

О ИНПЕРСОНАЛНОМ АСТРОЛАБУ  
СА ПРИЗМОМ.

од

В. В. МИШКОВИЋА.

## О ИНПЕРСОНАЛНОМ АСТРОЛАБУ СА ПРИЗМОМ.

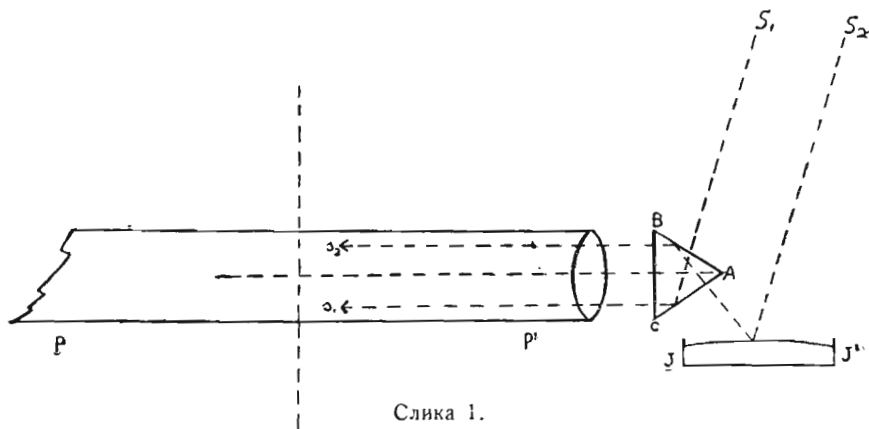
**Приказ и теорија новог инструмента за одређивање  
географских координата.**

Од В. В. МИШКОВИЋА.

(Приказано на скупу Академије природних наука 23 марта 1931 г.)

Под методом једнаких висина треба разумети начин астрономских посматрања основних звезда при њихову пролазу кроз један одређени, за све звезде исти алмукантар; а своди се, у главном, на бележење момента пролаза сваке звезде појединачно кроз тај алмукантар. Новији диспозитиви за примену методе једнаких висина основани су сви на истом принципу, а овај принцип на познатим оптичким особинама праве, стаклене (или металне) призме пресека једнакоугла троугла, са углачаним површинама. Те оптичке особине долазе до израза, ако се замисли да се призма постави тако, да јој једна од сеченица рецимо  $A$  (види сл. 1.) буде хоризонтална — значи да ће супротна страна  $BC$  бити вертикална, — а испод призме стави суд са танким слојем живе  $JJ'$ ; живина површина претстављаће раван хоризонта. Са овим диспозитивом добиће се за сваки сноп паралелних зракова светлости  $S_1 S_2$  који падају на призму, а задовољавају извесне услове, две слике извора светлости,  $s_1$  и  $s_2$ . Назовимо слику  $s_1$ , која настаје одбијањем зракова само од површине призмине стране  $AC$ , директном (непосредном) сликом, за разлику од одбијене (посредне) слике  $s_2$  која настаје одбијањем зракова прво од површине живе  $JJ'$ , па потом тек од површине призмине стране  $BA$ . Зраци  $S_1 S_2$  треба при томе да задовољавају, првенствено, ова три услова:  $1^\circ$  да падају управно на површине страна призме  $AB$ , односно  $AC$ ;  $2^\circ$  да падају у вертикалну раван која пролази кроз оптичку осу дурбина

$PP'$ , и  $z^0$  да угао између правца зракова  $S_1, S_2$  и равни хоризонта буде раван углу призме  $i$ , код сеченице  $A$ .



Слика 1.

Примена поменутог принципа у астрономији омогућила је да се дође до неколико разних типова инструмената за ванмеридианска посматрања, т. ј. за посматрања пролаза звезда кроз један одређени, за све звезде исти алмукантар. Овим инструментима своде се посматрања, у главном, на примену Кањоли-Гаусове методе којом се одређују истовремено: висина звезда, географска ширина места и поправка времена — односно географска дужина места. Стога је разумљиво да је идеја о овој врсти инструмената била одмах прихваћена како у позиционој астрономији, тако и у геодезији. По астрономска посматрања имају ови инструменти нарочити значај због тога, што се непознати елементи одређују помоћу свега једне посматране количине — наиме, времена. Никакве инструментске константе (као нагиб осовина, колимација, флексија, азимут инструмента, грешке у подели кругова и. т. д.) не улазе у обзир при свођењу посматрања, нити имају икакво дејство на сама посматрања.

У једном ранијем раду <sup>\*)</sup>, изложено је било већ у чему састоји проблем методе једнаких висина. Ако се означе са  $\alpha$  и  $\delta$  координате звезде у систему екуатора, са  $\varphi$ ,  $z$  и  $t$  географска ширина места са кога се посматра, право зенитско отстојање звезде и локално звездано време у моменту кад звезда достигне отстојање  $z$ , познато је из сферне астрономије да међу тим подацима постоји ова једначина:

<sup>\*)</sup> Глас Српске краљевске академије, СХХVII, стр. 173—187.

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (t - \alpha) \quad (1)$$

$\alpha$  и  $\delta$  могу се у њој сматрати као одређене, познате вредности, нарочито ако се узму у обзир само основне звезде, из астрономских ефемерид. Остале три количине:  $z$ ,  $\varphi$  и  $t$  могу се одредити посматрањем трију звезда у моментима кад оне достигну исто право зенитско отстојање  $z$ . Тако ће се добити три једначине облика (1), из којих ће се моћи одредити три непознате:  $z$ ,  $\varphi$  и  $t$ . Ово је решење Кањоли-Гаусова проблема.

