

Odabiranje zvijezda za programe opažanja u praktičnoj astronomiji

Za određivanje geografske širine, korekcije sata, azimuta nekog smjera, nekih konstanti instrumenta kojim opažamo, služimo se u praktičnoj astronomiji različitim metodama. Da bi se postigla što veća točnost u rezultatu, treba pri opažanju ispuniti posebne uvjete, koji su drukčiji za svaku pojedinu metodu. Može se gotovo reći, da se razne metode razlikuju međusobno upravo po tome, što, često uz istu tehniku opažanja, treba opažati zvijezde u onim položajima na nebeskoj sferi, koji odgovaraju unaprijed zadanim uvjetima neke metode. Tako se, na pr. korekciju sata određuje opažanjem zvijezda pri prolazu kroz meridijan opažača, geografsku širinu opažanjem zvijezda u meridijanu na približno jednakoj visini, ali jednu sjeverno, a drugu južno od zenita (Talcottova metoda), ili opažanjem para zvijezda na jednakoj visini, ali približno simetrično prema vertikalu (metoda Pjevcova) i t. d.

Da bi mogli izvesti opažanje kako treba, potrebno je u pravo vrijeme postaviti instrument u pravi položaj. To se ne može izvršiti, ako se već unaprijed ne zna, kada treba izvršiti opažanje i na kojem se mjestu na nebu nalazi određena zvijezda, koju želimo opažati.

Kod nekih se metoda može vrlo lako odrediti vrijeme i mjesto. Tako je, na primjer, pri određivanju korekcije sata opažanjem prolaza kroz meridijan, vrlo jednostavan postupak određivanja trenutka tog prolaza. Imamo li pri ruci sat, koji nam pokazuje zvjezdano vrijeme, onda znamo, da će nam zvijezda proći kroz meridijan kad bude zvjezdano vrijeme, t. j. praktički, očitavanje na satu, jednako rektascenziji zvijezde, koju želimo opažati. Položaj na nebu lako dobijemo, ako izračunamo njenu zenitnu daljinu kao razliku geografske širine mjesta i deklinacije same zvijezde. Kod opažanja Sunca ne treba računati položaj, već instrument neposredno uperimo na nj.

Kod drugih je metoda stvar mnogo zamršenija, jer se kod nekih metoda i ne može koristiti svaku zvijezdu, već samo one, koje odgovaraju posebnim uvjetima metode i to baš u trenutku kada zadovoljavaju zadanim uvjetima. Potrebno je stoga unaprijed odabrati one zvijezde, koje ispunjavaju zadane uvjete. Kod nekih metoda postoje tablice, koje olakšavaju to odabiranje, no jer kod nas opažači obično neće imati prilike koristiti se tim raznim specijalnim tablicama, bit će mnogo praktičnije, ako se pri odabiranju posluže grafičkim pomagalima.

Potrebno je prije svega konstruirati kartu zvjezdanog neba i treba zato najprije odabrati projekciju. Za Talcottovu metodu crtala se obično karta s pravokutnim koordinatama zenitnih daljina i rektascenzija. Za druge se metode

većinom koristila stereografska projekcija, jer je vrlo jednostavna za praktičnu konstrukciju. Iako su formule za pretvaranje ekvatorskih koordinata, rektascenzije i deklinacije, u polarne koordinate stereografske projekcije, vrlo jednostavne, ipak to nije najjednostavnija konstrukcija. Uzme li se u obzir, da za konstrukciju karte treba nanijeti nekoliko stotina, pa i više od hiljade mjesta zvijezda, onda dolazimo do zaključka, da treba najviše paziti na to, da odabrana konstrukcija bude što jednostavnija, da bi se karta izvela s najmanje truda, jer je upravo to najveći dio posla.

Usporedimo li polarni koordinatni sistem s pravokutnim, svakako moramo dati prednost pri izradi ovome drugome. Sjetimo li se, da su nam ekvatorske koordinate: rektascenzija i deklinacija neposredno zadane, onda je najjednostavnije rješenje, da na apscisi pravokutnog koordinatnog sistema nanosimo rektascenzije, a na ordinati deklinacije pojedinih zvijezda. Potrebno je samo odabrati zgodno mjerilo i nanositi u tom mjerilu koordinate zvijezda. Tako je za potrebe Astronomskog zavoda Tehničkog fakulteta izrađena karta, kod koje je odabrano mjerilo na apscisi, da jednoj vremenskoj sekundi odgovara dužina 1 mm, a na ordinati jednom stupnju odgovara 1 cm. Na ovaj način dobili smo kartu zvjezdanog neba bez većih teškoća, a sama se karta može upotrebiti za bilo koje mjesto opažanja.

Ukoliko koristimo kartu na stalnom mjestu opažanja bit će od koristi, da na nju ucrtamo mjesta zenita. Uslijed dnevne rotacije nebeske sfere prođu kroz zenit sve točke malog kruga nebeske sfere, koji je paralelan s nebeskim ekvatorom, a udaljen od njega za iznos geografske širine opažača, t. j. deklinacija točke zenita jednaka je geografskoj širini. Rektascenzija zenita jednaka je zvjezdanom vremenu, pa stoga na našoj karti geometrijsko mjesto točaka zenita leži na pravcu paralelnom s apscisnom osi, kojemu je ordinata jednaka geografskoj širini, t. j. $\delta = \varphi$. S druge strane, sve točke meridijana u nekom trenutku S zvjezdanog vremena, imaju istu rektascenziju $\alpha = S$, pa će stoga na našoj karti pravac paralelan ordinati, a okomit na os apscise u nekoj točki rektascenzije α biti geometrijsko mjesto točaka meridijana opažača u trenutku zvjezdanog vremena $S = \alpha$.

