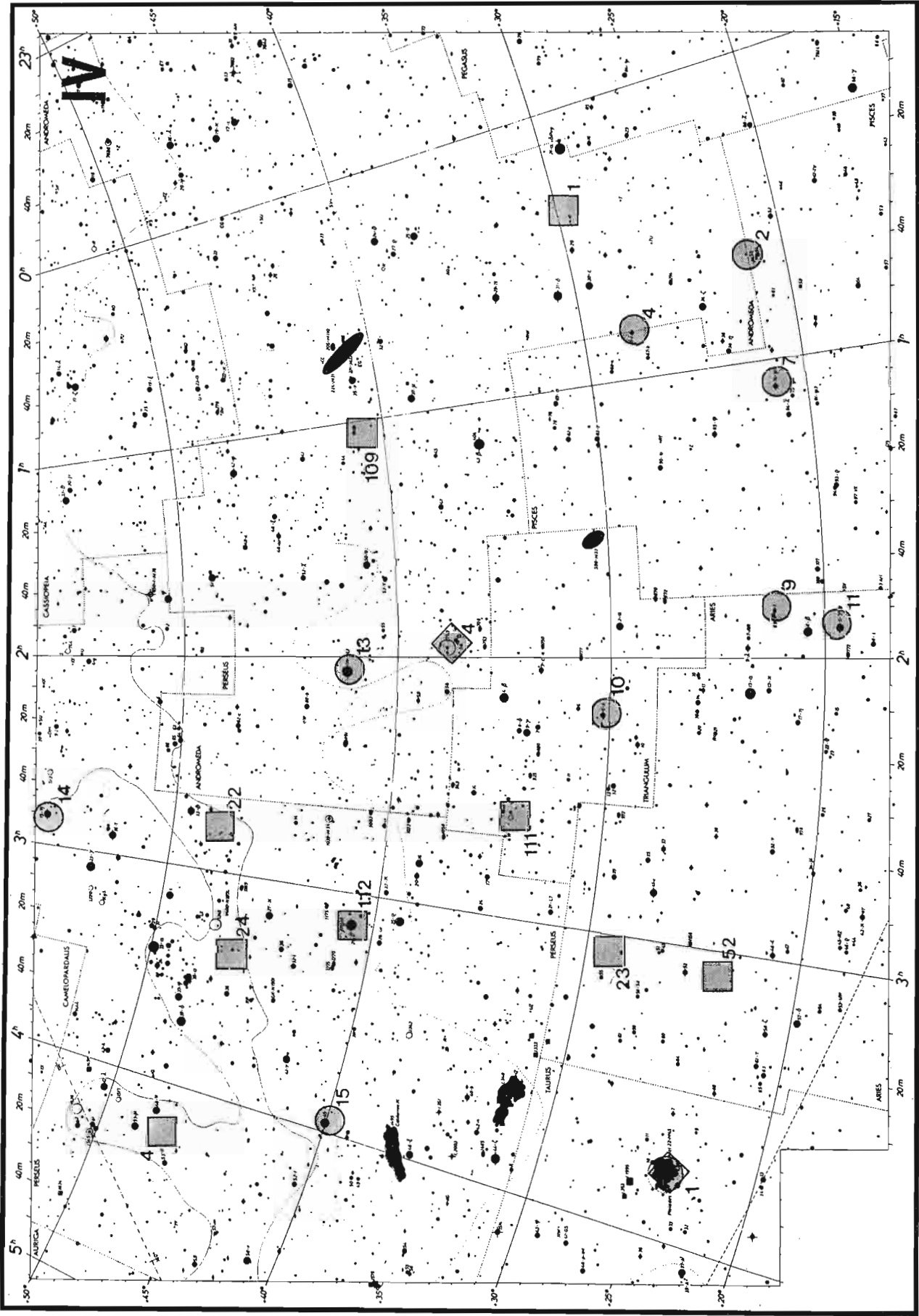
EW Promjenljive tipa W Ursae Majoris

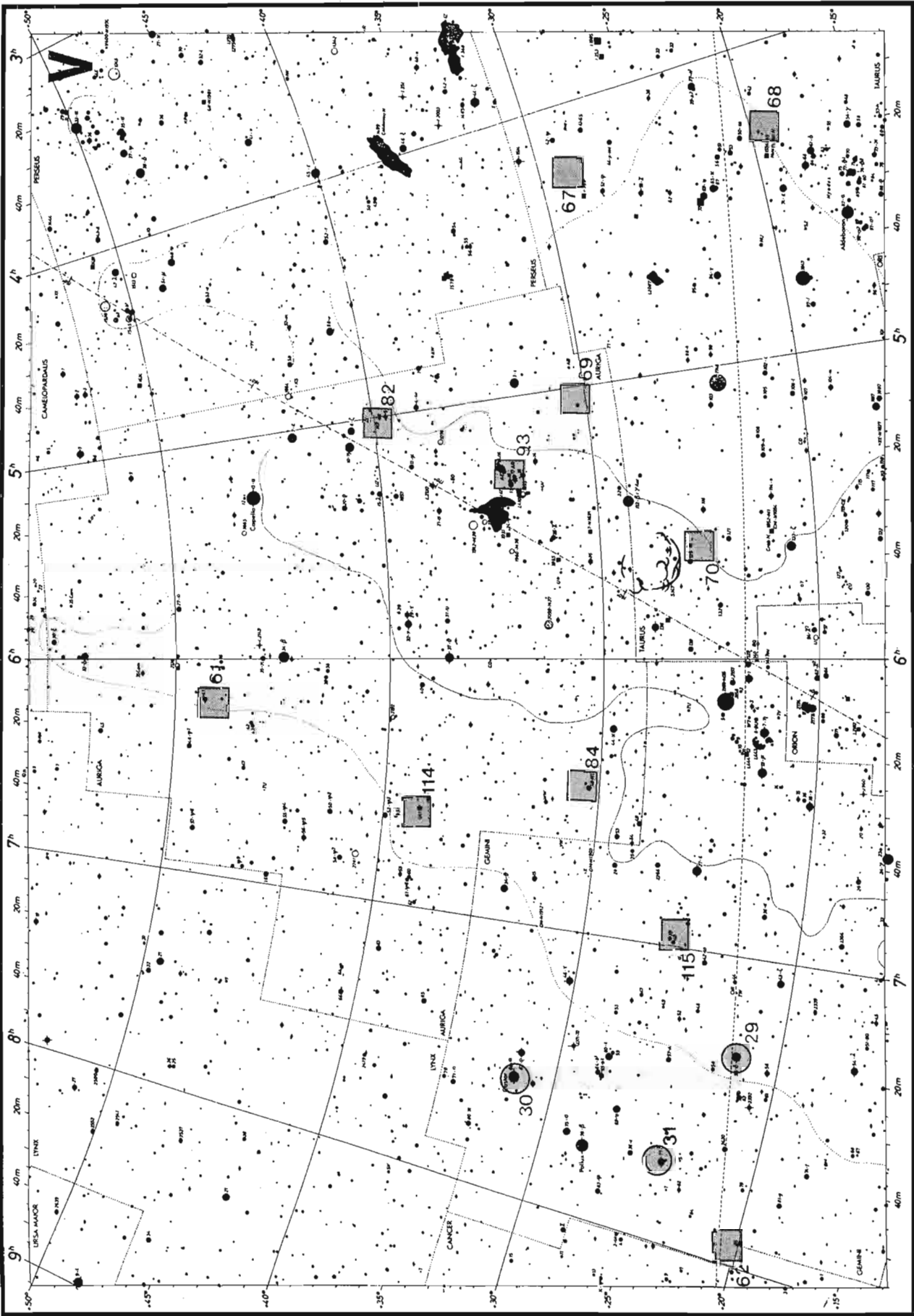
Na nekim kartama data su dva vidna polja (jedno uvećano).