Али може се овај проблем поставити и другојачије. Треба само схватити право зенитско отстојање звезде као функцију свих осталих величина које долазе у (1). И ако ову диференцијемо, добићемо израз:

$$M d\alpha + N d\delta + P d\varphi + Q dt + dz + n = 0. \quad (2)$$

У њему су означене са  $M$ ,  $N$ ,  $P$ ,  $Q$  и  $n$  следеће вредности:

$$M = \frac{\partial(1)}{\partial\alpha} = \cos \varphi \cos \delta \sin (t - \alpha) = \sin z \sin A \cos \varphi$$

$$N = \frac{\partial(1)}{\partial\delta} = \sin \varphi \cos \delta - \cos \varphi \sin \delta \cos (t - \alpha) = \sin z \cos q$$

$$P = \frac{\partial(1)}{\partial\varphi} = \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos (t - \alpha) = -\sin z \cos A$$

$$Q = \frac{\partial(1)}{\partial t} = -\cos \varphi \cos \delta \sin (t - \alpha) = -\sin z \sin A \cos \varphi = -M$$

$n$  је позната количина; њену вредност дефинисали смо у поменутом раду (стр. 175),  $q$  је паралактички угао звезде у моменту посматрања.

Ако се претпостави, као у горњем случају, да су дате координате звезде  $\alpha$  и  $\delta$ , једначина (2) прелази у израз

$$P d\varphi + Q dt + dz + n = 0. \quad (3)$$

Или, унесемо ли у ову вредности за  $P$  и  $Q$ ,

$$\sin A \cos \varphi dt - \cos A d\varphi + dz + n = 0 \quad (3')$$

а ово је једначина (5) из поменута рада (стр. 175), у којој су непознате  $dt$ ,  $d\varphi$  и  $dz$ . Свака од посматраних звезда даје по једну овакву условну једначину из којих се, методом најмањих квадрата (или Кошиевом методом, или графичким путем), изналазе вредности непознатих. Тако се решава горњи проблем ме-

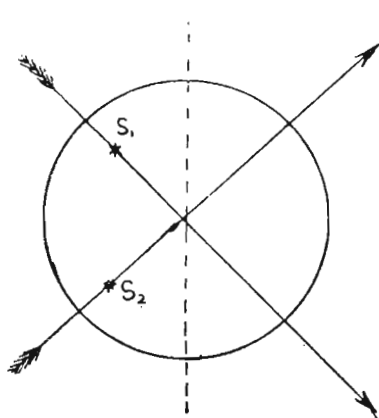
тодом једнаких висина. Решавање је основано — као што видимо — на претходном познавању довољно приближних вредности:  $\varphi_0$ ,  $z_0$  и  $t_0$ , чије се тачне вредности, наиме:

$$\varphi = \varphi_0 + d\varphi, \quad z = z_0 + dz, \quad t = t_0 + dt$$

изналазе одређивањем највероватнијих поправака  $d\varphi$ ,  $dz$  и  $dt$  из система условних једначина облика (3), односно (3'). За овако постављени проблем одређивања географских координата нашла је позициона астрономија право решење у методи једнаких висина, а прави инструмент за ову методу у астралабу са призмом.

Међутим ништа нас не спречава да у једначини (2) схватимо и саме количине  $\alpha$  и  $\delta$  као непознате; другим речима, да покушамо да искористимо методу једнаких висина — па, према томе, и астралаб са призмом — у циљу одређивања поправака координата основних звезда. То је, уосталом, покушавао већ Trümpler 1910 године. Ми се не можемо задржавати дуже овога пута на том проблему, али ћемо ускоро имати прилике да покажемо, у засебном раду, да он заслужује већу пажњу — што му је у астрономији до данас указивано.

Међу инструментима који би могли доћи у обзир за методу једнаких висина најпознатији је данас, и несумњиво најбоље разрађен астралаб са призмом Claude-а и Driencourt-а:



Сл. 2.

мање или више један према другом, према положају звезде:

он остварује напред поменути принцип на најједноставнији начин. Довољно је, наиме, да замислимо да се испред вертикалне стране  $BC$  призме (в. сл. 1) стави објектив астрономског дурбина  $PP'$ , чија је оптичка оса хоризонтална, па да се добије оно што сачињава суштину астралаба са призмом. У пољу вида овог дурбина појавиће се при посматрању звезде две слике. Услед дневна обртања Земље померају се ове у супротним правцима (в. сл. 2), нагнути

и посматрача. Тачка  $O$  у пољу вида, где се састају слике, одређује зенитско одстојање звезде  $z$ , или висину над хоризонтом која је равна углу призме  $i$  (урачунавајући овамо и рефракцију за ту висину). А моменат пролаза звезде кроз ту висину одређен је састајањем слика  $s_1$  и  $s_2$  (тачније се посматра мимолажење слика).

Колика се важност придаје овој методи и инструментима за посматрања једнаких висина звезда доказује то, што је при првом раду (1926 године) на интермондиалним лонгитудама астралаб са призмом учествовао на више основних тачака мреже. А за идућу међународну операцију на мерењу лонгитуда, која се има обавити у јесен 1933 године, предвиђа се на што већем броју тачака упоредан рад меридианских инструмената и инструмената за посматрање једнаких висина звезда, а специјално на астралабу са призмом.

Поставља се само ово веома важно питање: колика се тачност постиже овом методом посматрања и на овом инструменту? — Као прва и најглавнија замерка која је до сада чињена принципу инструмента сматра се то, што се пролази звезда одређују само једним бројем: бележењем времена кад се слике  $s_1$  и  $s_2$  састану (односно мимоиђу) у пољу вида. Јер, свака грешка која би се при томе учинила, уноси се сва у условну једначину звезде те, због тога, умањује знатно тачност резултата. У новије време констатовано је и то да, осим ових извора нетачности, прети резултатима посматрања на астралабу са призмом не мања опасност од посматрачевих личних грешака. Експериментима је утврђено, наиме, да сваки посматрач другојачије оцењује моменат састајања (коинциденције) слика, па чак и њихоз релативни положај; и то не само при кретању већ шта више, и у мирном положају (вештачки произведених слика). Овим замеркама и експериментима морало је донекле бити поколебано уверење, да се уопште може на поменутом принципу основати нова метода посматрања и остварити нов инструмент, којима би се повећала досадања тачност астрономско-геодетских посматрања.

