

# КОСМОГРАФИЈА

ЗА ШЕСТИ РАЗРЕД СРЕДЊИХ ШКОЛА

са 129 слика у тексту, једном спектралном таблицом  
и две карте сазвежђа.

НАПИСАО

**Др. В. В. Мишковић**

професор Универзитета, управник Астрономске Опсерваторије  
у Београду.

Овај уџбеник препоручен је од Главног Просветног Савета решењем  
СБр 836 од 2 јула 1931 г. и одобрен одлуком Господина Министра  
Просвете СнБр. 23106 од 18 јула 1931 г., за употребу у средњим  
школама.

БЕОГРАД

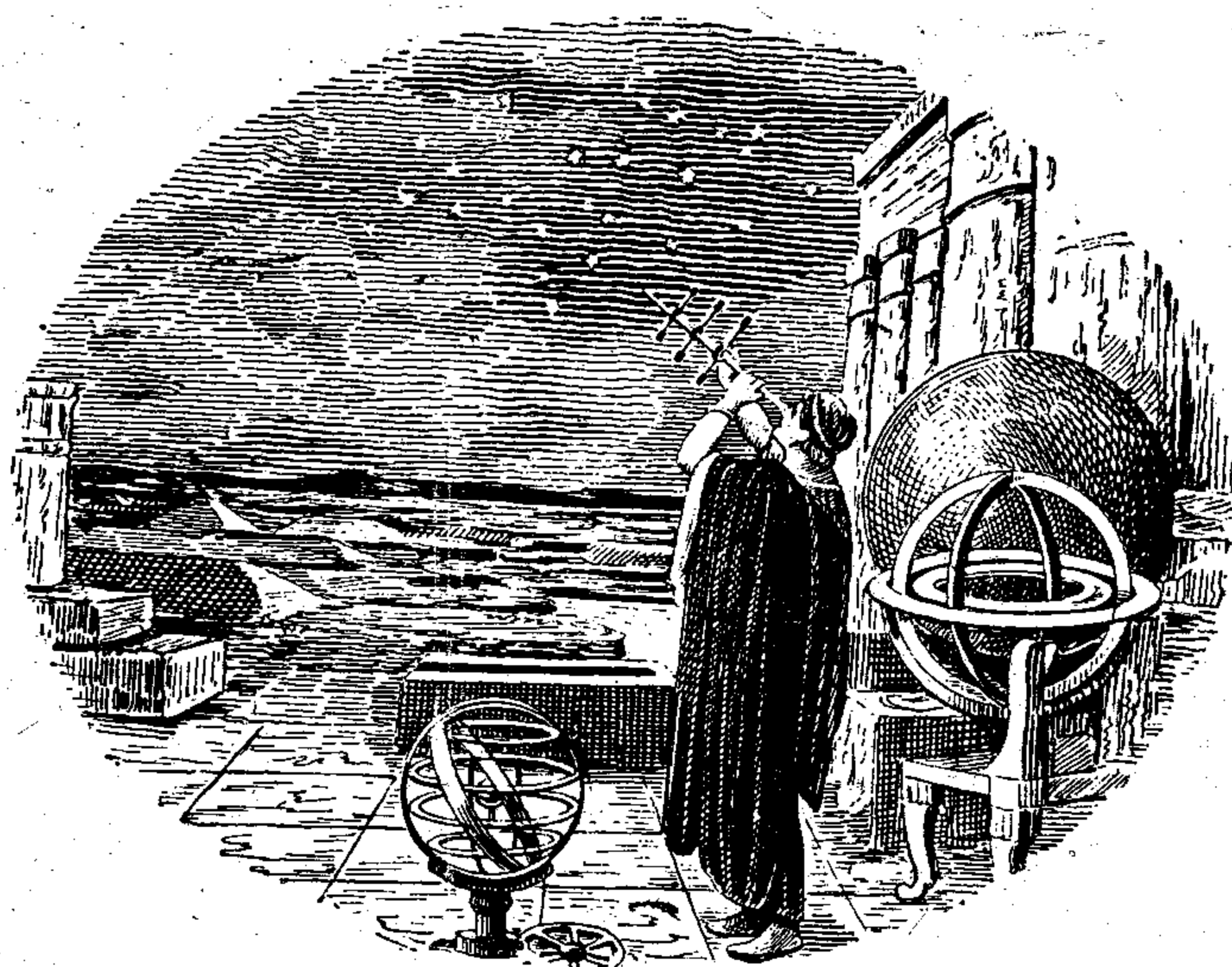
1931.