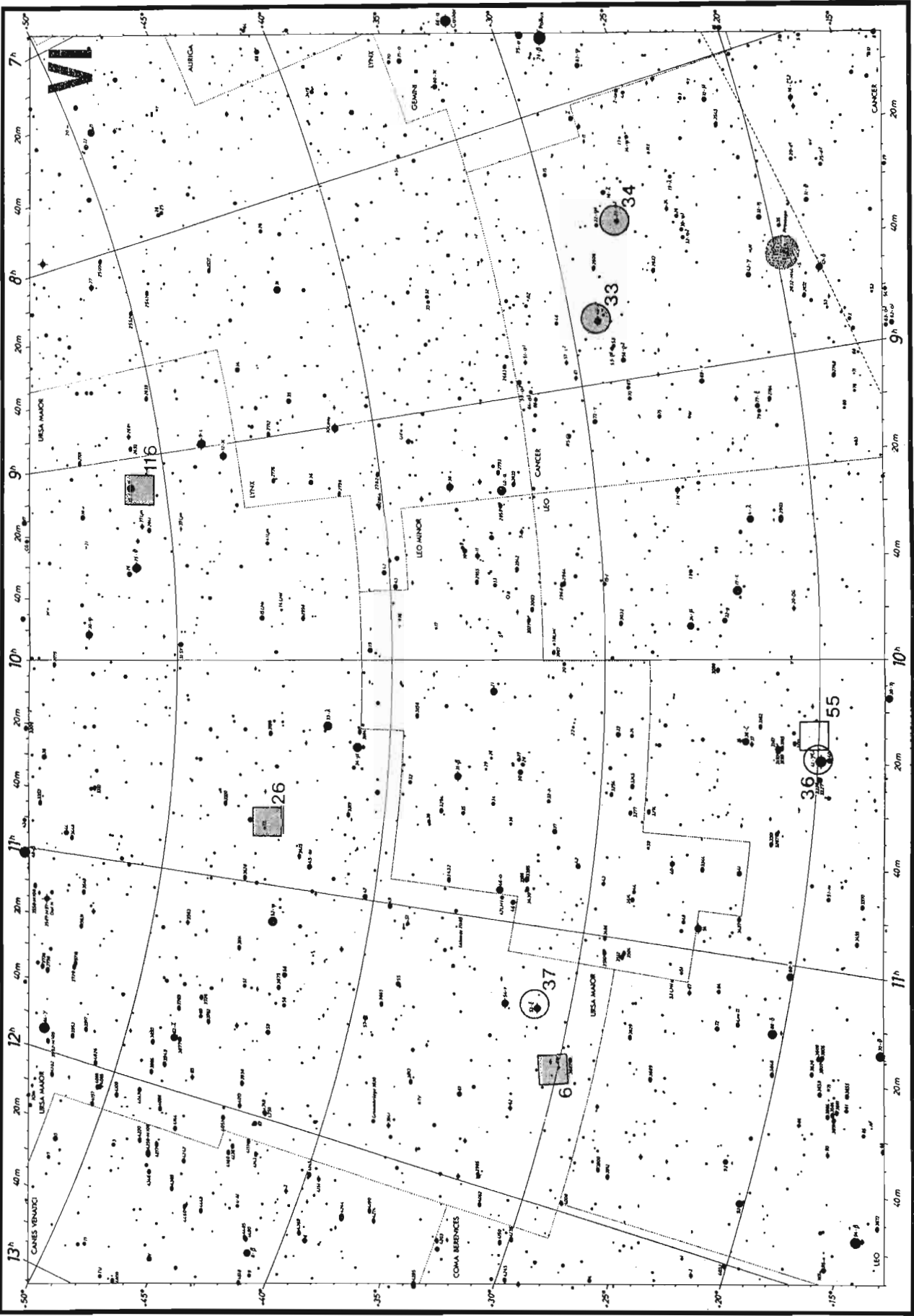


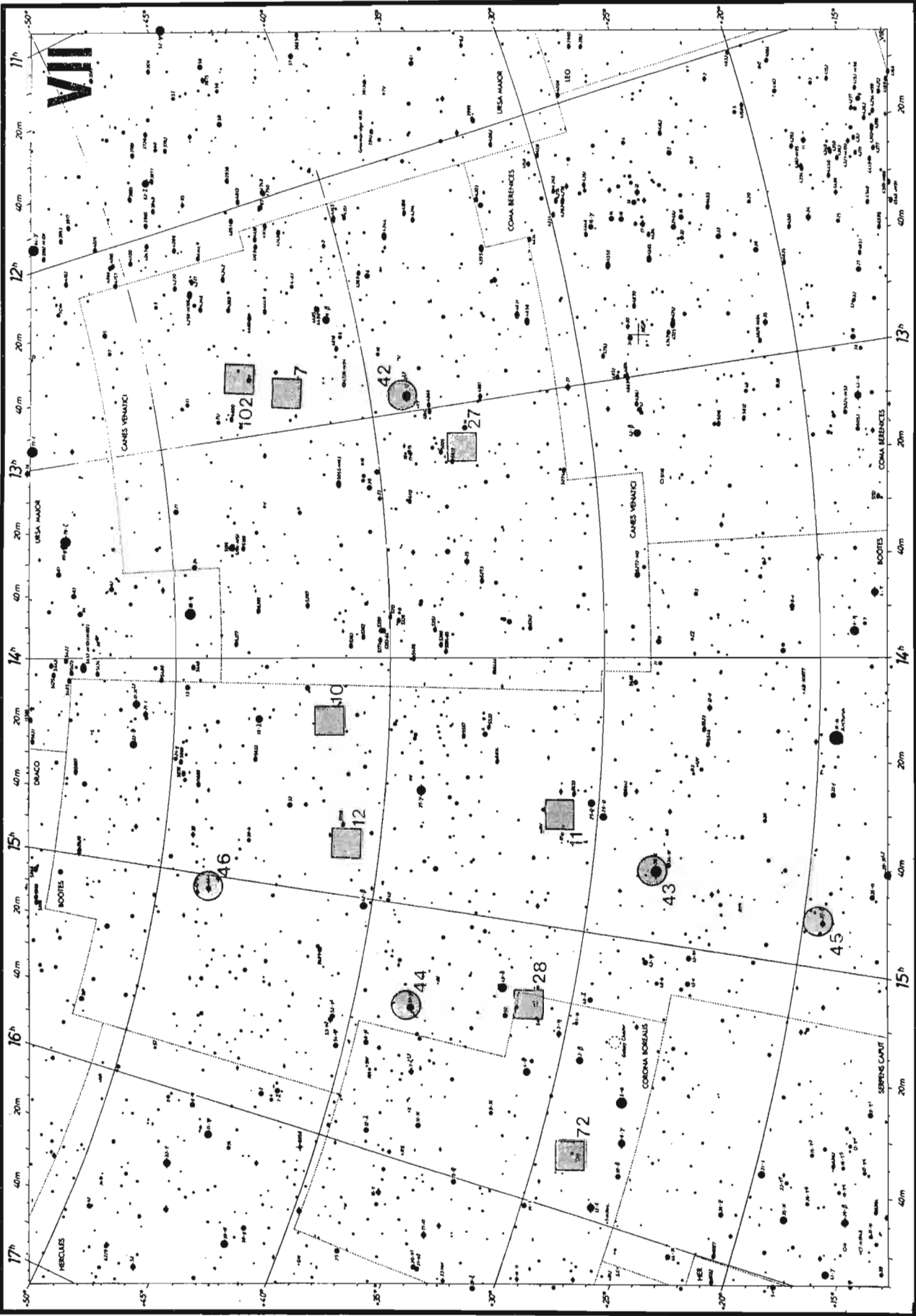


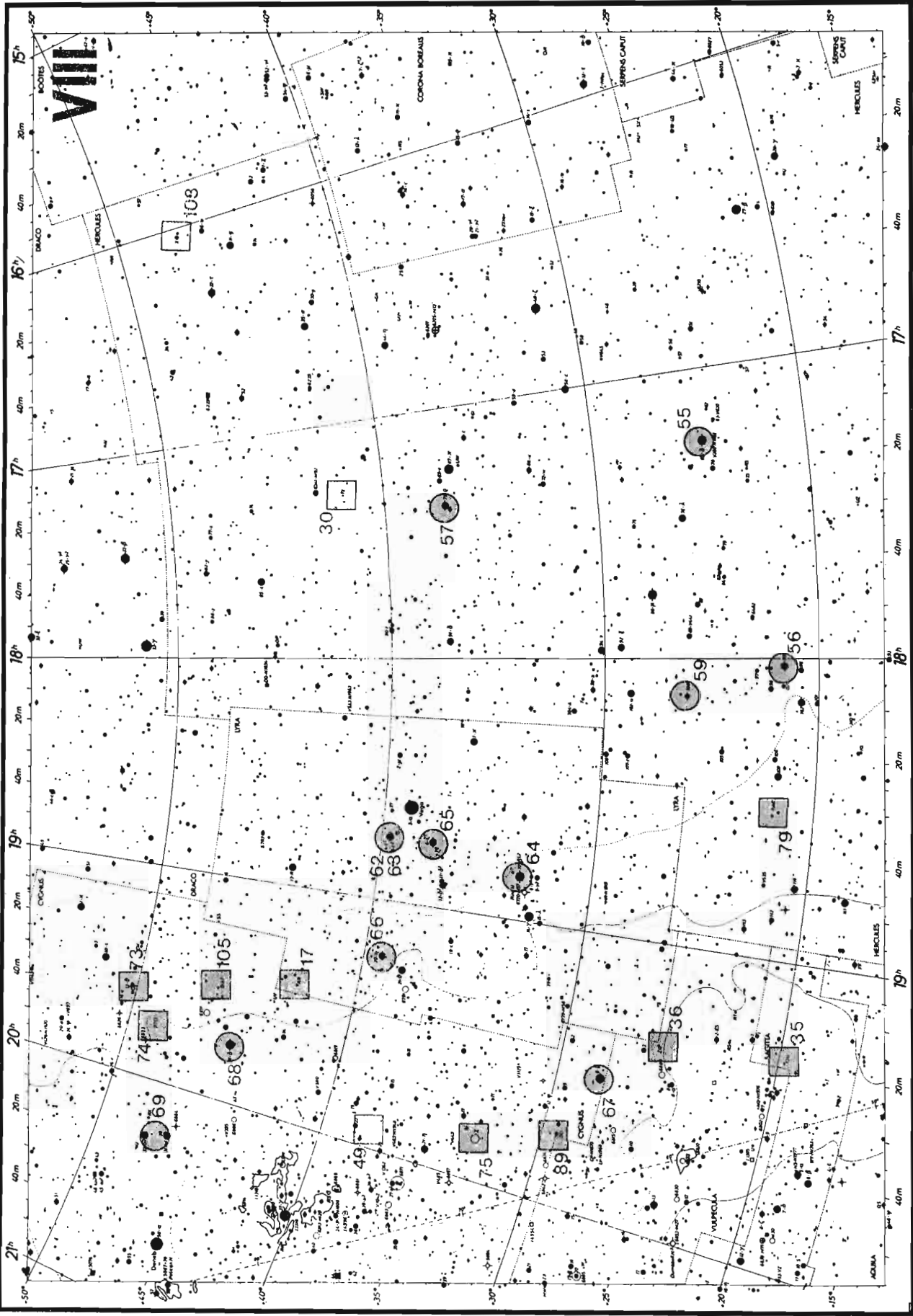


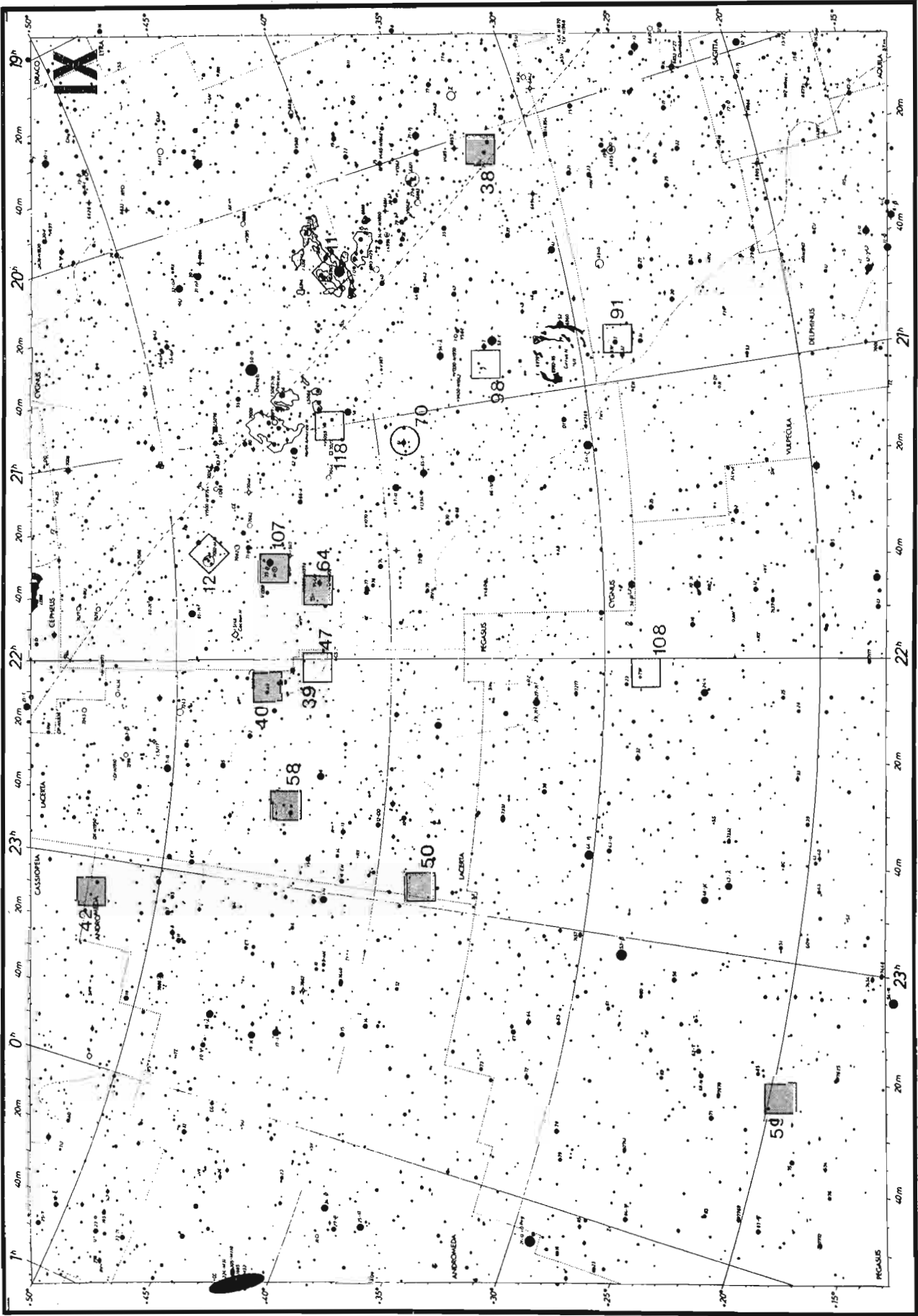


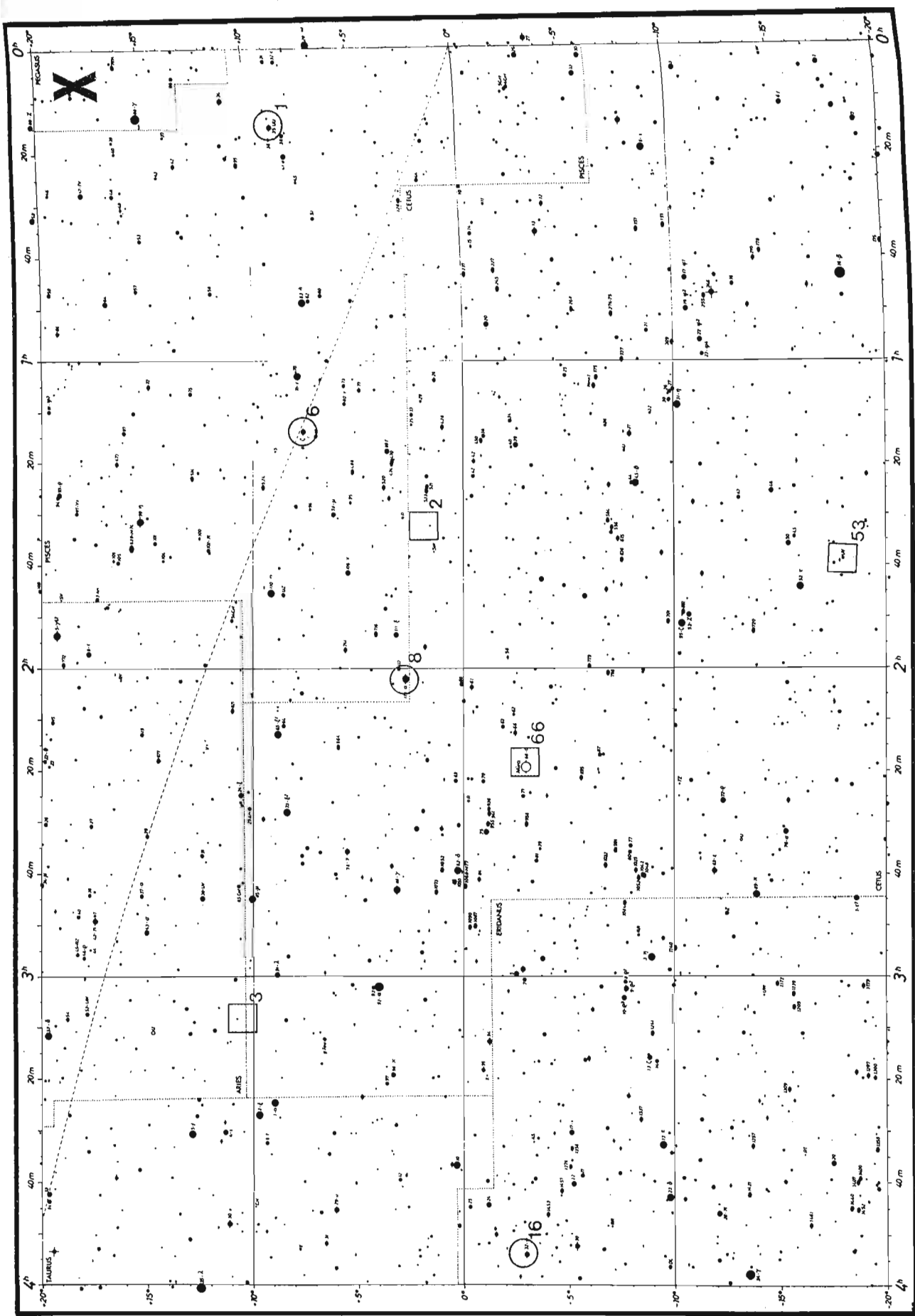


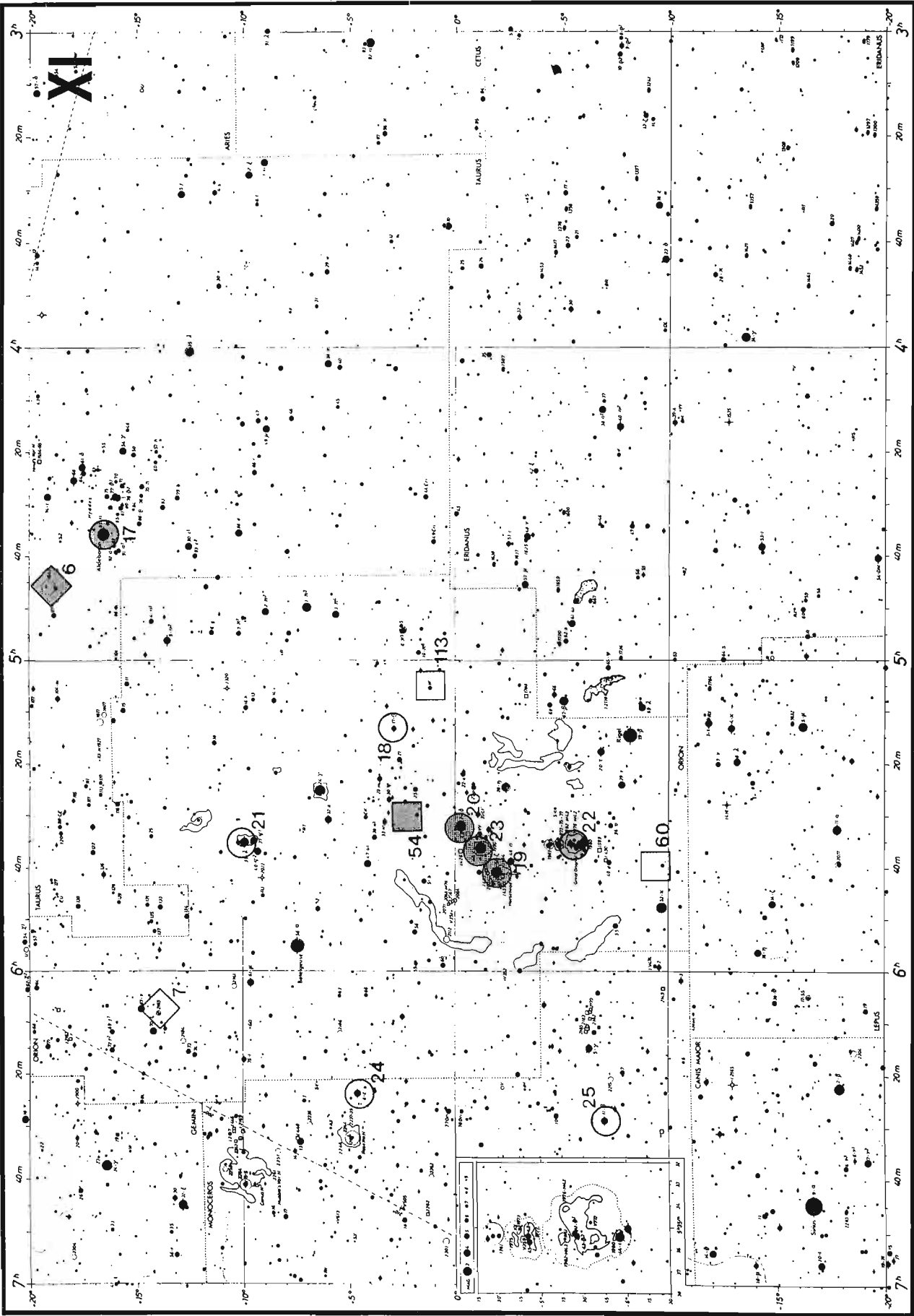


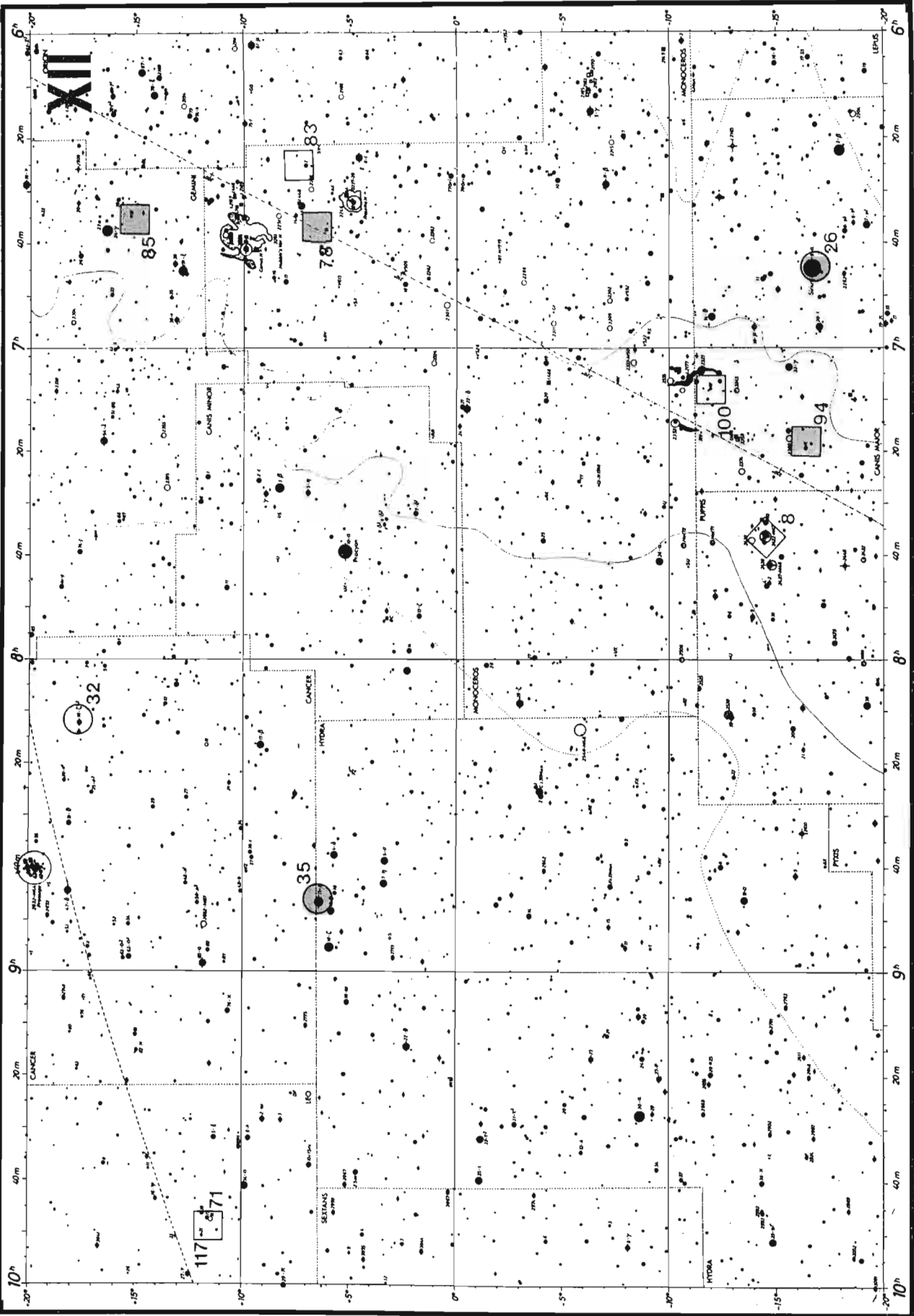


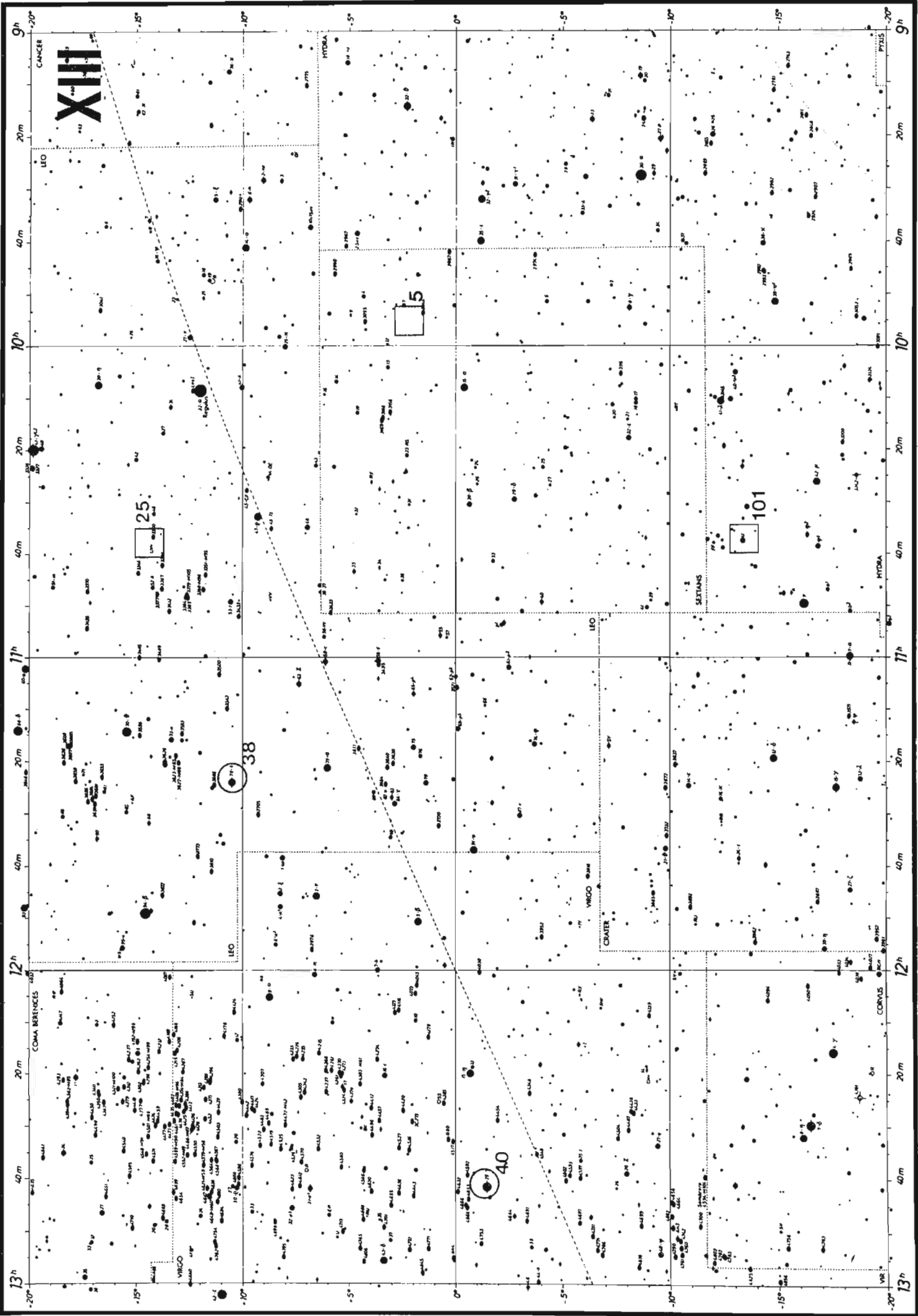


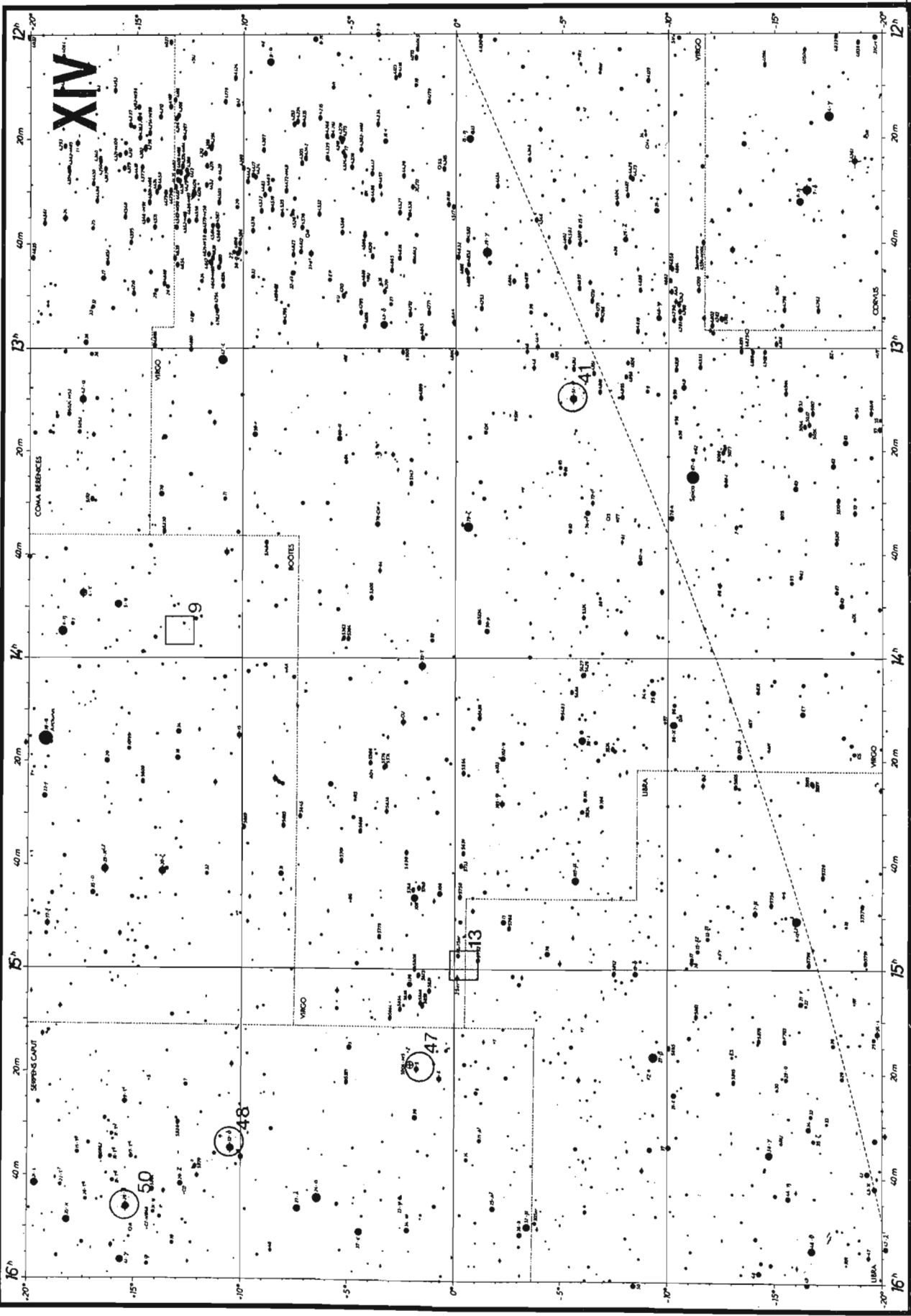


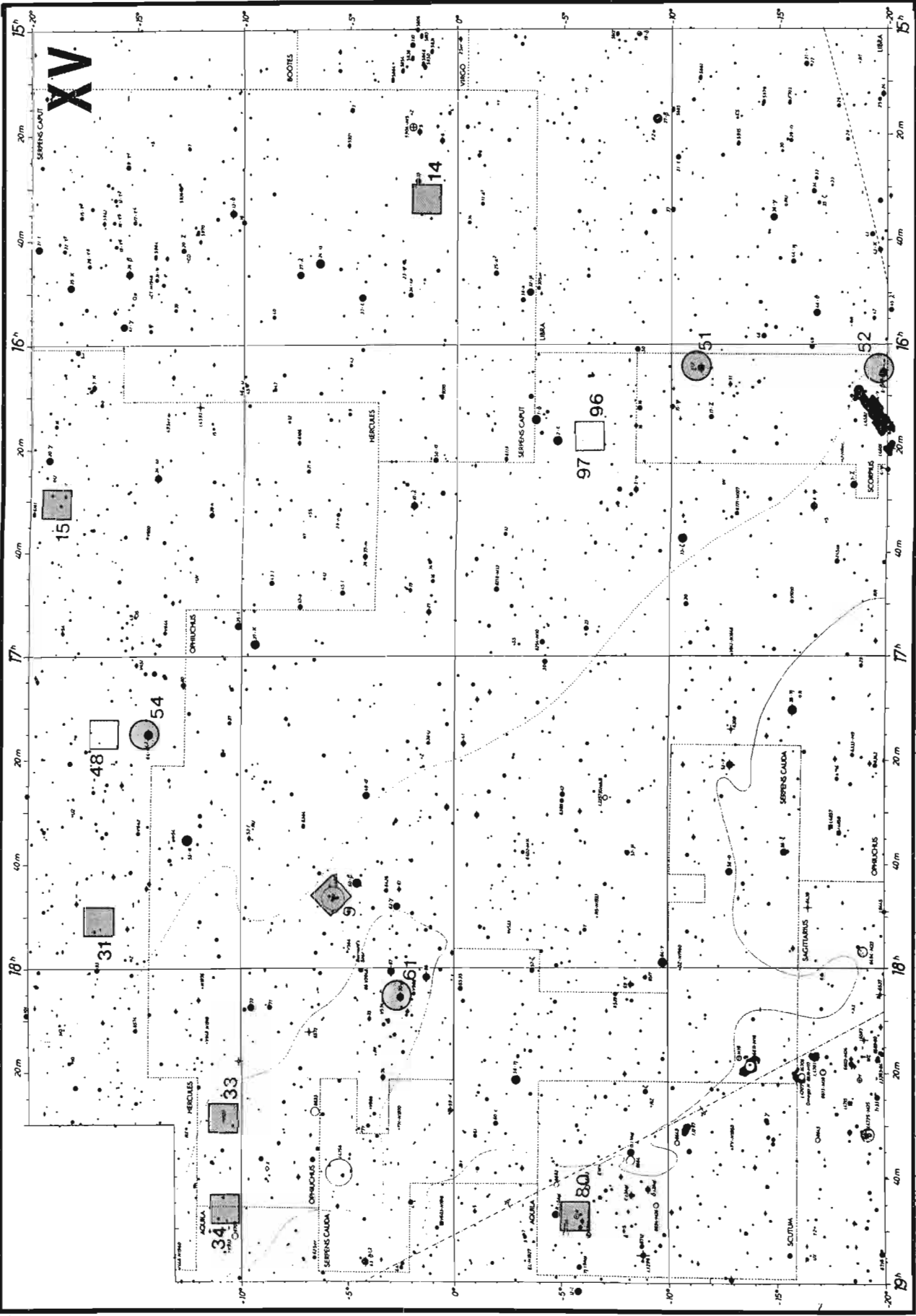


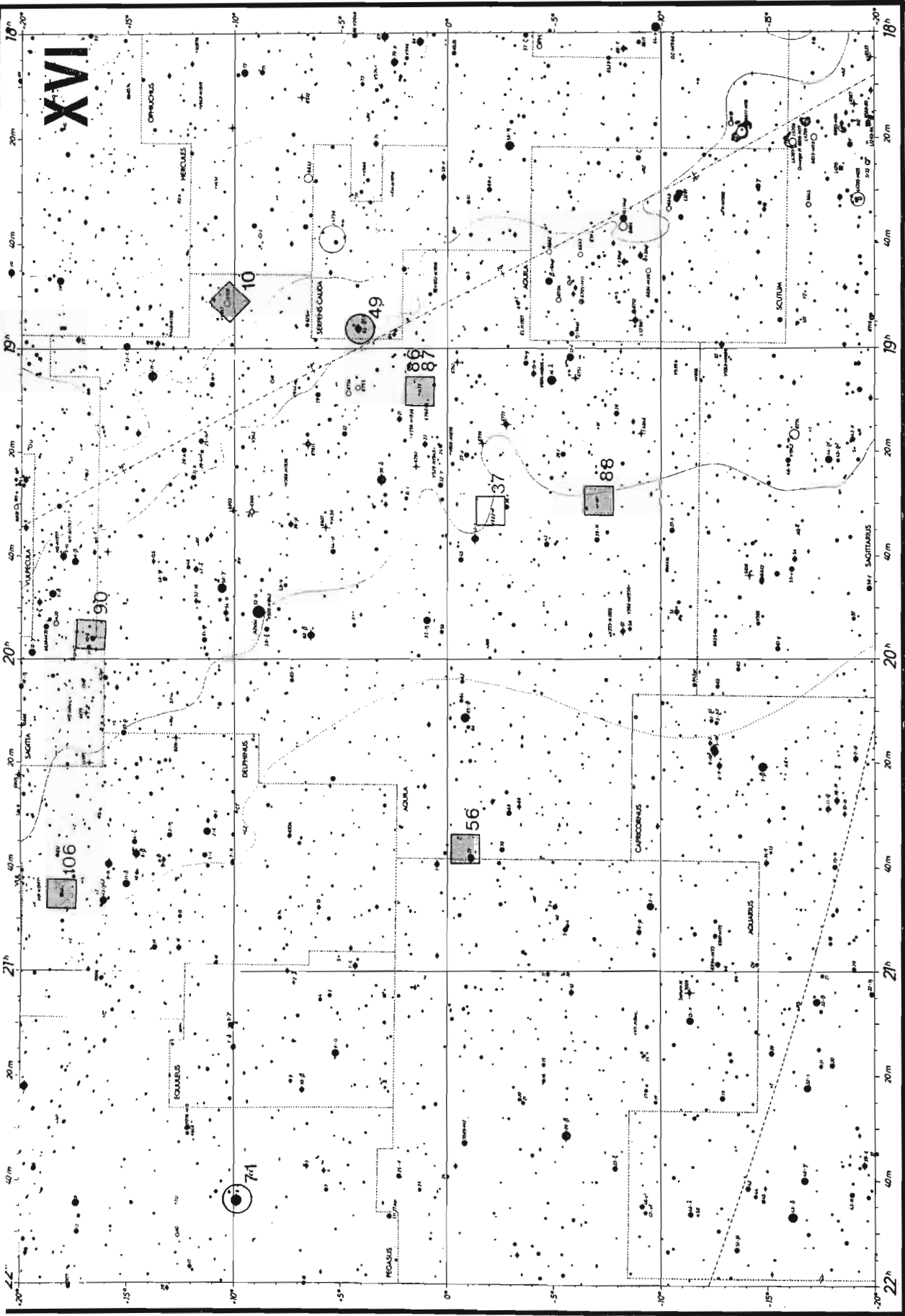


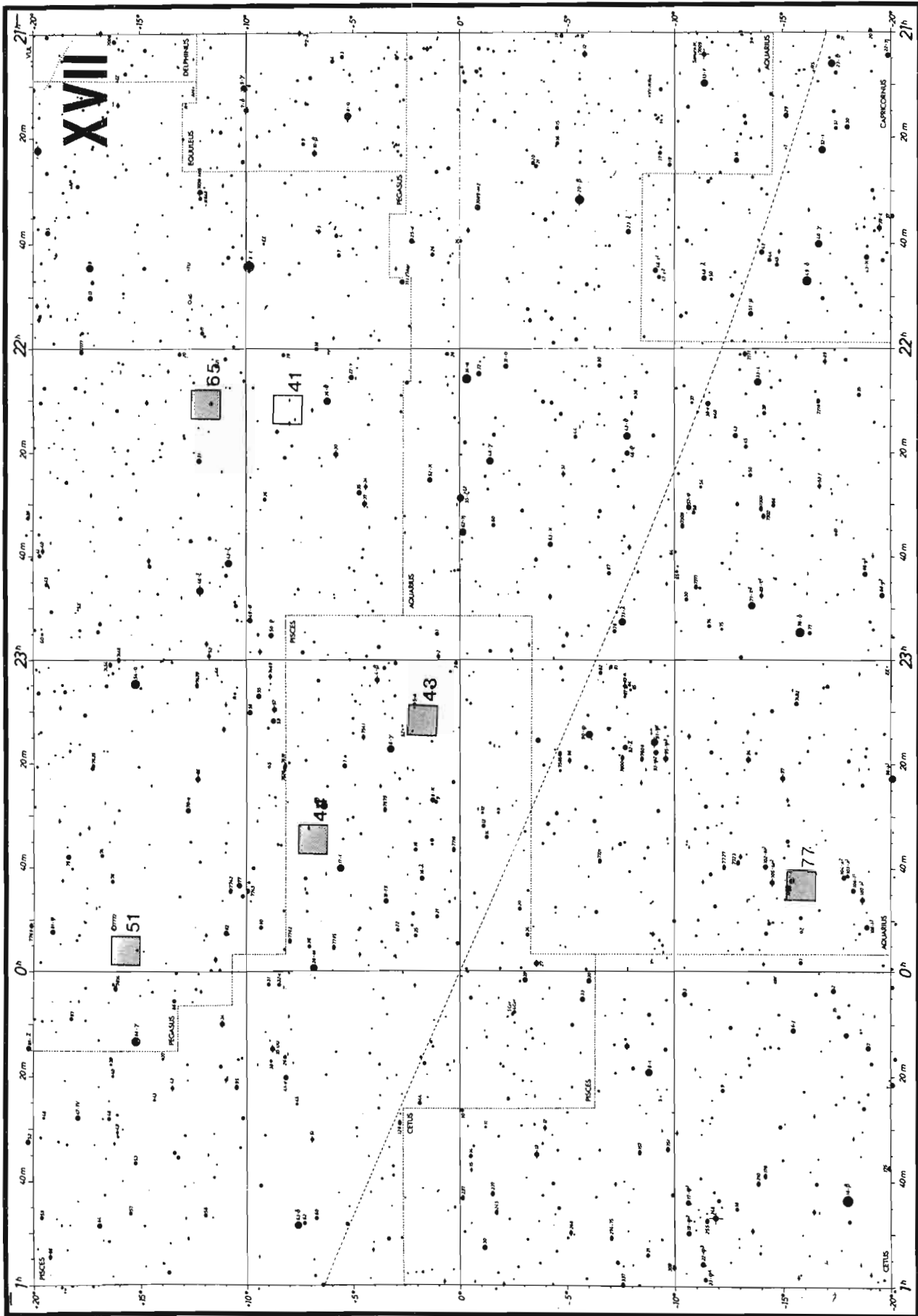






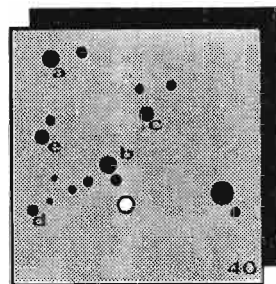




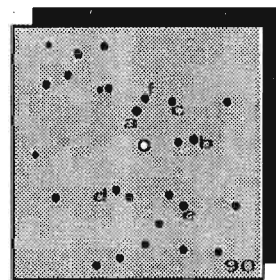


1. KRATKOPERIODIČNE CEFIDE (RR Lyrae)

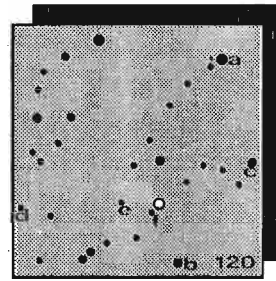
1. SW And	tip: RR	amplituda: 9,34 - 10,24				
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 0 ^h 23 ^m						
Deklinacija: 29° 23'	a 8,21	b 8,80	c 9,32	d 10,18	e 11,17	
Epoha: 2.418132,7913						
Period: +0 ^d ,44227922 E	f	g	h	k	l	



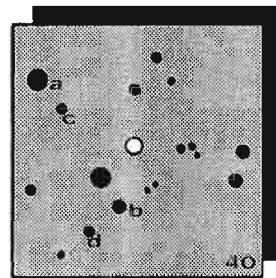
2. RR Cet	tip: RR	amplituda: 9,33 - 10,33				
Karta br. X	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 01 ^h 32 ^m						
Deklinacija: +01° 30'	a 8,06	b 8,82	c 9,23	d 9,49	e 9,76	
Epoha: 2.417501,4421						
Period: +0,5530253 E	f 10,02	g	h	k	l	



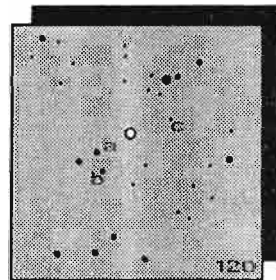
3. X Ari	tip: RR	amplituda: 9,25 - 10,48				
Karta br. X	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 03 ^h 08 ^m						
Deklinacija: +10° 26'	a 7,32	b 7,72	c 8,07	d 8,50	e 10,16	
Epoha: 2.437583,568						
Period: +0 ^d ,651139 E	f 10,68	g	h	k	l	



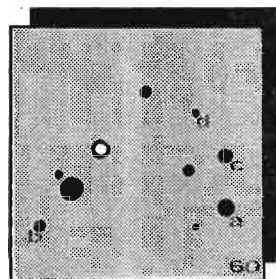
4. AR Per	tip: RR	amplituda: 9,93 - 10,80				
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 04 ^h 17 ^m						
Deklinacija: +47° 23'	a 9,79	b 10,25	c 10,88	d 11,61	e	
Epoha: 2.438729,726						
Period: +0 ^d ,4255494 E	f	g	h	k	l	

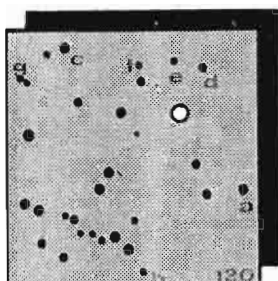


5. T Sex	tip: RR	amplituda: 10,03 - 10,61				
Karta br. XIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 09 ^h 53 ^m						
Deklinacija: +02° 04'	a 9,49	b 9,99	c 10,45	d	e	
Epoha: 2.438483,707						
Period: +0 ^d ,324698 E	f	g	h	k	l	

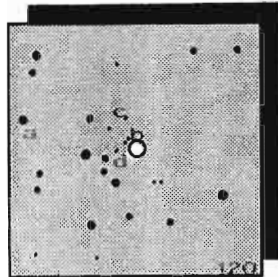


6. TU UMa	tip: RR	amplituda: 9,28 - 10,24				
Karta br. VI	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 11 ^h 30 ^m						
Deklinacija: +30° 05'	a 9,28	b 10,15	c 10,88	d	e	
Epoha: 2.438510,756						
Period: +0 ^d ,557659 E	f	g	h	k	l	

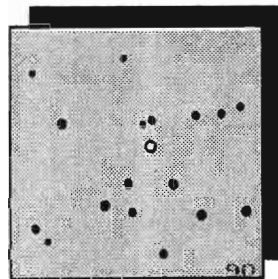




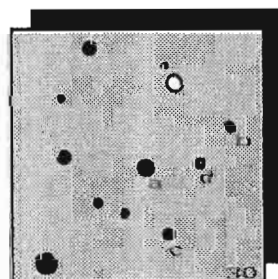
7. Z CVn	tip: RR	amplituda: 11,0 - 12,0
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 12^h 50^m		
Deklinacija: +43° 47'	a 7,90	b 8,46 c 8,92 d 9,42 e 10,17
Epoha: 2.439172,602		
Period: +0^d,6537975 E	f 10,95	g 11,16 h k l



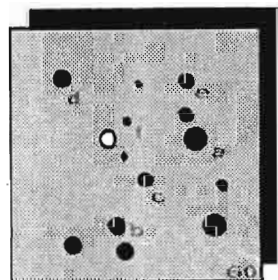
8. SX UMa	tip: RR	amplituda: 10,62 - 11,16
Karta br. II	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 13^h 26^m		
Deklinacija: +56° 16'	a 10,23	b 11,02 c 11,20 d 11,45 e
Epoha: 2.438508,755		
Period: +0^d,3071529 E	f	g h k l



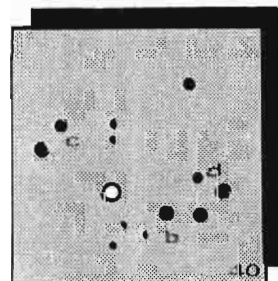
9. UY Boo	tip: RR	amplituda: 10,6 - 12,0
Karta br. XIV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 13^h 58^m		
Deklinacija: +13° 07'	a	b c d e
Epoha: 2.436734,455		
Period: +0^d,6508446 E	f	g h k l



10. TV Boo	tip: RR	amplituda: 10,75 - 12,08
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 14^h 16,5^m		
Deklinacija: +42° 21'	a 9,24	b 10,04 c 10,30 d 11,35 e
Epoha: 2.424609,521		
Period: +0^d,3125590 E	f	g h k l

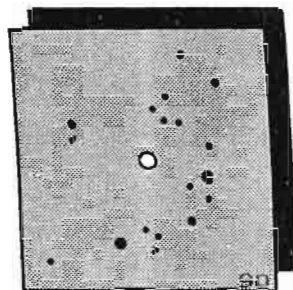


11. RS Boo	tip: RR	amplituda: 9,77 - 11,27
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 14^h 33^m		
Deklinacija: +31° 46'	a 9,07	b 9,93 c 10,59 d 11,25 e 11,38
Epoha: 2.428972,6633		
Period: +0^d,3773369 E	f 11,57	g h k l

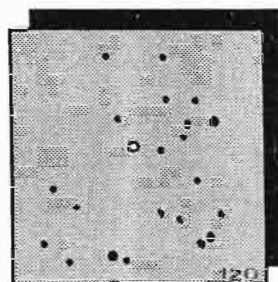


12. TW Boo	tip: RR	amplituda: 10,2 - 11,4
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 14^h 45^m		
Deklinacija: +41° 02'	a	b 9,98 c 10,42 d 11,02 e
Epoha: 2.426891,268		
Period: +0^d,53227315 E	f	g h k l

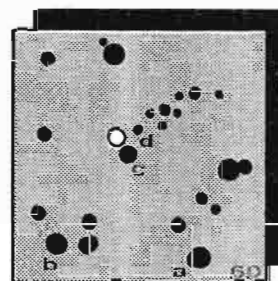
13. EH Lib	tip: RR	amplituda: 9,48 - 10,01
Karta br. XIV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 14 ^h 59 ^m		
Deklinacija: -0° 30'	a 8,76	b 9,18 c 9,50 d 10,12 e 10,39
Epoha: 2.433438,6090		
Period: +0 ^d ,08841322 E	f	g h k l



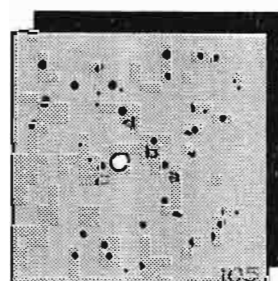
14. VY Ser	tip: RR	amplituda: 9,99 - 10,90
Karta br. XV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 15 ^h 31 ^m		
Deklinacija: +01° 41'	a 8,81	b 9,06 c 9,69 d 9,93 e 10,05
Epoha: 2.431225,341		
Period: +0 ^d ,71409384 E	f 10,50	g 11,01 h k l



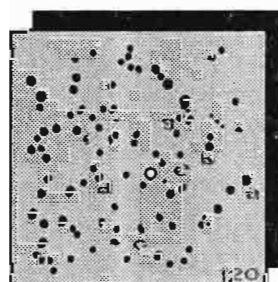
15. VX Her	tip: RR	amplituda: 9,89 - 11,20
Karta br. XV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 16 ^h 30 ^m ,5		
Deklinacija: +18° 21',5	a 8,98	b 9,82 c 10,79 d 11,99 e
Epoha: 2.421750,4827		
Period: +0 ^d ,45537282 E	f	g h k l



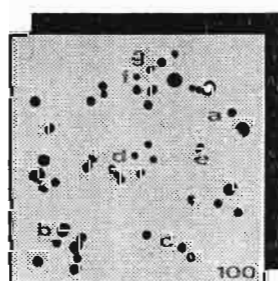
16. HZ Dra	tip: RR	amplituda: 9,59 - 10,64
Karta br. III	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 19 ^h 14 ^m		
Deklinacija: +64° 51'	a 8,82	b 9,38 c 9,99 d 10,32 e
Epoha: 2.427985,648		
Period: +0 ^d ,4764944 E	f	g h k l

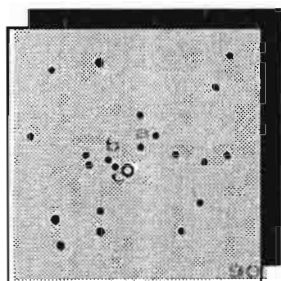


17. RR Lyr	tip: RR	amplituda: 7,20 - 8,57
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 19 ^h 25 ^m ,5		
Deklinacija: +42° 47'	a 6,78	b 6,94 c 7,50 d 7,80 e 8,39
Epoha: 2.438241,460		
Period: +0 ^d ,5668054 E	f 8,59	g 8,98 h k l



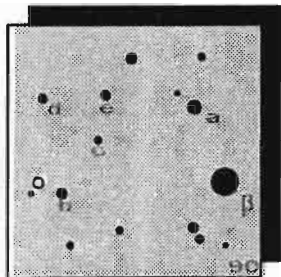
18. XZ Cyg	tip: RR	amplituda: 9,12 - 10,53
Karta br. III	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 19 ^h 35 ^m		
Deklinacija: +56° 22'	a 8,86	b 9,15 c 9,56 d 9,68 e 9,89
Epoha: 2.436933,981		
Period: +0 ^d ,466579 E	f 10,10	g h k l



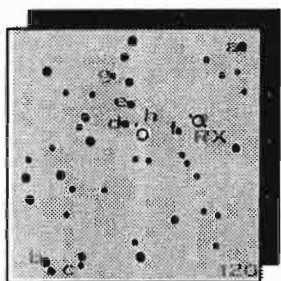


19. CY Aqr	tip: RR	amplituda: 10,62 - 11 - 50
Karta br. XVII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $22^h 37^m$		
Deklinacija: $+1^\circ 31'$	a 10,42	b 10,95 c 11,66 d e
Epoha: 2.439053,6156		
Period: $+0^d,06103835$ E	f	g h k l

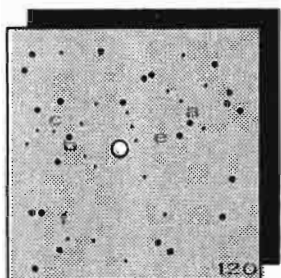
2. POMRAČUJUĆE (EKLIPSNE) PROMJENLJIVE



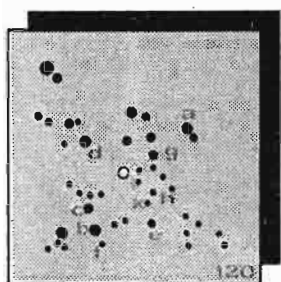
20. TV Cas	tip: EA	amplituda: 7,3 - 8,39
Karta br. III	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $00^h 19^m$		
Deklinacija: $+59^\circ 07'$	a 6,57	b 7,46 c 7,79 d 7,95 e 8,23
Epoha: 2.420117,7446		
Period: $+1^d,81261036$ E	f	g h k l



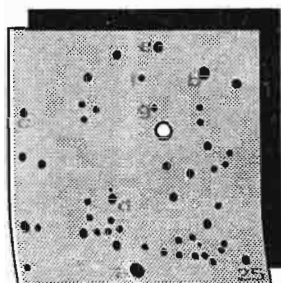
21. U Cep	tip: EA	amplituda: 6,63 - 9,79
Karta br. I	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $01^h 02^m$		
Deklinacija: $+81^\circ 51'$	a 6,38	b 6,37 c 7,20 d 7,80 e 8,41
Epoha: 2.438291,502		
Period: $+2^d,493041$ E	f 9,12	g 9,54 h k l



22. RY Per	tip: EA	amplituda: 8,5 - 10,7
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $02^h 45^m$		
Deklinacija: $+48^\circ 08'$	a 8,15	b 8,51 c 9,02 d e 9,66
Epoha: 2.427070,708		
Period: $+6^d,8635663$ E	f 10,5	g h k l