Поводом тога одлучиле су Интернационалне Уније за Астрономију и Геофизику-Геодезију да, напоредо са организацијом сарадње на одређивању интермондиалних лонгитуда (већ 1926 године, а нарочито идуће) која се има извршити 1933 године, ставе на дневни ред и проблем прецизије метода и инструме-

ната позиционе астрономије уопште, а специјално оних који служе за одређивање географских координата, истичући међу овима методу једнаких висина.

### Анализа особина и тачности познатих инструмената.

Одабраћемо у првом реду, између доста великог броја инструмената ове категорије, оне само који су основани на принципу изложеном у почетку овога рада, т. ј. инструменте типа астролаба са призмом. Расмотримо њихове битне особине, затим питања и степен прецизије која се на њима постиже, с обзиром и на инструмент и на посматрача и, најзад, указаћемо на појединости које сматрамо као недостатке инструмената.

О астролабу са призмом, каква га данас познајемо, није готово ни потребно да овде говоримо. Једно зато што је он већ доста распрострањен и познат, а друго, зато што би тешко било казати више но што су о теорији овог инструмента написали Claude и Driencourt<sup>1)</sup>. Можемо споменути да је данашњи тип астролаба са призмом, модел S. O. M., трећа етапа у његову усавршавању. О његовим особинама, као и о степену тачности који је у стању да постигне, имао сам прилике да се лично упознам, 1924—25 године, када ми је била поверена — као астроному Опсерваторије у Ници — организација рада мисије Helbronner-Fayet-Michkovitch, која је имала за циљ везивање источних Алпа за Корзику, преко Поркерола. Овде ћу само допунити ту студију са неколико важнијих примедба о особинама овог инструмента.

Напред је већ било речено да се принципу овог инструмента чине у главном две замерке: прво то што се свако посматрање оснива на једном једином броју; друго, што је доказано да у посматрању игра важну улогу посматрачева лична грешка. Две значајне примедбе могу се уз то учинити и начину како је конструисан инструмент. Прва је у томе што је инструмент састављен из два засебна дела, чији се узајамни ставови тешко могу контролисати у току посматрања. Друга се примедба односи на општу нестабилност инструмента, коју још појачава та околност што посматрач, за време рада, кадгод хоће да доведе дурбин у став за посматрање, покреће инстру-

<sup>1)</sup> Description et usage de l' Astrolabe à prisme. Gauthier-Villars, 1910

мент хватајући за сâм дурбин, за који су везани сви битни елементи — *чији би став имао да остане непромењен за све време посматрања*. Отуда се често појављују необјашњива отступања у појединачним резултатима и код најискуснијих посматрача.

1910 године покушао је Trümpler<sup>1)</sup>, тада астроном на опсерваторији у Гетингену, да усаврши астролаб са призмом, тако да омогући више посматрања исте звезде. Ово је мислио да постигне на тај начин, што је ставио у жижну раван дурбина мрежу са неколико (5) хоризонталних кончића, поређаних приближно на истим одстојањима симетрично (по 2) с обе стране хоризонталног пречника-кончића поља вида. Тиме је успео да добије посматрањем, за сваку звезду, по три пара пролаза, из којих је изводио са већом тачношћу тражени моменат мимоилажења слика. За методу једнаких висина од великог је значаја да се овде спомене, да је Trümpler вршио ове експерименте са циљем да утврди, са којом би се тачношћу дали одредити положаји  $\alpha$  и  $\delta$  основних звезда на астролабу са призмом. Значи, дакле, да се тада већ помишљало на могућност да се инструмент овог типа подигне на висину и до тачности меридианских кругова. Резултати до којих је Trümpler дошао потврђују у доста јакој мери тачност овог гледишта, ма да је број посматрања био релативно мали, а да би се могло ишта поузданије закључити. Но ипак се види да, док на обичном астролабу са призмом средња грешка једног посматрања износи  $\pm 2''$ , ова је сведена код Trümpler-а на  $\pm 0'',52$ . Иста тако, при одређивању географске ширине, постигнута је тачност резултата  $\pm 0'',2$ , док се на обичном астролабу сматра да она износи  $\pm 0'',4$ .

Имало би само да се испита, да ли је Trümpler-ов диспозитив био довољно обезбеђен од систематских грешака, како инструментских, тако личних. Што се тиче ових последњих, аутор је испитао детаљно једначину сјаја, и нашао је да се пролази сјајнијих звезда посматрају систематски *раније* (други члан ове једначине не морамо овде ни узимати у обзир). Није уопште одређивао праву личну једначину посматрачеву у одређивању момента пролаза звезде иза кончића, што је код овог

<sup>1)</sup> Bestimmung fundamentaler Sternörter aus Höhendurchgangsbeobachtungen. — Nachr. der K. ges. der Wiss. zu Göttingen — 1913.

инструмента веома важно и што је свакако требало учинити. Јер, док код меридианских посматрања утиче само брзина кретања звезде кроз поље вида, код астролаба има утицаја на тачност посматрања, поред брзине, и правац кретања слика. Уопште штета је, да аутор није покушао да упореди своја посматрања са резултатима истовремених посматрања на другом неком, познатом инструменту и са другим посматрачем.

Врло је мало испитивано дејство инструментских систематских грешака. На првом месту, не види се из описа како се постиже хоризонталност кончића; а ово је несумњиво најважнији елемент — суштина диспозитива. Каже се само: «нагиб кончића дотериван је био у почетку посматрања тако, да се, с обзиром на мало отступање тачака пролаза звезда од средњег кончића, не мора никаква поправка вршити». Лако је, међутим, увидети да ће ово бити тачно само у том случају, *ако су кончићи паралелни и хоризонтални*.