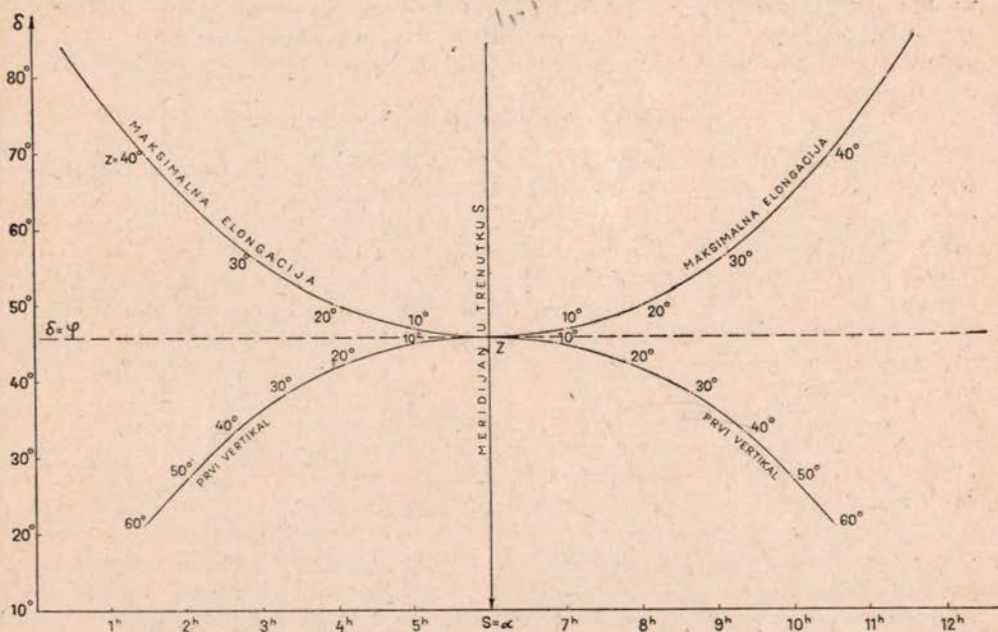
Da bi kartu zvjezdanog neba mogli iskoristiti za odabiranje zvijezda, koje želimo opažati kod raznih metoda određivanja geografske širine, korekcije sata, azimuta i ostalog, potrebno nam je izraditi pomoćne crteže na prozirnom materijalu, koje zovemo *oleatama*, a stavljamo ih na zvjezdanu kartu. Vrsta crteža ovisi o uvjetima koji su postavljeni za pojedine metode opažanja, pa ćemo sada izložiti crteže i načine odabiranja zvijezda za neke najosnovnije metode opažanja.

Biranje Talcottovih parova

Kako je već spomenuto, kod Talcottove metode potrebno je opažati par zvijezda u meridijanu na gotovo jednakoj zenitnoj daljini, ali jednu zvijezdu u paru sjeverno, a drugu južno od zenita. Razlika u zenitnoj daljini može biti najviše jednaka veličini vidnog polja dalekozora, kojim opažamo. Budući da ne možemo istodobno opažati obje zvijezde, moraju one prolaziti kroz meridijan jedna za drugom u vremenskom razmaku od najmanje tri minute, da bi kroz to vrijeme motrilac završio opažanje jedne i pripremio instrument za opažanje druge. S druge strane, nije zgodno, da prođe isuviše vremena između prolaza jedne i druge zvijezde u paru, jer se onda mogu znatno izmijeniti prilike

pri opažanju, osobito utjecaj refrakcije. Zbog toga se obično odabire zvijezde jednog para tako, da vremenski razmak između njihovih prolaza kroz meridian ne pređe 20 minuta, niti bude kraći od tri minute.

Upotrebimo li našu zvjezdanu kartu, uvjerit ćemo se, da su njene karakteristike vrlo zgodne za primjenu kod izbora Talcottovih parova zvijezda. Kod te je karte, kako je već rečeno, meridian predočen pravcem okomitim na apscisnu os i sam odsječak na apscisi α upravo je jednak zvjezdanom vremenu S . Zvjezdana daljina neke zvijezde u meridijanu nije pak ništa drugo do udaljenost točke na pravcu meridijana od zenitnog pravca zvjezdane karte. Budući su sjeverne zvijezde iznad zenitnog pravca, a južne zvijezde ispod njega, potrebno je projekcije obje zvijezde dovesti u međusobnu vezu. To se lako postigne, ako, na primjer, presavijemo zvjezdanu kartu i preklopimo je točno po zenitnom pravcu. Ukoliko je zvjezdana karta iscrtana na prozirn materijalu, vidjet ćemo, da su se poklopile sjeverne i južne zvijezde jednake zenitne daljine.



Sl. 1. Biranje Talcottovih parova preklapanjem preko zenitnog pravca.

Budući da je nekad nezgodno crtati zvijezde na prozirn materijalu, pa ga zatim presavijati, a i očitavanje oznake brojke ili imena zvijezde naopačke, može izazvati pogriješku kod odabiranja parova, zgodnije je prekopirati, na-prosto, gornji — sjeverni — dio zvjezdane karte na prozirni papir i preklopiti ga preko zenitnog pravca na donji — južni — dio zvjezdane karte. Na taj će način sjeverne i južne zvijezde jednake zenitne daljine pasti zajedno i neće biti teško izabrati parove za opažanje Talcottovom metodom (v. sliku 1.) Južnu ćemo zvijezdu razlikovati od sjeverne po tome, da li je nacrtana na samoj karti ili na prozirnoj kopiji. Razlikovanje će biti još lakše, ako na kopiji, dakle

za sjeverne zvijezde, ucrtamo mjesta zvijezda križićima umjesto točaka originalne karte. Tada će kod preklapanja južne zvijezde biti predočene točkama, a sjeverne križićima i razlika će biti očita.

Da jedan par zvijezda zadovolji uvjete za Talcottovu metodu, ne smije razlika u ordinatama zvijezda u paru premašiti promjer vidnog polja durbina izražen u mjerilu karte. Isto tako moraju razlike u apscisama biti u granicama od 3 do 20 minuta. Cijelo se dakle odabiranje svodi na traženje dovoljno bliskih parova, koji će zadovoljiti spomenute uvjete. Istodobno će nam apscisa svake zvijezde u paru, kako je već bilo rečeno, označavati zvjezdano vrijeme trenutka opažanja te zvijezde.