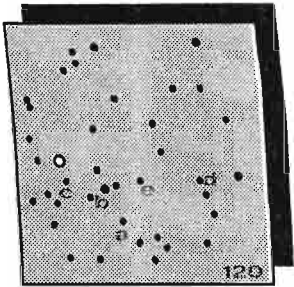


23. RW Tau	tip: EA	amplituda: 8,03 - 12,52
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $03^h 03^m$		
Deklinacija: $+23^\circ 57'$	a 7,2	b 7,82 c 8,34 d 9,22 e 9,38
Epoha: 2.434423,3596		
Period: $+2^d,7688463$ E	f 10,09	g 10,35 h k l

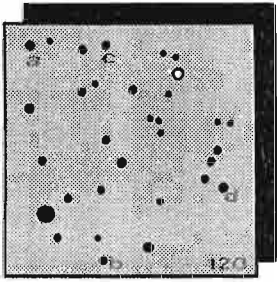


24. RT Per	tip: EA	amplituda: 10,6 - 12,0
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: $03^h 23^m,5$		
Deklinacija: $+46^\circ 34'$	a 8,81	b 10,51 c 11,00 d 11,41 e 12,09
Epoha: 2.433188,335		
Period: $+0^d,84940710$ E	f 12,40	g 12,93 h k l

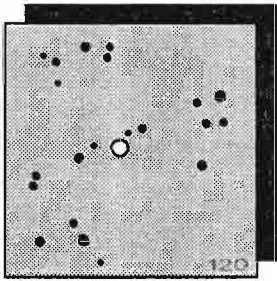
25. UV Leo	tip: EA	amplituda: 9,50 - 10,18
Karta br. XIII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 10 ^h 39 ^m		
Deklinacija: +14° 17'	a 7,64	b 8,24 c 9,25 d 9,44 e 10,23
Epoha: 2.438440,7275		
Period: +0 ^d ,6000855 E	f	g h k l



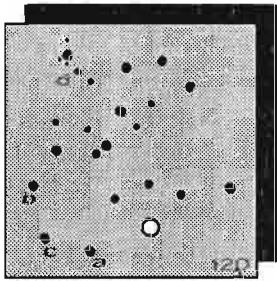
26. TX UMa	tip: EA	amplituda: 7,06 - 8,76
Karta br. VI	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 10 ^h 45 ^m ,5		
Deklinacija: +45° 35,5'	a 7,07	b 7,62 c 7,92 d 9,12 e
Epoha: 2.439193,310		
Period: +3 ^d ,063243 E	f	g h k l



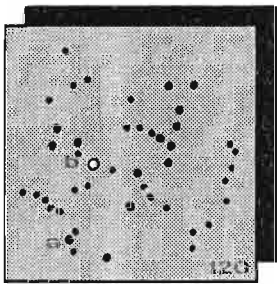
27. RS CVn	tip: EA	amplituda: 8,4 - 9,92
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 13 ^h 11 ^m		
Deklinacija: +35° 56'	a	b c d e
Epoha: 2.433016,819		
Period: +4 ^d ,797871 E	f	g h k l



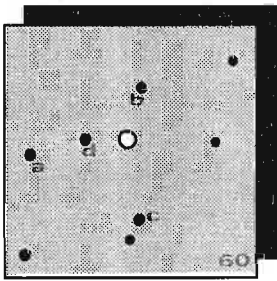
28. U CrB	tip: EA	amplituda: 7,04 - 8,35
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 15 ^h 18 ^m		
Deklinacija: +31° 40'	a 6,80	b 7,88 c 8,44 d 9,08 e
Epoha: 2.416747,964		
Period: +3 ^d ,45220416 E	f	g h k l

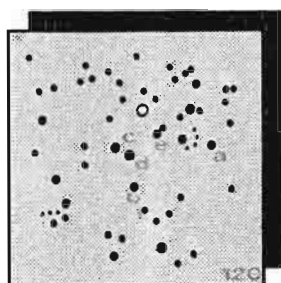


29. W UMi	tip: EA	amplituda: 8,7 - 9,8
Karta br. II	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 16 ^h 47 ^m		
Deklinacija: +86° 05'	a 8,79	b 9,88 c d e
Epoha: 2.433457,761		
Period: +1 ^d ,7011576 E	f	g h k l

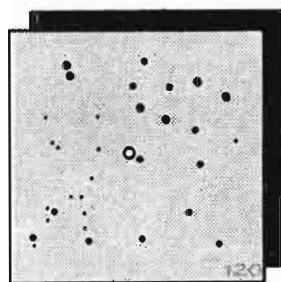


30. TX Her	tip: EA	amplituda: 8,33 - 9,08
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 17 ^h 20 ^m		
Deklinacija: +41° 53'	a 8,04	b 8,65 c 9,26 d e
Epoha: 2.430325,202		
Period: +2 ^d ,059810 E	f	g h k l

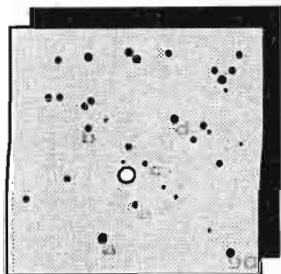




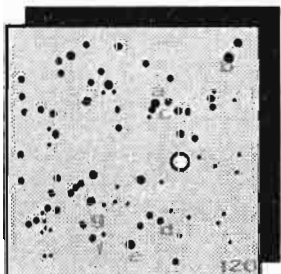
31. UX Her	tip: EA	amplituda: 9,05 - 10,21				
Karta br. XV	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 17 ^h 54 ^m ,4						
Deklinacija: +16° 56'	a 7,67	b 7,77	c 8,52	d 9,01	e 9,24	
Epoha: 2.419876,4782						
Period: +1 ^d ,5488563 E	f 9,50	g	h	k	i	



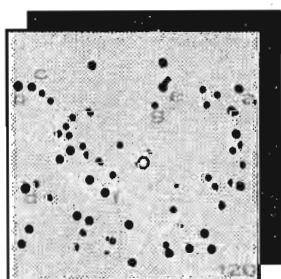
32. SX Dra	tip:	EA	amplituda: 9,8 - 11,6				
Karta br. III	Magnitude poredbenih zvijezda:						
Rektascenzija: 18 ^h 08 ^m							
Deklinacija: +58° 24'	a	b	c	d	e		
Epoha: 2.432273,276							
Period: +5 ^d .1692 E	f	g	h	k	i		



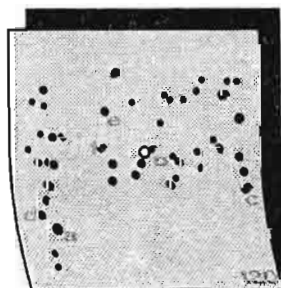
33. V 451 Oph	tip: EA	amplituda: 7,86 - 8,46				
Karta br. XV	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 18 ^h 29,5 ^m						
Deklinacija: +10° 54'	a 6,80	b 7,41	c 8,22	d 8,70	e 9,72	
Epoha: 2.434165,4900						
Period: +2 ^d ,1965962 E	f	g	h	k	i	



34. KO Aql	tip: EA	amplituda: 8,3 - 9,3				
Karta br. XV	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 18 ^h 47 ^m						
Deklinacija: +10° 46'	a 7,32	b 7,97	c 8,13	d 8,56	e 8,75	
Epoha: 2.433888,366						
Period: +2 ^d ,863954 E	f 9,50	g 9,96	h	k	i	

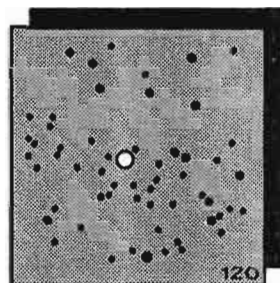


35. U Sge	tip: EA	amplituda: 6,31 - 9,92				
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19^h 16^m,5						
Deklinacija: +19° 37'	a 5,96	b 6,30	c 7,00	d 7,78	e 8,12	
Epoha: 2.429111,3228						
Period: +3^d,3806184 E	f 8,52	g 9,45	h	k	i	

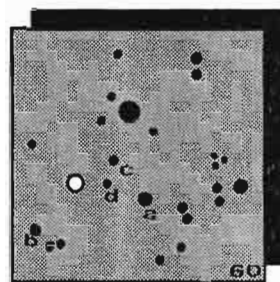


36. Z Vul	tip: EA	amplituda: 7,38 - 9,20				
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19 ^h 23 ^m						
Deklinacija: +25° 35'	a 6,01	b 7,03	c 7,17	d 7,35	e 8,48	
Epoha: 2.425456,117						
Period: +2 ^d .454926 E	f 9,28	g	h	k	l	

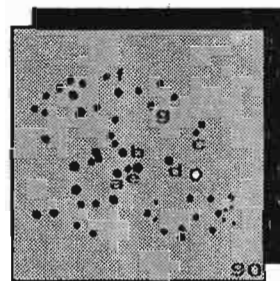
37. V 822 Aql	tip: EA	amplituda: 6,7 - 7,1				
Karta br. XVI	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19 ^h 31 ^m						
Deklinacija: - 02° 19'	a	b	c	d	e	
Epoha: 2.429779,30						
Period: +2 ^d ,6477 E	f	g	h	k	l	



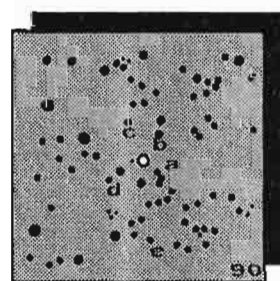
38. V 477 Cyg	tip: EA	amplituda: 8,3 - 9,17				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 20 ^h 06 ^m						
Deklinacija: +31° 58'	a 7,70	b 8,46	c 8,90	d 9,30	e	
Epoha: 2.432846,244						
Period: +2 ^d ,3469977 E	f	g	h	k	l	



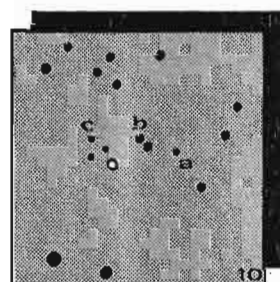
39. CM Lac	tip: EA	amplituda: 8,53 - 9,57				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 22 ^h 00 ^m						
Deklinacija: +44° 34'	a 7,65	b 7,85	c 8,31	d 8,51	e 8,61	
Epoha: 2.427026,316						
Period: +1 ^d ,6046916 E	f 9,01	g 9,03	h	k	l	



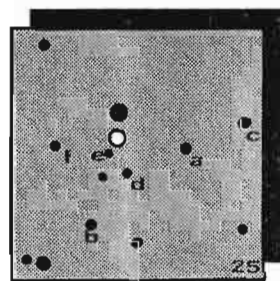
40. AR Lac	tip: EA	amplituda: 6,87 - 7,69				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 22 ^h 08 ^m ,5						
Deklinacija: +45° 19'	a 6,08	b 6,32	c 6,67	d 7,12	e 7,83	
Epoha: 2.426624,378						
Period: +1 ^d ,983216 E	f	g	h	k	l	

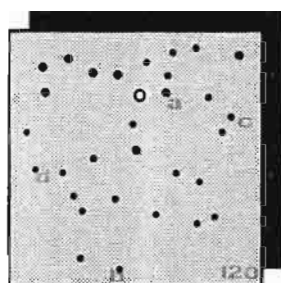


41. AT Peg	tip: EA	amplituda: 9,5 - 10,35				
Karta br. XVII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 22 ^h 13 ^m						
Deklinacija: +08° 25'	a 7,96	b 9,16	c 9,88	d	e	
Epoha: 2.437497,5211						
Period: +1 ^d ,146105 E	f	g	h	k	l	



42. RT And	tip: EA	amplituda: 9,34 - 10,24				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 23 ^h 11 ^m						
Deklinacija: +53° 01'	a 8,55	b 8,98	c 9,27	d 9,65	e 10,01	
Epoha: 2.433282,7758						
Period: +0 ^d ,62893098 E	f 10,20	g	h	k	l	





43. SZ Psc tip: EA amplituda: 8,02 - 8,69

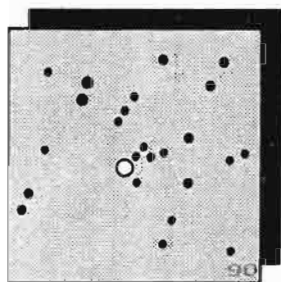
Karta br. XVII Magnitude poredbenih zvijezda:

Rektascenzija: $23^h 13^m$

Deklinacija: $+02^\circ 10'$ a 8,00 b 9,13 c 9,67 d 10,27 e

Epoha: 2.436114,565

Period: $+3^d,96637$ E f g h k l



44. Y Psc tip: EA amplituda: 9,0 - 12,0

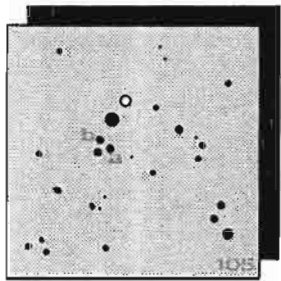
Karta br. XVII Magnitude poredbenih zvijezda:

Rektascenzija: $23^h 34^m$

Deklinacija: $+07^\circ 55'$ a b c d e

Epoha: 2.435030,681

Period: $+3^d,765766$ E f g h k l



45. RZ Dra tip: EB amplituda: 10,0 - 10,9

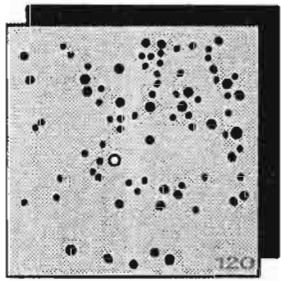
Karta br. III Magnitude poredbenih zvijezda:

Rektascenzija: $18^h 26^m$

Deklinacija: $+58^\circ 54'$ a 9,73 b 10,53 c d e

Epoha: 2.429448,787

Period: $+0^d,55087668$ E f g h k l



46. SU Cep tip: EB amplituda: 10,0 - 11,0

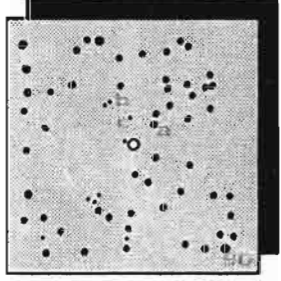
Karta br. III Magnitude poredbenih zvijezda:

Rektascenzija: $21^h 48^m$

Deklinacija: $+57^\circ 17'$ a b c d e

Epoha: 2.429550,675

Period: $+0^d,9014011$ E f g h k l



47. RT Lac tip: EB amplituda: 10,0 - 10,8

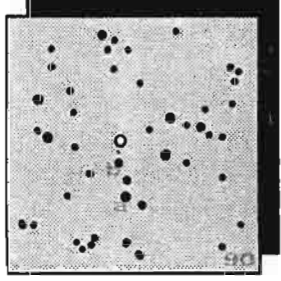
Karta br. IX Magnitude poredbenih zvijezda:

Rektascenzija: $22^h 02^m$

Deklinacija: $+43^\circ 53'$ a 8,3 b 9,1 c 10,0 d e

Epoha: 2.421913,509

Period: $+5^d,074001$ E f g h k l



48. AK Her tip: EW amplituda: 8,83 - 9,32

Karta br. XV Magnitude poredbenih zvijezda:

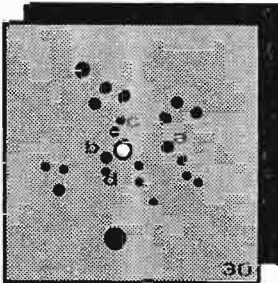
Rektascenzija: $17^h 14^m$

Deklinacija: $+16^\circ 20',5$ a 8,83 b 9,28 c d e

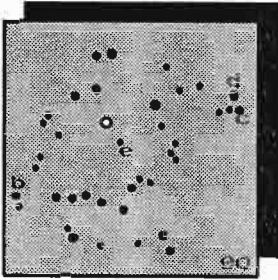
Epoha: 2.436757,6601

Period: $+0^d,42152502$ E f g h k l

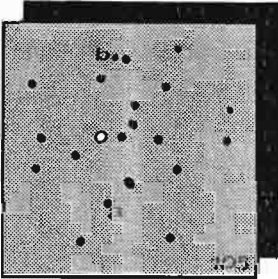
49. CV Cyg	tip: EW	amplituda: 10,80 - 11,40
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 19 ^h 55 ^m		
Deklinacija: +38° 02'	a 10,36	b 10,70 c 11,12 d 11,38 e
Epoha: 2.424454,4160		
Period: +0 ^d ,9834308 E	f	g h k l



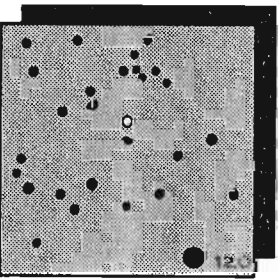
50. SW Lac	tip: EW	amplituda: 10,2 - 11,23
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 22 ^h 54 ^m		
Deklinacija: +37° 56'	a	b 7,96 c 8,16 d 9,17 e 9,44
Epoha: 2.437572,5723		
Period: +0 ^d ,3207281 E	f	g h k l



51. U Peg	tip: EW	amplituda: 9,7 - 10,31
Karta br. XVII	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 23 ^h 58 ^m		
Deklinacija: +15° 56'	a 9,82	b 10,81 c d e
Epoha: 2.436511,6688		
Period: +0 ^d ,37478192 E	f	g h k l

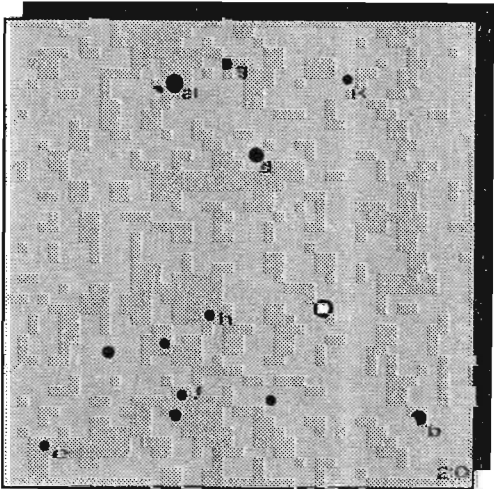


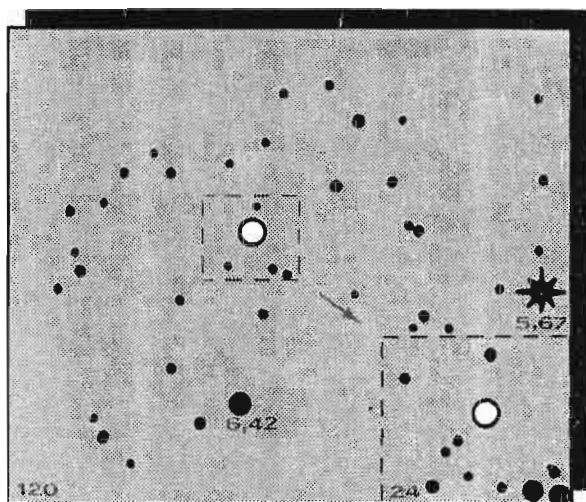
52. SS Ari	tip: E	amplituda: 10 - 11
Karta br. IV	Magnitude poredbenih zvijezda:	
Rektascenzija: 03 ^h 04 ^m		
Deklinacija: +25° 57'	a	b c d e
Epoha: 2.430948,318		
Period: +0 ^d ,4059897 E	f	g h k l



3. ZVIJEZDE SA BLJESKOVIMA

53. UV Cet	amplituda: 7 - 12,9
Karta br. X	
Rektascenzija: 01 ^h 39 ^m	
Deklinacija: -18° 28'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 7,3 b 9,1 c 10,4 d 12,0 e 12,0 f 12,6	
g 13,0 h 13,1 k m n o	





54. V 371 Ori amplituda: 11,0 - 12,9

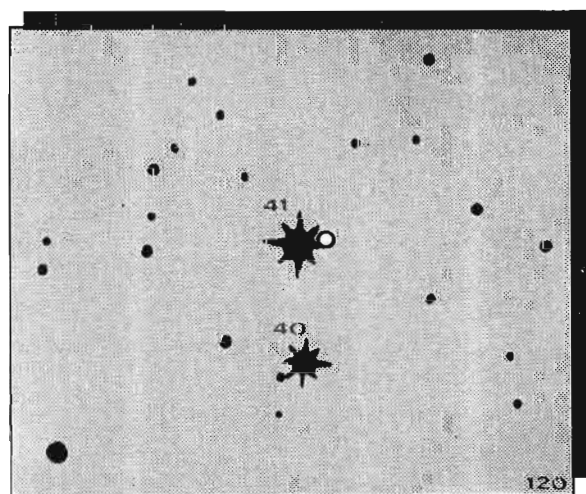
Karta br. XI

Rektascenzija: $05^h 31^m$

Deklinacija: $+01^\circ 55'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o



55. AD Leo amplituda: 9,4 - 10,9

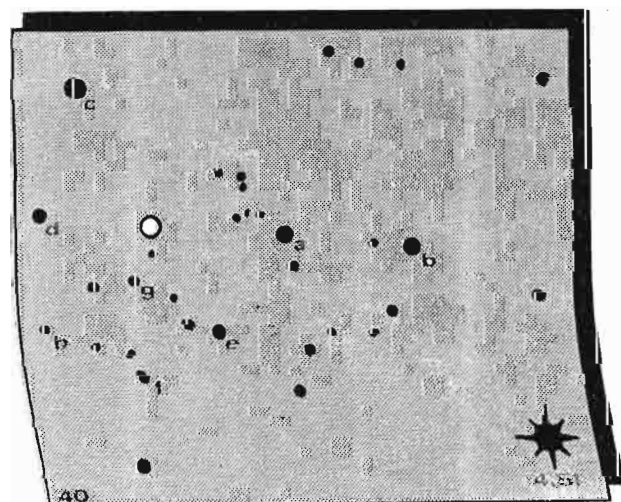
Karta br. VI

Rektascenzija: $10^h 16^m,5$

Deklinacija: $+20^\circ 08'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o



56. AE Aqr amplituda: 9,7 - 11,7

Karta br. XVI

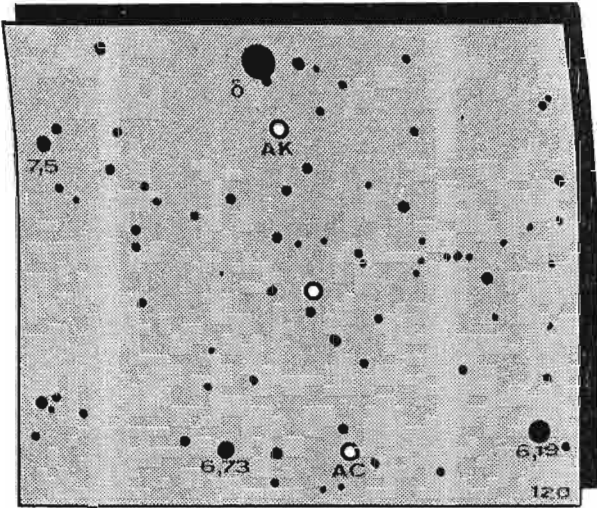
Rektascenzija: $20^h 36^m,5$

Deklinacija: $-01^\circ 24'$

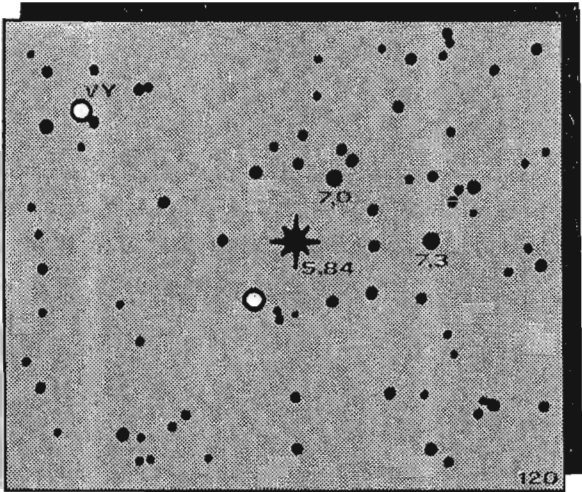
Magnitude poredbenih zvijezda:

a 9,8	b 10,0	c 10,5	d 10,9	e 11,2	f 11,4
g 12,2	h 12,7	k	m	n	o

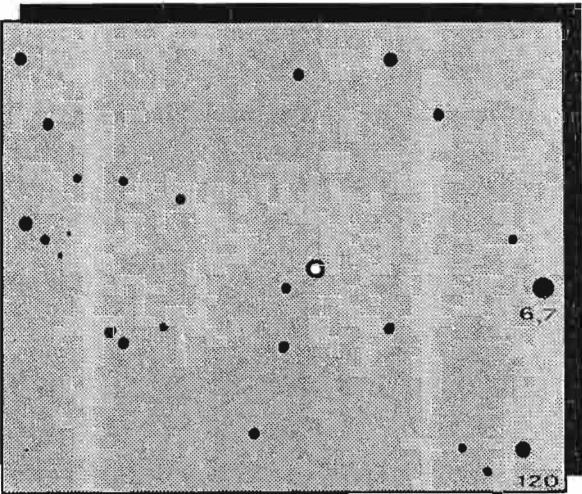
57. DO Cep			amplituda:10,3 - 11,4		
Karta br. III					
Rektascenzija: 22 ^h 27 ^m					
Deklinacija: +57° 27'					
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o



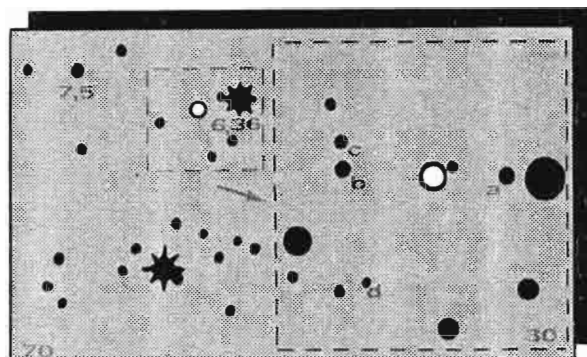
58. EV Lac			amplituda: 9,5 - 11,5		
Karta br. IX					
Rektascenzija:			22 ^h 45 ^m ,5		
Deklinacija:			+44° 04'		
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o



59. EQ Peg			amplituda: 9,8 - 10,2		
Karta br. IX					
Rektascenzija:			23 ^h 26 ^m ,5		
Deklinacija:			+19° 39'		
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o



4. PROMJENLJIVE TIPa U Geminorum



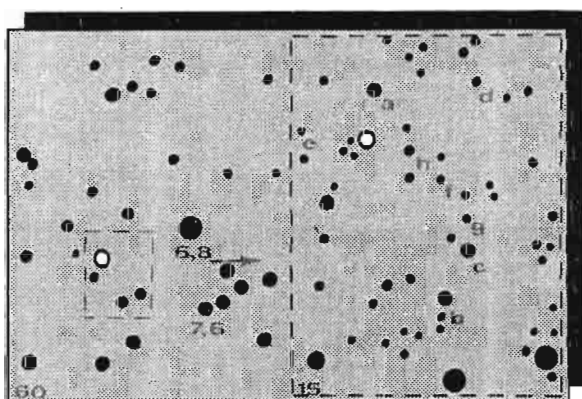
60. V 350 Ori amplituda: 10,4 - 12,5

Karta br. XI

Rektascenzija: $05^h 38^m$ Deklinacija: $-09^\circ 47'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 10,50 b 11,20 c 11,62 d 12,14 e f
g h k m n o

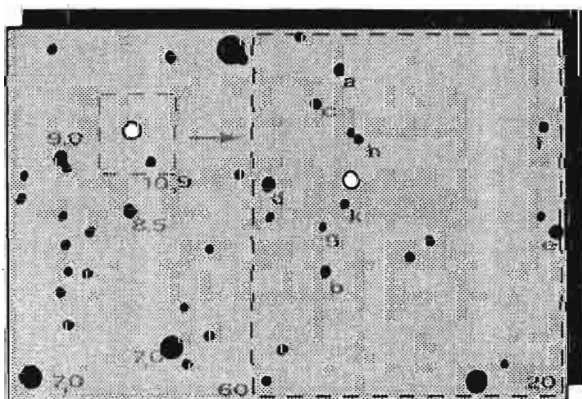


61. SS Aur amplituda: 10,5 - 14,8

Karta br. V Period: 558^d Rektascenzija: $06^h 08^m$ Deklinacija: $+47^\circ 39'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 10,98 b 11,19 c 11,30 d 12,10 e 12,93 f 13,18
g 13,21 h 16,00 k m n o

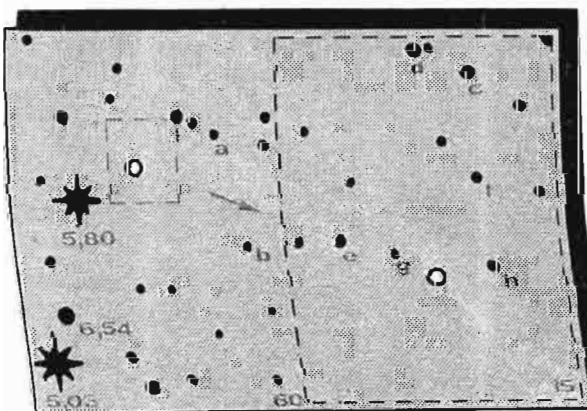


62. U Gem amplituda: 8,8 - 14,2

Karta br. V Period: $101^d,8$ Rektascenzija: $07^h 54^m$ Deklinacija: $+22^\circ 01'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 11,45 b 11,64 c 11,70 d 12,02 e 12,60 f 13,00
g 13,13 h 13,76 k 14,50 m n o



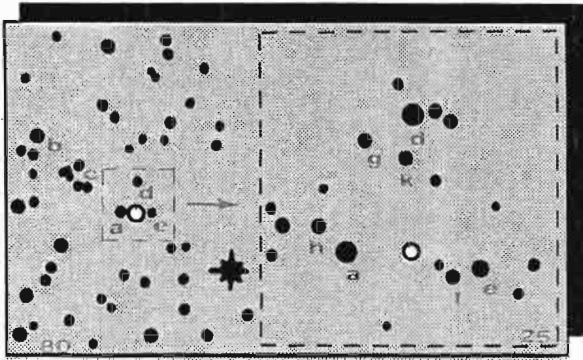
63. SW UMa amplituda: 10,8 - 16,0

Karta br. II Period: 459^d Rektascenzija: $08^h 34^m$ Deklinacija: $+53^\circ 29'$

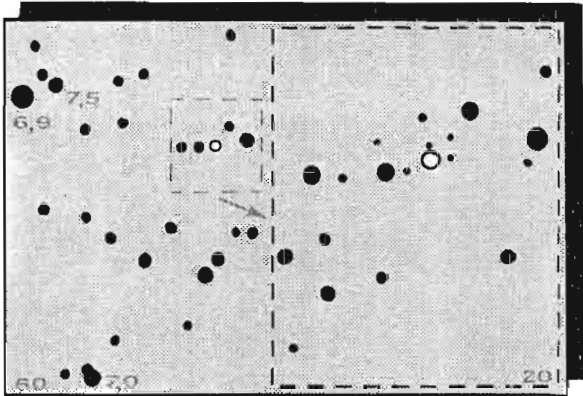
Magnitude poredbenih zvijezda:

a 10,17 b 11,28 c 11,56 d 11,75 e 12,16 f 12,55
g 13,60 h 14,70 k m n o

64. SS Cyg		amplituda: 8,2 - 12,1			
Karta br. IX	Period: 51 ^d ,6				
Rektascenzija:	21 ^h 41 ^m				
Deklinacija: +43° 22'					
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a	b	c	d	e	f
g	h	k	m	n	o

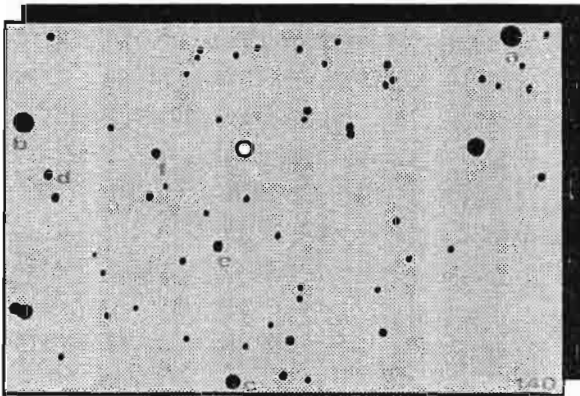


65. RU Peg		amplituda: 9,0 - 13,1			
Karta br. XVII	Period: 65 ^d ,7				
Rektascenzija:	22 ^h 11 ^m				
Deklinacija:	+12° 27'				
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a 8,6	b 11,2	c 11,2	d 11,5	e 12,0	f 12,5
g 12,7	h 13,1	k 14,0	m	n	o

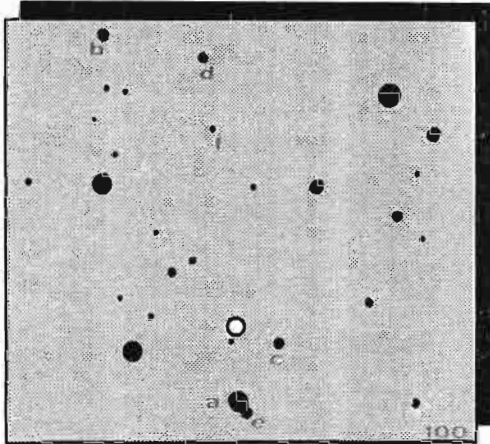


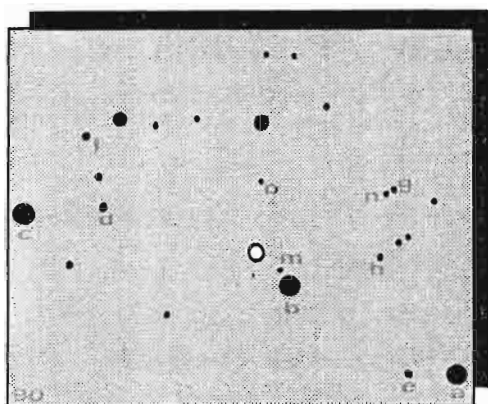
5. DUGOPERIODIČNE I NEPRAVILNE PROMJENLJIVE