Друга тешкоћа на коју је наишао овај диспозитив лежи у томе — како се и из описа види — што инструмент не остаје апсолутно непокретан за време пролаза звезде кроз поље вида: посматрач је приморан да враћа дурбин за пролаз звезде кроз сваки поједини кончић. А ова операција, прво знатно отежава рад посматрачу, друго, несумњиво умањује тачност посматрања. У толико пре што је у питању не само потребна стабилност дурбина, него и јасност друге слике која се ствара одбијањем са живине површине и која не допушта ни најмањи покрет.

Према томе, може се као закључак ове анализе рећи поуздано само толико, да Тümpfer-ов диспозитив служи као један доказ више за то:

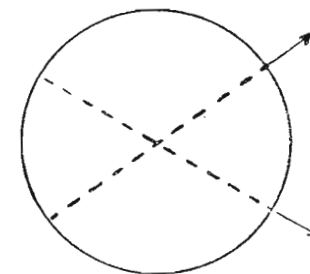
1. да се од методе једнаких висина може очекивати иста тачност коју дају меридиански кругови;
2. да се астролаб са призмом може усавршити у том смислу, а да се при том не жртвује ниједна од предности принципа на коме је он основан.

1923—4 године, R. Baillaud<sup>1)</sup> дошао је на идеју да се послужи небеском фотографијом за посматрања једнаких висина. Уз помоћ Француске Академије наука и Bureau des Longitudes-a, успео је да конструише истовремено два модела фотографског

<sup>1)</sup> Détermination de l'heure au moyen de l'instrument photographique des hauteurs égales. — Thèse. 1923.

астролаба са призмом: већи је имао дурбин од 1,9 м. жижне даљине и фотографски објектив од 0,18 м. отвора; други је био нешто мањи. Идеја инструмента се састојала у овом. Ако се у фокалну раван дурбина стави фотографска плоча, па ова изложи за време пролаза звезде кроз поље вида, добиће се на плочи трагови обеју слика звезде, као праве линије које се секу на месту и у моменту кад звезда достигне висину равну углу призме  $i$ . Да би се могао одредити моменат укрштања слика, ставио је аутор испред плоче покретни заклон, у виду синхронизована клатна које је, наизменично, један секунд заклањало, један секунд откривало плочу. На тај начин траг звезде добивао је изглед приказан у сл. 3.

Но ма да је идеја изгледала на први поглед не само изводљива но и доиста без замерке, добивени резултати на инструменту нису дали оно што се очекивало. Истовремена упоредна посматрања са меридианским кругом показала су да инструмент крије у себи изворе систематских грешака, чије је дејство износило —  $0^s,07$ . Покушаји да се ова грешка објасни, или уклони, остали су безуспешни. Уз то је још констатовано да инструмент и метода посматрања на њему не задовољавају потпуно принцип једнаких висина ни у осталим појединостима. Прво, увођењем фотографије ограничава се избор звезде само на сјајније од једне одређене привидне величине  $m = 3,4—3,6$ ; а то значи на релативно веома мален број звезде у току једне вечери. И, да би се добио низ од 12—15 звезде, колико је неопходно потребно, морају се посматрања продужити на 4—6 часова рада. Затим, превелике димензије главних делова инструмента, као стаклене призме која је била тешка више кг., дужина металне цеви хоризонталног дурбине, дотеривање осовина инструмента и несталност њихових положаја били су такође повод бојазни од систематских грешака.



Сл. 3.

## Нови имперсонални астролаб са призмом.

Опис и анализа главних особина.

Под имперсоналним микрометром уопште подразумева се у астрономији диспозитив који омогућује да се аутоматски региструје посматрање једне временске појаве, као што је пролаз звезде кроз одређену тачку поља вида дурбина. Посматрачева функција састоји се, у том случају, само у контроли да се ток појаве што верније прати и региструје. Из чега се састоји сам диспозитив, то можемо претпоставити да је познато. Напоменућемо само да постоје две битно различите врсте оваквих диспозитива. Код Репсолдовог, или немачког имперсоналног микрометра врши улогу посредника за регистровање појаве опсерваторова рука. Код француског типа, међутим, опсерватор само контролише и поправља диференцијалом функцију мотора, који овде служи као посредник између појаве и њеног посматрања. За имперсонални инструмент о коме је овде реч употребљен је овај други тип.

У идеји овог новог инструмента, треба истаћи као најважнију његову особину, на првом месту, то да је у њему потпуно сачуван основни принцип методе једнаких висина. Све предности Кањоли-Гаусове методе дају се њиме искористити, а нарочито хомогеност у посматрању, уколико се посматра само време т. ј. моменат пролаза звезде кроз дато зенитно отстојање. Његове главне карактеристике сачињавају:

1°. Потпуна стабилност инструмента, за разлику од досадањег начина схватања о њеној важности у овом случају. Пошто, вероватно из обзира што су ове категорије инструменти намењени и геодетским мерењима, а не само астрономским посматрањима у Опсерваторијама, конструисани су досада ови инструменти искључиво малих димензија и врло мале тежине. Специјално ова друга чињеница морала је несумњиво имати негативног утицаја на добре особине инструмента; нарочито ако се дода, да се при раду инструмент поставља (обично, при теренским радовима) на дрвени треножац, и да посматрач рукује инструментом преко самог дурбина.

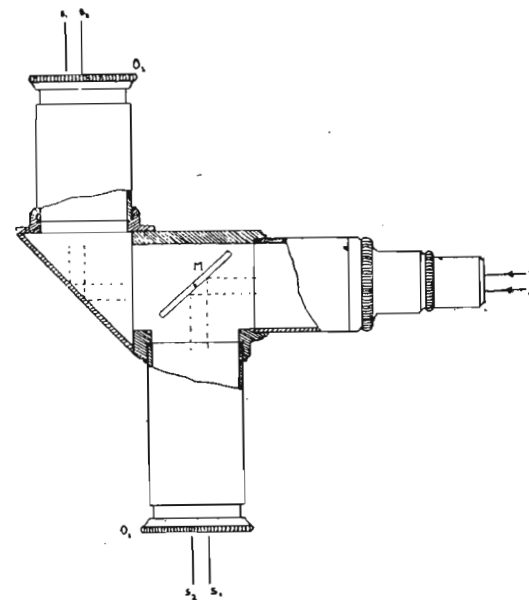
2°. На инструменту је омогућено да се добије, при сваком посматрању једне звезде, онолики број појединачних момената (контакта) колико посматрач жели, или сматра за потребно.