Извршио М. Г. Кобаљов, Поенкареова, 42, Београд.  
За штампарију „Слово“ власници И. Попов и А. Бољшаков.  
Београд — Престолонаследников трг 28

„Астрономија је корисна јер нас она уздиже изнад нас самих; она је корисна јер је велика: она је корисна јер је лепа; она нам је показала како је човечје тело ситушно, а како је велики дух његов.... Астрономија нам је прва показала да постоје закони; она нам је дала душу способну да схвати Природу“.

ГРЧКА АЗБУКА.

Редни број	Велико слово	Мало слово	Назив
1	Α	α	алфа
2	Β	β	бета
3	Γ	γ	гама
4	Δ	δ	делта
5	Ε	ε	епсилон
6	Ζ	ζ	дзета
7	Η	η	ета
8	Θ	θ	тхета
9	Ι	ι	јота
10	Κ	κ	каппа
11	Λ	λ	ламбда
12	Μ	μ	ми
13	Ν	ν	ни
14	Ξ	ξ	кси
15	Ο	ο	омикрон
16	Π	π (ω)	пи
17	Ρ	ρ	ро
18	Σ	σ	сигма
19	Τ	τ	тау
20	Υ	υ	ипсилон
21	Φ	φ	фи
22	Χ	χ	хи
23	Ψ	ψ	пси
24	Ω	ω	омега



# КОСМОГРАФИЈА.



**Задатак Космографије.** — Космографија \*) нас упознаје са основима науке о небеском своду, о небеским телима, њиховим положајима на небеском своду, даљинама, привидним и правим кретањима, њиховом саставу и условима који на њима владају.

\*) Сложена грчка реч од космос = свет и графо = пишем, описујем.

## I. ДЕО

### ПРИВИДНА КРЕТАЊА НА НЕБЕСКОМ СВОДУ.

**1. Небо. Хоризонт.** — Са отворене пољане, или са мирне морске пучине далеко од обале, кад погледамо унаоколо и изнад себе, добијамо утисак да стојимо на равној површини кружна облика, у средишту огромне полулопте, која се свија над нама и састаје у даљини са равни на којој се налазимо. Ову полулопту која нам дању, по ведром времену, изгледа плаве боје, а у ведрој ноћи тамне, зове се *небо* или *небески свод*. Раван (део Земљине површине) која се око нас простире, на којој стојимо, зове се наш *видик*; а кружна линија у којој нам се чини да небо додирује видик зове се наш *природни хоризонт*. — Кружну линију, у којој раван повучена у мислима кроз посматрачево око сече небески свод, зваћемо његов (посматрачев) *привидни хоризонт*.

Исти изглед имали бисмо ма са којег другог места на Земљи, кад не би било брда, шума, зграда, разних високих предмета, а каткад и облака који нам заклањају један део хоризонта. Због ових узвишења и препрека, видик није свагда равна површина; природни хоризонт није за свако место на Земљи правилна кружна линија, нити је њен обим исте величине.