66. O Cet		amplituda: 2,0 - 10,1			
Karta br. X					
Rektascenzija:		02 ^h 19 ^m			
Deklinacija:		-03° 26'			
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a 5,72	b 6,30	c 6,55	d 7,26	e 8,08	f 8,84
g	h	k	m	n	o



67. RY Tau	amplituda: 9,3 - 12,3										
Karta br. V											
Rektascenzija:		04 ^h 18 ^m									
Deklinacija:		+28° 18'									
Magnitude poredbenih zvijezda:											
a	8,46	b	8,58	c	9,54	d	9,80	e	10,91	f	10,91
g	11,88	h		k		m		n		o	





68. T Tau amplituda: 9,6 - 13,5

Karta br. V

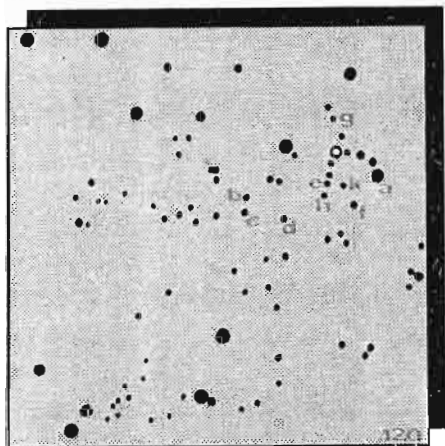
Rektascenzija: 04^h 19^m

Deklinacija: +19° 24'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 7,61 b 8,27 c 8,73 d 9,30 e 9,80 f 10,10

g 10,76 h 11,16 m 12,37 n 12,92 o 13,48 p



69. RW Aur amplituda: 9,6 - 13,6

Karta br. V

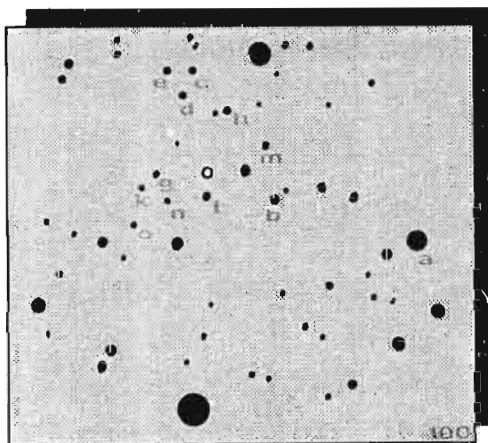
Rektascenzija: 05^h 04^m

Deklinacija: +30° 20'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 9,61 b 10,31 c 10,48 d 10,84 e 11,08 f 11,17

g 11,06 h 11,46 k 12,01 m n o



70. RR Tau amplituda: 10,2 - 14,2

Karta br. V

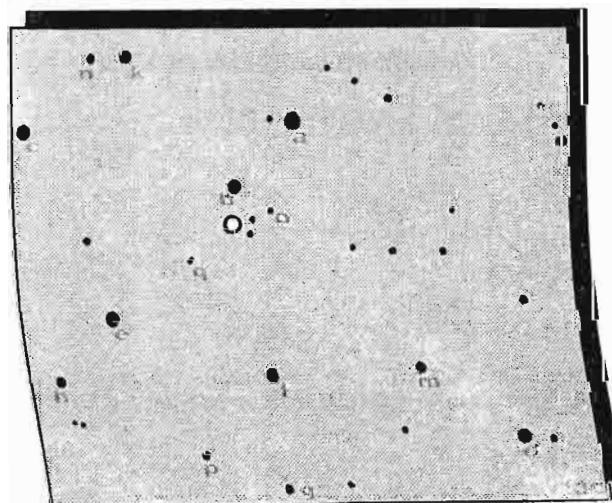
Rektascenzija: 05^h 36^m

Deklinacija: +26° 20'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 7,95 b 8,75 c 8,76 d 9,42 e 10,00 f 10,53

g 10,54 h 10,73 k 11,31 m 11,51 n o



71. R Leo amplituda: 4,4 - 11,3

Karta br. XII

Rektascenzija: 09^h 47^m

Deklinacija: +11° 26'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 5,87 b 6,37 c 6,62 d 6,88 e 7,23 f 7,47

g 7,67 h 8,02 k 8,21 m 8,65 n 8,85 o 8,98

p 9,14 q 9,68

72. R CrB amplituda: 5,8 - 14,8

Karta br. VII

Rektascenzija: 15^h 47^m

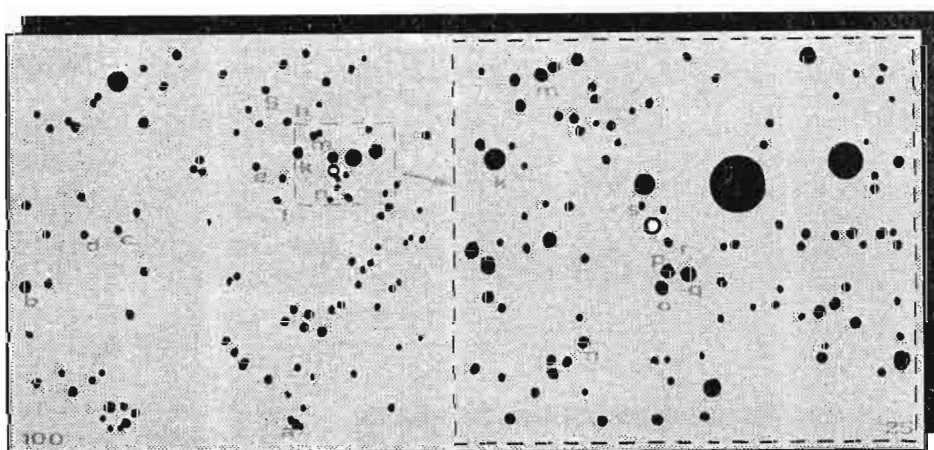
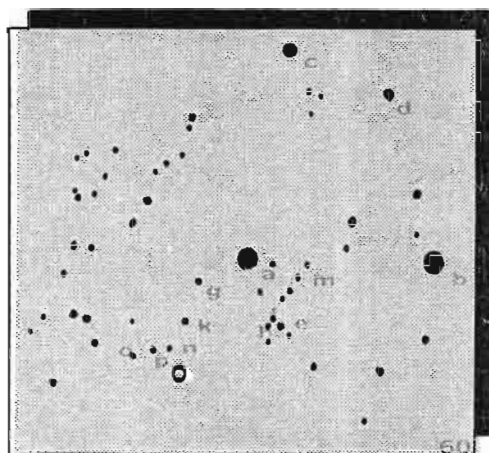
Deklinacija: +28° 21'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 7,18 b 7,93 c 8,60 d 8,88 e 9,82 f 10,29

g 10,66 h 11,36 i 11,36 m 11,79 n 12,20 o 12,63

p 13,07

**73. R Cyg** amplituda: 6,5 - 14,2

Karta br. VIII

Rektascenzija: 19^h 38^m

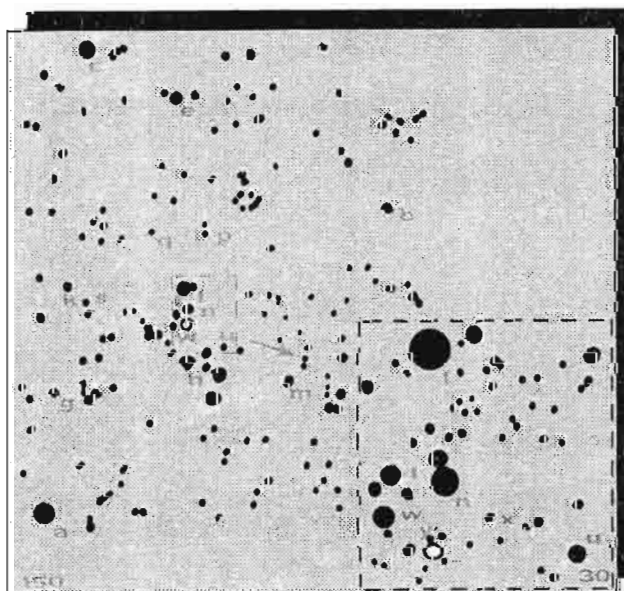
Deklinacija: +48° 38'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 6,42 b 7,52 c 8,35 d 8,76 e 9,14 f 9,62

g 10,02 h 10,53 k 10,93 m 11,32 n 11,78 o 12,10

p 12,34 q 12,76 r 13,14 s 13,54

**74. RT Cyg** amplituda: 6,4 - 12,7

Karta br. VIII

Rektascenzija: 19^h 44^m

Deklinacija: +48° 38'

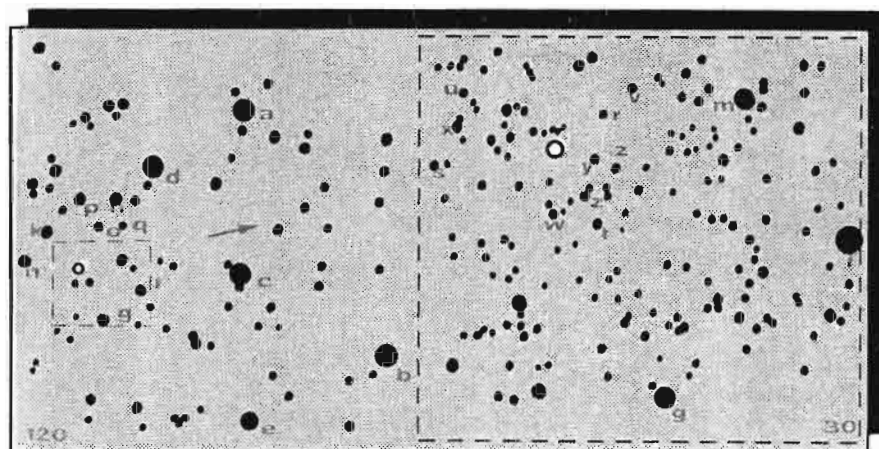
Magnitude poredbenih zvijezda:

a 6,19 b 6,42 c 6,74 d 7,61 f 8,33

g 8,59 h 8,63 k 8,76 m 9,18 n 9,30 o 9,31

p 9,74 q 9,76 s 9,80 t 10,00 u 10,52 w 10,84

x 11,10 y 11,69



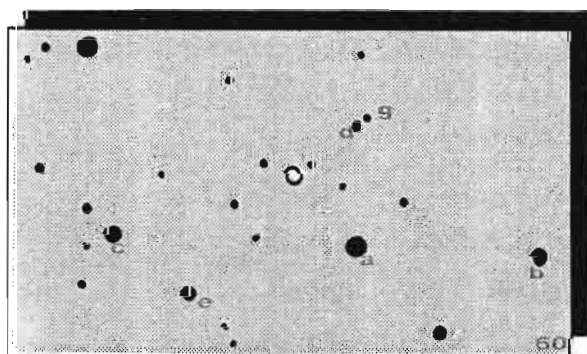
75. X Cyg amplituda: 3,3 - 14,2

Karta br. VIII

Rektascenzija: $19^{\text{h}} 52^{\text{m}},5$ Deklinacija: $+32^{\circ} 54'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 5,03 b 6,89 c 6,18 d 6,40 e 7,28 f 7,53
 g 8,11 h 8,33 k 8,68 m 8,88 n 9,01 o 9,28
 p 9,56 q 10,22 r 10,53 s 10,78 t 11,00 u 11,33
 v 11,65 w 11,92 x 12,20 y 12,45 z 12,81



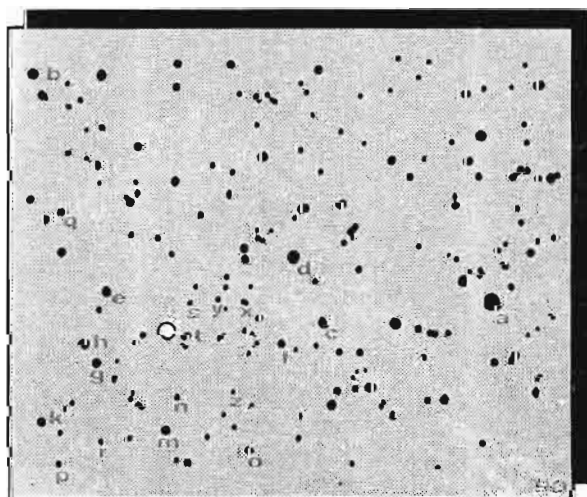
76. T Cep amplituda: 5,4 - 11,0

Karta br. III

Rektascenzija: $21^{\text{h}} 09^{\text{m}}$ Deklinacija: $+68^{\circ} 32'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 6,68 b 7,12 c 7,69 d 8,12 e 8,18 f 8,78
 g 9,18 h 9,65 k 10,10 m 10,50 n 11,06 o



77. R Aql amplituda: 5,8 - 11,5

Karta br. XVII

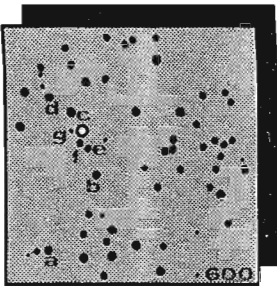
Rektascenzija: $23^{\text{h}} 43^{\text{m}},5$ Deklinacija: $-15^{\circ} 50'$

Magnitude poredbenih zvijezda:

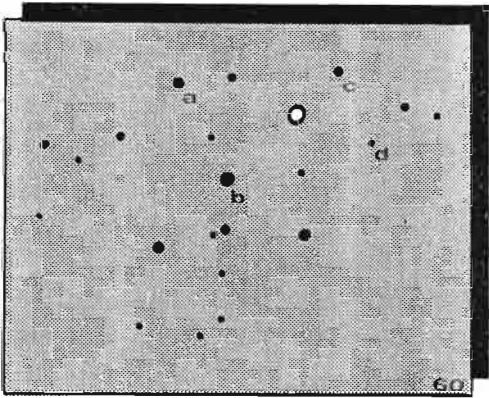
a 6,12 b 7,18 c 7,77 d 7,94 e 8,30 f 8,50
 g 8,85 h 8,88 k 9,12 m 9,46 n 9,49 o 10,12
 p 10,45 q 10,71 r 10,94 s 11,41 t 11,41 y 11,56
 x 11,76 z 12,15

6. PROMJENLJIVE TIPA RV Tauri

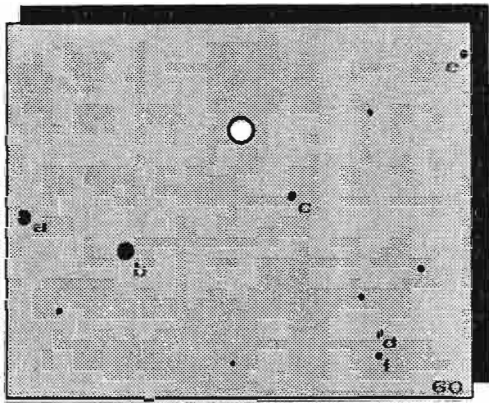
78. U Mon	tip:	amplituda: 11,3 - 13,8				
Karta br. XII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 06 ^h 36 ^m ,5						
Deklinacija: +06° 47'	a 5,57	b 5,86	c 6,02	d 6,43	e 6,62	
Epoha:						
Period:	f 6,97	g 7,31	h 7,51	k	l	



79. AC Her	amplituda: 7,4 - 9,6
Karta br.	
Rektascenzija: 18 ^h 29 ^m	
Deklinacija: +21° 49'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 7,23 b 7,77 c 8,37 d 9,07 e	f
g	h k m n o

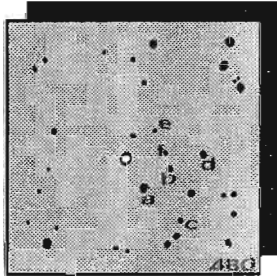


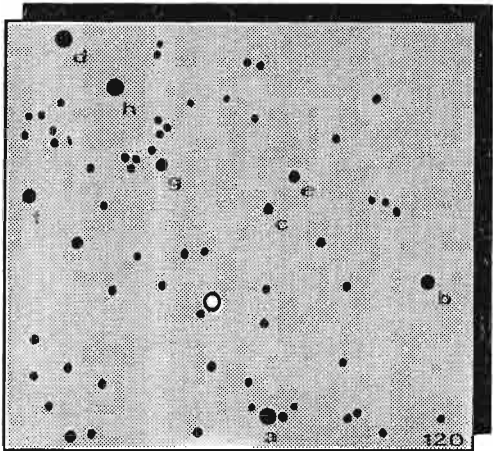
80. R Sct	amplituda: 6,3 - 8,6
Karta br.	
Rektascenzija: 18 ^h 44 ^m ,5	
Deklinacija: -05° 51'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 6,13 b 6,74 c 7,07 d 8,00 e 8,31 f 8,62	
g	h k m n o



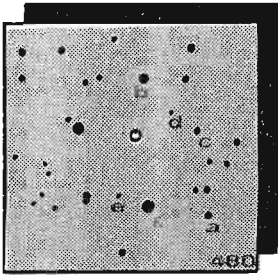
7. CEFEIDE

81. SU Cas	tip:	amplituda: 6,4 - 7,0				
Karta br. I	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 02 ^h 52 ^m						
Deklinacija: +68° 53'	a 6,05	b 6,77	c 7,28	d 7,44	e 7,74	
Epoha:						
Period:	f 8,04	g	h	k	l	

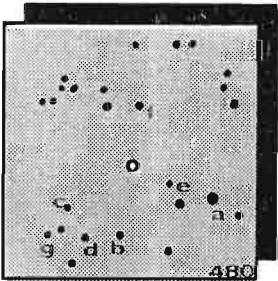




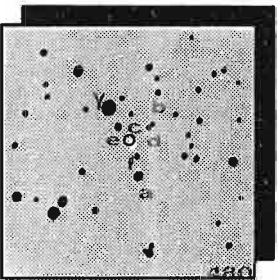
82. RX Aur	amplituda: 8,1 - 9,1
Karta br. V	
Rektascenzija: 04 ^h 58 ^m	
Deklinacija: +39° 53'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 6,81	b 7,62 c 7,48 d 7,72 e 8,02 f 8,06
g 8,49	h 8,87 k m n o



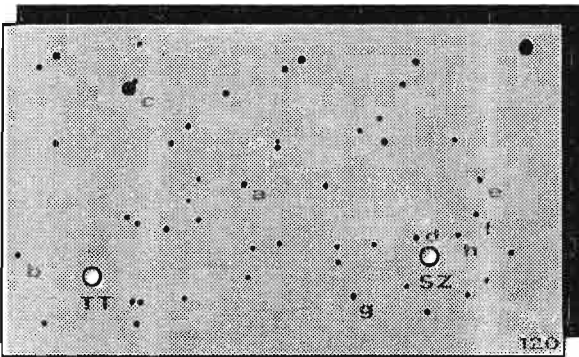
83. T Mon	tip:	amplituda: 5,6 - 6,6
Karta br. XII		Magnitude poredbenih zvijezda:
Rektascenzija: 06 ^h 25 ^m		
Deklinacija: +07° 05',5		a 5,81 b 6,11 c 6,41 d 6,69 e 7,28
Epoha:		
Period:		f g h k l



84. RT Aur	tip:	amplituda: 5,5 - 6,6
Karta br. V		Magnitude poredbenih zvijezda:
Rektascenzija: 06 ^h 29 ^m		
Deklinacija: +30° 30'		a 4,45 b 5,05 c 5,54 d 5,84 e 6,27
Epoha:		
Period:		f 6,43 g 6,54 h k l

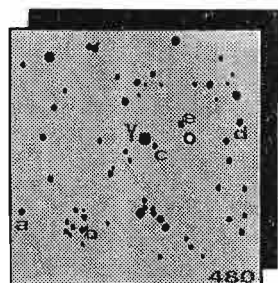


85. W Gem	tip:	amplituda: 6,6 - 7,4
Karta br. XII		Magnitude poredbenih zvijezda:
Rektascenzija: 06 ^h 35 ^m		
Deklinacija: +15° 28'		a 5,61 b 6,37 c 6,67 d 7,13 e 7,13
Epoha:		
Period:		f 7,44 g h k l

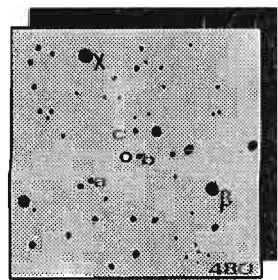


86. SZ Aql	amplituda: 8,8 - 10,7
87. TT Aql	amplituda: 7,3 - 9,1
Karta br. XVI	
Rektascenzija: 19 ^h 03 ^m ,5	
Deklinacija: +01° 14'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 7,36	b 7,61 c 8,04 d 8,40 e 9,16 f 9,61
g 9,64	h 10,03 k m n o

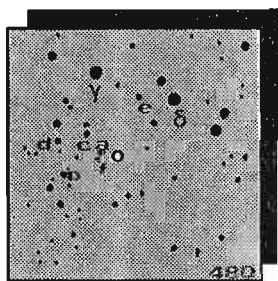
88. U Aql	tip:	amplituda: 6,8 - 7,9				
Karta br. XVI	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19 ^h 26 ^m						
Deklinacija: -07° 21'	a 5,94	b 6,23	c 6,40	d 6,99	e 7,28	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



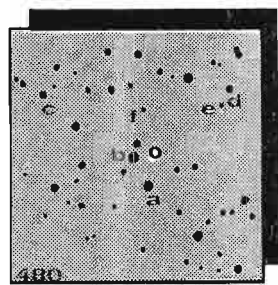
89. SU Cyg	tip:	amplituda: 6,9 - 8,1				
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19 ^h 45 ^m						
Deklinacija: +29° 36'	a 6,22	b 6,44	c 7,13	d	e	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



90. S Sge	tip:	amplituda: 5,8 - 7,0				
Karta br. XVI	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 19 ^h 56 ^m						
Deklinacija: +16° 37',5	a 5,38	b 5,47	c 5,56	d 5,89	e 6,29	
Epoha:						
Period:	f 6,81	g	h	k	l	

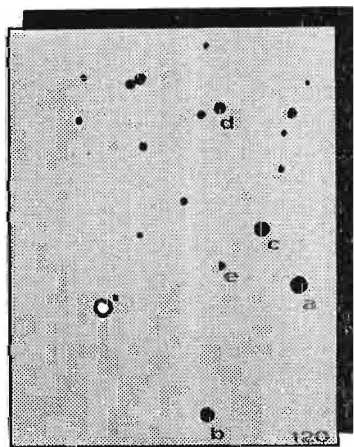


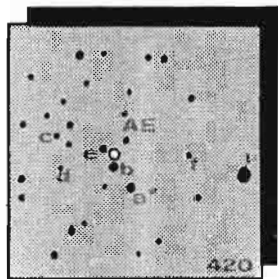
91. T Vul	tip:	amplituda: 5,4 - 6,1				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 20 ^h 52 ^m						
Deklinacija: +28° 15'	a 4,76	b 5,24	c 5,97	d 5,86	e 6,09	
Epoha:						
Period:	f 6,40	g 6,44	h	k	l	



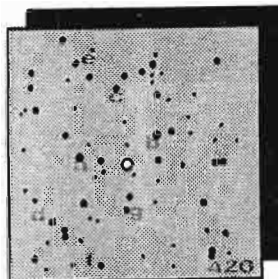
8. (2) POMRAČUJUĆE (EKLIPSNE) PROMJENLJIVE

92. RX Cas	amplituda: 8,6 - 9,4				
Karta br. I					
Rektascenzija: 03 ^h 09 ^m					
Deklinacija: +67° 41'					
Magnitude poredbenih zvijezda:					
a 7,69	b 8,00	c 9,30	d 9,84	e 10,42	f
g	h	k	m	n	o

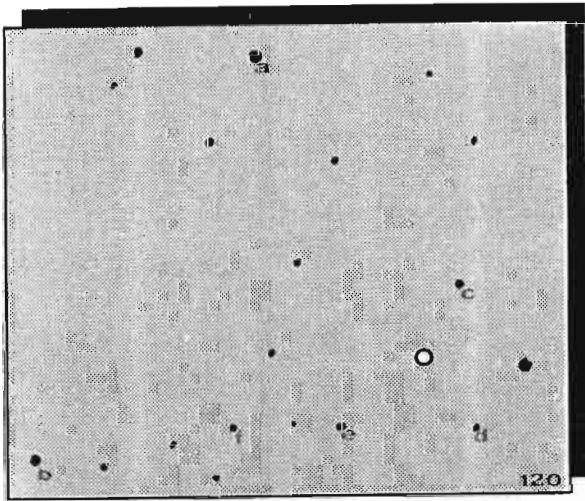




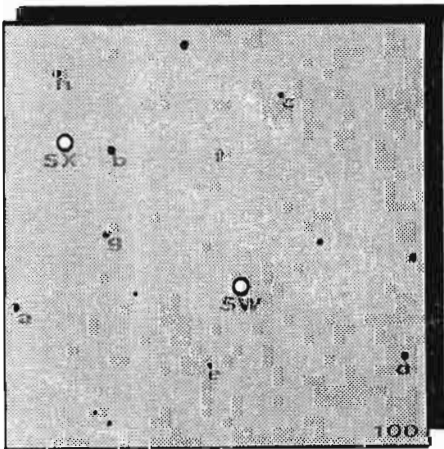
93. AR Aur	tip:	amplituda:	5,8 - 6,5
Karta br. V	Magnitude poredbenih zvijezda:		
Rektascenzija:	05 ^h 18 ^m		
Deklinacija:	+33° 45'	a 5,14	b 5,39 c 5,85 d 6,30 e 6,52
Epoha:			
Period:	f 6,94	g	h k l



94. R Cma	tip:	amplituda:	6,0 - 7,4
Karta br. XII	Magnitude poredbenih zvijezda:		
Rektascenzija:	07 ^h 21 ^m		
Deklinacija:	-16° 15'	a 5,20	b 5,39 c 5,73 d 5,76 e 5,89
Epoha:			
Period:	f 6,20	g 6,61	h k l

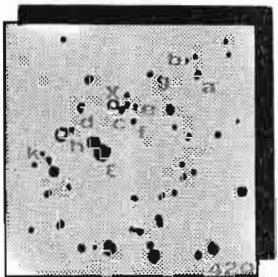


95. W UMa	amplituda:	7,2 - 7,9
Karta br. II		
Rektascenzija:	09 ^h 46 ^m	
Deklinacija:	+56° 18'	
Magnitude poredbenih zvijezda:		
a 7,18	b 7,66	c 8,73 d 8,74 e 8,94 f 9,46
g	h	k m n o

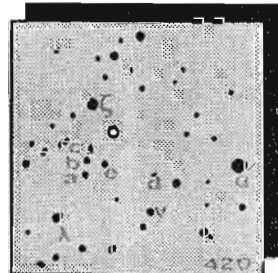


96. SW Oph	amplituda:	10,6 - 11,5
97. SX Oph	amplituda:	11,8 - 11,3
Karta br. XV		
Rektascenzija:	16 ^h 19 ^m	
Deklinacija:	-06° 31'	
Magnitude poredbenih zvijezda:		
a 9,38	b 9,41	c 9,68 d 10,31 e 11,12 f 11,14
g 11,91	h 12,17	k m n o

98. Y Cyg	tip:	amplituda: 7,2 - 7,8				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 20 ^h 53 ^m						
Deklinacija: +34° 39'	a 5,94	b 6,30	c 6,50	d 6,70	e 6,86	
Epoha:						
Period:	f 7,17	g 7,42	h 7,68	k 7,87	l	

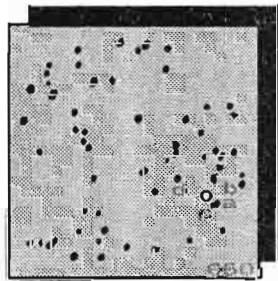


99. V V Cep	tip:	amplituda: 6,6 - 7,2				
Karta br. III	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 22 ^h 00 ^m						
Deklinacija: +63° 46'	a 5,17	b 5,39	c 5,46	d 5,97	e 6,16	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	

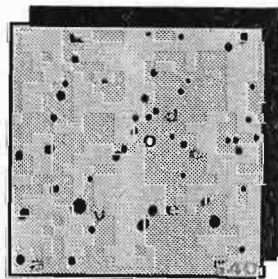


9. NEPRAVILNE PROMJENLJIVE

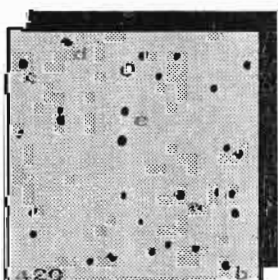
100. W CMa	tip:	amplituda: 8,7 - 9,7				
Karta br. XII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 07 ^h 08 ^m						
Deklinacija: -11° 59'	a 6,40	b 6,77	c 7,00	d 7,24	e	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



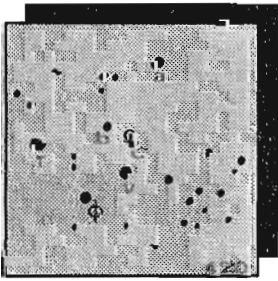
101. U Hya	tip:	amplituda: 7,0 - 9,2				
Karta br. XIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 10 ^h 37 ^m ,5						
Deklinacija: -13° 22'	a 4,20	b 5,11	c 5,51	d 5,85	e 6,23	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	

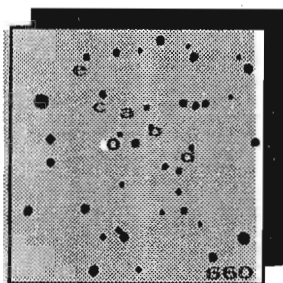


102. Y CVn	tip:	amplituda: 5,2 - 6,6				
Karta br. VII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 12 ^h 45 ^m						
Deklinacija: +45° 32'	a 4,32	b 5,22	c 5,72	d 6,22	e 6,34	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	

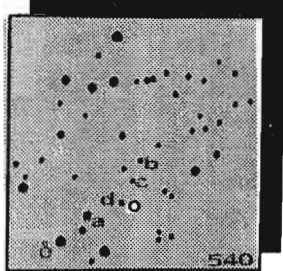


103. X Her	tip:	amplituda: 7,5 - 8,6				
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 16 ^h 03 ^m						
Deklinacija: +47° 15'	a 5,90	b 6,58	c 7,40	d	e	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	

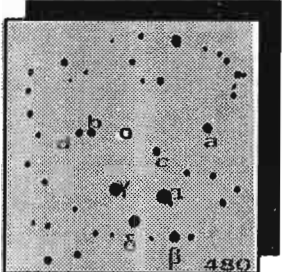




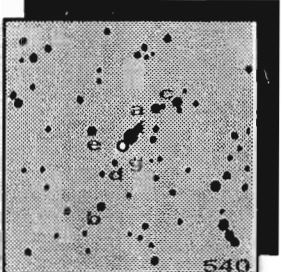
104. UX Dra	tip:	amplituda: 5,9 - 6,5				
Karta br. II	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija:	19 ^h 30 ^m					
Deklinacija:	+76° 34'	a 6,18	b 6,49	c 7,06	d 7,47	e 7,80
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



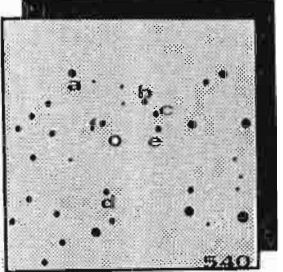
105. AF Cyg	tip:	amplituda: 7,4 - 9,4				
Karta br. VIII	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija:	19 ^h 32 ^m					
Deklinacija:	+46° 09'	a 6,34	b 6,70	c 6,87	d 7,40	e
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



106. U Del	tip:	amplituda: 5,6 - 7,5				
Karta br. XVI	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 20 ^h 46 ^m						
Deklinacija: +18° 05'	a 6,27	b 6,49	c 6,61	d 6,76	e	
Epoha:						
Period:	f	g	h	k	l	



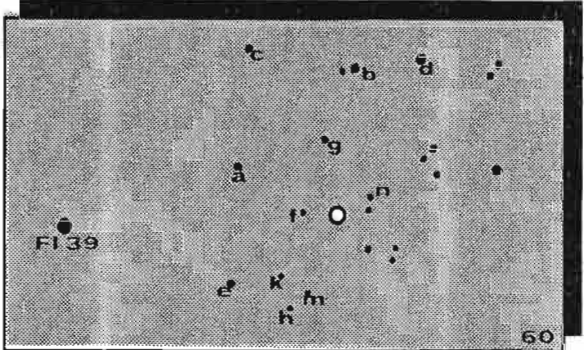
107. W Cyg	tip:	amplituda: 6,8 - 8,9				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija:	21 ^h 37 ^m					
Deklinacija:	+45° 22'	a 5,34	b 5,35	c 5,54	d 6,11	e 6,47
Epoha:						
Period:		f 6,56	g 6,70	h	k	l