3°. Поред имперсоналног диспозитива, остављена је могућност посматрачу да моменат мимоилажења слика посматра и забележи било методом ока и уха, било пак методом ока и руке ако се уведе хронограф.

4°. Дурбин инструмента предвиђен је са два окуларна (намештених под углом од  $90^\circ$  или  $180^\circ$  (в. сл. 4), те је тиме омогућено да два опсерватора раде једновремено, потпуно независно један од другог и имперсоналном и обичном методом (било методом ока и уха, или ока и руке).

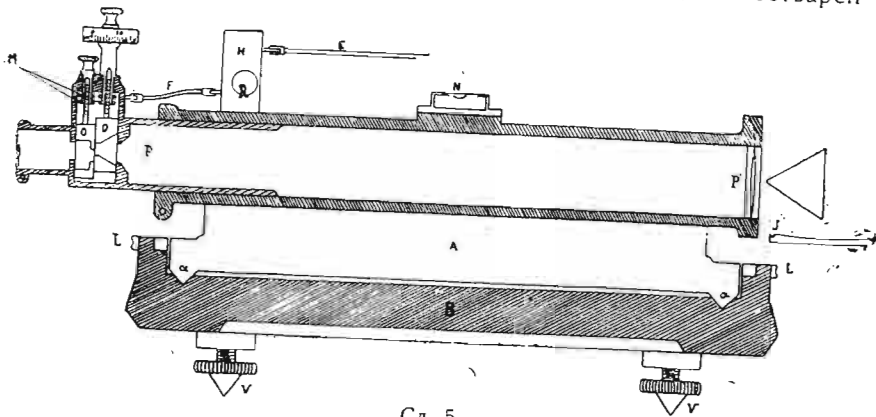
Познато је да се, као први услов који имају да задовоље инструменти позиционе астрономије, сматра стабилност њихова. Међутим, док се код меридианских и других инструмената (као: вертикални круг, зенитни телескоп, па и универзални и пасажни инструменти) поклањала одувек овом услову нарочита пажња, код астролаба са призмом било је досада питање стабилитета готово потпуно занемаривано. У овом погледу, нови имперсонални астролаб претставља несумњиво велики напредак, како по стабилности инструмента тако и по непроменљивости битних, геометријских и оптичких елемената.

Инструмент је састављен (в. сл. 5) из два главна, масивна дела  $A$  и  $B$  и цеви дурбина  $PP'$ ; сва три ова дела спојена су чврсто у једну целину, — док су сви досадањи модели били састављени из два и три за себна дела. Доња плоча  $B$ , постављена је на три завртња  $V$ , који служе само за приближно дотеривање инструмента у хоризонталан став. Овај део инструмента остаје непокретан, а има за циљ да обезбеди, с једне стране, непроменљивост ставова осталих делова, с друге стране,



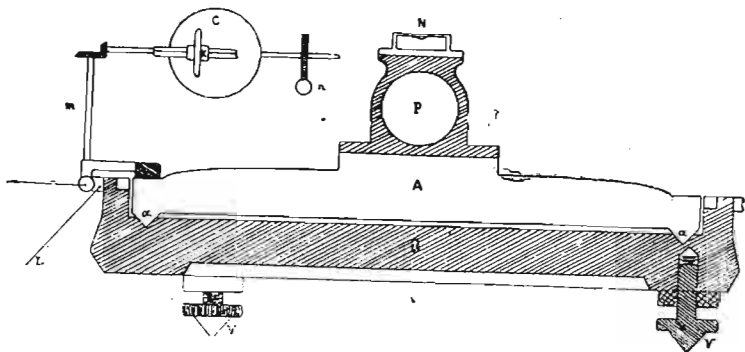
Сл. 4.

равномерност кретања покретних делова. Тога ради плоча је израђена масивно; а спсј са горњим, покретним делом остварен



Сл. 5.

је преко кружног уреза, у који улеже кружни клин  $\alpha$ , изрезани из масе плоче А.



Сл. 6.

Да би се могао извршити при пролазу сваке звезде кроз поље вида дурбина већи број посматрања (на моделу којим је аутор радио добивало се до 40 контакта у једном смислу), стављен је у жијну раван објектива покретни рам са два врло блиска паралелна, хоризонтална, покретна кончића чије је кретање везано за инперсонални микрометар. На тај начин сведено је посматрање звезде на регистровање произвољног броја момената у које, рецимо, прва слика  $s_1$  заузима извесне положаје у пољу вида *непосредно пре пролаза кроз дати алмукантар*. За сваки од ових положаја добиће се посматрањем по једна

вредност часовног угла  $t_n$ . Заустављајући се у посматрању инперсоналним микрометром неколико секунда —  $5^s$  до  $6^s$  — пре пролаза звезде кроз дати алмукантар, може опсерватор извршити посматрање самог пролаза кроз алмукантар једном од обичних метода (ока-уха или ока-руке). После пролаза звезде кроз алмукантар — или после мимоилажења слика — наставља се инперсоналним микрометром посматрања друге слике  $s_2$  која се креће у супротном смислу, док се не добије, за одговарајуће положаје ове слике, исти број вредности  $t_n$ , као и за слику  $s_1$ .