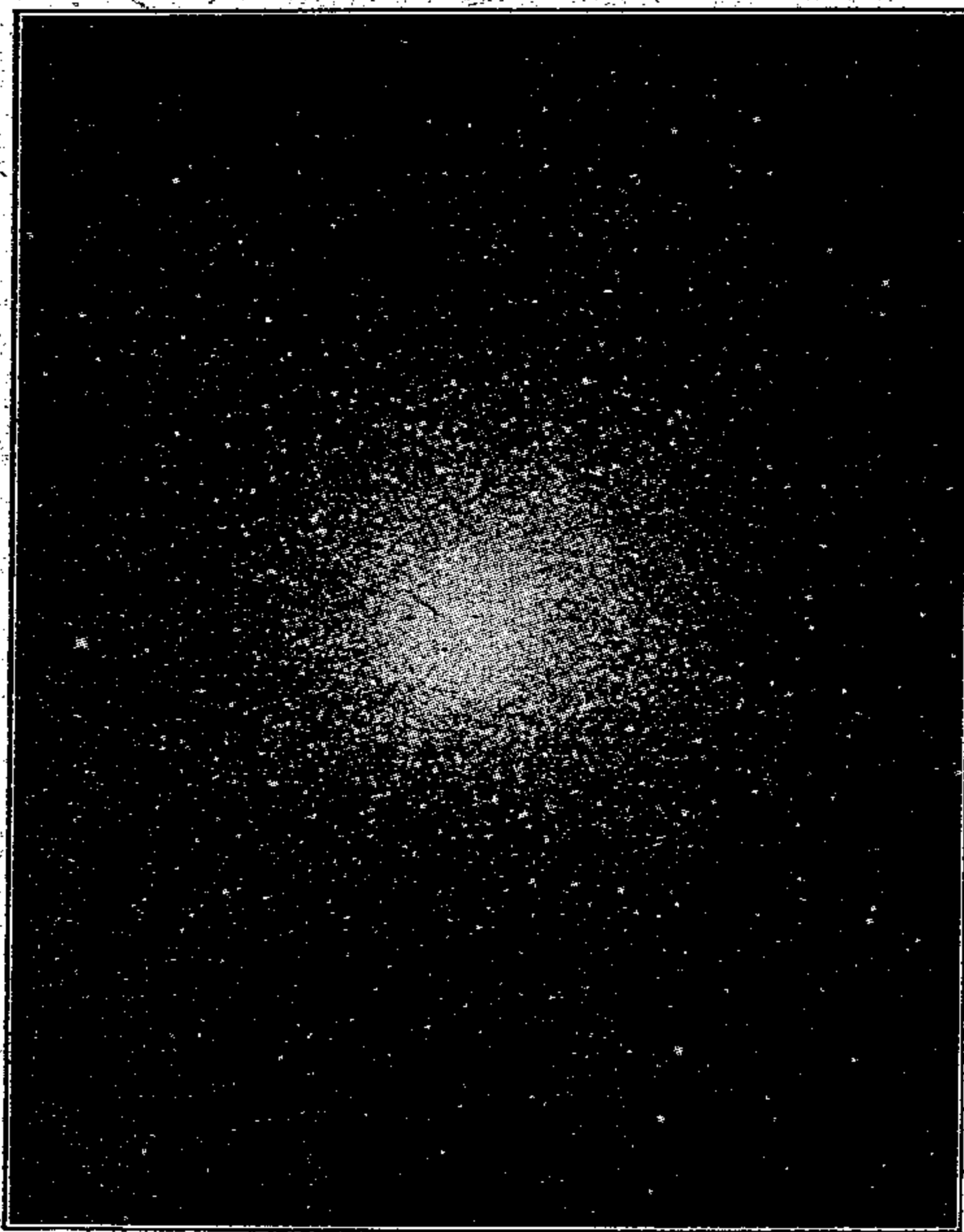
**2. Небеска тела.** — На небу видимо дању, ако је ведро, округли котур необично јака сјаја који даје светлост дана и потребну топлоту за живот на Земљи — то је *Сунце*. Каткад се може видети на небу још један округли котур, приближно исте величине — бар за наше око — али сјаја кудикамо слабијег од Сунчева — то је *Месец*; но он се обично ноћу види.

Ноћу видимо на небу безброј сјајних тачака расутих по целом своду без икаква реда — то су *звезде*. Оне се разликују међу собом по јачини и боји свога сјаја; заједничке су им особине: да њихов сјај трепери, и да не мењају свој узајамни положај. Изузетак чини само врло мали број небеских тела — која се привидно не разликују од звезда — чији сјај не тре-

тери, и која мењају према осталим звездама свој положај на небеском своду — то су *планете*.

Онај бело-плавичасти облачак што се пружа као какав појас преко целог небеског свода, од једног до другог краја видика, зове се *Млечни пут* или *Кумовска слама*. То је збијена множина звезда чији сјај није довољан да бисмо их сваку посебно могли опазити; само овако збијене примећујемо их у виду тога издуженог облачка.

Посматрамо ли небо дуже времена, опазимо како, с времена на време, пројури над нама по неко дотле невиђено тело, слабијег или јачег сјаја, остављајући за собом често, кратко време, и светао траг — то су *метеори, болиди*. Кад се у великом броју појаве оваква тела, као што се то догађа у извесна одређена доба године, зовемо их *метеорски ројеви (метеорски потоци)*. — Ово је у главном све што се може видети на небеском своду слободним оком.