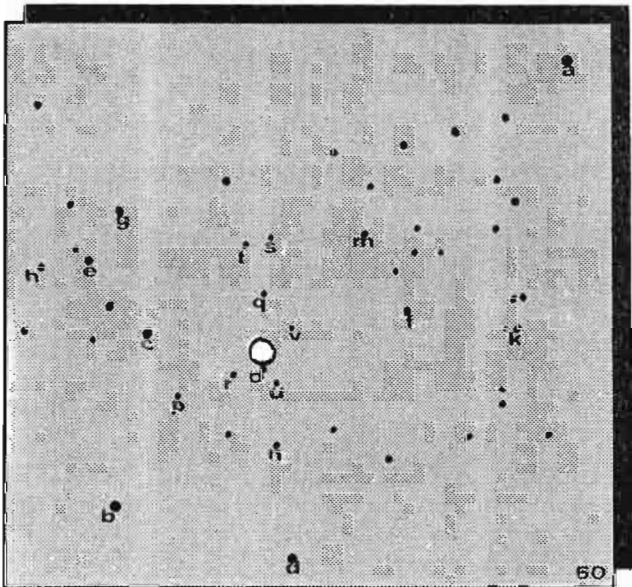
108. TW Peg	tip:	amplituda: 7,0 - 9,2				
Karta br. IX	Magnitude poredbenih zvijezda:					
Rektascenzija: 22 ^h 04 ^m						
Deklinacija: +28° 22'	a 6,38	b 6,83	c 7,25	d 7,54	e 7,98	
Epoha:						
Period:	f 8,54	g	h	k	l	

10. OSTALE ZANIMLJIVE PROMJENLJIVE

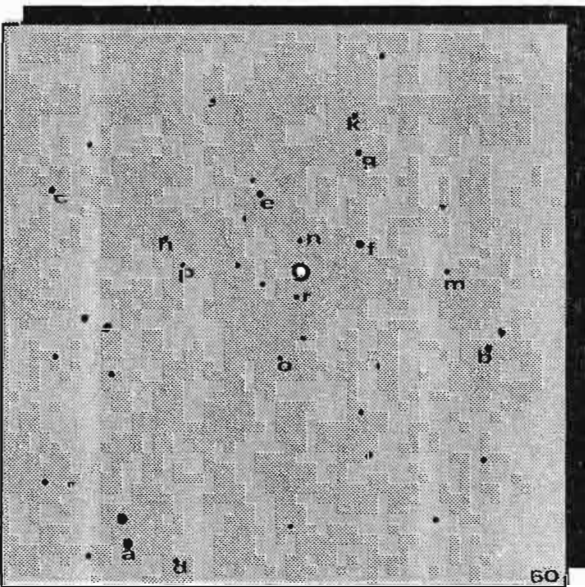
109. RX And	amplituda: 10,3 - 13,6
Karta br. IV	
Rektascenzija: 01 ^h 01 ^m	
Deklinacija: +41° 01'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 10,4 b 10,4 c 10,7 d 10,9 e 11,3 f 11,8	
g 12,1 h 12,7 k 13,3 m 13,9 n 14,3 o	

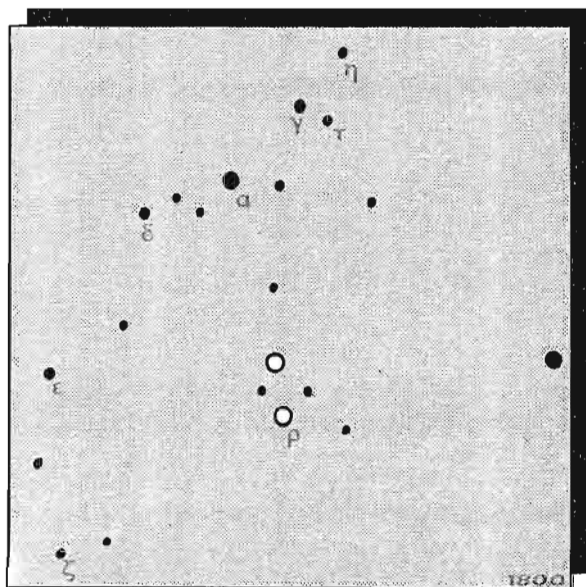


110. S Per	amplituda: 7,9 - 11,1
Karta br. I	
Rektascenzija: 02 ^h 18 ^m ,5	
Deklinacija: +57° 57'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 7,78 b 8,30 c 8,38 d 8,72 e 9,07 f 9,53	
g 9,53 h 9,92 k 10,08 m 10,54 n 10,68 o 11,33	
p 11,61 q 11,80 r 11,87 s 12,44 t 12,84 u 13,84	
v 13,81	



111. R Tri	amplituda: 5,7 - 12,2
Karta br. IV	
Rektascenzija: 02 ^h 32 ^m	
Deklinacija: +33° 39'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 6,7 b 8,0 c 8,4 d 9,2 e 9,5 f 9,8	
g 10,2 h 10,6 k 11,0 m 11,3 n 11,6 o 12,1	
p 12,5 q 12,7	





112. β Per amplituda: 2,1 - 3,4

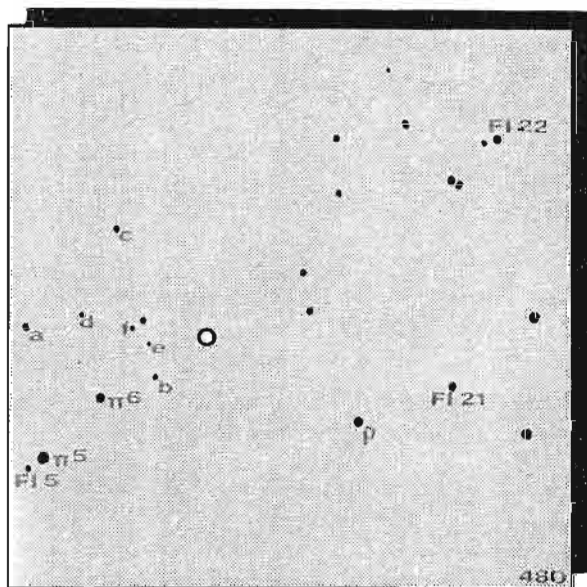
Karta br. IV

Rektascenzija: 03^h 07^m

Deklinacija: +40° 38'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 1,90 b 2,91 c 2,96 d 3,08 e 3,10 f 3,93
 g 4,10 h k m n o



113. W Ori amplituda: 8,6 - 11,1

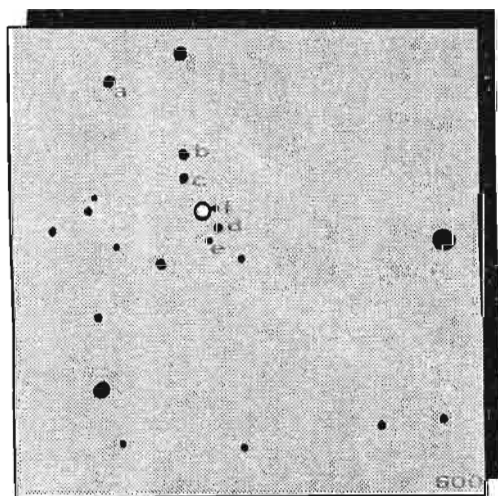
Karta br. XI

Rektascenzija: 05^h 02^m,5

Deklinacija: +01° 06'

Magnitude poredbenih zvijezda:

a 5,9 b 6,2 c 6,6 d 7,3 e 8,3 f 8,8
 g 3,9 h 4,7 k m n o



114. UU Aur amplituda: 8,2 - 10,0

Karta br. V

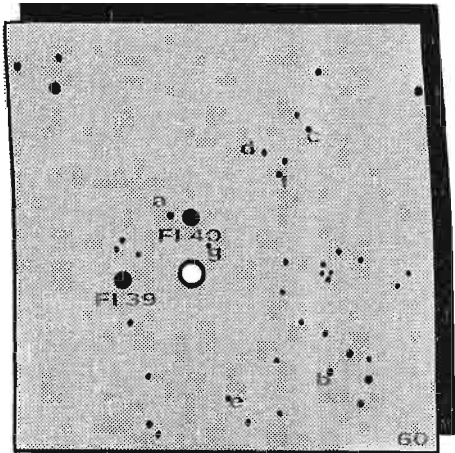
Rektascenzija: 06^h 32^m

Deklinacija: +38° 29'

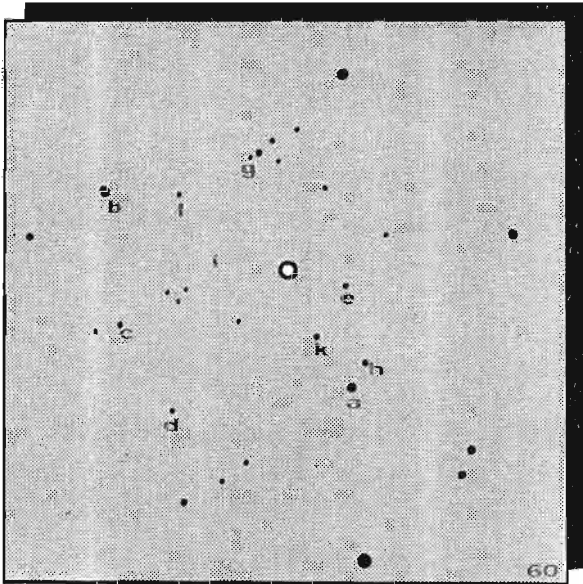
Magnitude poredbenih zvijezda:

a 4,98 b 5,30 c 5,71 d 6,63 e 6,89 f 7,13
 g h m n o p

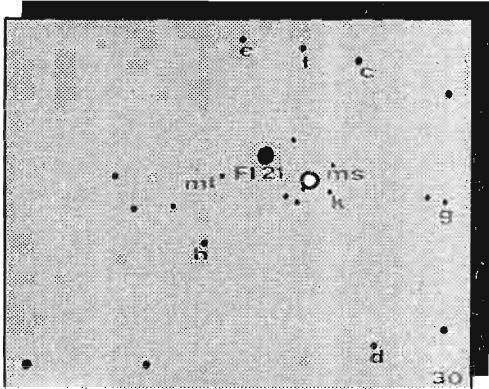
115. SW	Gem	amplituda: 8,9 - 10,3
Karta br. V		
Rektascenzija: 06 ^h 56 ^m		
Deklinacija: +26° 18'		
Magnitude poredbenih zvijezda:		
a	8,8	b 9,41 c 9,72 d 9,90 e 10,11 f 10,52
g	10,78	h k m n o

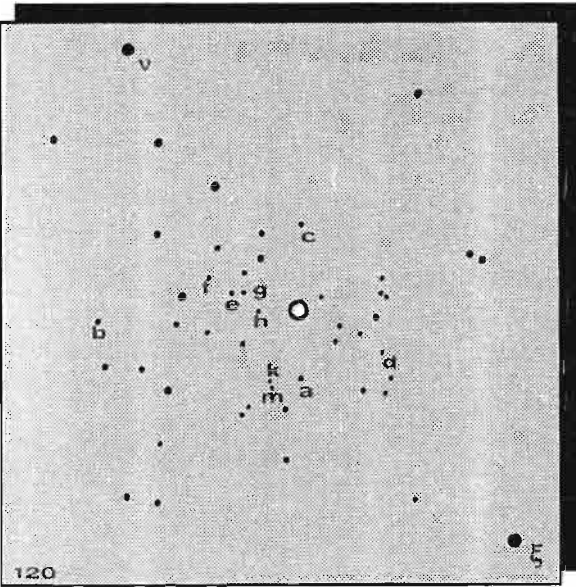


116. V	UMa	amplituda: 10,9 - 12,2
Karta br. VI		
Rektascenzija: 09 ^h 05 ^m		
Deklinacija: +51° 21'		
Magnitude poredbenih zvijezda:		
a	9,2	b 9,4 c 9,8 d 10,1 e 10,6 f 11,0
g	11,3	h 12,3 k 12,6ms mt o

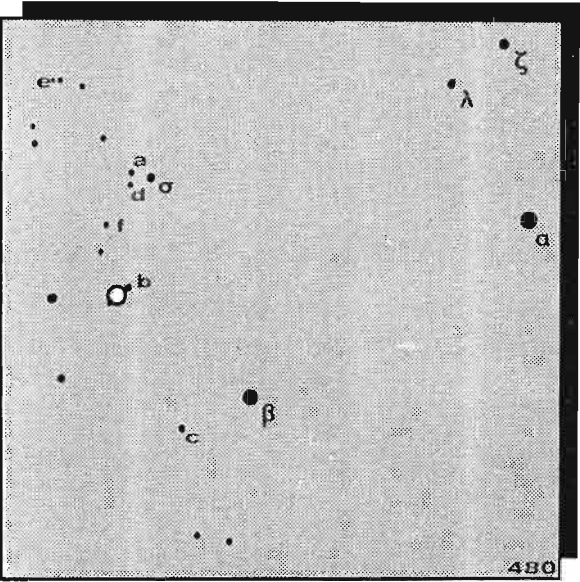


117. X	Leo	amplituda: 12,1 - 15,0
Karta br. XII		
Rektascenzija: 09 ^h 47 ^m		
Deklinacija: +12° 06'		
Magnitude poredbenih zvijezda:		
a	b	c 11,2 d 11,4 e 11,7 f 12,2
g	12,8	h 12,9 k 13,5 m 14,7 n 14,9 o





118. TX „Cyg	amplituda: 10,3 - 12,2
Karta br. IX	
Rektascenzija: 20 ^h 58 ^m	
Deklinacija: +42° 23'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 8,0	b 8,4 c 8,8 d 9,2 e 9,6 f 9,9
g 10,2	h 10,5 k 11,0 m 11,3 n 3,9 o 4,0



119. p Cas	amplituda: 4,1 - 6,2
Karta br. III	
Rektascenzija: 23 ^h 51 ^m ,5	
Deklinacija: +57° 04'	
Magnitude poredbenih zvijezda:	
a 5,69	b 6,05 c 6,51 d 7,01 e 7,22 f 7,48
g 3,72	h 4,88 k 4,93 m n o

PRILOG II

DVOJNE ZVIJEZDE

Često, na nebu, čak i kada posmatranje obavljamo golim okom, možemo primjetiti da su neke zvijezde veoma blisko raspoređene jedna do druge. U nekim od ovakvih slučajeva, zvijezde su u stvarnosti na različitim udaljenostima od nas, ali obzirom da leže na istom pravcu to nam se čini da su blizu jedna drugoj. Obično ovakve zvijezde nazivamo optičke dvojne jer među njima nema nikakve fizičke veze. Fizičkim dvojnim zvijezdama nazivamo one koje sačinjavaju jedan dinamički sistem i okreću se oko zajedničkog gravitacionog središta. Pored dvojnih mogu se posmatrati i trojne pa i višestruke zvijezde povezane svojim gravitacionim silama. Za amaterska posmatranja su najpodesnije vizuelne dvojne zvijezde tj. one koje teleskopom možemo posmatrati kao razdvojen par. Ostali slučajevi kao što su pomračujuće ili spektroskopske dvojne za nas u ovom razmatranju nisu intresantni.

One koji se posvete posmatranju dvojnih zvijezda čekaju dugi časovi izuzetnih zadovoljstava. Dvojne mogu da izgledaju veoma impresivno, a one međusobno vrlo bliske predstavljaju odličan test za razdvojnu moć teleskopa kojim se posmatra i kvalitet određene noći.

Ako se radi o paru zvijezda onda je uobičajeno da ona sjajnija nosi oznaku A, a slabija B. Na primjer: Sjajna zvijezda alfa Blizanaca je dvojni sistem. Tako postoji Kastor A i Kastor B. Ukoliko je sistem višestruk tada se unose oznake C, D itd. Ukoliko je neka dvojna zvijezda sjajnija onda ona nosi neku oznaku iz grčkog alfabeta ili broj. Postoje i posebni katalozi dvojnih zvijezda, a najpoznatiji je onaj što ga je načinio Wilhelm Struve. Zvijezde iz ovog kataloga imaju oznaku velikog grčkog slova sigma. Tako je γ Corone Borealis označena sa Σ 1967. Drugi poznati katalog je načinjen od strane Otta Struvea i zvijezda λ Cygni je 0Σ 413.

Kod nekih dvojnih sistema posmatranja pokazuju postojanje orbitalnih kretanja i takvi sistemi su sastavljeni iz međusobno bliskih zvijezda. Takve su recimo dvojne zvijezde α Centauri, 70 Ophiuchi i γ Viriginis. Sa druge strane, postoje dvojne sa veoma velikim periodima okretanja i čak u dužim vremenskim periodima ne pokazuju orbitalna kretanja, što ne znači da nisu dvojne. Takva je recimo zvijezda γ Arietis, zatim poznata ζ Ursae Majoris (Alkor i Mizar) i α Herculis.

Prilikom posmatranja dvojnih zvijezda najvažniji faktor su kvalitet noći (mirnoća atmosfere) i optički kvalitet teleskopa. Za tijesne dvojne zvijezde treba birati noć kada su likovi zvijezda mali i oštri. Za šire razmaknute parove mogu biti dobre i manje kvalitetne noći. Posmatranja treba vršiti uvijek što je moguće više (birati zvijezde koje upravo kulminiraju) jer je atmosfera bliže horizontu uvijek nemirnija. Prilikom posmatranja često se koriste velika uvećanja pa je važno imati kvalitetan okular. Iskusni posmatrači smatraju da je ortoskopski okular jedan od najboljih kada se radi o velikim uvećanjima. Ako je teleskop kraćeg fokusnog rastojanja tada uvođenje kvalitetne negativne leće (Barlow leća) koja taj fokus produžava za dva do tri puta može takođe da poboljša posmatranja.

Da bi smo mogli upoznati moći i mogućnosti našeg teleskopa za ovaj rad, najbolje je da se koristimo sljedećom tabelom u kojoj su date izabrane dvojne zvijezde:

Naziv zvijezde	Ugaono rastojanje	Sjaj komponenti		Rekt. 1950,0 Dekl.	
16,17 Draconis	91''	5.2	5.6	16 ^h 35 ^m .2	+53°01
ν ¹ ,ν ² Draconis	62	5.0	5.0	17 ^h 31 ^m .2	+55°13
δ Cephei	41	4.0	7.5	22 ^h 27 ^m .3	+58°10
61 Cygni	29	5.5	6.4	21 ^h 04 ^m .7	+38°30
α Can. Venaticorum	20	2.9	5.4	12 ^h 53 ^m .7	+38°35
ζ Ursea Majoris	14	2.4	4.0	13 ^h 21 ^m .9	+55°11
χ Bootis	13	4.6	6.6	14 ^h 11 ^m .7	+52°01
γ Andromedae	10	2.1	5.1	2 ^h 00 ^m .8	+42°05
γ Arietis	8.2	4.8	4.8	1 ^h 50 ^m .8	+19°03
ξ Cephei	8.0	4.6	6.6	22 ^h 02 ^m .3	+64°23
ζ C.Borealis	6.3	5.1	6.0	15 ^h 37 ^m .5	+36°48
γ Leonis	4.3	2.1	3.4	10 ^h 17 ^m .2	+20°06
δ Serpentis	3.9	4.2	5.2	15 ^h 32 ^m .4	+10°42
ε ¹ Lyrae	2.7	5.4	6.5	18 ^h 42 ^m .7	+39°37
ε ² Lyrae	2.3	5.1	5.3	18 ^h 42 ^m .7	+39°34
ζ Aquarii	1.8	4.3	4.5	22 ^h 26 ^m .3	- 0°17
12 Lyncis	1.7	5.4	6.0	6 ^h 41 ^m .8	+59°30
η Orionis	1.5	3.7	5.1	5 ^h 22 ^m .0	- 2°26
4 Aquarii	1.0	6.4	7.2	20 ^h 48 ^m .8	- 5°49
48 Cassiopeie	0.7	4.8	6,5	1 ^h 57 ^m .8	+70°40
ω Leonis	0.5	6.0	6.7	9 ^h 25 ^m .8	+ 9°17
14 Lyncis	0.4	5.9	7.1	6 ^h 48 ^m .7	+59°31

Kao što je vidljivo, razdvojenost zvijezda u ugaonim sekundama postepeno se smanjuje. Time se može lako ustanoviti kolika je moć razdvajanja instrumenta u najboljim ili najlošijim noćima. Takođe se posmatranjem ovih zvijezda dobijaju predstave o tome koliko je np. ugaono rastojanje od recimo 8". Najviše razdvojeni parovi lako se vide i u običnom dvogledu. Istorijski značajne radove na polju istraživanja moći razdvajanja malih teleskopa refraktora dao je englez W. Dawes. On je došao do zaključka da je granična mogućnost razdvajanja para zvijezda sa sjajem od 6^m povezana sa prečnikom teleskopa A (koji je dat u inčima, 1 inč = 2.52 cm) relacijom:

$D = 4,56:A$
Ovdje su: A = prečnik teleskopa u inčima
D = Dawesova granica u uglovnim sekundama.

Primjer: Ako posmatranje neke zvijezde 6-te magnitude vršimo refraktorom prečnika 4 inča (108 mm) tada je Dawesova granica $4,56 : 4 = 1",14$.

Kada se posmatraju parovi sjajniji ili slabiji od 6^m tada ova formula ne daje posve tačne rezultate. Takođe, kada se sistemi sastoje od zvijezda nejednakog sjaja, tada takođe dolazi do odstupanja. Svako ko bude duže vremena posmatrao dvojne zvijezde sam će lako da stekne iskustvo i upozna mogućnosti sebe i svog instrumenta.

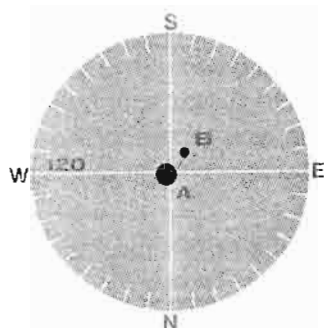
Ukoliko se posjeduje kvalitetan teleskop (može i onaj manjeg prečnika) i to refraktor i bilo kakav mikrometar, onda se može pristupiti ambicioznijem programu mjerenja dvojnih zvijezda.

Pri tome se, prije svega, mjere ugaona rastojanja komponenti i pozicioni uglovi.

U nizu karata prikazan je 71 dvojni ili višestruki sistem. Svaki krug je u stvari vidno polje teleskopa. U tabeli uz svaku kartu dati su osnovni podaci kao što su oznake zvijezda, ime ako ga ima, rimski broj zvjezdane karte gdje se nalazi, oznake iz drugih kataloga, koordinate, prividni sjaj komponenti, ugaono rastojanje i pozicioni ugao sa godinom kada su mjereni. Za ovo su korištene sljedeće skraćenice ili oznake:

1. **ADS** Katalog dvojnih zvijezda R. G. Aitkena (New General Catalogue of Double Stars)
2. **BDS** Katalog dvojnih zvijezda S. W. Burnhama.
3. **Σ** Lista dvojnih zvijezda Wilhelma Struvea.
4. **$O\Sigma$** Lista dvojnih zvijezda Otta Struvea.
5. **G** Ukupna prividna veličina (magnituda) svih članova sistema.
6. **d** Ugaono rastojanje između komponenti sistema.
7. **p** Pozicioni ugao.
8. Rektascenzija i deklinacija su date za epohu 2000.0.
9. Broj koji je smješten u gornjem lijevom kvadrantu označava prečnik vidnog polja u ugaonim sekundama. Tako np. broj 60 znači da je prečnik nacrtanog vidnog polja 60".
10. Oznake N, E, S, W označavaju Sjever (North), istok (East), jug (South) i zapad (West). Vrijednosti pozicionog ugla u tim tačkama su: $N=0^\circ$, $E=90^\circ$, $S=180^\circ$ i $W=270^\circ$.

Uz ove podatke, za većinu zvijezda su naznačene boje i spektralni tipovi. Velika latinična slova označavaju komponentne sistema (A je primarna, B je sekundarna itd.).



1. 35 Piscium

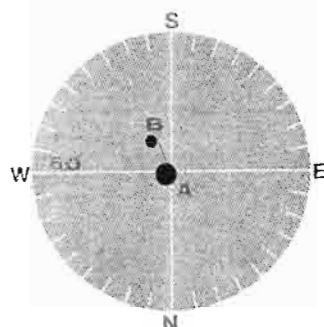
Karta br. X

Druge oznake: ADS 191 = (BDS 87) = $\Sigma 12$

Rektascenzija: $00^h 15^m$ Deklinacija: $+08^\circ 49'$

$G = 5^m,79$ $A = 5^m,87$ (bijela A9) $B = 8^m,11$

1960: $d = 12^s,1$ $p = 148^\circ$



2. 55 Piscium

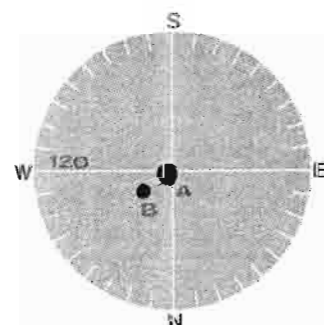
Karta br. IV

Druge oznake: ADS 558 = (BDS 360) = $\Sigma 46$

Rektascenzija: $00^h 40^m$ Deklinacija: $+21^\circ 26'$

$G = 5^m,36$ $A = 5^m,57$ (žuta gG7) $B = 8^m,5$ (plavičasta B0)

1969: $d = 6^s,7$ $p = 195^\circ$



3. 24 η Cassiopeiae

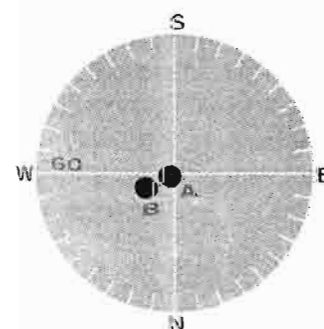
Karta br. I

Druge oznake: ADS 671 = (BDS 426) = $\Sigma 60$

Rektascenzija: $00^h 49^m$ Deklinacija: $+57^\circ 49'$

$G = 3^m,44$ $A = 3^m,67$ (dF8) $B = 7^m,42$ dM0

1969: $d = 11^s,5$ $p = 300^\circ$



4. 65 ι Piscium

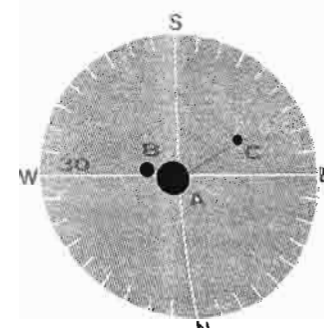
Karta br. IV

Druge oznake: ADS 683 = (BDS 439) = $\Sigma 61$

Rektascenzija: $00^h 50^m$ Deklinacija: $+27^\circ 42'$

$G = 6^m,3$ $A = 6^m,29$ (žućkasta F0) $B = 6^m,29$ (žućkasta F0)

1980: $d = 4^s,45$ $p = 298^\circ$



5. 35 ι Cassiopeiae

Karta br. I

Druge oznake: ADS 1860 = (BDS 1262) = $\Sigma 262$

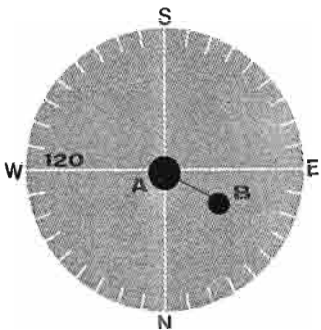
Rektascenzija: $02^h 29^m$ Deklinacija: $+67^\circ 24'$

$G = 4^m,52$ $AB = 4^m,59$ $C = 8^m,2$ 1960: $d = 7^s$ $p = 120^\circ$

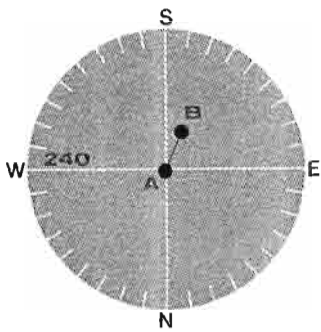
$A = 4^m,7$ (žuta cA3) $B = 7^m,0$ (plava)

1960: $d = 2^s,4$ $p = 238^\circ$

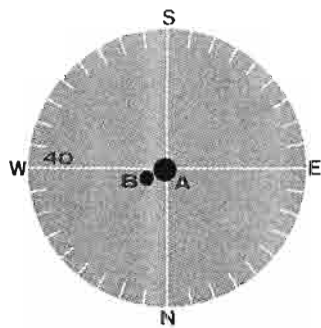
6.	86	ζ Piscium
Karta br. X		
Druge oznake: ADS 996 = (BDS 648) = Σ 100		
Rektascenzija: 01 ^h 14 ^m		Deklinacija: +07° 34'
G = 6 ^m ,30 A = 5 ^m ,57 (bijela A5) B = 6 ^m ,49 (siva dF8)		
1953: d = 23",81 p = 63°,1		



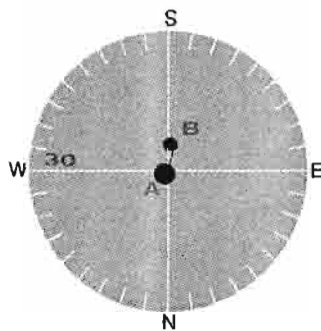
7.	74	ψ Piscium
Karta br. IV		
Druge oznake: ADS 899 = (BDS 570) = Σ 88		
Rektascenzija: 01 ^h 06 ^m		Deklinacija: +21° 28'
G = 5 ^m ,34 A = 5 ^m ,55 (bijela dB9) B = 5 ^m ,82 (bijela dB9)		
1960: d = 30" p = 160°		



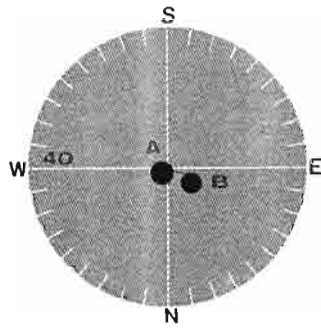
8.	113	α Piscium
Karta br. X		
Druge oznake: ADS 1615 = (BDS 1061) = Σ 202		
Rektascenzija: 02 ^h 02 ^m		Deklinacija: +02° 46'
G = 3 ^m ,79 A = 4 ^m ,32 (A2p) B = 5 ^m ,26 (A3)		
1969: d = 1",9 p = 289°		

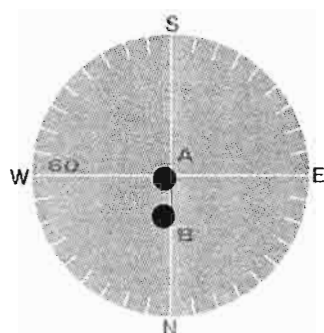


9.	1	Arietis
Karta br. IV		
Druge oznake: ADS 1457 = (BDS 963) = Σ 174		
Rektascenzija: 01 ^h 50 ^m		Deklinacija: +22° 16'
G = 5 ^m ,86 A = 6 ^m ,2 (zlatno žuta F5) B = 7 ^m ,6 (tamno plava)		
1960: d = 2",8 p = 176°		



10.	6	ι Trianguli
Karta br. IV		
Druge oznake: ADS 1697 = Σ 227		
Rektascenzija: 02 ^h 12 ^m		Deklinacija: +30° 18'
G = 4 ^m ,94 A = 5 ^m ,43 (žuta g64) B = 6 ^m ,99 (plava dF3)		
1960: d = 3",9 p = 72°		





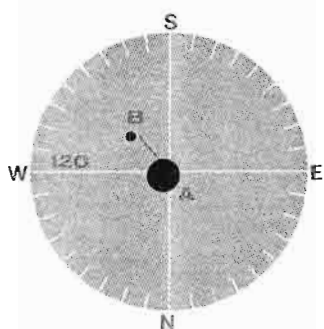
11. 5 γ Arietis

Karta br. IV

Druge oznake: ADS 1507 = (BDS 993) = Σ 180

Rektascenzija: 01^h 53^m Deklinacija: +19° 18'G = 4^m,68 A = ¹ = 4^m,83 (bijela A0p) B = ² = 4^m,75 (bijela A0p)

1955,7: d = 7",9 p = 0°



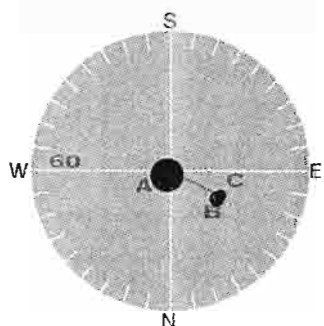
12. 1 α Ursae Minoris (Sjevernjača)

Karta br. I

Druge oznake: ADS 1477 = (BDS 713) = Σ 93

Rektascenzija: 02^h 32^m Deklinacija: +89° 15'G = 2^m,02(var.) A = 2^m,12 (var. 2^m,1-2^m,3 ,žuta gF8) B = 9^m,0 (dF3)

1960: d = 18",4 p = 219°



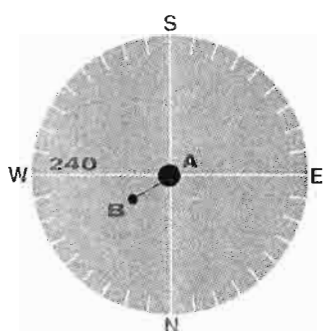
13. 57 γ Andromedae (Almak)