За сваку овако посматрану звезду моћи ће се одредити из регистрованих вредности момената  $t_1, t_2, \dots, t_n$  и  $t'_1, t'_2, \dots, t'_n$ , пре и после пролаза кроз алмукантар, једна вредност  $t$ : то ће бити време њена пролаза кроз дати алмукантар. Непосредним одређивањем момента пролаза једном од познатих метода добиће се, опет, за исти тај момент, рецимо, вредност  $\tau$ . Усвоји ли се да је тачност овог оцењивања на астролабу са призмом обрнуто пропорционална вертикалној компоненти релативне брзине слика  $s_1$  и  $s_2$  у пољу вида, разликом  $\frac{\tau - t}{\sin A}$ , где је  $A$  азимут посма-

тране звезде, дефинисана је посматрачева лична грешка — *под претпоставком да је  $t$  доиста инперсонална количина*.

Означимо овако нађену разлику са  $E_0$  и назовимо је «апсолутном» посматрачевом личном грешком.  $E_0$  била би у ствари апсолутна лична грешка, кад би инперсонални микрометар био доиста инперсоналан. Али — како изгледа — није то случај: ни ови диспозитиви нису без систематских личних отступања, те се  $E_0$  има због тога друкчије узети.

Али, с друге стране, тиме што су предвиђена на дурбину два окуларна, створена је могућност да два лица посматрају једновремено исту звезду, на истом инструменту, под истим околностима. Те ако се претпостави да посматрачи раде и инперсоналним микрометром и методом ока и уха у тренутку мимоилажења слика, лако се даје видети шта ће се моћи у том случају добити. Ако се, наиме, означе са  $t_a$  и  $t_b$  бројеви које добију, за исту звезду, два посматрача А и В инперсоналним начином, а са  $\tau_a$  и  $\tau_b$  бројеви које добију обичном методом, моћи ће се из ових известити:

1. релативна лична грешка једног посматрача према другом:

$$\tau_a - \tau_b = E_r$$



2. «апсолутна» лична грешка свакога од њих:

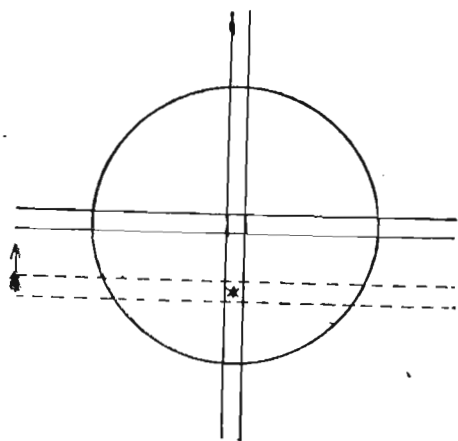
$$\tau_a - t_a = E_a, \quad \tau_b - t_b = E_b$$

3. најзад, моћи ће се проверити, да ли је

$$E_a - E_b = (\tau_a - t_a) - (\tau_b - t_b) = (\tau_a - \tau_b) - (t_a - t_b) = E_r$$

т. ј. да ли је  $t_a - t_b = 0$ , како би требало да буде *ако је диспозитив стварно инперсоналан*. И у том случају би бројеви  $E_a$  и  $E_b$  били апсолутне личне грешке дотичних посматрача.

Но и без обзира на то, да ли је диспозитив инперсоналан или подлежи утицају систематских личних грешака, корисно је заменити један хоризонтални кончић паром блиских, паралелних кончића. Посматрање би се састојало у овом случају у управљању инструментом тако, да се слика звезде одржава што је тачније могуће у средини малог квадрата (в. сл. 7), који се



Сл. 7.

добива на пресеку хоризонталних и вертикалних парова кончића. Овим би се постигло, прво, то да се отклони опасност од систематске грешке у бисекцији слика. Јер је утврђено да извесна лица имају склоност да кончић стављају систематски нешто мало *испред* звезде, друга опет систематски нешто мало *иза* звезде. Осим тога, избегавајући бисекцију звезде, отклања се у исти мах дејство систематских грешака, опет личне природе, коју проузрокују разлике у сјају звезде.

Додирнућемо овде у неколико речи само склоп и функцију микрометра. У главним цртама оне се не разликују од познатих микрометара, какве их налазимо на обичним инструментима позиционе астрономије. Вертикално кретање рама са хоризонталним кончићима производи мали електрични мотор  $1/25$  HP (110V) типа Ragonot-Malakoff а преноси га еластична (витка) трансмисија, — како би се избегло и најслабије тре-

перење дурбина. Из овог разлога и мотор се ставља на засебно постоље, потпуно изоловано од стуба на коме стоји инструменат. Одговарајућа брзина при кретању рама постиже се *приближно* отпорником, али ову брзину посматрач мора поправљати диференцијалом, што тачније може, за све време посматрања, *према брзини кретања звезде*. За смисао кретања рама (на више, или на ниже) предвиђена је изнад микрометарског завртња ручица за пребацивање (на лево, одн. на десно) тако да се ова операција обавља готово тренутно. Точкић за контакте смештен је као и у обичним микрометрима.

Овим би биле обухваћене, у главном бар, све важније појединости на инструменту у колико се оне односе на систематске личне грешке. Остају да се испитају функције појединих органа, начини како се они дотерују да испуњавају услове методе и, најзад, инструментске грешке у колико ових буде било.

На инструменту овог типа морају бити испуњени — као што је познато — следећи услови:

1°. Оптичка оса дурбина  $PP'$  треба да стоји управно на вертикалној оси инструмента, око које се дурбин покреће;

2°. Призма мора бити постављена тако да јој сеченица  $A$  буде стално хоризонтална;

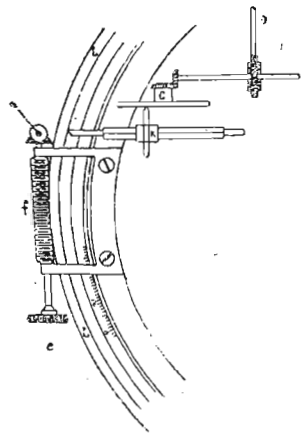
3°. Страна призме пред објективом дурбина мора стајати управно на оптичкој оси дурбина.