U slučaju da odabiremo Talcottove parove za više mjesta opažanja razne geografske širine, onda nije potrebno crtati zenitni pravac, već treba prekopirati na prozirni papir sve zvijezde s deklinacijama većim od najmanje geografske širine, koja dolazi u obzir za odabiranje parova. Tako, na primjer, za opažanja u našoj zemlji dovoljno je da prekopiramo zvijezde s deklinacijama većim od 41° . Jedino moramo tada paziti kod preklapanja, da se deklinacija na prozirnom papiru, koja je jednaka približnoj geografskoj širini dotičnog mjesta opažanja, poklopi s jednakom deklinacijom na zvjezdanoj karti. Izabiranje parova teče zatim dalje, kako je netom gore opisano.

Biranje parova za metodu Pjevcova

Kod metode Pjevcova potrebno je naći takav par zvijezda, koje se razmjerno brzo jedna za drugom nađu na točno jednakoj zenitnoj daljini, a ujedno zadovoljavaju uvjet, da azimuti južne i sjeverne zvijezde budu vezani relacijom: $A_s + A_n = \pm 180^\circ$. Treba još napomenuti, da se ne opaža pri bilo kojem azimutu, već azimuti trebaju po mogućnosti biti u granicama od $\pm 10^\circ$ do $\pm 30^\circ$ za južne zvijezde i od $\pm 150^\circ$ do $\pm 170^\circ$ za sjeverne zvijezde. Vremenski razmaci između trenutka opažanja jedne i druge zvijezde u paru ne smiju biti kraći od 5 minuta, niti dulji od 20 minuta iz sličnih razloga, koje smo već spomenuli kod odabiranja Talcottovih parova.

U praksi se je pokazalo, da je teže izabirati Pjevcovljeve parove od Talcottovih, jer se tu ne radi o zvijezdama, koje su u meridijanu, već prilično daleko od njega. Zbog toga je već razmjerno kratko vrijeme iza objavljivanja rasprave Pjevcova (1887) u kojoj je iznio svoju metodu, preporučio F. Witram (1898) grafičku metodu za izbor parova zvijezda [1]. U tu svrhu upotrebio je stereografsku projekciju, kao vrlo jednostavnu, jer se projekcije nebeskih vertikalna i almukantarata mogu prilično lako konstruirati i ucrtati. O sličnoj jednostavnijoj konstrukciji vertikalna već je bilo pisano u ovom listu [2].

Godine 1909 predložio je A. Orlov drugu vrstu projekcije za zvjezdanu kartu [3]. Polazeći od uvjeta metode Pjevcova:

$$z_s = z_n \text{ i } A_s + A_n = \pm 180^\circ \quad (1)$$

pokazao je A. Orlov, da, ako uzmemo za kartu ortografsku projekciju sa središtem u polu, onda će se svakoj južnoj zvijezdi Pjevcovljeva para odgovarajuća sjeverna zvijezda nalaziti na krivulji poznatoj u analitičkoj geometriji pod nazivom *Pascalov puž*. Budući se kod metode Pjevcova radi u praksi sa zvijezdama u granicama azimuta $10^\circ < A < 30^\circ$, to su za takve zvijezde i njihovi satni kutevi mali. U tom slučaju se lukovi Pascalova puža malo razlikuju od kružnih lukova, pa se, umjesto konstrukcije Pascalova puža, mogu konstruirati dijelovi krugova, što je znatno jednostavnije.

Prema postupku Orlova postavi se na zvjezdanu kartu u ortografskoj projekciji prozirna oleata, na kojoj su ucrtani dijelovi krugova, koji predočuju približno Pascalove puževe. Položivši oleatu na kartu tako, da meridijan, koji je predočen pravcem, prolazi kroz neku južnu zvijezdu, očitamo deklinaciju te južne zvijezde i potražimo krug (što zamjenjuje Pascalov puž), koji odgovara toj deklinaciji i označen je tom deklinacijom. Ukoliko se na tome krugu nalazi neka sjeverna zvijezda, ona nam predočuje traženu sjevernu zvijezdu, koja je Pjevcovljevi par za dotičnu južnu zvijezdu. Povuču li se kroz pol karte pravac paralelan spojnici obje zvijezde, to će taj pravac na rubu karte, gdje su označene rektascenzije, odrediti zvjezdano vrijeme trenutka, kada te zvijezde ispunjavaju Pjevcovljeve uvjete.

Crtanje karte u ortografskoj projekciji ne izazivlje naročite poteškoće, jer su u toj projekciji točke jednake rektascenzije radijalni pravci iz središta, koje je projekcija nebeskog pola. Točke jednake deklinacije, t. j. projekcije nebeskih paralela, koncentrični su krugovi oko projekcije pola s polumjerom

$$r = a \cos \delta$$

gdje je a polumjer kruga projekcije nebeskog ekvatora u milimetrima. Crtanje krugova, koji predočuju Pascalove puževe, na oleatu nije tako jednostavno. Polumjer ρ takvog kruga za odgovarajuću deklinaciju južne zvijezde δ dan je formulom:

$$\rho = 2 \sin \varphi \sin^2 (\varphi - \delta) : [\sin (\varphi - \delta) + \cos \delta \sin \varphi]$$

dok se središte tog kruga nalazi na meridijanu, udaljeno od projekcije pola za dužinu

$$p = \cos \delta + \rho - R,$$

gdje je R dano formulom

$$R = 2 \cos \delta \sin^2 \varphi \cos t - \sin \delta \sin 2 \varphi.$$

Nedostatak metode A. Orlov-a jest u tome, što se dobije par zvijezda, koje se u istom trenutku nađu u idealnom položaju, kako ga traži metoda Pjevcova. Budući da ih ne možemo istodobno opažati, mora se opažanje izvesti ili malo ranije ili malo kasnije, kad više ne postoji idealni položaj.