Karta br. IV

Druge oznake: ADS 1630 = (BDS 1070) = Σ 205

Rektascenzija: 02^h 04^m Deklinacija: +42° 20'G = 2^m,18 A = ¹ = 2^m,28 (žuta gK0) BC = ² = 5^m,08 (svjetlo plava A0)1960: d = 10" p = 64° B = 5^m,50 C = 6^m,30

1960: d = 0",19 p = 115°,5



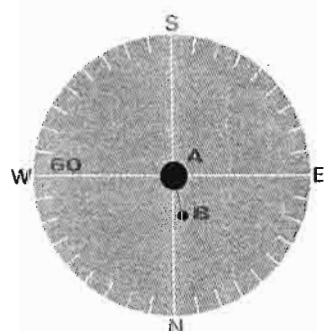
14. 15 η Persei

Karta br. IV

Druge oznake: ADS 2157 = (BDS 1440) = Σ 307

Rektascenzija: 02^h 50^m Deklinacija: +55° 54'G = 3^m,76 A = 3^m,93 (narandasta K0) B = 8^m,5 (plava A0)

1960: d = 28" p = 300°



15. 45 ε Persei

Karta br. IV

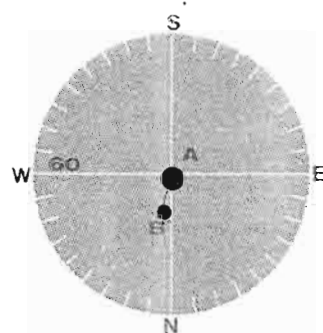
Druge oznake: ADS 2888 = (BDS 1950) = Σ 471

Rektascenzija: 03^h 57^m Deklinacija: +40° 01'G = 2^m,89 A = 2^m,96 (bijela dB1) B = 8^m,3 (plava B8)

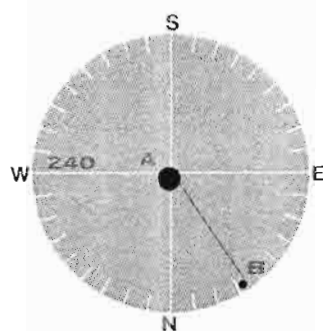
1960: d = 8",8 p = 10°

16. 32 W Eridani

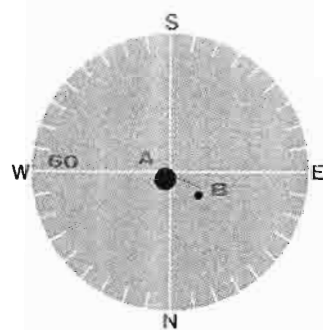
Karta br. X

Druge oznake: ADS 2850 = (BDS 1939) = Σ 470Rektascenzija: $03^h 54^m$ Deklinacija: $-02^\circ 57'$ G = $4^m,46$ A = $4^m,95$ (žuta gG5) B = $6^m,33$ (plava dA2)1960: d = $6'',8$ p = 348° 17. 87 α Tauri (Aldebaran)

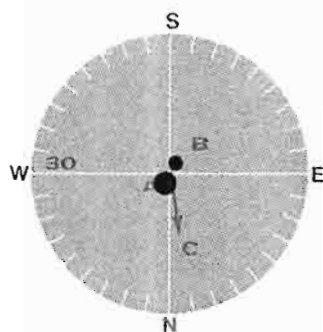
Karta br. XI

Druge oznake: β 550, 1031Rektascenzija: $04^h 36^m$ Deklinacija: $+16^\circ 30'$ G = $0^m,85$ A = $1^m,06$ (crvenkasta gK5) B = $10^m,0$ (plava)C = $13^m,5$ d = $2''$ D = $14^m,2$ d = $31'',30$ 18. 17 ρ Orionis

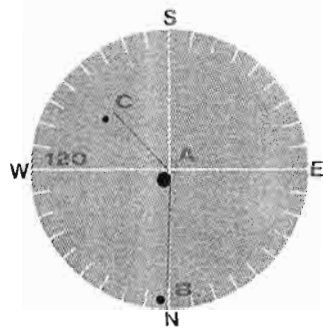
Karta br. XI

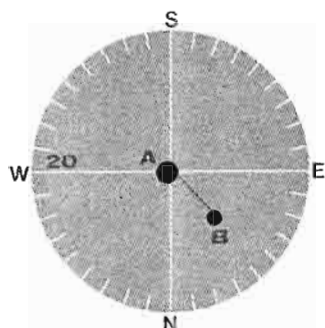
Druge oznake: ADS 3797 = (BDS 2584) = Σ 654Rektascenzija: $05^h 13^m$ Deklinacija: $+02^\circ 52'$ G = $4^m,46$ A = $4^m,64$ (svijetložuta gK3) B = $8^m,3$ (plava B)1960: d = $7'',0$ p = 64° 19. 50 ζ Orionis (Alnitak)

Karta br. XI

Druge oznake: ADS 4263 = (BDS 2902) = Σ 774Rektascenzija: $05^h 40^m$ Deklinacija: $-01^\circ 56'$ G = $1^m,77$ A = $2^m,05$ (bijela B0) B = $4^m,21$ (žućkasta B0) C = $9^m,9$ AB 1969: d = $2'',1$ p = 165° AC 1958: d = $57''$ p = 9° 20. 34 δ Orionis (Mintaka)

Karta br. XI

Druge oznake: β 558, 2796 = A 4143 (AC)Rektascenzija: $05^h 32^m$ Deklinacija: $-00^\circ 17'$ G = $2^m,23$ (var.) A = var. ($2^m,4$ - $2^m,5$ bijela B0)B = $6^m,87$ (ljubičasta B0)1954: d = $52'',76$ p = $359^\circ,7$ 



21. 39 λ Orionis (Meissa)

Karta br. XI

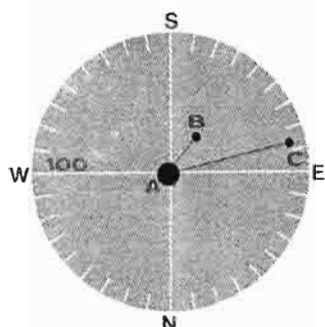
Druge oznake: ADS 738 = β 2821 = A 4179 (AB)

Rektascenzija: 05^h 35^m

Deklinacija: +09° 56'

G = 3^m,39 A = 3^m,66 (žuta Oe5) B = 5^m,56 (purpurna Oe5)

1956: d = 4",38 p = 44°



22. 44 ι Orionis

Karta br. XI

Druge oznake: β 2843 = A 4193

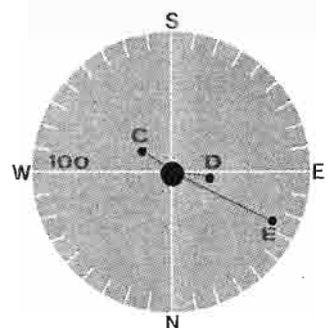
Rektascenzija: 05^h 35^m

Deklinacija: -05° 54'

G = 2^m,76 A = 2^m,8 (bijela OB) B = 7^m,3 (plavičasta) C = 9^m,5 (crvena)

AB 1954: d = 11",44 p = 140°,8

AC 1954: d = 49" p = 103°



23. 48 σ Orionis

Karta br. XI

Druge oznake: β 2883, 1032

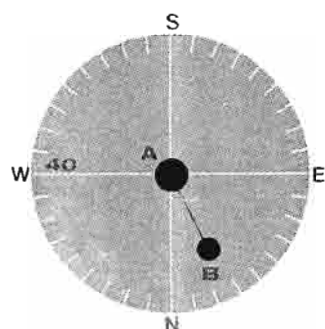
Rektascenzija: 05^h 35^m

Deklinacija: -02° 36'

G = 3^m,73 A = 3^m,9 (BO) B = 5^m,9 d = 0",3 p = 330°

AB = 3^m,8 C = 9^m,5 d = 11",3 p = 237° D = 6^m,9 1955: d = 12",9 p = 83°,9

E = 6^m,7 1955: d = 41",53 p = 61°,4



24. 8 ε Monocerotis

Karta bXI

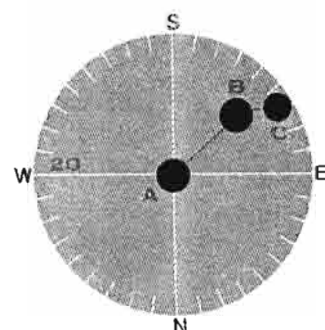
Druge oznake: ADS 5012 = (BDS 3349) = Σ 900

Rektascenzija: 06^h 23^m

Deklinacija: +04° 35'

G = 4^m,33 A = 4^m,48 (žućkasta A6) B = 6^m,54 (plavkasta A5)

1960: d = 13" p = 27°



25. 11 β Monocerotis

Karta br. XI

Druge oznake: ADS 5107 = (BDS 3402) = Σ 919

Rektascenzija: 06^h 29^m

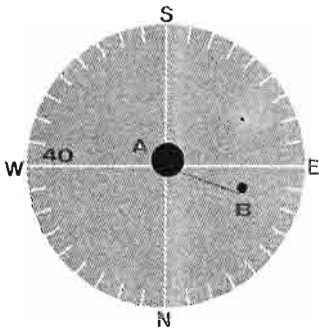
Deklinacija: -07° 02'

G = 3^m,76 A = 4^m,73 (žuta B2e) B = 5^m,22 (žuta B2e) C = 5^m,60

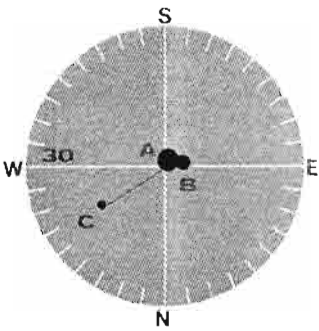
1955: AB d = 7",27 p = 131°,8

1957: BC d = 2",82 p = 107°

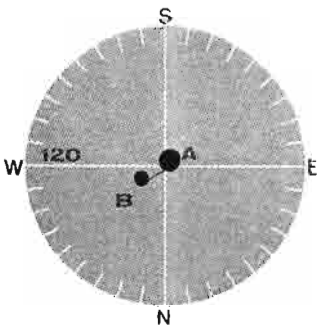
26. 9 α Canis Majoris (Sirius)
Karta br. XII
Druge oznake:
Rektascenzija: 06^h 45^m Deklinacija: -16° 42'
G = -1^m,46 A = -1^m,47 (bijela A1) B = 8^m,67



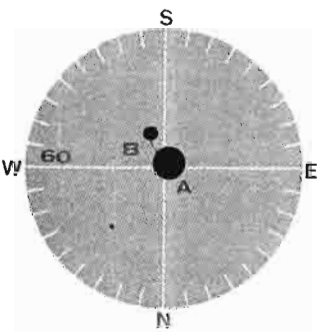
27. 12 Lyncis
Karta br. I
Druge oznake: ADS 5400 = (BDS 3359) = Σ 948
Rektascenzija: 06^h 46^m Deklinacija: +59° 26'
G = 4^m,87 A = 5^m,3 (zelenkasto-bijela A2) B = 6^m,2 (plavkasta) C = 7^m,4
1969: AB d = 1",7 p = 84°
1969: AC d = 8",5 p = 309°



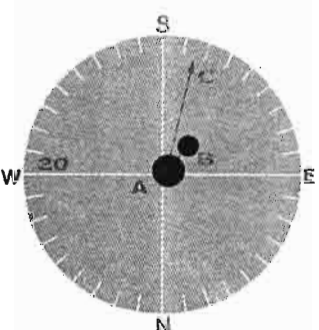
28. 19 Lyncis
Karta br. I
Druge oznake: ADS 6012 = (BDS 3937) = Σ 1069
Rektascenzija: 07^h 23^m Deklinacija: +55° 17'
G = 5^m,6 A = 5^m,61 (plavkasto-bijela B8) B = 6^m,53 (bijela AO)
1960: d = 15" p = 315°

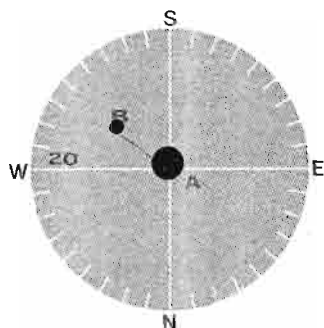


29. 55 δ Geminorum
Karta br. V
Druge oznake: ADS 5983 = (BDS 3970) = Σ 1066
Rektascenzija: 07^h 20^m Deklinacija: +21° 58'
G = 3^m,53 A = 3^m,51 (žućkasta dF0) B = 8^m,2 (crvenkasta dK6)
1960: d = 6",5 p = 215°



30. 66 α Geminorum (Castor)
Karta br. V
Druge oznake: ADS 6175 = (BDS 4122) = Σ 1110
Rektascenzija: 07^h 34^m Deklinacija: +31° 53'
G = 1^m,58 A = 1^m,96 (zelenkastobijela A2) B = 2^m,89 (zelenkasto-bijela A0)
C = var. 1969: AB d = 1",9 p = 135°
1958: AC d = 72",5 p = 163°,5





31. 77 κ Geminorum

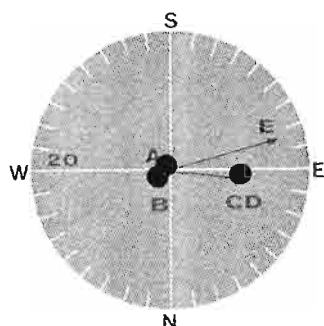
Karta br. V

Druge oznake: ADS 6321 = (BDS 4226) = OΣ179

Rektascenzija: $07^h 44^m$ Deklinacija: $+24^\circ 24'$

$G = 3^m,57$ $A = 3^m,68$ (naradasta gG5) $B = 8^m,5$

1960: $d = 7''$ $p = 238^\circ$



32. 16 ζ Cancri

Karta br. XII

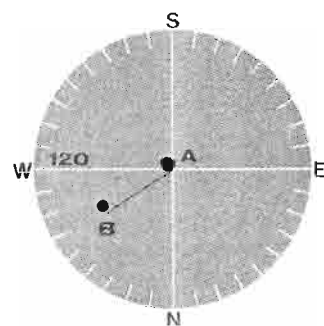
Druge oznake: ADS 6650 = (BDS 4477) = Σ1196

Rektascenzija: $08^h 12^m$ Deklinacija: $+17^\circ 39'$

$G = 4^m,67$ $AB = 5^m,10$ $CD = 6^m,02$ $E = 9^m,7$ $A = 5^m,70$ (žuta GO)

$B = 6^m,04$ (žuta GO) 1969: $d = 1'',1$ $p = 331^\circ$

AB-CD 1969: $d = 5'',6$ $p = 82^\circ$ AB-E 1969: $d = 29''$, $p = 108^\circ$



33. 48 ι Cancri

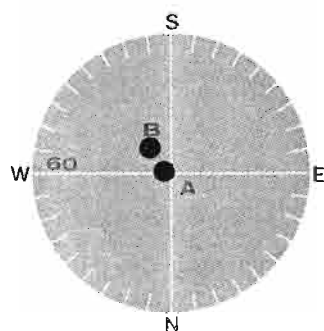
Karta br. VI

Druge oznake: ADS 6988 = (BDS 4763) = Σ1266

Rektascenzija: $08^h 46^m$ Deklinacija: $+28^\circ 46'$

$G = 4^m,02$ $A = 4^m,20$ (žuta gG6) $B = 6^m,61$ (plava dA5)

1957: $d = 30'',44$ $p = 307^\circ,3$



34. 23 P² Cancri

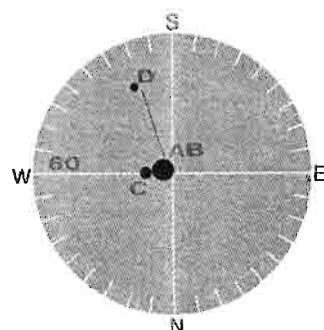
Karta bVI

Druge oznake: ADS 6815 = (BDS 4601) = Σ1223

Rektascenzija: $08^h 26^m$ Deklinacija: $+26^\circ 56'$

$G = 6^m,30$ $A = 6^m,32$ (bijela gA2) $B = 6^m,30$ (bijela gA2)

1960: $d = 5''$ $p = 217^\circ$



35. 11 ε Hydrae

Karta br. XII

Druge oznake: ADS 6993 = (BDS 4771) = Σ1273

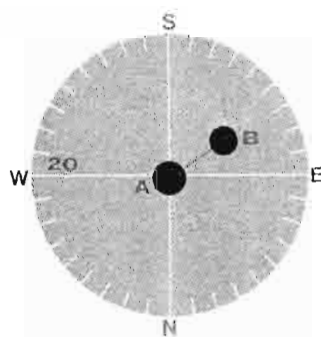
Rektascenzija: $08^h 46^m$ Deklinacija: $+06^\circ 25'$

$G = 3^m,38$ $AB = 3^m,48$ (žuta gG0) $C = 7^m,5$ (plava F7) $D = 13^m$

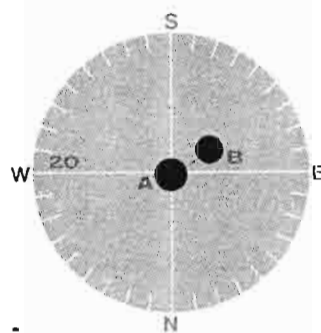
AB-C 1969: $d = 2'',8$ $p = 277^\circ$

36. 41 Y Leonis (Algieba)

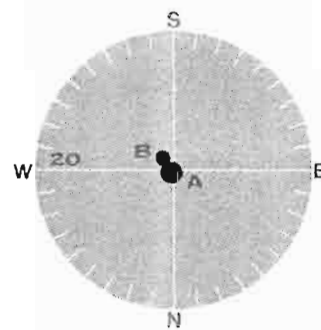
Karta br. VI

Druge oznake: ADS 7724 = Σ 1424Rektascenzija: $10^h 20^m$ Deklinacija: $+19^\circ 50'$ G = $2^m,28$ A = $2^m,61$ (narančasta gK0) B = $3^m,80$ (žuta gG5)1969: d = $4'',3$ p = 122° **37. 53 ξ Ursae Majoris (Alula Australis)**

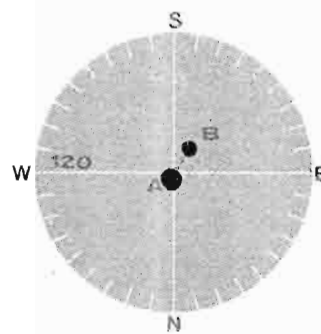
Karta br. VI

Druge oznake: ADS 8119 = (BDS 5734) = Σ 1523Rektascenzija: $11^h 18^m$ Deklinacija: $+31^\circ 31'$ G = $3^m,79$ A = $4^m,43$ (žučkasta dG0) B = $4^m,85$ (bijela dG0)1969: d = $2'',9$ p = 124° **38. 78 ι Leonis**

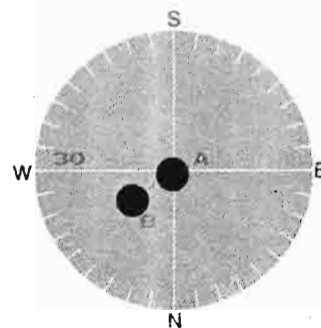
Karta br. XIII

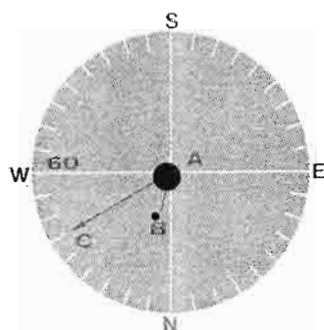
Druge oznake: Σ 1536Rektascenzija: $11^h 24^m$ Deklinacija: $+10^\circ 31'$ G = $3^m,94$ A = $4^m,13$ (žučkasta dF4) B = $6^m,72$ (plava dF5)1969: d = $1'',2$ p = 191° **39. 79/80 ζ Ursae Majoris (Alkor i Mizar)**

Karta br. II

Druge oznake: ADS 8891 = (BDS 6482) = Σ 1744Rektascenzija: $13^h 24^m$ Deklinacija: $+54^\circ 55'$ Alkor: G = $3^m,95$ (AS) d = $707'',2$ p = $71^\circ,4$ Mizar: G = $2^m,27$ A = $2^m,40$ (bijela A2p) B = $3^m,96$ (zelenkasto-bijela A2)1956: d = $14'',47$ p = $150^\circ,7$ **40. 29 Y Virginis (Porrima)**

Karta br. XIII

Druge oznake: ADS 8630 = (6243) = Σ 1670Rektascenzija: $12^h 42^m$ Deklinacija: $-01^\circ 27'$ G = $2^m,75$ A = $3^m,66$ (bijelo žuta dF0) B = $3^m,68$ (bijela dF0)1969: d = $4'',6$ p = 304° 



41. 51 θ Virginis

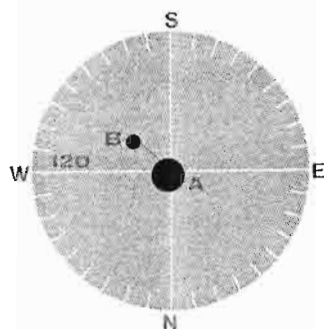
Karta br. XIV

Druge oznake: ADS 8801 = (BDS 6405) = Σ 1724

Rektascenzija: 13^h 10^m Deklinacija: -05° 32'G = 4^m,32 A = 4^m,44 (bijela dAs) B = 9^m,0 (ljubičasta K5) C = 10^m,0

A-B 1960: d = 7",1 p = 343°

A-C 1960: d = 70",8 p = 297°



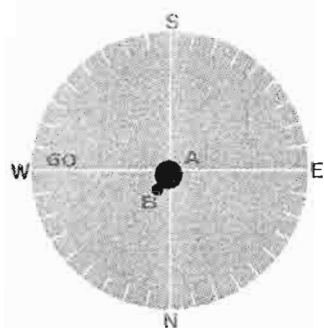
42. 12 α Canum Venaticorum (Cor Caroli)

Karta br. VII

Druge oznake: ADS 8706 = (BDS 6313) = Σ 1692

Rektascenzija: 12^h 56^m Deklinacija: +38° 19'G = 2^m,90 A = 5^m,39 (plava dF0)

1960: d = 19",5 p = 228°



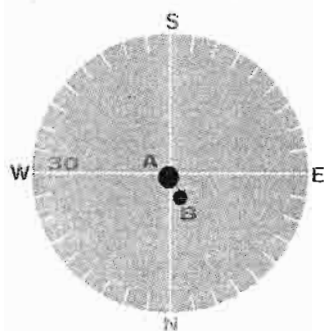
43. 36 ε Bootis (Izar)

Karta br. VII

Druge oznake: ADS 9372 = (BDS 6993) = Σ 1877

Rektascenzija: 14^h 45^m Deklinacija: +27° 04'G = 2^m,37 A = 2^m,70 (žuta gK0) B = 5^m,12 (plava A0)

1969: d = 2",8 p = 340°



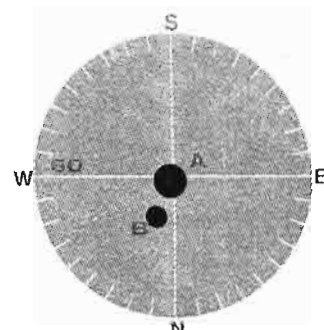
44. 51 μ² Bootis (Alkalurops)

Karta bVII

Druge oznake: ADS 9626 = (BDS 7258) = Σ 1938

Rektascenzija: 15^h 24^m Deklinacija: +37° 22'G = 4^m,31 A = 1 = 4^m,47 (bijela dA7) BC = 2 = 6^m,67 (bijela dG2)1956: d = 109" p = 171° B = 7^m,2 (bijela K0) C = 7^m,8 (bijela)

1960: d = 2",1 p = 20°



45. 37 ξ Bootis

Karta br. VII

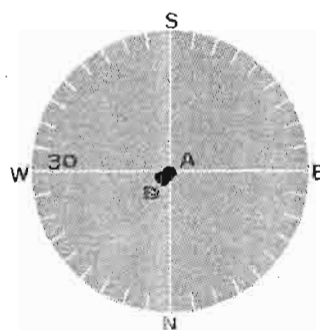
Druge oznake: ADS 9413 = (BDS 7034) = Σ 1888

Rektascenzija: 14^h 51^m Deklinacija: +19° 06'G = 4^m,55 A = 4^m,80 (žuta dG8) B = 6^m,85 (purpurna dK5)

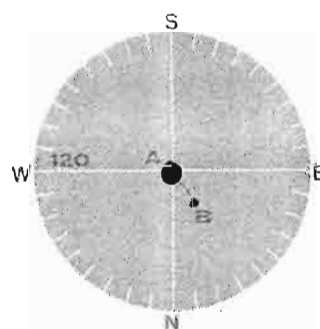
1969: d = 7" p = 341°

46. 44 ι Bootis

Karta br. VII

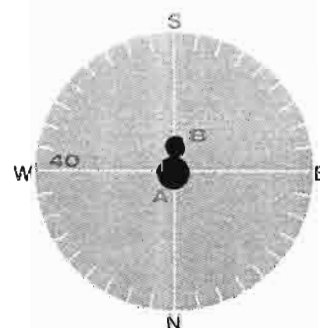
Druge oznake: ADS 9494 = (BDS 7210) = Σ 1909Rektascenzija: $15^h 04^m$ Deklinacija: $+47^\circ 39'$ G = $4^m,76$ A = $5^m,34$ (žuta dG1) B = $5^m,98$ var, dG2p1969: d = $0^\circ,5$ p = 320° **47. 5 Serpentis**

Karta br. XIV

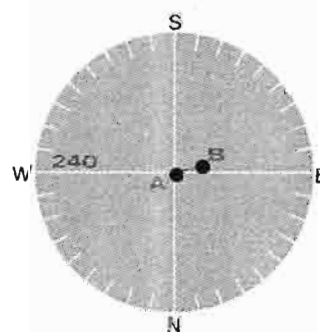
Druge oznake: ADS 9584 = (BDS 7213) = Σ 1930Rektascenzija: $15^h 19^m$ Deklinacija: $+01^\circ 46'$ G = $5^m,05$ A = $5^m,18$ (dF6) B = $10^m,0$ (dK4)1969: d = 11° p = 34° **48. 13 SERPENTIS**

Karta br. XIV

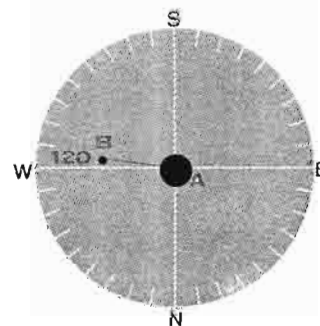
Druge oznake: ADS 9701 = (BDS 7318) = 1954

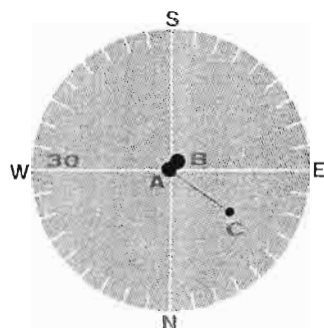
Rektascenzija: $15^h 35^m$ Deklinacija: $+10^\circ 32'$ G = $3^m,80$ A = $4^m,23$ (bijela dA7) B = $5^m,16$ (bijela dA9)1960: d = $3^\circ,8$ p = 177° **49. 63 θ Serpentis (Alya)**

Karta br. XVI

Druge oznake: ADS 11853 = (BDS 8914) = Σ 2417Rektascenzija: $18^h 56^m$ Deklinacija: $+04^\circ 12'$ G = $4^m,06$ A = $4^m,50$ (žućkasto-bijela A5) B = $5^m,37$ (žućkasto-bijela A5)1960: d = 22° p = 104° **50. 28 β Serpentis**

Karta br. XIV

Druge oznake: ADS 9778 = (7386) = Σ 1970Rektascenzija: $15^h 46^m$ Deklinacija: $+15^\circ 25'$ G = $3^m,67$ A = $3^m,5$ (plava dA2) B = $9^m,5$ (dK3)1960: d = 30° p = 265° 

**51. ξ Scorpii**

Karta br. XV

Druge oznake: ADS 9909 = (BDS 7487) = Σ 1998

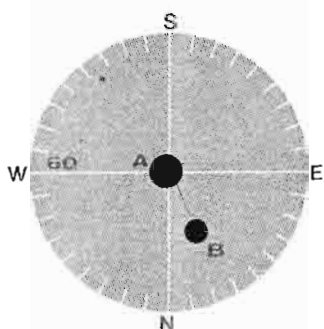
Rektascenzija: 16^h 04^m

Deklinacija: -11° 22'

G = 4^m,16 A = 4^m,90 (bijela dF4) B = 4^m,92 (žućkasta dF4) C = 7^m,2

A-B 1969: d = 1",1 p = 140°

AB-C 1960: d = 7",8 p = 55°

**52. 8 β¹ Scorpii (Graffias)**

Karta br. XV

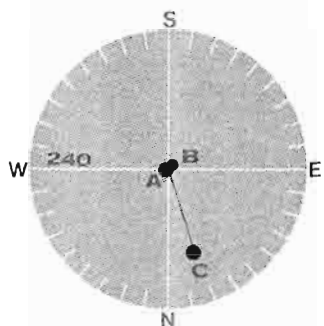
Druge oznake: ADS 9913

Rektascenzija: 16^h 05^m

Deklinacija: -19° 48'

G = 2^m,64 AB = 2^m,90 (bijela dB1) C = 5^m,0 (plavo-bijela dB3)

1960: d = 14" p = 23°

**53. 16/17 Draconis**

Karta br. III

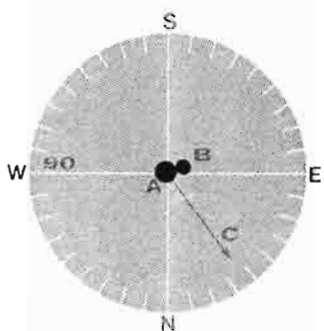
Druge oznake: 0 Σ 147, 17 Dra : ADS 10129 = (BDS 7702) = Σ 2078

Rektascenzija: 16^h 36^m

Deklinacija: +52° 54'

G = 4^m,65 C (16 Dra) = 5^m,53 (B9) AB (17 Dra) = 5^m,08 (A2)A = 5^m,56 B = 6^m,58 1960: C-A d = 90",3 p = 194°

1960: A-B d = 3",3 p = 108°

**54. 64 α Herculis (Ras Algethi)**

Karta br. XV

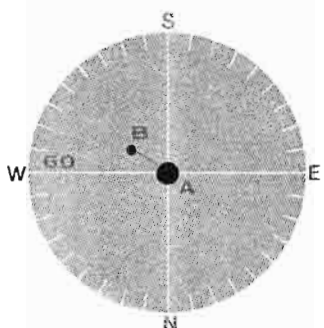
Druge oznake: ADS 10418 = (BDS 7914) = Σ 2140

Rektascenzija: 17^h 14^m

Deklinacija: +14° 23'

G = Var. A = Var. (3^m,1 - 3^m,9) (crveno-žuta gM5)B = 5^m,41 (plava F8)

1960: d = 4",5 p = 107°

**55. 65 δ Herculis**

Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 10424 = (BDS 7922) = Σ 3127

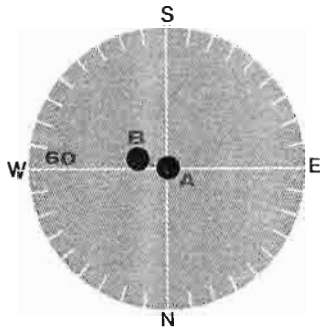
Rektascenzija: 17^h 15^m

Deklinacija: +24° 50'

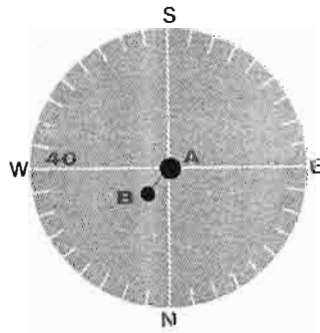
G = 3^m,14 A = 3^m,16 (zelenkasta A2) B = 8^m,1 (purpurna G2)

1957: d = 8",88 p = 236°,2

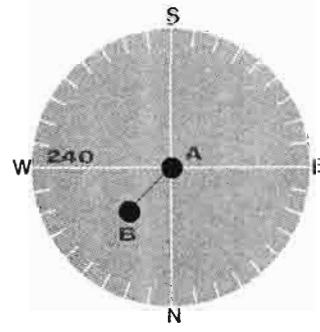
56.	95	Herculis
Karta br. VIII		
Druge oznake: ADS 10993 = (BDS 8302) = Σ 224		
Rektascenzija: $18^h 01^m$		Deklinacija: $+21^\circ 35'$
G = $4^m,27$ A = $5^m,13$ (plavo-zelena gA3) B = $5^m,21$ (žučkasto-crvena gG5)		
1960: d = $6'',2$ p = 258°		



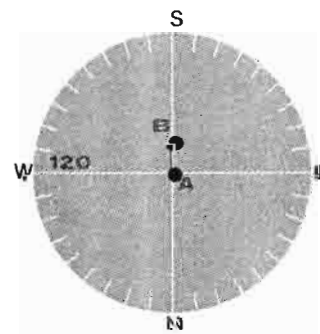
57.	75	p Herculis
Karta br. VII		
Druge oznake: ADS 10526 = (BDS 8003) = Σ 2161		
Rektascenzija: $17^h 23^m$		Deklinacija: $+37^\circ 08'$
G = $4^m,17$ A = $4^m,52$ (bijela dB9) B = $5^m,47$ (zelenkasta A4)		
1960: d = $4'',02$ p = 316°		