Сл. 1. Звездно јато у сазвежђу Жеркула.

За даље упознавање неба мора се узети у помоћ дурбин, или телескоп. Тада видимо, пре свега, знатно већи број звезда

слабог сјаја, које слободним оком нисмо могли опазити. Међу овима наилазимо често на по две, три, па и више звезда сасвим близу једну поред друге: те зовемо *двојне*, *тројне* и *многоструке* *звезде*.

Није редак случај да наиђемо и на знатно већи број (повише хиљада и десетина хиљада) ситних звезда збијених у једну групу које се зову *звездана јата* (в. сл. 1). Од ових треба разликовати плавичасте облачке, на које такође наилазимо при посматрању небеског свода дурбином, а који се не дају раставити у ситне звезде — то су *маглине* (в. сл. 2).

Маглинама су по изгледу каткад слична, али у суштини од њих потпуно различита небеска тела која се зову *комете* (*репатице*). Ове могу достићи толики сјај да их човек види и



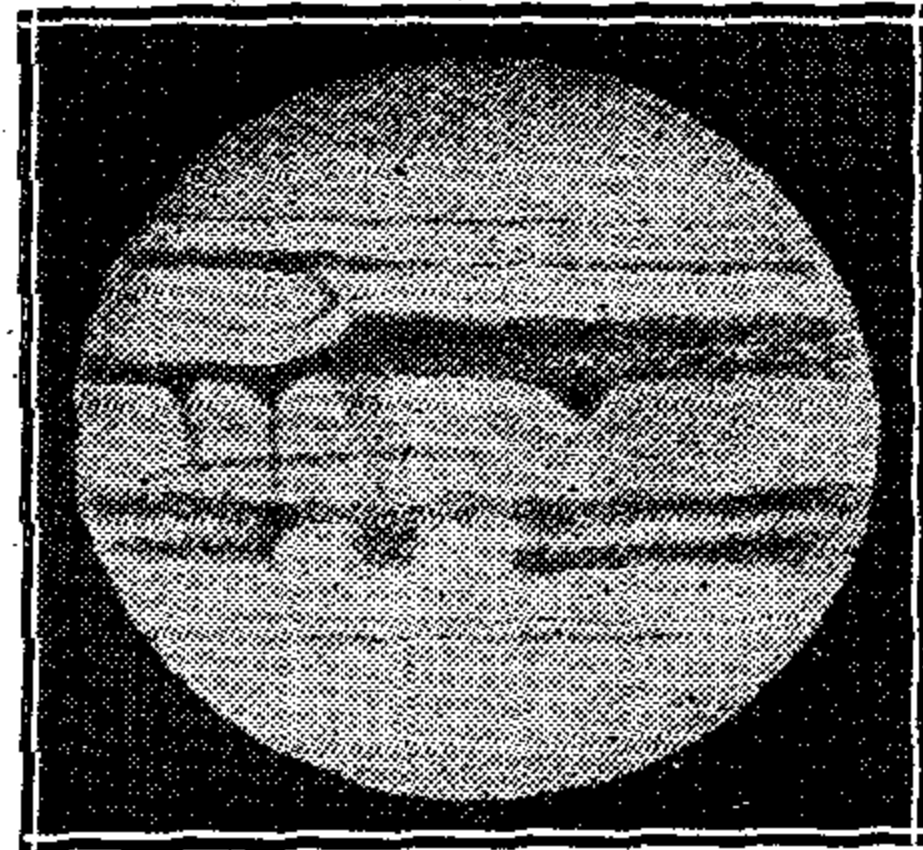
Сл. 2. Велика маглина у сазвежђу Ориона.

слободним оком; а има примера да су се комете могле видети чак и по дану. Комете мењају свој положај према осталим звездама као и планете.

Управимо ли дурбин на једну планету, изненађени ћемо бити њиховим изгледом. Док све звезде без разлике имају, и дурбином кад их посматрамо, изглед сјајних тачака — дакле исти



као кад их гледамо слободним оком — планете видимо (в. сл. 3.) као мање или веће, сјајне, округле котурове, на чијим површинама разазнајемо и извесне појединости. — Сва ова побројана тела зовемо једним именом *небеска тела*. И наша Земља је небеско тело.