Usporedi li se obje metode, A. Orlova i Witrama zaključit ćemo, da su nekako podjednako praktične. Pri izradi zvjezdane karte određivanje rektascenzije jednako je u oba slučaja, dok je predočivanje deklinacije nešto jednostavnije kod Orlova. Kod njega naime imamo $r = a \cos \delta$, dok je kod Witrama

$$r = a \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \delta}{2}. \text{ S druge strane, kod Witrama je jednostavnije crtanje oleate,}$$

nego kod Orlova, dok je samo biranje parova zvijezda podjednako nepraktično. Kod Witrama, kao i kod Orlova, dobijemo položaj zvijezda u istom trenutku, a opažanje traži, da se posebno opaža najprije jedna, a zatim druga zvijezda u paru. Tome možemo doskočiti kod Witrama na taj način, da zapamtimo položaj oleate i jedne zvijezde, i onda ga usporedimo s pomaknutim položajem oleate i druge zvijezde, a to znatno otežava odabiranje parova i često dovodi do pogrešaka pri izboru.

Budući se i pri Witramovoj metodi, u slučaju veće zvjezdane karte, mora prići kod konstrukcije vertikala na oleati konstruiranju svake pojedine točke posebno, bit će najpraktičnije, da i kod biranja Pjevcovljevih parova upotre-

bimo istu zvjezdanu kartu koja nam je poslužila i za izbor Talcottovih parova. Kako je već rečeno, konstruiranje takve zvjezdane karte jednostavnije je, nego kod karata u stereografskoj ili ortografskoj projekciji, a to je glavni dio posla.

Pri izradi oleate, kojom ćemo prekrivati zvjezdanu kartu, da bi pronašli parove zvijezda, koji zadovoljavaju uvjete metode Pjevčova, konstruirat ćemo projekcije vertikalna točku po točku. U tu svrhu moramo za svaki zadani par zenitne daljine z i azimuta A izračunati i deklinaciju δ i satni kut t , jer su to koordinate naše zvjezdane karte, t. j. δ je ordinata, a t je apscisa tražene točke vertikalna na oleati. Možemo se poslužiti sfernim trokutom: *zenit — pol — zadana točka*, čiju projekciju tražimo, pa nam sferna trigonometrija pruža dvije grupe formula:

$$\text{I. } \sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A$$

$$\sin t = \sin z \sin A \sec \delta$$

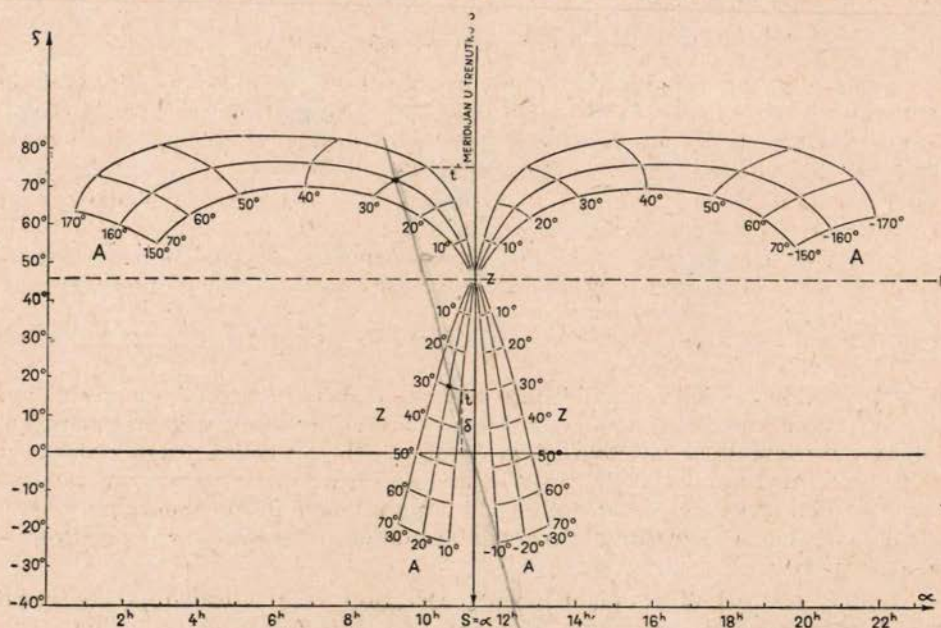
ili

$$\text{II. } \cotg t = \sin \varphi \cotg A + \cos \varphi \operatorname{cosec} A \cotg z \quad (2)$$

$$\cos \delta = \sin A \sin z \operatorname{cosec} t. \quad (3)$$

Prvi je par formula zgodniji za računanje točaka određenog almukantarata, dok je drugi par formula praktičniji u slučaju kad računamo točke nekog vertikalna, t. j. pri nekom određenom azimutu A , (na pr. $A = 10^\circ$) variramo vrijednosti zenitne daljine z mijenjajući ih, na primjer, u intervalu od po 5° . Budući da nam na oleati trebaju vertikalni samo u intervalu azimuta od 10° do 30° , to nam je bolje upotrebiti drugi par formula.