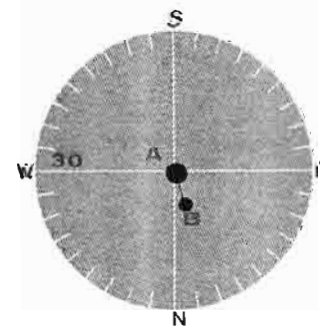
58.	24/25	v/v ² Draconis
Karta br. III		
Druge oznake: ADS 10628 = (BDS 8076) = Σ^1 1964 = $0\Sigma^2$ 156		
Rektascenzija: $17^h 32^m$		Deklinacija: $+55^\circ 11'$
G = $4^m,88$ A = $4^m,98$ (bijela A4) B = $4^m,95$ (bijela A5)		
1960: d = $62''$ p = 312°		

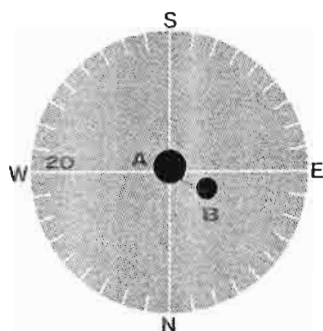


59.	100	Herculis
Karta br. VIII		
Druge oznake: ADS 11089 = (BDS 8377) = Σ 2280		
Rektascenzija: $18^h 08^m$		Deklinacija: $+26^\circ 06'$
G = $5^m,86$ A = $6^m,00$ (zelenkasto-bijela A3) B = $5^m,92$ (zelenkasta A3)		
1960: d = $14''$ p = 183°		



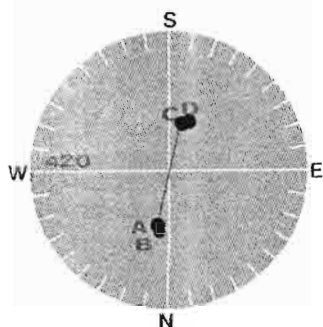
60.	63	ϵ Draconis
Karta br. III		
Druge oznake: ADS 13007 = (BDS 9713) = Σ 2603		
Rektascenzija: $19^h 48^m$		Deklinacija: $+70^\circ 16'$
G = $3^m,83$ A = $3^m,99$ (žuta K0) B = $7^m,6$ (plava)		
1960: d = $3'',1$ p = 13°		



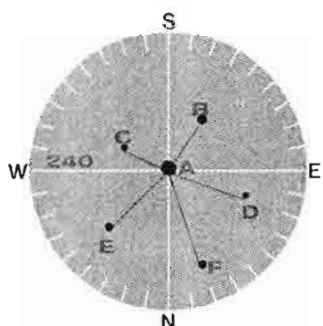


61. 70 Ophiuchi

Karta br. XV

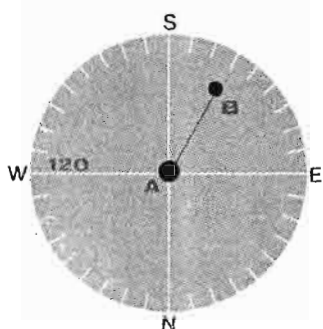
Druge oznake: ADS 11046 = (BDS 8340) = Σ 2272Rektascenzija: $18^h 05^m$ Deklinacija: $+02^\circ 30'$ G = $4^m,03$ A = $4^m,27$ (žuta dK0) B = $5^m,99$ (crvenkasta dK6)1969: d = $2'',6$ p = 60° 62/63. ϵ^1/ϵ^2 Lyrae

Karta br. VIII

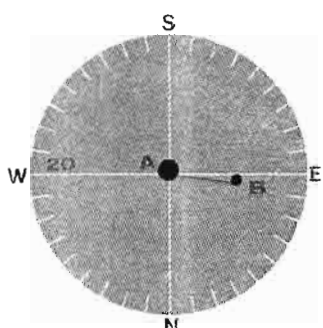
Druge oznake: ADS 11635 = (BDS 8783/85) = Σ 2382/83Rektascenzija: $18^h 44^m$ Deklinacija: $+39^\circ 40'$ G = $3^m,83$ AB = $1 = 4^m,68$ CD = $2 = 5^m,1$ 1960: d = $207''$ p = 172° A = $5^m,06$ (bijela A5) B = $6^m,02$ (bijela A4) 1960: d = $2'',8$ p = 0° C = $5^m,14$ (zelenkastobijela A3) D = $5^m,37$ (svijetloplava) 1960: d = $2'',3$ p = 100° 64. 10 β Lyrae (Sheliak)

Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 11745 = EI 39

Rektascenzija: $18^h 50^m$ Deklinacija: $+33^\circ 21'$ A = Var. ($3^m,4 - 4^m,1$) (B8p) B = $7^m,8$ (F0) 1957: d = $45'',78$ p = $148^\circ,8$ C (13^m) d = $47'',1$ p = 248° D (14^m) d = $64'',3$ p = 68° E ($9^m,2$) d = $67'',2$ p = 318° F ($9^m,0$) d = $86'',3$ p = 19° 65. 6 ζ Lyrae

Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 11639 = (BDS 968,8788) = Σ 38Rektascenzija: $18^h 44^m$ Deklinacija: $+37^\circ 36'$ G = $4^m,36$ A = $4^m,29$ (žuta dA9) B = $5^m,87$ (zelenkasta A3)1960: d = $44''$ p = 150° 66. 20 η Lyrae

Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 12197 = (BDS 9144) = Σ 2487Rektascenzija: $19^h 13^m$ Deklinacija: $+39^\circ 08'$ G = $4^m,39$ A = $4^m,40$ (plava B5) B = $8^m,0$ (crvenkasta B9)1960: d = $2''8$ p = 82°

67. 6 β Cygni (Albireo)

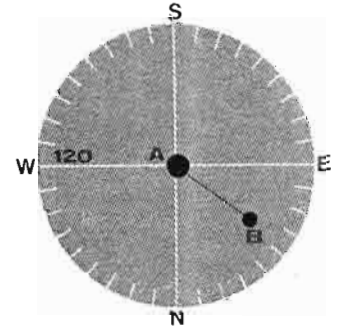
Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 12540 = (BDS 9374) = Σ 2310

Rektascenzija: $19^h 30^m$ Deklinacija: $+27^\circ 57'$

G = $3^m,08$ A = $3^m,24$ (narandasta K0) B = $5^m,36$ (plava B9)

1960: d = 35° p = 54°



68. 18 δ Cygni

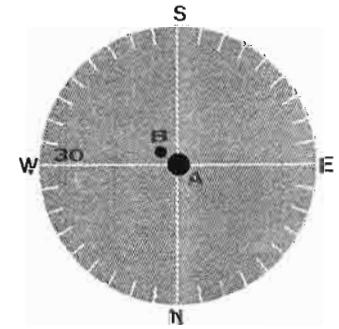
Karta br. VIII

Druge oznake: ADS 12880 = (BDS 9605) = Σ 2579

Rektascenzija: $19^h 45^m$ Deklinacija: $+45^\circ 07'$

G = $2^m,87$ A = $3^m,02$ (bijela gA0) B = $6^m,44$ (plava)

1969: d = $2^\circ,2$ p = 239°



69. 31/32 α^1/α^2 Cygni

Karta br. VIII

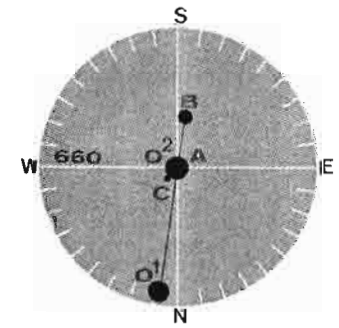
Druge oznake: α^1/α^2 = (BDS 10036) α^2 = (BDS 10060)

Rektascenzija: $20^h 13^m$ Deklinacija: $+46^\circ 44'$

G = $3^m,79$ α^1 = Var. ($4^m,0-4^m,0$) P = 3803^d α^2 = Var. ($4^m,2-4^m,4$) P = 1141^d

1960: d = $337^\circ,8$ p = $173^\circ,5$ α^2 : A = $4^m,1$ (plava) B = $6^m,5$ (plava) C = $11^m,4$

A-B: d = 107° p = 174° A-C: d = 20° p = 335°



70. 61 Cygni

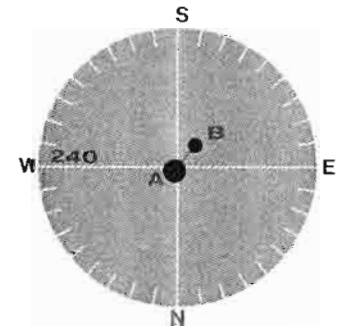
Karta br. IX

Druge oznake: ADS 14636 = (BDS 10732) = Σ 2758

Rektascenzija: $21^h 07^m$ Deklinacija: $+38^\circ 44'$

G = $6^m,04$ A = $3^m,54$ (zlatno žuta dK5) B = $6^m,35$ (zlatno žuta K5)

1960: d = 28° p = 142°



71. 8 ϵ Pegasi (Enif)

Karta br. XVI

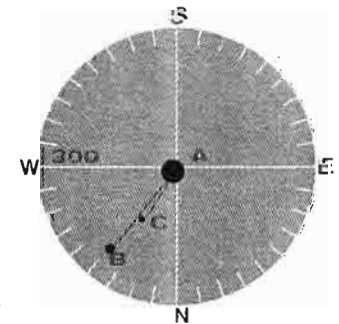
Druge oznake: ADS 15268

Rektascenzija: $21^h 44^m$ Deklinacija: $+9^\circ 52'$

G = $2^m,38$ A = $2^m,54$ (žuta K2) B = $7^m,8$ (ljubičasta)

1969: d = 138° p = 323° C = $11^m,0$

1969: d = 82° p = 325°



PRILOG III

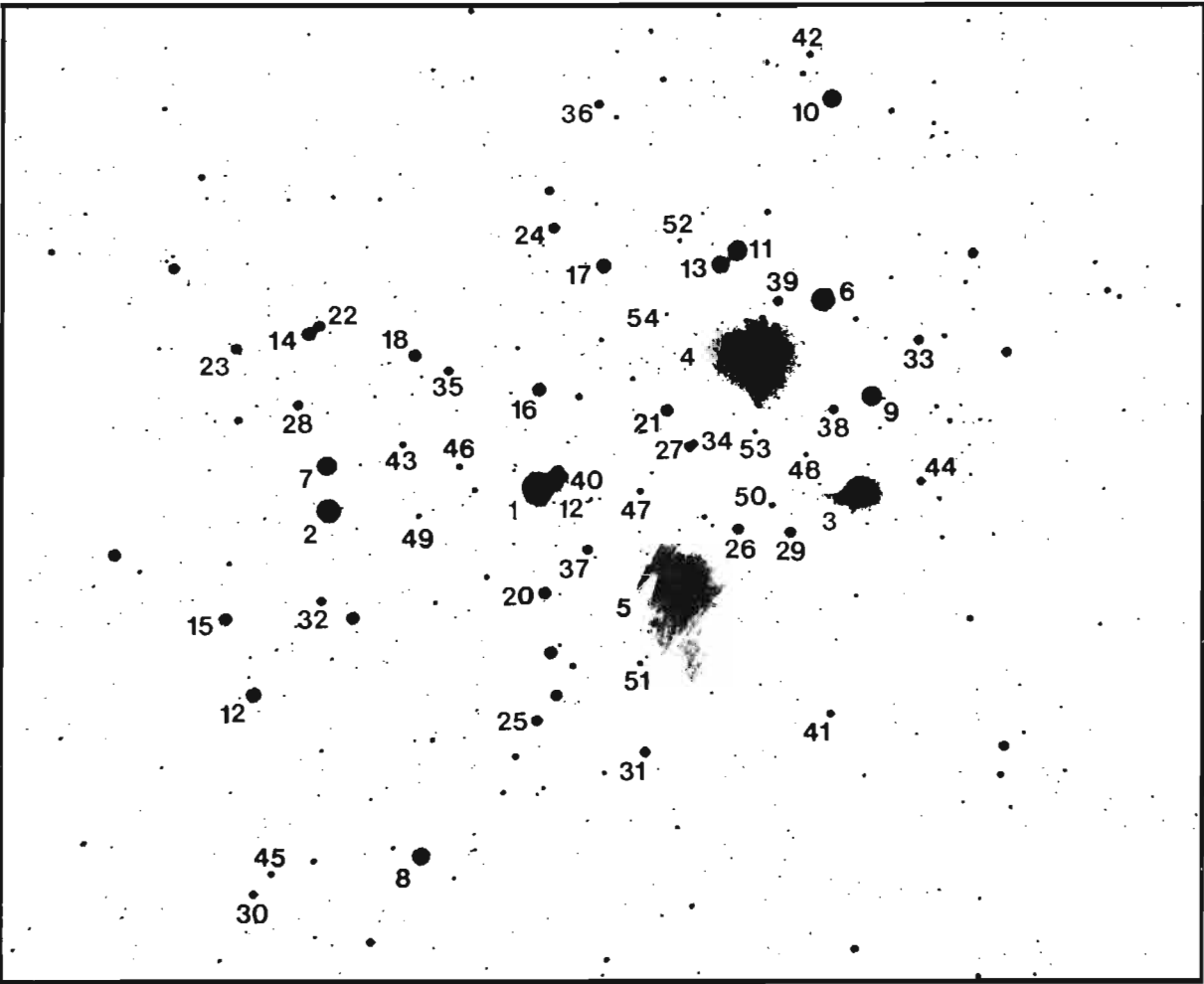
VIZUELNI SJAJ I FOTOELEKTRIČNI KOLOR

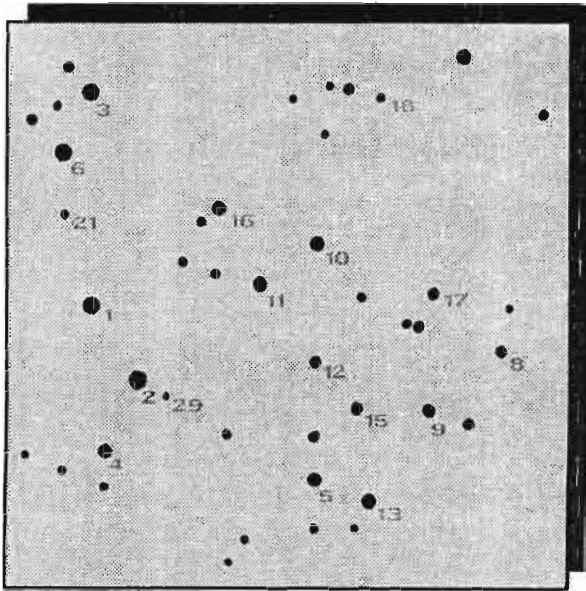
INDEKSI ZVIJEZDA IZ SJAJNIH RASIJANIH ZVJEZDANIH SKUPOVA

1, PLEJADE (VLAŠIĆ), Taurus, KARTA Br.: IV
REKTASCENZIJA: 03^h48^m DEKLINACIJA: 24°10'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	UB
	m	m	m		m	m	m
1	2,87	-0,09	-0,33	13	6,43	-0,02	-0,15
2	3,64	-0,08	-0,36	14	6,60	-0,03	-0,12
3	3,71	-0,11	-0,41	15	6,74	+0,06	-
4	3,88	-0,07	-0,40	16	6,81	+0,06	+0,02
5	4,18	-0,06	-0,43	17	6,82	+0,02	-0,07
6	4,31	-0,11	-0,46	18	6,95	+0,12	+0,09
7	5,09	-0,08	-0,28	20	7,26	+0,05	+0,05
8	5,45	-0,07	-0,32	21	7,35	+0,10	+0,12
9	5,46	-0,04	-0,33	22	7,52	+0,10	+0,11
10	5,65	-0,07	-0,36	23	7,54	+0,08	+0,08
11	5,76	-0,04	-0,23	24	7,66	+0,12	+0,12
12	6,16	-0,05	-0,19	25	7,77	+0,15	+0,12
12'	6,29	-0,02	-	26	7,85	+0,20	+0,16

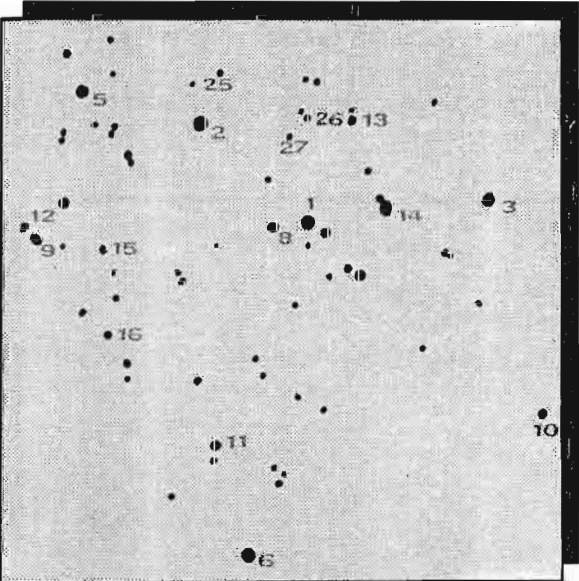
Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	UB
	m	m	m		m	m	m
28	7,97	+0,18	+0,13	41	8,95	+0,39	-
29	8,04	+0,21	+0,18	42	8,99	+0,44	+0,08
30	8,10	+0,22	+0,13	43	9,05	+0,49	-
31	8,11	+0,36	+0,28	44	9,07	+0,46	+0,10
32	8,12	+0,22	-	45	9,10	+0,44	+0,02
33	8,17	+0,27	+0,09	46	9,25	+0,55	-
34	8,25	+0,26	-	47	9,29	+0,46	+0,03
35	8,27	+0,36	+0,11	48	9,45	+0,52	+0,11
36	8,28	+0,36	-	49	10,02	+0,56	-
37	8,37	+0,30	+0,08	50	10,13	+0,62	-
38	8,58	+0,34	+0,11	51	10,20	+0,73	-
39	8,60	+0,35	-	52	10,42	+0,64	-
40	8,69	+0,46	-	53	10,55	+0,67	-





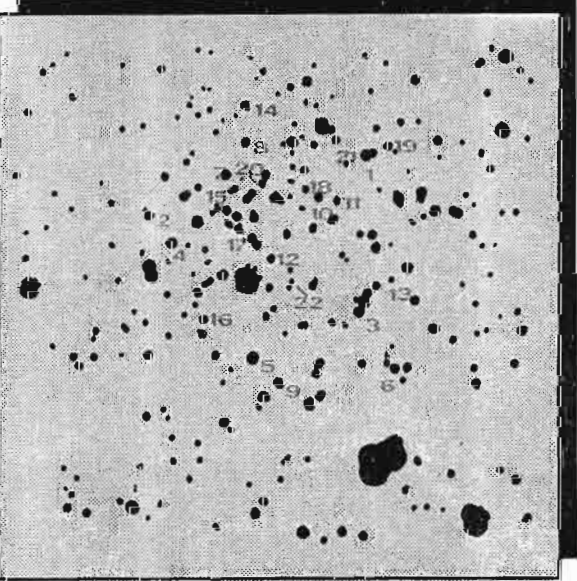
2, NGC 225, Cassiopeia, KARTA Br.: I
REKTASCENZIJA: 00^h 43^m,5 DEKLINACIJA: +61° 45'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	9,26	0,16	-0,23	11	10,67	0,27	0,12
2	9,64	0,20	-0,14	12	10,89	0,23	0,04
3	9,67	0,17	-0,15	13	10,92	0,60	0,06
4	9,75	1,65	-	15	11,02	0,94	0,54
5	9,87	0,97	0,39	16	11,42	0,29	0,21
6	9,99	0,15	-0,05	17	11,48	0,35	0,08
8	10,13	0,51	0,44	18	12,04	0,40	0,28
9	10,29	0,52	0,03	21	12,55	1,02	-
10	10,63	0,28	-0,02	29	13,93	0,79	0,33



3. TRUMPLER 2, Perseus, KARTA Br.: I
REKTASCENZIJA: 02^h 37^m,2 DEKLINACIJA: +55° 58'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	7,38	1,79	1,90	12	10,60	0,31	0,07
2	8,45	0,36	0,22	13	10,79	0,26	0,06
3	8,52	0,18	-0,21	14	11,25	0,60	0,34
5	8,60	0,27	-0,13	15	11,59	0,48	0,28
6	8,89	0,21	-0,24	16	11,95	0,51	0,29
8	9,36	0,26	-0,06	25	13,50	0,90	0,22
9	9,74	0,23	-0,13	26	13,86	0,69	0,46
10	10,26	0,21	-0,13	27	14,19	0,43	0,33
11	10,52	0,40	-				



4. NGC 752, Andromeda, KARTA Br.: IV
REKTASCENZIJA: 01^h 57^m,5 DEKLINACIJA: +37° 40'

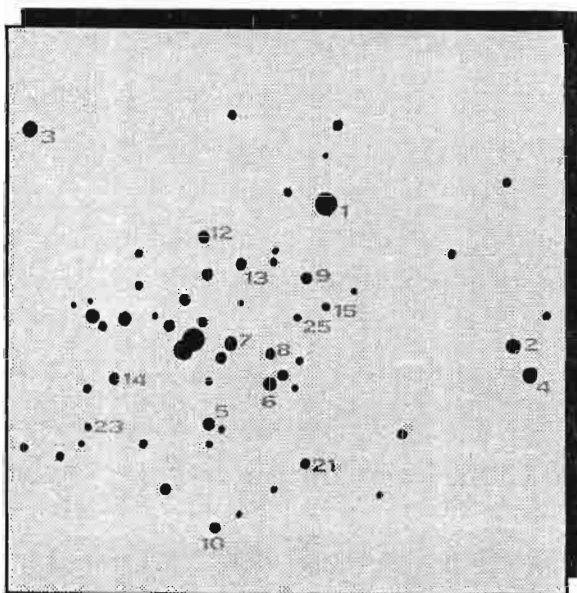
Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	8,95	+0,01	+0,77	12	10,46	+0,42	0,00
2	9,04	+1,03	+0,82	13	10,46	+0,40	+0,02
3	9,35	+1,02	+0,79	14	10,52	+0,41	0,00
4	9,58	+0,41	+0,02	15	10,66	+0,43	0,00
5	9,70	+0,05	-0,01	16	10,91	+0,38	+0,02
6	9,80	+0,49	+0,07	17	10,94	+0,38	0,00
7	9,95	+0,45	+0,04	18	11,20	+0,45	-0,02
8	10,06	+0,46	+0,04	19	11,40	+0,44	-0,02
9	10,16	+0,44	+0,05	20	11,58	+0,45	-0,05
10	10,23	+0,44	+0,05	21	11,73	+0,49	-0,02
11	10,35	+0,38	+0,06	22	12,56	+0,60	-0,04

5. NGC 1502, *Camelopardalis*.

KARTA Br.: 1

REKTASCENZ IJA: 04^h 07^m,5 DEKLINAC IJA: +62° 22'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	7,93	0,07	0,01	10	10,72	0,62	-0,11
2	7,93	1,19	0,77	12	11,36	0,58	-0,09
3	9,56	0,43	-0,36	13	11,39	0,65	-0,04
4	9,61	0,32	0,13	14	11,59	0,59	-0,02
5	9,61	0,55	-0,32	15	12,25	0,70	0,45
6	9,66	0,57	-0,38	21	12,93	0,93	0,69
7	9,80	0,54	-0,32	23	13,56	0,74	0,39
8	10,49	0,50	-0,30	25	14,24	1,27	0,42
9	10,72	0,50	0,23				

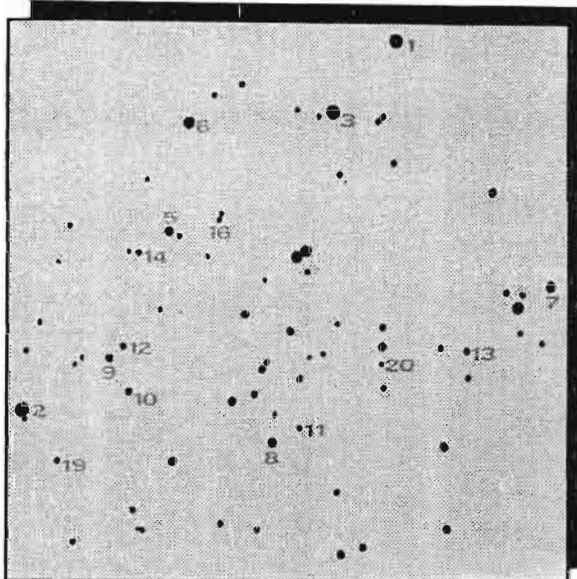


6. NGC 1647, Taurus.

KARTA Br.: XI

REKTASCENZ IJA: 04^h 46^m,1 DEKLINAC IJA: +19° 02'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	8,61	0,36	-0,05	10	11,00	0,40	0,34
2	9,09	0,20	-0,09	11	11,11	0,85	0,41
3	9,34	0,32	0,01	12	11,36	0,52	0,36
5	9,68	0,23	-0,17	13	11,61	0,58	0,49
6	10,09	0,41	0,12	14	11,71	0,43	0,34
7	10,10	0,34	0,00	16	12,45	0,89	0,43
8	10,33	0,90	0,45	19	12,81	0,67	0,49
9	10,70	0,32	0,17	20	13,62	0,92	0,29

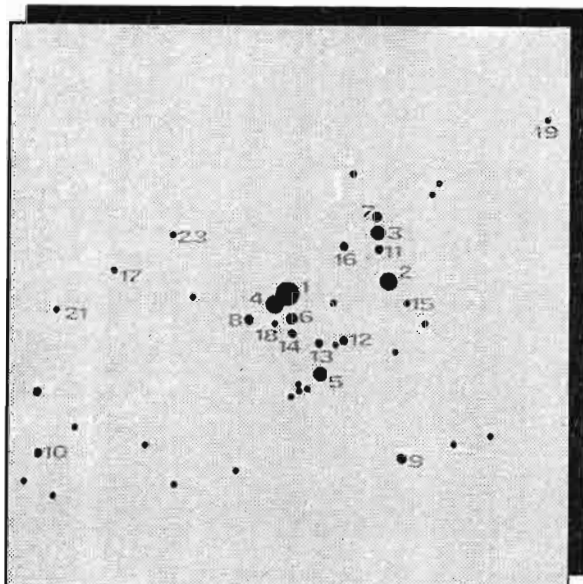


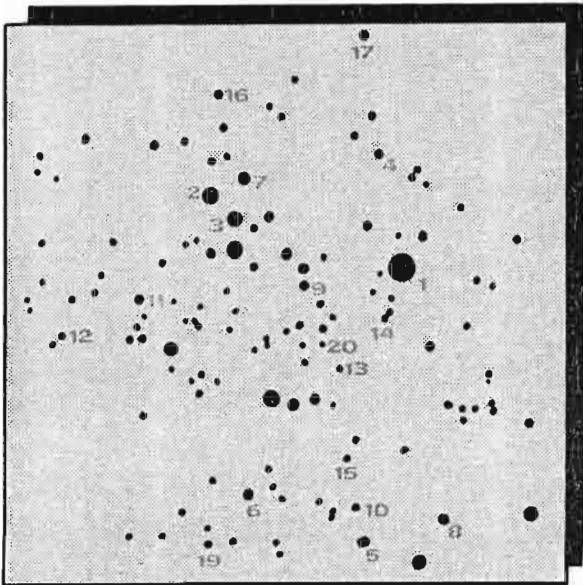
7. NGC 2169, Orion.

KARTA Br.: XI

REKTASCENZ IJA: 06^h 08^m.2 DEKLINAC IJA: +13° 58'

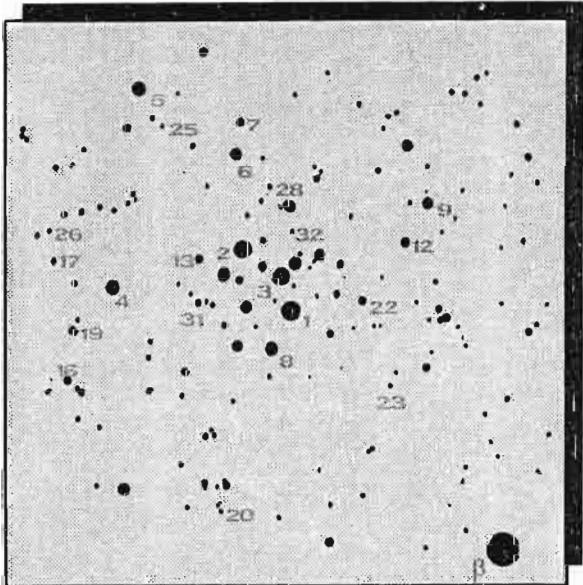
Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	8,61	0,63	-0,05	11	11,11	0,85	0,41
2	9,09	0,20	-0,09	12	11,36	0,52	0,36
3	9,34	0,32	0,01	13	11,61	0,58	0,49
4	9,34	0,90	0,57	15	11,79	0,53	0,44
5	9,68	0,23	-0,17	16	12,45	0,89	0,43
6	10,09	0,41	0,12	17	12,66	0,68	0,49
7	10,10	0,34	0,00	18	12,74	0,76	0,31
8	10,33	0,90	0,45	19	12,81	0,67	0,49
9	10,70	0,32	0,17	21	13,94	0,88	0,27
10	11,00	0,40	0,34	23	14,12	0,92	0,29





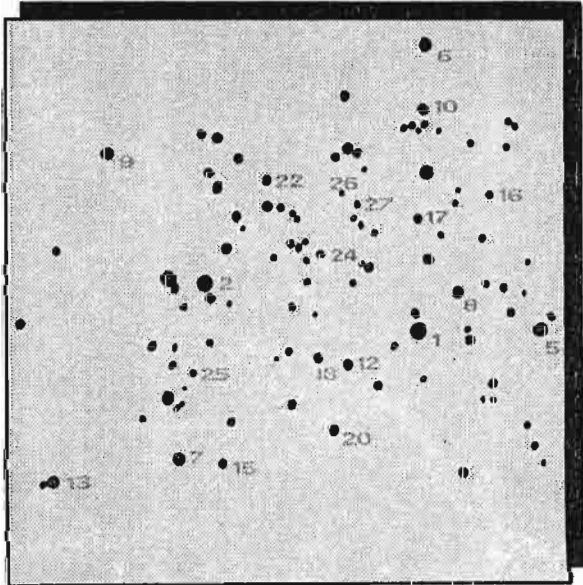
8. NGC 2422 (M47), Puppis, KARTA Br.: XII
REKTASCENZIJA: 07^h 36^m,4 DEKLINACIJA: -14° 30'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	5,70	-0,12	-0,71	11	10,51	0,07	0,04
2	6,72	-0,04	-0,31	12	10,52	0,15	0,11
3	7,81	-0,06	-0,36	13	10,73	0,22	0,17
4	7,83	1,23	1,10	14	10,94	0,54	0,05
5	7,93	1,05	0,81	15	10,95	0,32	0,17
6	8,79	0,01	-0,10	16	11,80	0,67	0,25
7	8,82	-0,01	-0,16	17	12,00	0,39	0,09
8	10,17	0,25	0,18	19	12,86	0,61	0,12
9	10,45	0,16	0,13	20	13,85	0,63	0,13
10	10,50	0,17	0,16				



9. IC 4665, Ophiuchus, KARTA Br.: XV
REKTASCENZIJA: 17^h 46^m,5 DEKLINACIJA: +05° 46'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	6,86	+0,01	-0,58	16	8,86	+0,12	-0,27
2	7,13	+0,03	-0,50	17	8,90	+0,68	+0,18
3	7,36	+0,01	-0,47	19	9,15	+0,43	+0,17
4	7,49	+0,03	0,42	20	9,33	+1,73	+2,10
5	7,53	+1,63	+1,70	22	9,38	+0,29	+0,21
6	7,76	-0,00	-0,56	23	9,64	+1,26	-
7	7,88	+1,03	+0,82	25	9,88	+1,68	-
8	7,94	+0,44	0,00	26	10,16	+1,12	+0,93
9	8,06	+0,06	-0,15	28	10,56	+0,35	+0,24
12	8,33	+0,04	-0,15	31	10,87	+0,43	+0,18
13	8,61	+0,37	+0,31	32	11,13	+0,48	+0,07

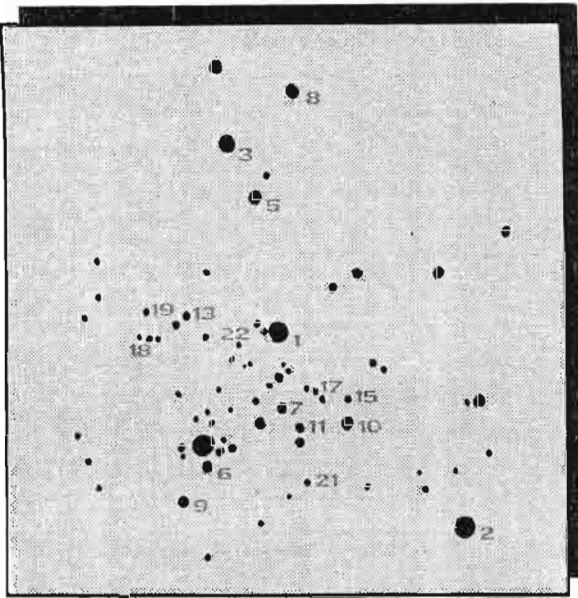


10. NGC 6709, Aquila, KARTA Br.: XVI
REKTASCENZIJA: 18^h 51^m,4 DEKLINACIJA: +10° 18'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	9,70	1,31	1,07	16	11,61	0,16	-0,10
2	9,15	1,55		17	11,67	0,20	-0,10
5	10,33	0,17	-0,20	18	11,71	0,28	0,03
6	10,42	0,24	0,17	20	12,80	0,86	0,42
7	10,60	0,20	-0,26	22	13,19	0,70	0,21
8	10,66	0,23	-0,16	24	13,23	0,47	0,32
9	10,74	0,22	-0,06	25	13,96	0,73	0,31
10	10,88	0,18	-0,08	26	14,19	0,72	0,21
12	11,06	0,24	-0,04	27	14,67	0,78	0,17
13	11,14	1,17	0,92	28	15,01	0,69	0,19
15	11,43	0,25	-0,06				