Поступци којима се остварују ови услови потпуно су идентични онима са којима се оперише и на обичном астролабу са призмом. На новом инструменту усавршено је дотеривање инструмента у хоризонтални став, пошто је од битног значаја *да се укрштање (мимоилажење) слика у пољу вида догађа стално на истој хоризонталној линији*. Ово је најделикатнији, а и најдужи посао који се има обавити што прецизније, пре но што се инструменат употреби за посматрања. Довођење инструмента у тај став постиже се постепено, дејствујући наизменично: прво, на део код окулару којим је причвршћен микрометар за цев дурбина — обртањем тог дела око оптичке осе, — друго, на један нарочито за то предвиђен завртањ којим се дотерује положај призме — док се не оствари такав став, да се мимоилажења слика догађају стално дуж исте праве — *и то кроз цело поље вида*, а не само у његову средишту. Тек пошто се

утврди да инструмент испуњава овај услов, и то за све азимуте, може се приступити посматрању.

Врло је важно, међутим, да се нарочито истакне да хоризонталност самих кончића нема ипак утицаја на посматрања. Другим речима, кад би се могао *инструмент* довести у такав став, да се мимоилажења слика догађају на истој хоризонталној линији у свима азимутима, никаква утицаја не би имало на тачност то, да ли су сами кончићи тачно хоризонтални или не. Да би се ово омогућило, предвиђено је да се азимутска компонента померања слика кроз поље вида пренесе на дурбин инструмента за време док траје посматрање. Тако, дакле, да се на новом инструменту слике звезда крећу *само* у вертикалном правцу, у простору између вертикалних кончића. Према томе се и мимоилажења слика дешавају само у једној тачки поља вида, *стално истој за све звезде*.

Са конструктивне тачке гледишта, ово је остварено тако, што је инструменту додат нарочити диспозитив (в. сл. 8) који се састоји из следећих делова:



Сл. 8.

пренос обрта вертикалне осе  $m$  на хоризонтални завртња без краја  $f$ . Пренос кретања изведен је помоћу система демултипликационих малих завртња, тако да су омогућене и најмање брзине у померању дела  $A$ .

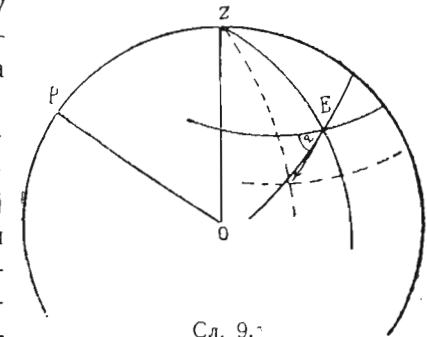
3°. На другом крају осовине завртња  $f$  налази се тачкић  $e$

1°. Из једног прстена око доњег, непокретног дела  $L$  инструмента (в. сл. 5.). Један мали сектор његове периферије изрезан је у виду матице која има да прими завртња без краја  $f$ . Прстен  $L$  се може причврстити за непокретни део  $B$  једним бочним завртњем (који на слици није могао бити назначен).

2°. Из једног завртња без краја  $f$ , који је чврсто везан за покретни део инструмента  $A$ , а чији завоји улежу у поменути матицу на прстену  $L$ . Један крај (на слици горњи крај) осовине завртња  $f$  израђен је у виду коничног завртња  $m$ , који служи за

јако би, у случају потребе, могао посматрач за време посматрања вршити диференцијалне поправке брзине аутоматског азимутског кретања.

Ово кретање горњег дела инструмента производи мали електрични мотор, у свему идентични оном ранијем што служи за покретање рама са кончићима у микрометру. Брзина кретања подешава се опет отпорником, за сваку звезду посебно, на основу унапред израчунатих вредности азимутске компо-



Сл. 9.

ненте брзине, изражених у јединицама поделе на отпорнику. Довољно је, наиме, да приметимо да је привидна брзина  $v$  звезде у сваком моменту претстављена тангентом на паралел, управљеној ка западу. Означимо са  $v_z$  и  $v_a$  њене пројекције на вертикални круг, односно на алмукантар звезде  $E$ . Ако дефинишемо као јединицу привидне брзине брзину једне екваторске звезде, брзина ма које звезде, чија је деклинација  $\delta$ , биће  $v = \cos \delta$ . А приметимо ли да је угао између брзина звезде и алмукантара раван паралактичком углу звезде,  $q$ , који ћемо рачунати од  $0^\circ$  до  $360^\circ$  идући од севера ка истоку, добићемо за апсолутне вредности компонената:

$$v_z = \cos \delta \sin q$$

$$v_a = \cos \delta \cos q.$$

Нас нарочито интересује компонента  $v_a$ : и видимо да се она може унапред одредити, онако исто као што се унапред одређује и азимут у коме посматрамо звезду.

Да видимо сад, које би инструментске систематске грешке могле доћи у питање при овако изведеним саставним деловима инструмента. Од три основна услова (в. стр. 17.) које инструмент има да задовољи, први је конструктивне природе, и има да се испита само — пре но што се апарат уопште стави у службу — да ли је испуњен, или не; ако није, да се конструктивно поправи.

Други се остварује постепеним дотеривањем призме у став

који треба: *помоћу слика звезде*; тако, дакле, да се овај став може при сваком посматрању проверити и, у случају промене, дотерати. Али је вероватност ових промена веома незнатна, пошто је на овом инструменту призма учвршћена у свом лежишту, са два завртња и две опруге које дејствују у супротним правцима.