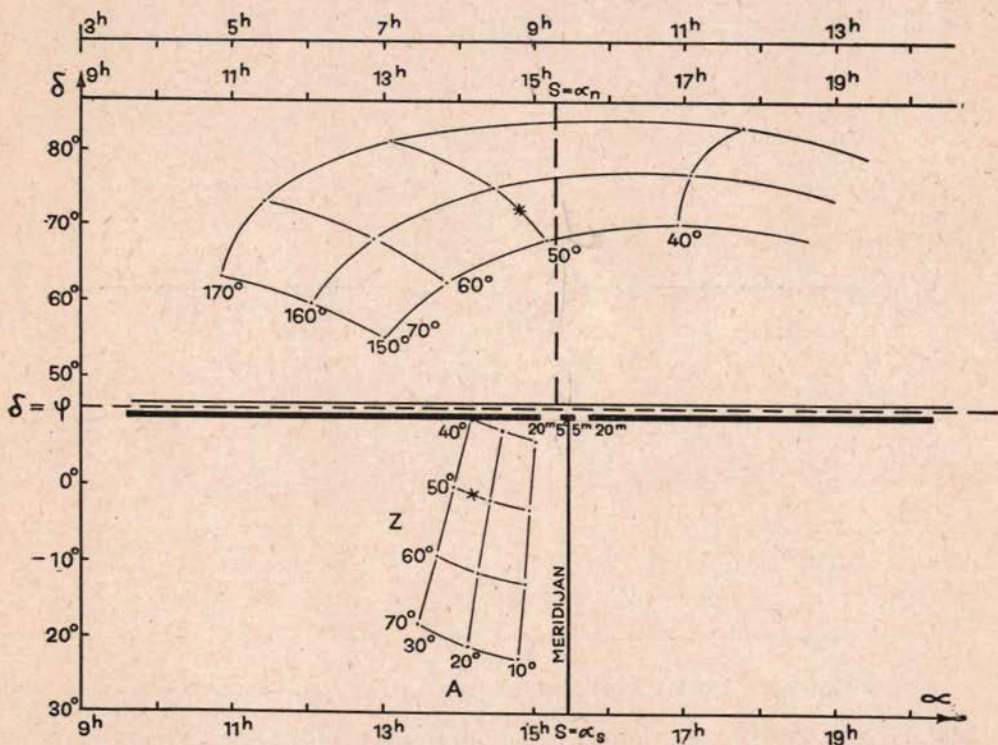
Izračunavši tako vrijednosti δ i t za određene točke traženog vertikalna, nanesimo s tim vrijednostima sve te točke na prozirnu oleatu, pa spojivši ih, dobijemo potrebnu nam mrežu vertikalna i dijelova almukantarata među njima. (Vidi sl. 2.) Pomoću središnjeg okomitog pravca, ako ga produžimo do apscisne



Sl. 2. Mreža vertikalna i almukantarata za izbor Pjevčovljevih parova.

osi na zvjezdanoj karti, možemo na njoj čitati onaj trenutak zvjezdanog vremena $S = a$, u kom je taj pravac upravo projekcija meridijana. Na taj način dobijemo vrijeme, kad je neka zvijezda na određenom vertikalu i zenitnoj daljini, pa s takvom oleatom možemo vršiti izbor Pjevcovljevih parova.

Da bi što više olakšali traženje parova zvijezda, koje se u raznim trenucima moraju naći na istoj visini i jednakim azimutima, korisno je *prerezati oleatu po zenitnom pravcu*. Na taj će se način moći sjeverni dio oleate pomicati s obzirom na južni dio. Na samoj liniji prereza možemo označiti skalu, tako da, na primjer, označimo s lijeve i s desne strane razmak od 5 i 20 minuta (vidi sl. 3). Tada se gornji i donji, t. j. sjeverni i južni, dio oleate, pomiču među-

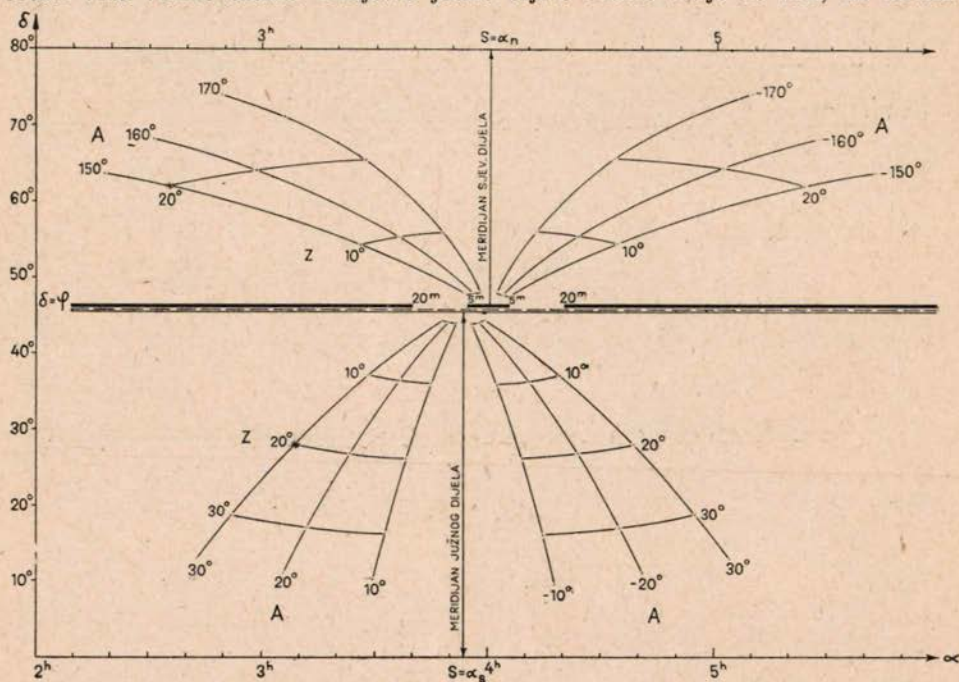


Sl. 3. Odjeljivanje sjevernog od južnog dijela oleate za izbor Pjevcovljevih parova.

sobno tako, da se središnja oznaka sjevernog dijela, koja označuje meridian, uvijek nalazi u prostoru između 5 i 20 minuta, bilo s lijeve, bilo s desne strane meridijana donjeg dijela. To znači, da položaj gornjeg dijela oleate predočuje položaj na nebu u trenutku, koji se od trenutka što ga predočuje položaj donje oleate, razlikuje za najmanje 5, a najviše 20 minuta. Na taj se način mogu raznodobni položaji sjevernog i južnog dijela neba fiksirati jednim položajem gornjeg i donjeg dijela oleate, pa se onda lako traži, koje zvijezde na karti odgovaraju uvjetima Pjevcovljeve metode u različitim vremenskim trenucima. Zato nije potrebno pamtiti položaj južne zvijezde, dok se cijela oleata pomakne u položaj sjevernog dijela, koji bi odgovarao drugom vremenskom trenutku, pa je time traženje odgovarajućih zvijezda znatno olakšano.