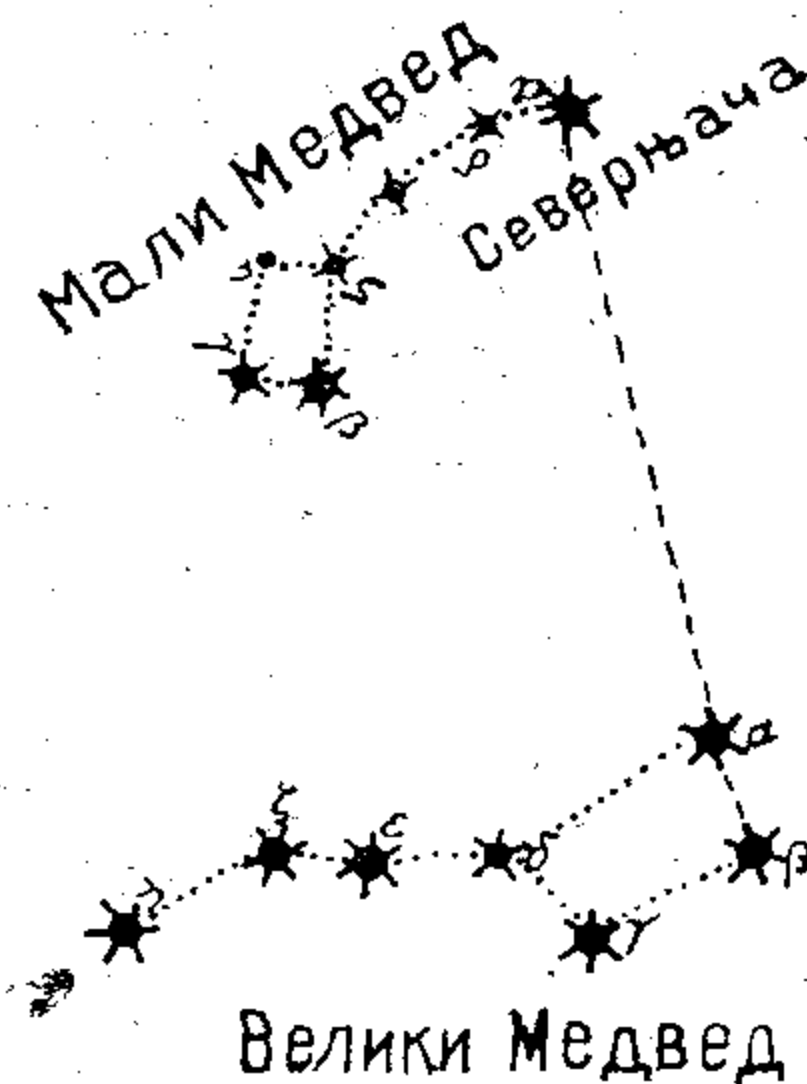
Сл. 3. Изглед планете Јупитера.

**3. Сазвежђа.** Као што данас имамо географске карте Земљине површине, на којима су обележене границе држава и покрајина, затим положаји планина, језера, градова — тако су још из ранијих времена посматрачи неба изделили небески свод на делове, и од звезда у њима начинили веће или мање групе које се зову *сазвежђа* (*констелације*). Постоје и карте небеског свода на којима су тачно повучене границе сазвежђа, обележена њихова имена, називи звезда и небеских тела. Поједина сазвежђа међу собом, као и звезде у њима (осим малог броја изузетака) немају никакве стварне везе, али без ове поделе би се човек тешко сналазио у посматрању и изучавању неба.

Данас је усвојена подела целог неба на 89 сазвежђа. Сем незнатних измена, подела је очувана онако како ја била изведена још из ранијих времена. Задржани су исти називи сазвежђа — за које су била бирања имена животиња, разних справа и предмета. Звезде у сазвежђима такође су означене: најсјајније нарочитим именима (обично арапским, ређе латинским), слабије сјајне словима (грчким и латинским), звезде најслабијега сјаја бројевима.