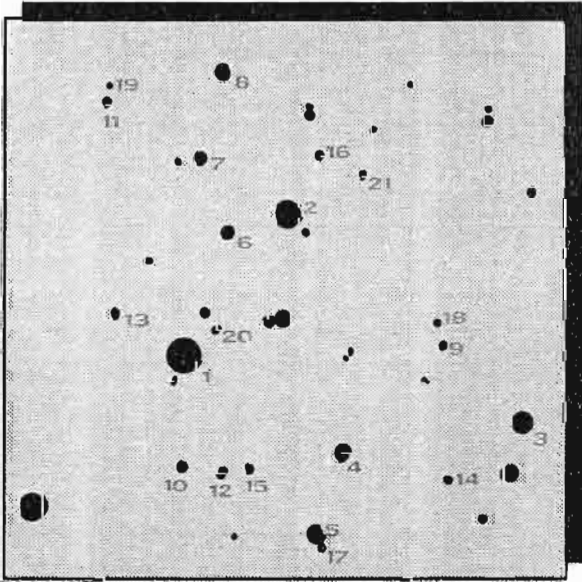
11. NGC 6910, Cygnus, KARTA Br.: IX
REKTASCENZIJA: 20^h 23^m,2 DEKLINACIJA: +40° 48'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	7,36	1,17	1,09	11	10,95	1,20	1,13
2	8,12	0,05	-0,70	13	11,77	0,82	-0,07
3	8,54	0,89	-0,16	15	12,27	0,73	-0,06
5	10,05	0,19	0,09	17	12,72	0,87	-0,09
6	10,34	0,92	-0,04	18	12,87	1,00	0,01
7	10,42	0,84	-0,17	19	12,99	0,81	-0,03
8	10,55	0,20	0,18	21	13,92	0,94	0,28
9	10,64	0,29	0,12	22	14,30	0,82	0,31
10	10,84	0,76	-0,21				



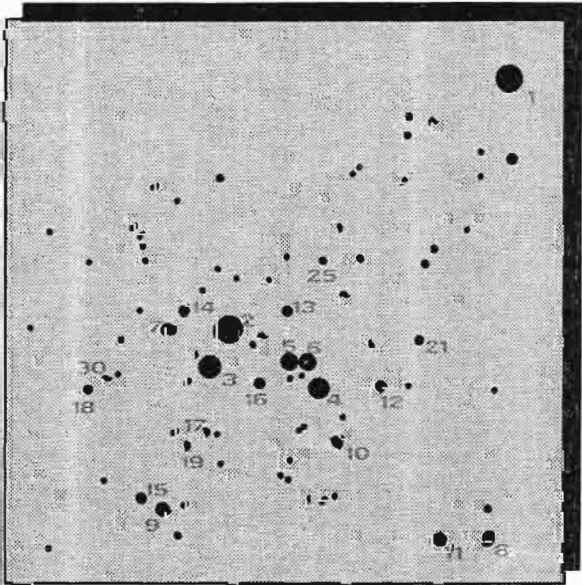
12. NGC 7092, (M39) Cygnus, KARTA Br.: IX
REKTASCENZIJA: 21^h 32^m,4 DEKLINACIJA: +48° 20'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	6,56	0,00	-0,02	12	8,92	+0,09	+0,12
2	6,83	-0,04	-0,05	13	9,03	+0,08	+0,09
3	7,35	-0,02	+0,01	14	9,15	+0,16	+0,11
4	7,85	+0,04	-0,01	15	9,50	+0,18	+0,13
5	7,97	+0,06	+0,08	16	9,78	+0,32	+0,09
6	8,06	+0,03	-0,06	17	10,14	+0,30	+0,05
7	8,23	+0,05	+0,01	18	10,33	+0,40	+0,02
8	8,52	+0,01	+0,02	19	10,60	+0,38	+0,30
9	8,54	+0,74	+0,26	20	10,77	+0,60	+0,16
10	8,68	+0,04	+0,07	21	10,95	+0,50	0,00
11	8,81	+1,17	+1,12				



13. NGC 7160, Cepheus, KARTA Br.: III
REKTASCENZIJA: 21^h 53^m,4 DEKLINACIJA: +62° 35'

Zv.	V	B-V	U-B	Zv.	V	B-V	U-B
	m	m	m		m	m	m
1	6,69	0,24	-0,57	12	11,41	0,55	0,09
2	7,04	0,26	-0,56	13	11,48	0,29	0,06
3	7,90	0,07	-0,73	14	11,52	0,36	0,23
4	8,92	0,17	-0,46	15	11,62	0,55	0,46
5	9,34	0,18	-0,49	16	11,68	0,26	0,12
6	9,38	0,23	-0,33	17	12,07	0,34	0,28
7	10,01	0,15	-0,49	18	12,14	0,34	0,42
8	10,50	0,44	0,02	19	12,24	0,39	0,28
9	10,81	0,28	-0,11	21	12,53	0,46	0,38
10	11,11	1,45	1,39	25	13,02	0,57	0,51
11	11,18	0,30	0,13	30	14,48	1,53	0,74



PRILOG IV JULIJANSKI DANI

God		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
1900	2 415	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
1901		385	416	444	475	505	536	566	597	628	658	689	719
1902		750	781	809	840	870	901	931	962	993	023	054	084
1903	2 416	115	146	174	205	235	266	296	327	358	388	419	449
1904		480	511	540	571	601	632	662	693	724	754	785	815
1905		846	877	905	936	966	997	027	058	089	119	150	180
1906	2 417	211	242	270	301	331	362	392	423	454	484	515	545
1907		576	607	635	666	690	727	757	788	819	849	880	910
1908		941	972	001	032	062	093	123	154	185	215	246	276
1909	2 418	307	338	366	397	427	458	488	519	550	580	611	641
1910		672	703	731	762	792	823	853	884	915	945	976	006
1911	2 419	037	068	096	127	157	188	218	249	280	310	341	371
1912		402	433	462	493	523	554	584	615	646	676	707	737
1913		768	799	827	858	888	919	949	980	011	041	072	102
1914	2 420	133	164	192	223	253	284	314	345	376	406	437	467
1915		498	529	557	588	618	649	679	710	741	771	802	832
1916		863	894	923	954	984	015	045	076	107	137	168	198
1917	2 421	229	260	288	319	349	380	410	441	472	502	533	563
1918		594	625	653	684	714	745	775	806	837	867	898	928
1919		959	990	018	049	079	110	140	171	202	232	262	293
1920	2 422	324	355	384	415	445	476	506	537	568	598	629	650
1921		690	721	749	780	810	841	871	902	933	963	994	024
1922	2 423	055	086	114	145	175	206	236	267	298	328	359	389
1923		420	451	479	510	540	571	601	632	663	693	724	754
1924		785	816	845	876	906	937	967	998	029	059	090	120
1925	2 424	151	182	210	241	271	302	332	363	394	424	455	485
1926		516	547	575	606	635	667	697	728	759	789	820	850
1927		881	912	940	971	001	032	062	093	124	154	185	215
1928	2 425	246	277	306	337	367	398	428	459	490	520	551	581
1929		612	643	671	702	732	761	793	824	855	885	916	946
1930		977	008	036	067	097	128	158	189	220	250	281	311
1931	2 426	342	373	401	432	462	493	523	554	585	615	646	676
1932		707	738	767	798	828	859	889	920	951	981	012	042
1933	2 427	073	104	132	163	193	224	254	285	316	346	377	407
1934		438	469	497	528	558	589	619	650	681	711	742	772
1935		803	834	862	893	923	954	984	015	046	076	107	137
1936	2 428	168	199	228	259	289	320	350	381	412	442	473	503
1937		534	565	593	624	654	685	715	746	777	807	838	868
1938		899	930	958	989	019	050	080	111	142	172	203	233
1939	2 429	264	295	323	354	384	415	445	476	507	537	568	598
1940		629	660	689	720	750	781	811	842	873	903	934	964
1941		995	026	054	085	115	146	176	207	238	268	299	329
1942	2 430	360	391	419	450	480	511	541	572	603	633	664	694
1943		725	756	784	815	845	876	906	937	968	998	029	059
1944	2 431	090	121	150	181	211	242	272	303	334	364	395	425
1945		456	487	515	546	576	607	637	668	699	729	760	790
1946		821	852	880	911	941	972	002	033	064	094	125	155
1947	2 432	186	217	245	276	306	337	367	398	429	459	490	520
1948		551	582	611	642	672	703	733	764	795	825	856	886

1949	2 432	917	948	976	007	037	068	093	129	160	190	221	251
1950	2 433	282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616
1951		647	678	706	737	767	793	828	859	890	920	951	981
1952	2 434	012	043	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
1953		378	409	437	468	498	529	559	590	621	651	682	712
1954		743	774	802	833	863	894	924	955	986	016	047	077
1955	2 435	108	139	167	198	228	259	289	320	351	381	412	442
1956		473	504	533	564	594	625	655	686	717	747	778	808
1957		839	870	898	929	959	990	020	051	082	112	143	173
1958	2 436	204	235	263	294	324	355	385	416	447	477	508	538
1959		569	600	628	659	689	720	750	781	812	842	873	903
1960		934	965	994	025	055	086	116	147	178	208	239	269
1961	2 437	300	331	359	390	420	451	481	512	534	573	604	634
1962		665	696	724	755	785	816	864	877	908	938	969	999
1963	2 438	030	061	089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
1964		395	426	455	486	516	547	577	608	639	669	700	730
1965		761	792	820	851	881	912	942	973	004	034	065	095
1966	2 439	126	157	185	216	246	277	307	338	369	399	430	460
1967		491	522	550	581	611	642	672	703	734	764	795	825
1968		856	887	916	947	977	008	038	069	100	130	161	191
1969	2 440	222	253	281	312	343	373	403	434	465	495	523	556
1970		587	618	646	677	707	738	768	799	830	860	891	921
1971		952	983	011	042	072	103	133	164	195	225	256	286
1972	2 441	317	348	377	408	438	469	499	530	561	591	622	652
1973		683	714	742	773	803	834	864	895	926	956	987	017
1974	2 442	048	079	107	138	168	199	229	260	291	321	352	382
1975		413	444	472	503	533	564	594	625	658	686	717	747
1976		778	809	838	869	899	930	960	991	022	052	083	113
1977	2 443	144	175	203	234	264	295	325	356	387	417	448	478
1978		509	540	568	599	629	660	690	721	752	782	813	843
1979		874	905	933	964	994	025	055	086	117	147	178	208
1980	2 444	239	270	299	330	360	391	421	452	483	513	544	574
1981		605	636	664	695	725	756	786	817	848	878	909	939
1982		970	001	029	060	090	121	151	182	213	243	274	304
1983	2 445	335	366	394	425	455	486	516	547	578	608	639	669
1984		700	731	760	791	821	852	882	913	944	974	005	035
1985	2 446	066	097	125	156	186	217	247	278	309	339	370	400
1986		431	462	490	521	551	582	612	643	674	704	735	765
1987		796	827	855	886	916	947	977	008	039	069	100	130
1988	2 447	161	192	221	252	282	313	343	374	405	435	466	496
1989		527	558	586	617	647	678	708	739	770	800	831	861
1990		892	923	951	982	012	043	073	104	135	165	196	226
1991	2 448	257	288	316	347	377	408	438	469	500	530	561	591
1992		622	653	682	713	743	774	804	835	866	896	927	957
1993		988	019	047	078	108	139	169	200	231	261	292	322
1994	2 449	353	384	412	443	473	504	534	565	596	626	657	687
1995		718	749	777	808	838	869	899	930	961	991	022	052
1996	2 450	083	114	143	174	204	235	265	296	327	357	388	418
1997		449	480	508	539	569	600	630	661	692	722	753	783
1998		814	845	873	904	934	965	995	026	057	087	118	148
1999	2 451	179	210	238	269	299	330	360	391	422	452	483	513
2000		544	575	604	635	665	696	726	757	788	818	849	879

PRILOG V
TRANSFORMISANJE ČASOVA I MINUTA U DESETE DIJELOVE DANA

h/m	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0,0000	0,0007	0,0014	0,0021	0,0028	0,0035	0,0042	0,0049
1	0,0417	0,0424	0,0431	0,0438	0,0444	0,0451	0,0458	0,0465
2	0,0833	0,0840	0,0847	0,0854	0,0861	0,0868	0,0875	0,0882
3	0,1250	0,1257	0,1264	0,1271	0,1278	0,1285	0,1292	0,1299
4	0,1667	0,1674	0,1681	0,1688	0,1694	0,1701	0,1708	0,1715
5	0,2083	0,2090	0,2097	0,2104	0,2111	0,2118	0,2125	0,2132
6	0,2500	0,2507	0,2514	0,2521	0,2528	0,2535	0,2542	0,2549
7	0,2917	0,2924	0,2931	0,2938	0,2944	0,2951	0,2958	0,2965
8	0,3333	0,3340	0,3347	0,3354	0,3361	0,3368	0,3375	0,3382
9	0,3750	0,3757	0,3764	0,3771	0,3778	0,3785	0,3792	0,3799
10	0,4167	0,4174	0,4181	0,4188	0,4194	0,4201	0,4208	0,4215
11	0,4583	0,4590	0,4597	0,4604	0,4611	0,4618	0,4625	0,4632

h/m	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0,0056	0,0063	0,0069	0,0076	0,0083	0,0090	0,0097	0,0104
1	0,0472	0,0479	0,0486	0,0493	0,0500	0,0507	0,0514	0,0521
2	0,0889	0,0896	0,0903	0,0910	0,0917	0,0924	0,0931	0,0938
3	0,1306	0,1313	0,1319	0,1326	0,1333	0,1340	0,1340	0,1354
4	0,1722	0,1729	0,1736	0,1743	0,1750	0,1757	0,1764	0,1771
5	0,2139	0,2146	0,2153	0,2160	0,2167	0,2174	0,2181	0,2188
6	0,2556	0,2563	0,2570	0,2577	0,2583	0,2590	0,2597	0,2604
7	0,2972	0,2979	0,2986	0,2993	0,3000	0,3007	0,3014	0,3021
8	0,3389	0,3396	0,3403	0,3410	0,3417	0,3424	0,3431	0,3438
9	0,3806	0,3813	0,3819	0,3826	0,3833	0,3840	0,3847	0,3854
10	0,4222	0,4229	0,4236	0,4243	0,4250	0,4257	0,4264	0,4271
11	0,4639	0,4646	0,4653	0,4660	0,4667	0,4674	0,4681	0,4688

h/m	16	17	18	19	20	21	22	23
0	0,0111	0,0118	0,0125	0,0132	0,0139	0,0146	0,0153	0,0160
1	0,0528	0,0535	0,0542	0,0549	0,0556	0,0563	0,0569	0,0576
2	0,0944	0,0951	0,0958	0,0965	0,0972	0,0979	0,0986	0,0993
3	0,1316	0,1368	0,1375	0,1382	0,1389	0,1396	0,1403	0,1410
4	0,1778	0,1785	0,1792	0,1799	0,1806	0,1813	0,1819	0,1826
5	0,2194	0,2201	0,2208	0,2215	0,2222	0,2229	0,2236	0,2243
6	0,2611	0,2618	0,2625	0,2632	0,2639	0,2646	0,2653	0,2660
7	0,3028	0,3035	0,3042	0,3049	0,3056	0,3063	0,3069	0,3076
8	0,3444	0,3451	0,3458	0,3465	0,3472	0,3479	0,3486	0,3493
9	0,3861	0,3868	0,3875	0,3882	0,3889	0,3896	0,3903	0,3910
10	0,4278	0,4285	0,4292	0,4299	0,4306	0,4313	0,4319	0,4326
11	0,4694	0,4701	0,4708	0,4715	0,4722	0,4729	0,4736	0,4743

h/m	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0,0167	0,0174	0,0181	0,0188	0,0194	0,0201	0,0208	0,0215
1	0,0583	0,0590	0,0597	0,0604	0,0611	0,0618	0,0625	0,0632
2	0,1000	0,1007	0,1014	0,1021	0,1028	0,1035	0,1042	0,1049
3	0,1417	0,1424	0,1431	0,1438	0,1444	0,1451	0,1458	0,1465
4	0,1833	0,1840	0,1847	0,1854	0,1861	0,1868	0,1875	0,1882
5	0,2250	0,2257	0,2264	0,2271	0,2278	0,2285	0,2292	0,2299
6	0,2667	0,2674	0,2681	0,2688	0,2694	0,2701	0,2708	0,2715
7	0,3083	0,3090	0,3097	0,3104	0,3111	0,3118	0,3125	0,3132
8	0,3500	0,3507	0,3514	0,3521	0,3528	0,3535	0,3542	0,3549
9	0,3917	0,3924	0,3931	0,3938	0,3944	0,3951	0,3958	0,3965
10	0,4333	0,4340	0,4347	0,4354	0,4361	0,4368	0,4375	0,4382
11	0,4750	0,4757	0,4764	0,4771	0,4778	0,4785	0,4792	0,4799

h/m	32	33	34	35	36	37	38	39
0	0,0222	0,0229	0,0236	0,0243	0,0250	0,0257	0,0264	0,0271
1	0,0639	0,0646	0,0653	0,0660	0,0667	0,0674	0,0681	0,0688
2	0,1056	0,1063	0,1069	0,1076	0,1083	0,1083	0,1090	0,1097
3	0,1472	0,1479	0,1486	0,1493	0,1500	0,1507	0,1514	0,1521
4	0,1889	0,1896	0,1903	0,1910	0,1917	0,1924	0,1931	0,1938
5	0,2306	0,2313	0,2319	0,2326	0,2333	0,2340	0,2347	0,2354
6	0,2722	0,2729	0,2736	0,2743	0,2750	0,2757	0,2764	0,2771
7	0,3139	0,3146	0,3153	0,3160	0,3167	0,3174	0,3181	0,3188
8	0,3556	0,3563	0,3569	0,3576	0,3583	0,3590	0,3597	0,3604
9	0,3972	0,3979	0,3986	0,3993	0,4000	0,4007	0,4014	0,4021
10	0,4389	0,4396	0,4403	0,4410	0,4417	0,4424	0,4431	0,4438
11	0,4806	0,4813	0,4819	0,4826	0,4833	0,4840	0,4847	0,4854

h/m	40	41	42	43	44	45	46	47
0	0,0278	0,0285	0,0292	0,0299	0,0306	0,0313	0,0319	0,0326
1	0,0694	0,0701	0,0708	0,0715	0,0722	0,0729	0,0736	0,0743
2	0,1111	0,1118	0,1125	0,1132	0,1139	0,1146	0,1153	0,1160
3	0,1528	0,1535	0,1542	0,1549	0,1556	0,1563	0,1569	0,1576
4	0,1944	0,1951	0,1958	0,1965	0,1972	0,1979	0,1986	0,1993
5	0,2361	0,2368	0,2375	0,2382	0,2389	0,2396	0,2403	0,2410
6	0,2778	0,2785	0,2792	0,2799	0,2806	0,2813	0,2819	0,2826
7	0,3194	0,3201	0,3208	0,3215	0,3222	0,3229	0,3236	0,3243
8	0,3611	0,3618	0,3625	0,3632	0,3639	0,3646	0,3653	0,3660
9	0,4028	0,4035	0,4042	0,4049	0,4056	0,4063	0,4069	0,4076
10	0,4444	0,4451	0,4458	0,4465	0,4472	0,4479	0,4486	0,4493
11	0,4861	0,4868	0,4875	0,4882	0,4889	0,4896	0,4903	0,4910

h/m	48	49	50	51	52	53	54	55
0	0,0333	0,0340	0,0347	0,0354	0,0361	0,0368	0,0375	0,0382
1	0,0750	0,0757	0,0764	0,0771	0,0778	0,0785	0,0792	0,0799
2	0,1167	0,1174	0,1181	0,1188	0,1194	0,1201	0,1208	0,1215
3	0,1583	0,1590	0,1597	0,1604	0,1611	0,1618	0,1625	0,1632
4	0,2000	0,2007	0,2014	0,2021	0,2028	0,2035	0,2042	0,2049
5	0,2417	0,2424	0,2431	0,2438	0,2444	0,2451	0,2458	0,2465
6	0,2833	0,2840	0,2847	0,2854	0,2861	0,2868	0,2875	0,2882
7	0,3250	0,3257	0,3264	0,3271	0,3278	0,3285	0,3292	0,3299
8	0,3667	0,3674	0,3681	0,3688	0,3694	0,3701	0,3708	0,3715
9	0,4083	0,4090	0,4097	0,4104	0,4111	0,4118	0,4125	0,4132
10	0,4500	0,4507	0,4514	0,4521	0,4528	0,4535	0,4542	0,4549
11	0,4917	0,4924	0,4931	0,4938	0,4944	0,4951	0,4958	0,4965

h/m	56	57	58	59	60
0	0,0389	0,0396	0,0403	0,0410	0,0417
1	0,0806	0,0813	0,0819	0,0826	0,0833
2	0,1222	0,1229	0,1236	0,1243	0,1250
3	0,1639	0,1646	0,1653	0,1660	0,1667
4	0,2056	0,2063	0,2069	0,2076	0,2083
5	0,2472	0,2479	0,2486	0,2493	0,2500
6	0,2889	0,2896	0,2903	0,2910	0,2917
7	0,3306	0,3313	0,3319	0,3326	0,3333
8	0,3722	0,3729	0,3736	0,3743	0,3750
9	0,4139	0,4146	0,4153	0,4160	0,4167
10	0,4556	0,4563	0,4570	0,4577	0,4583
11	0,4972	0,4979	0,4986	0,4993	0,5000

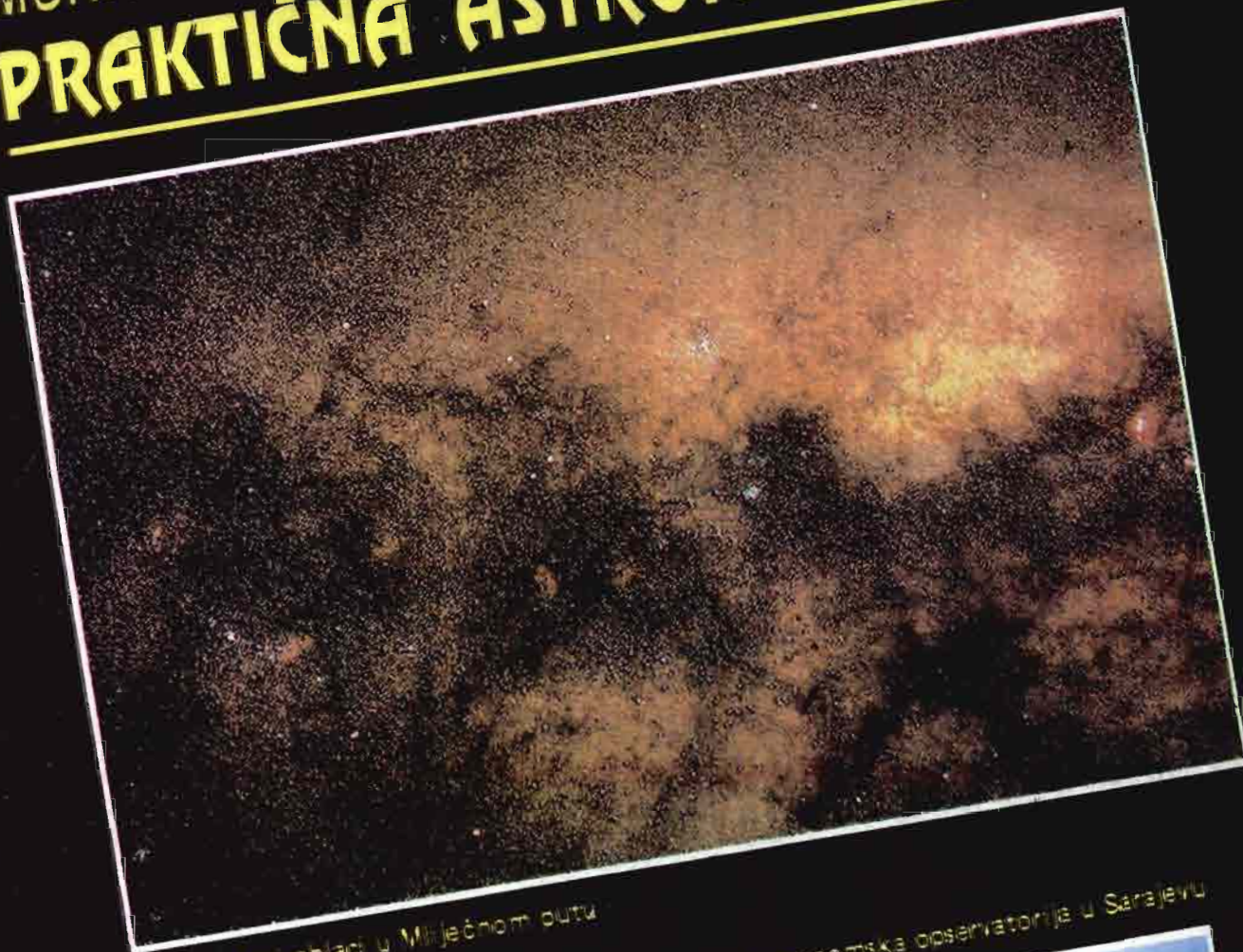
LITERATURA:

1. Astapović, I.S.: 1958, METEORNE JAVLENJA V ATMOSFERI ZEMLJE, izd. fizmat. lit., Moskva.
2. Bakulin, P.J., Kononović, Z.V., Moroz, V.Z.: 1970, KURS OPŠĆEJ ASTRONOMIJE, Izdateljstvo "Nauka", Moskva.
3. Barabašev, N.P.: 1969, PRIRODA NJEBESNIH TJEL I IH NABLJUDENJE, Izdateljstvo Harkovskog Univerziteta, Harkov.
4. Berić, Frlež, Kovačić, Rabuzin, Tadej, Vršnak.: 1982, ASTRONOMIJA Metode promatranja i proučavanja, Narodna tehnika Hrvatske, Zagreb.
5. Blažko, S.N.: PRAKTIČNA ASTRONOMIJA, Naučna knjiga, Beograd.
6. Cesevič, V.P.: 1970, PJerEMENJE ZVJEZDI I SPOSOBI IH ISLJEDOVANJE, Izdateljstvo "Pedagogika", Moskva.
7. Couteau, P.: 1978, L'OBSERVATION DES ETOILES DOUBLES VISUELLES, Flammarion, Paris.
8. Cvetkov, K.A., Polak, J.F.: 1952, SFERNA I OPŠTA ASTRONOMIJA, Naučna knjiga, Beograd.
9. Glasby, S.J.: 1971, THE VARIABLE STAR OBSERVER'S HANDBOOK, Sidgwick and Jackson, London.
10. Hardie, R.H.: 1962, IN ASTRONOMICAL TECHNIQUES, Edited by W.A. Hiltner, University of Chicago Press, Chicago, p.178.
11. Hargreaves, F.J.: 1969, THE OPTICAL ADJUSTMENT OF A NEWTONIAN REFLECTOR, British astronomical association, London.
12. Howard, N.E.: 1970, HANDBOOK FOR TELESCOPE MAKING, Faber and Faber Ltd, London.
13. Korlević, K.: 1989, PRIRUČNIK ZA VIZUELNO PROMATRANJE METEORA, AAD Višnjičan.
14. Kulikovskij, P.G.: 1971, SPRAVOČNIK LJUBITELJA ASTRONOMIJE, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
15. Levy, H.D.: 1989, OBSERVING VARIABLE STARS A guide for beginner, Cambridge University Press, Cambridge.
16. Martinov, D.Ja.: 1967, KURS PRAKTIČESKOJ ASTROFIZIKI, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
17. Mayall, R.N., Mayall, M.W.: 1968, SKYSHOOTING PHOTOGRAPHY FOR AMATEUR ASTRONOMERS, Dover Publications, New York.
18. Miczaika, G.R., Sinton, W.M.: 1961, TOOLS OF THE ASTRONOMER, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
19. Mihajlov, A.A.: (ed), 1973, KURS ASTROFIZIKI I ZVJEZDNOJ ASTRONOMIJI, tom I, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
20. Minart, M.: 1971, PRAKTIČESKAJA ASTRONOMIJA, Izdateljstvo "Mir" Moskva.
21. Muminović, A.M.: 1972, 1977, 1985, ASTRONOMIJA, Univerzitetsko astronomsko društvo, Sarajevo
22. Muminović, M.: 1982, PRAKTIČNA ASTRONOMIJA, Univerzitetsko astronomsko društvo, Sarajevo.

23. Muminović, M.: 1989, PUTOVANJE KROZ SAZVIJEŽDA ASTROGNOZIJA, Univerzitet-sko astronomsko društvo CEDUS-a, Sarajevo.
 24. Newton, J., Teece, P.: 1988, THE GUIDE TO AMATEUR ASTRONOMY, Cambridge University Press, Cambridge.
 25. Pavlovski, K.: 1974, METEORI, Akademsko astronomsko društvo, Sarajevo.
 26. Podobjed, V.V.: 1968, FUNDAMENTALNAJA ASTRONOMIJA, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
 27. Popov, P.J.: 1958, OPŠĆEDOSTUPNAJA PRAKTIČESKAJA ASTRONOMIJA, Gosudarstveno izdateljstvo fiz.mat literaturi, Moskva.
 28. Rackham, T.: 1972, ASTRONOMICAL PHOTOGRAPHY AT THE TELESCOPE, Faber and Faber Ltd., London.
 29. Robinson, L.J.: 1980, THE SKY AND TELESCOPE GUIDE TO HEAVENS, Sky Publishing Corporation, Cambridge, Mass.
 30. Roggemans, P.: 1987, HANDBOOK VISUAL METEOR OBSERVATIONS, Edited by Paul Roggemans.
 31. Roth, G.D.: 1970, HANDBOOK FOR PLANET OBSERVERS, Faber and Faber Ltd., London.
 32. Sidgwick, J.B.: 1971, AMATEUR ASTRONOMER'S HANDBOOK, Faber and Faber Ltd., London.
 33. Sidgwick, J.B.: 1980, AMATEUR ASTRONOMERS HANDBOOK, Completley revised by James Muirden, Enslow Publishers, New Jersey.
 34. Sidgwick, J.B.: 1982, OBSERVATIONAL ASTRONOMY FOR AMATEURS, Enslow Publishers, New Jersey.
 35. Ševarlić, B.M., Brkić, Z.: 1971, OPŠTA ASTRONOMIJA, Savremena administracija, Beograd.
 36. Šćigoljev, B.M.: 1969, MATEMATIČESKAJA OBRABOTKA NABLJUDENIJA, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
 37. Texerau, J., Vaucouleure, G.: 1954, ASTROPHOTOGRAPHIE D'AMATEUR, Editions de la Revue d'optique therestique et instrumentale, Paris.
 38. Tirion, Will.: 1981, SKY ATLAS 2000.0, Cambridge University Press, Cambridge, Mass.
 39. Whipple, F.L.: 1981, ORBITING THE SUN, Harvard University Press, Cambridge, Mass., London, England.
 40. West, R.M., Heudier, J.L.: 1978, MODERN TECHNIQUES IN ASTRONOMICAL PHOTOGRAPHY, European Southern Observatory, Geneva.
 41. Wood, F.B.(ed): 1963, PHOTOELECTRIC ASTRONOMY FOR AMATEURS, Collier Macmillan Ltd., New York.
 42. Young, A.T.: 1974, METHODS OF EXPERIMENTAL PHYSICS 12, Part A chapters 1,2 and 3. Academic Press, New York and London.
 43. Zagrebin, D.V.: 1967, VVEDENIJE V ASTROMETRIJU, Izdateljstvo "Nauka" Moskva.
 44. 1969, ASTRONOMISCHE KARTEI, Sterne und Weltraum, Mannheim.
- ČASOPISI:

1. SKY AND TELESCOPE, Sky Publishing Coprporation, 49 Bay State Rd., Cambridge, Mass., USA.
2. ČOVJEK I SVEMIR, ZVJEZDARNICA HPD, OPATIČKA 22, ZAGREB
3. VASIONA, ASTRONOMSKO DRUŠTVO "RUĐER BOŠKOVIĆ", KALEMEGDAN, GORNJI GRAD, BEOGRAD.

MUHAMED MUMINOVIĆ
PRAKTIČNA ASTRONOMIJA



● Zvezdani oblaci u Mliječnom putu

● Astronomska opservatorija u Sarajevu