Kad se nadu zvijezde, koje odgovaraju uvjetima Pjevcovljeve metode, možemo neposredno s oleate očitati njihovu zenitnu daljinu, azimut i trenutke zvjezdanog vremena njihova prolaza kroz idealni položaj što ga zahtijeva ova metoda. Iskustvo je pokazalo, da su podaci dobiveni na taj način potpuno dovoljni za opažanje takva para, ukoliko se ne želi za odabrani par zvijezda izračunati točne vrijednosti.

Želimo li protegnuti opažanje po metodi Pjevcova na zvijezde većih zenitnih daljina, vidimo da satni kutevi sjevernih zvijezda postaju znatno različiti od satnih kuteva južnih zvijezda s kojima su u paru. Zbog toga bi trebalo crtati vrlo velike oleate. Umjesto jedne cijele oleate bolje će biti, da oleatu



Sl. 4. Oleata za izbor Pjevcovljevih parova na velikim zenitnim daljinama.

isječemo na dijelove, na primjer: jedan dio sadržavao bi južne i sjeverne vertikale Pjevcovljevih sektora do zenitne daljine od 40° , drugi dio sadržavao bi zapadnu granu sjevernih vertikala za zenitne daljine veće od 40° , u trećem dijelu bila bi analogno istočna grana, a u četvrtom dijelu istočna i zapadna grana južnih vertikala za zenitne daljine veće od 40° . Budući da bi i zvjezdana karta, koja bi sadržavala zvijezde negativnih deklinacija bila prevelika, možemo i dio karte s negativnim deklinacijama odvojiti od ostale zvjezdane karte i položiti ga na glavnu zvjezdanu kartu sve do zenitnog pravca. Vidjet ćemo, da oleata sjevernog dijela prelazi po satnom kutu nekoliko sati istočno odnosno zapadno, od meridijana, pa možemo stoga pomaknuti južni dio zvjezdane karte i južnu oleatu u stranu, tako da opet sjeverna i južna oleata budu jedna iznad druge (vidi sl. 4). Treba samo pripaziti, da očitavanje na sjevernoj oleati povećamo za pomaknuti broj sati ili možemo već unaprijed na gornjem dijelu zvjezdane karte ispisati skalu rektascenzija u povećanom iznosu. To je za slu-

čaj, da biramo sa zapadnih grana oleate, dok u slučaju da biramo s istočnih grana oleate moramo za jednaki broj sati smanjiti rektascenziju na gornjem dijelu zvjezdane karte.

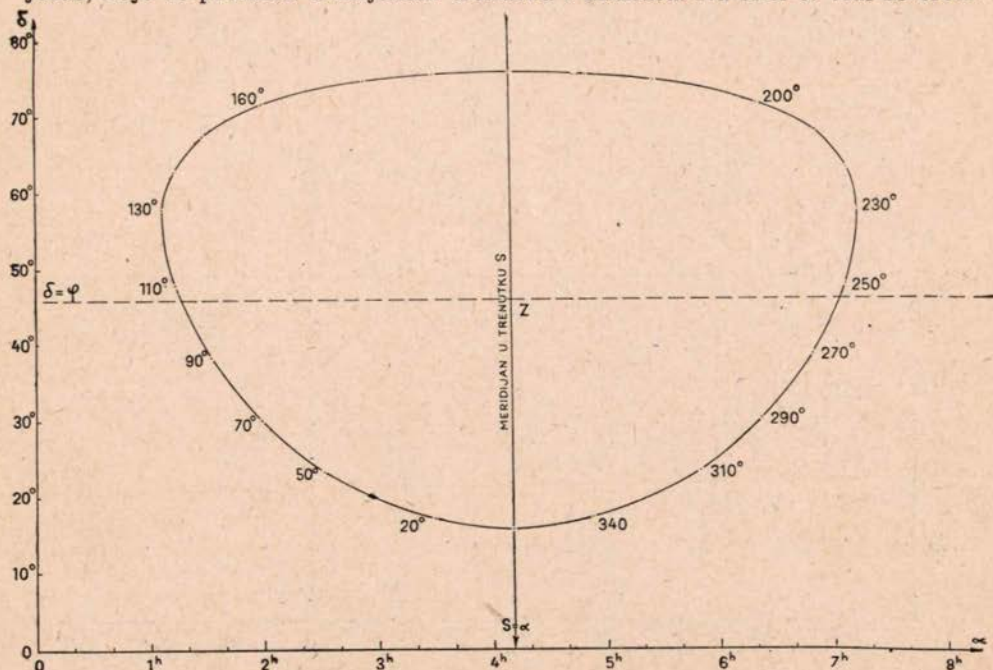
Biranje zvijezda za opažanje astrolabom

Astrolabom opažamo zvijezde u prolazu kroz određeni almukantarat, najčešće na zenitnoj daljini od 30° ili 45° , što ovisi o konstrukciji samog astrolaba. Prolaze zvijezda treba rasporediti simetrično s obzirom na azimut njihovih položaja u času prolaza, a ne može se, dakako, opažati više zvijezda istodobno. Prema tome treba i za opažanja astrolabom unaprijed izvršiti izbor zvijezda i odrediti, kad će koja proći kroz zadani almukantarat i na kojem azimutu. U tu svrhu možemo opet upotrebiti istu zvjezdanu kartu kao i dosada, samo ćemo sada na oleati ucrtati almukantarat zadane zenitne daljine. U tu je svrhu opet najbolje odrediti koordinate satnog kuta t i deklinacije δ niza točaka almukantarata varirajući azmut. Ovdje ćemo se koristiti prvim parom formula:

$$\sin \delta = \cos z \sin \varphi - \sin z \cos \varphi \cos A \quad (4)$$

$$\sin t = \sin z \sin A \sec \delta, \quad (5)$$

pa ćemo izračunati δ i t za niz točaka almukantarata na zapadnoj hemisferi, dok će točke na istočnoj hemisferi biti zrcalna slika obzirom na meridijan, pa ih ne treba posebno računati. Označivši na ucrtanom almukantaratu vrijednosti azimuta za svakih 5° moći ćemo svakoj zvijezdi očitati azimut njena prolaza kroz traženi almukantarat. Vertikalni pravac, koji predočuje meridijan odredit će na podnožju karte zvjezdano vrijeme prolaza, pa ćemo imati sve potrebne podatke za opažanje. Pomičući oleatu preko karte možemo birati redom zvijezde, koje će prolaziti u željenom trenutku i azimutu. Na slici 5. vidi se crtež



Sl. 5. Oleata almukantarata $z = 30^\circ$ za program opažanja astrolabom.

almukantarata zenitne daljine $z = 30^\circ$ za geografsku širinu zvjezdarnice u Maksimiru. Koristeći ovakvu oleatu i zvjezdanu kartu nema nikakve teškoće da se izabere u svakom kvadrantu po jedna zvijezda, kojima će se azimuti prolaza razlikovati za oko 90° , a sami prolazi odvijati u vremenskim razmacima od po 3 minute.

Izbor zvijezda za opažanje u I. vertikalu i u maksimalnoj digresiji

Za neke metode praktične astronomije (Zingerova, Struveova) potrebno je znati, kad se zvijezde nalaze u *Prvom vertikalu* i koja im je tada zenitna daljina. U tu svrhu možemo opet iskoristiti zvjezdanu kartu, ali ćemo sada na oleatu ucrtati prvi vertikal računajući pojedine njegove točke po formulama:

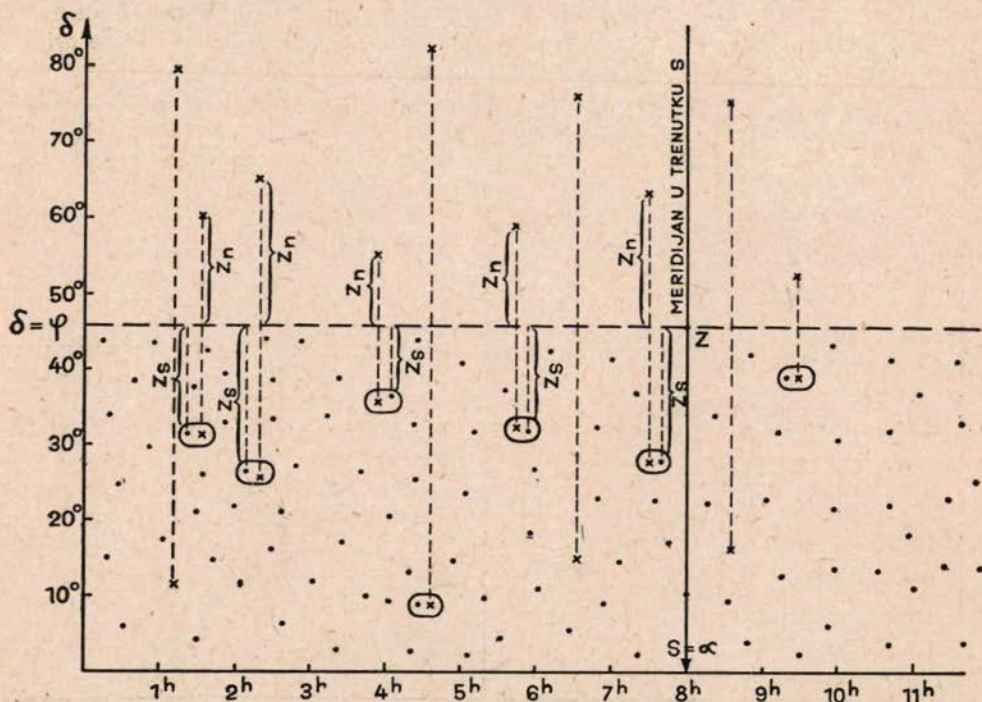
$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z, \quad \cotg t = \cos \varphi \cotg z. \quad (6)$$

I kod ove krivulje dovoljno je računati δ i t za pojedine vrijednosti z samo za jednu granu, na pr. zapadnu, jer je druga grana simetrična prema meridijanu.

Ukoliko nam na krivulju prvog vertikala nije potrebno ucrtavati točne vrijednosti z , moći ćemo brže odrediti tu krivulju, ako za pojedine vrijednosti δ (svaka 2° , 5° ili 10°) pomoću izraza

$$\cos t = \cotg \varphi \tg \delta$$

odredimo odgovarajući t i spajanjem tako dobivenih točaka izvučemo cijelu krivulju prvog vertikala. Na slici 6. predočena je krivulja prvog vertikala za



Sl. 6. Oleata za program opažanja u prvom vertikalu i maksimalnoj elongaciji.

zvjezdarnicu Maksimir. Pomićući oleatu po zvjezdanoj karti lako pomoću nje očitamo, kada koja zvijezda prolazi kroz prvi vertikal i , na kojoj zenitnoj daljini.

Na jednaki način vršimo izbor zvijezda za opažanje njihovih prolaza kroz položaj *maksimalne digresije*, t. j. najvećeg udaljenja od meridijana. Takva su opažanja potrebna, da bi odredili vrijednost obrta okularnog mikrometra, razmak horizontalnih niti i t. d. Da bi mogli izabrati takve zvijezde, ucrtamo na oleatu krivulju maksimalne digresije. Možemo se poslužiti i formulama:

$$\sin \delta = \sin \varphi \sec z, \quad \sin t = \sin z \sec \varphi, \quad (7)$$

da izračunamo vrijednosti δ i t za pojedine vrijednosti z u intervalima od po 2° ili 5° ili 10° , pa nanosavši njihove vrijednosti na oleatu dobijemo niz točaka, a kad ih spojimo imamo krivulju maksimalne digresije.