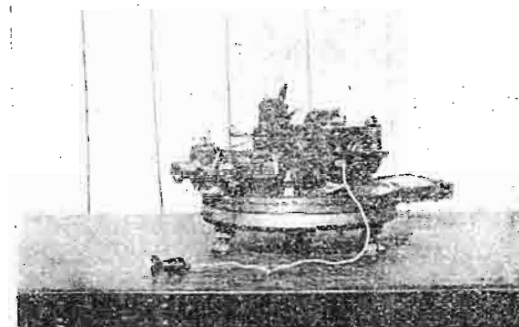
Трећи услов проверава се аутоколимацијом, помоћу нарочитог окулара за ту сврху. Код обична астралаба овај услов најтеже се обезбеђује од промена у току рада, пошто је инструмент недовољно чврсто постављен и, што је још опасније, за све време рада посматрач хвата за дурбин, за који је и призма учвршћена. На овом инструменту је призма нарочито учвршћена, а осим тога посматрач нема потребе да хвата за цев дурбина приликом прелаза из једног у други азимут.

Зауставићемо се за тренутак да побројимо операције које посматрач има да обави у току посматрања једне звезде. Пошто је претходно проверио да ли сви органи инструмента задовољавају потребне услове, ставља се дурбин у азимут звезде која треба да се посматра и отпорници за азимутско и вертикално кретање на одговарајуће поделе брзина. Затим се, микрометарским завртњем, доведе хоризонтални пар кончића у горњи, или доњи крај поља вида, према томе са којом сликом посматрач жели да почне посматрање. Чим се звезда појави у пољу вида, стављају се у покрет оба мотора; одмах, затим, точкићем  $e$ , ставља се слика звезде у простор између вертикалних кончића. Потом, ручицом пребацивача над микрометром у моменту кад слика звезде доспе у квадрат кончића, ставља се у покрет хоризонтални пар кончића. Од тога момента по, сматрач успоставља везу између кретања микрометра и хронографа. И, преко точкића  $R$  диференцијала, одржава стално, што боље може, слику звезде у средини квадрата кончића (в. сл. 6). 5—6 секунда пре састанка слика зауставља кретање хоризонталних кончића, и изврши посматрање мимоилажења слика обичном методом. Чим друга слика звезде стигне у квадрат кончића, ставља пребацивачем поново у кретање пар хоризонталних кончића, али у супротном смислу и прати слику звезде, док не добије исти број контакта као и за прву слику. Тиме је завршено посматрање *једне* звезде.

Ова два модела овог инструмента које сам успео да конструишем, на другом су испитане биле особине и степен тач-

ности које овај инструмент (в. сл. 10.) може да да. Да би се добила само идеја о томе шта се може очекивати од ванмеридианских посматрања овим инструментом, изнећемо овде бројне резултате једне редуковане серије посматрања.

Посматрање је вршено хронометром са полусекундним електричним контактима, на Опсерваторији у Ници у Јуну 1925 године. У следећој табlici, у појединим колонама, скупљени су



Сл. 10.

ови подаци:  $m$  привидна величина звезде,  $A$  азимут у коме је звезда посматрана,  $q$  паралактични угао,  $N$  број парова усвојених контакта,  $Sp$  изведена вредност непознате поправке хронометра (количина означена са  $x$  у условним једначинама).

Редни број	Име звезде	$m$	$A$	$q$	$N$	$Sp$
1	46 Leonis min	3,9	265°,2	28°,9	18	+ 0°,157
2	$\nu$ Ursae maj.	3,7	262,7	30,6	20	+ 0,145
3	$\epsilon$ Coronae bor.	4,2	113,3	41,8	20	+ 0,141
4	$\psi$ Ursae maj.	3,2	287,3	13,0	24	+ 0,115
5	$\chi$ Ursae maj.	3,8	294,0	7,9	20	+ 0,113
6	$\beta$ Comae	4,3	249,8	39,6	16	+ 0,153
7	$\alpha$ Can. venat.	2,9	274,4	22,5	20	+ 0,117
8	$\xi$ Herculi	3,8	107,7	37,9	18	+ 0,001
9	$\alpha$ Lyrae	0,1	85,7	22,6	20	+ 0,164

Сматрајући изведене бројеве  $C_p$  једнаке тачности, добијају се: за средњу квадратичну грешку једног изолованог броја  $C_p$  вредност  $\epsilon_s = \pm 0^s,025$ , а за средњу квадратичну грешку резултата  $\epsilon_m = \pm 0^s,008$ . За овај провизорни модел и овако релативно мали низ посматраних звезда, ови су резултати неоспорно задовољавајући. Поред тога, остављају јасан утисак да би се, са брижљиво израђеним дефинитивним моделом, могла постићи кудикамо већа тачност, што би, за позициону астрономију, а уједно и астрономску геодезију, значило данас врло много.

## Sur un instrument impersonnel genre astrolabe à prisme.

Par

V. V. MICHKOVITCH.

(Résumé).

L'instrument dont on trouve ici la description est celui que nous avons imaginé et réussi à en réaliser un premier modèle, par nos propres moyens, en 1924. Les résultats d'observations obtenus à ce modèle, ainsi qu'une description sommaire relative à ce dispositif improvisé furent publiés dans les C. R. t. CLXXVIII p. 2167. Les études poursuivies depuis, ainsi que les résultats de plusieurs soirées d'essai obtenus avec un deuxième modèle, perfectionné, ayant été satisfaisants et encourageants, nous avons entrepris, en 1925, la construction d'un modèle définitif d'un instrument à hauteurs égales et à micromètre impersonnel. La présente note donne la description et l'analyse des parties essentielles, ainsi que les résultats d'une série complète d'observation.

Les principales caractéristiques du nouvel instrument peuvent être ainsi résumées:

- 1) En conservant les avantages de la méthode des hauteurs égales et du principe de l'astrolabe à prisme, on a amélioré les conditions de stabilité et perfectionné le maniement de l'instrument pendant les observations.
- 2) En vue d'augmenter le nombre d'observations d'une même étoile, on a doté l'instrument d'un micromètre impersonnel, mû par un petit moteur électrique. Mais, néanmoins, l'observateur peut aussi effectuer de chaque étoile les observations visuelles par les méthodes habituelles.
- 3) Pour l'étude de l'équation personnelle, l'instrument est muni de deux oculaires entièrement indépendants l'un de l'autre,