Želimo li na krivulji imati i označene vrijednosti azimuta A možemo za pojedine intervale azimuta (po 10°) izračunati iz relacije

$$\cos \delta = \cos \varphi \sin A$$

pripadne vrijednosti δ za određene vrijednosti A . Presjek krivulje s pravcem paralelnim s apscisnom osi, koji na oleati odgovara izračunatoj vrijednosti δ , označuje nam točku na krivulji zadanog azimuta A .

Ukoliko nam nije stalo, da na samoj krivulji maksimalne digresije imamo označene zenitne daljine i azimute, onda ćemo brže izračunati točke krivulje, ako za pojedine vrijednosti deklinacije u intervalu od 2° ili 5° ili 10° pomoću izraza

$$\cos t = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{cotg} \delta$$

izračunamo njemu pripadni t , pa pomoću parova vrijednosti δ i t nanesimo točke, koje, kad spojimo, dobijemo krivulju maksimalne digresije.

Na slici 6. predočena je takva krivulja za zvjezdarnicu Maksimir. Pomićući takvu oleatu po zvjezdanoj karti posve ćemo jednostavno pronaći, kada se koja zvijezda nalazi u maksimalnoj digresiji. U slučaju, da je na krivulji označena zenitna daljina i azimut, onda također nije teško očitati, koje su njihove odgovarajuće vrijednosti u trenutku kada dotična zvijezda prolazi kroz položaj maksimalne digresije.

Kako se iz svega ovoga vidi, jedna ista zvjezdana karta služi nam, da pomoću nje možemo birati zvijezde za opažanje kod različitih metoda praktične astronomije, a ta je karta konstruirana na najjednostavniji način, t. j. pomoću pravokutnog koordinatnog sistema uzimajući rektascenziju za apscisu, a deklinaciju za ordinatu. Za svaku pojedinu metodu imamo posebnu oleatu prilagođenu toj zvjezdanoj karti, t. j. os ordinate predočuje meridijan na kome su u istom mjerilu kao i na zvjezdanoj karti nanosene deklinacije, a na apscisnoj osi nanosene su vrijednosti satnog kuta u istom mjerilu kao što su na zvjezdanoj karti nanosene rektascenzije. Oleate za razne metode razlikuju se međusobno samo u krivuljama, koje su nacrtane za specifične uvjete svake pojedine metode. Prema tome najmučniji posao — izrada zvjezdane karte — vrši se samo jednom i to na najjednostavniji način, pa je time postignuta i najveća ekonomičnost u pripremama za izbor zvjezdanih parova i u spremanju programa opažanja.

Opisanu zvjezdanu kartu i sve spomenute oleate izradili su za Zvjezdarnicu u Maksimiru ing Dimić, ing Fijačko, ing Narobe i ing Trajkovski.

LITERATURA:

1. F. V. Wittram: O priiskanii zvezdnh par dlja opredjeljenja široti po sootvjetstvujušim visotam. Zapiski Voenno-Topografičeskago Otdjela Glavnago Staba, Čast LV. Peterburg 1898.

2. L. Randić: O konstrukciji vertikalna u stereografskoj projekciji. Geodetski list, br. 9—10, Zagreb 1953.

3. A. Orloff: Graphische Methode zur Auswahl der Sternpaare für die Breitenbestimmung nach der Methode gleicher Zenitdistanzen. Publikationen der kaiserlichen Unic. Sternwarte zu Jurjew, Bd. XXI. Heft II. Dorpat 1909.

SELECTION OF STARS FOR OBSERVING PROGRAMMES IN PRACTICAL ASTRONOMY

In case we need to choose the stars for the observing programmes graphically, it is very convenient to have the simplest star-chart because the production of the star-chart with the great number (over a thousand) of stars is the most labourious task. The rectangular chart with the rightascension as the abscissa and the declination as the ordinate in a proper scale is the most convenient for such a purpose.

If we are finding out the Talcott pairs of stars we need only to copy the northern part of the star-chart (for the values $\delta > \varphi$) on a transparent paper or celluloid and to fold it over the zenith line ($\delta = \varphi$). Then the northern and southern stars of the equal zenith distance and rightascension will come together and we can easily choose the Talcott pairs (fig. 1).

For the search of the Pevcov's pairs we must draw on the transparent paper the necessary verticals of the azimuth $A = 10^\circ, 20^\circ$ and 30° , constructing a number of their points after we calculate their coordinates δ and t by means of the formulae (1) and (2) on page 336. The meridian on the transparent paper will be the line perpendicular upon the abscissa and its rightascension α will be the instant of the sidereal time S when the stars are on the proper vertical and almucantar (fig. 2).

In Pevcov's method we observe the stars of the pair fulfilling the Pevcov's conditions, i. e. the formulae (1) on page 334, within an interval from 5^m to 20^m . To make easier the choice we can cut the transparent paper along the zenith line and shift the northern part towards the southern, so we can look both positions on chart differing in time of actual observation at the same instant (fig. 3). For the stars in greater zenithal distances we can cut up the star-chart along the appropriate meridian zenithal distance and the transparent paper along the meridian, separating the western from the eastern part and bringing together the correspondent parts as in fig. 4.

We can choose the stars of an observing programme for the astrolabe putting over the star chart a transparent paper upon which is drawn the almucantar of the zenith distance z constructed by calculation its points using the formulae (4) and (5) on page 337 (fig 5). Similarly, we can find the stars on the prime vertical and at the elongation constructing the curves on a transparent paper using the formulae (6) on page 340 for the prime vertical and (7) on page 341 for the elongation (fig. 6).