Упознавање сазвежђа је први корак ка изучавању небеског свода. Стога овде дајемо најпотребнија упутства за познавање најлепших сазвежђа и најсјајнијих звезда, које се могу из наших крајева видети. Ко жели детаљније да упозна сазвежђа, може се послужити картом неба која је дата на крају књиге.

1. Прво сазвежђе којим се почиње упознавање неба је *Велики Медвед* или *Велика Кола* (в. сл. 4). Оно се лако даје наћи на небу сваке ведре вечери: четири звезде  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ , и  $\gamma$ , које би имале да претстављају тачкове на колима, чине један трапез; остале три (као сломијена руда)

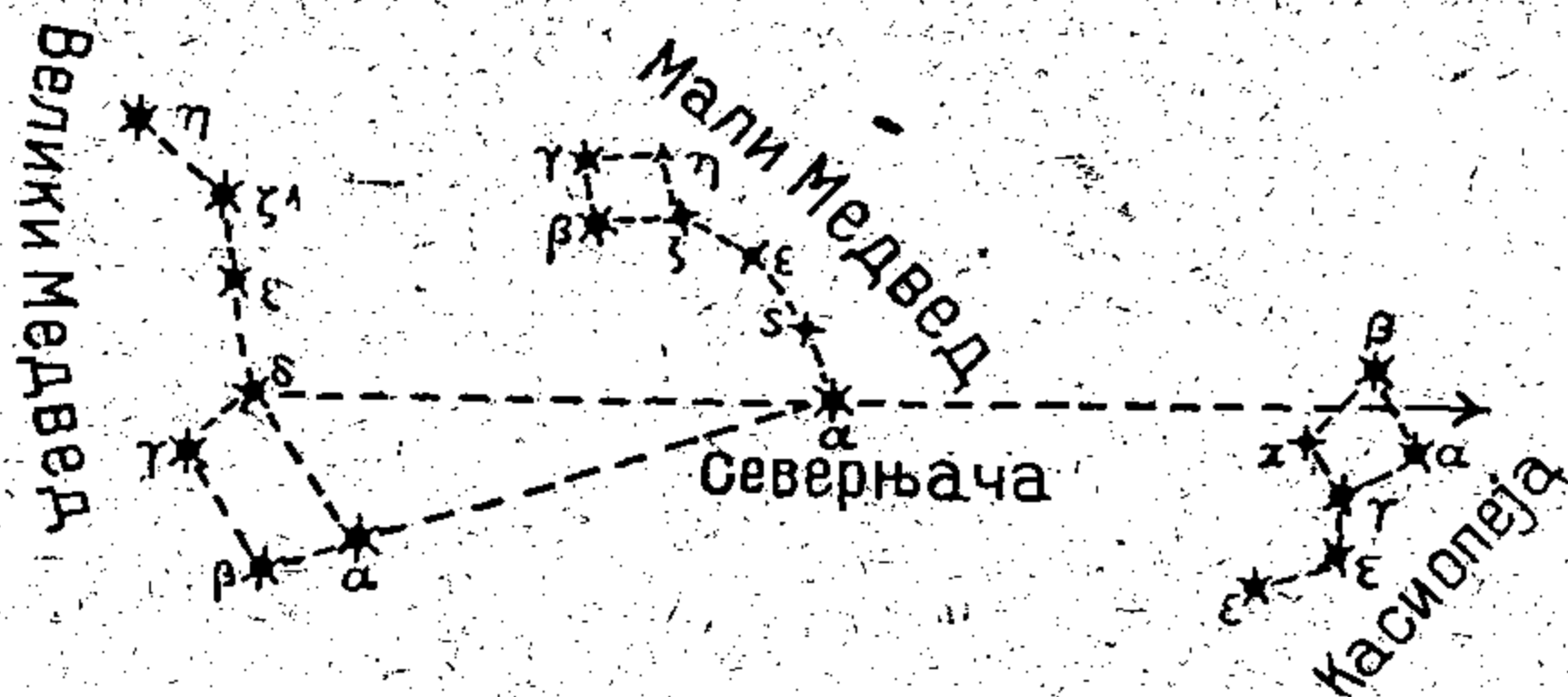


Сл. 4.

леже у продужењу трапезове дијагонале  $\beta\delta$ . Ових седам главних звезда приближно су истог сјаја, остале звезде овог сазвежђа су слабијег сјаја.

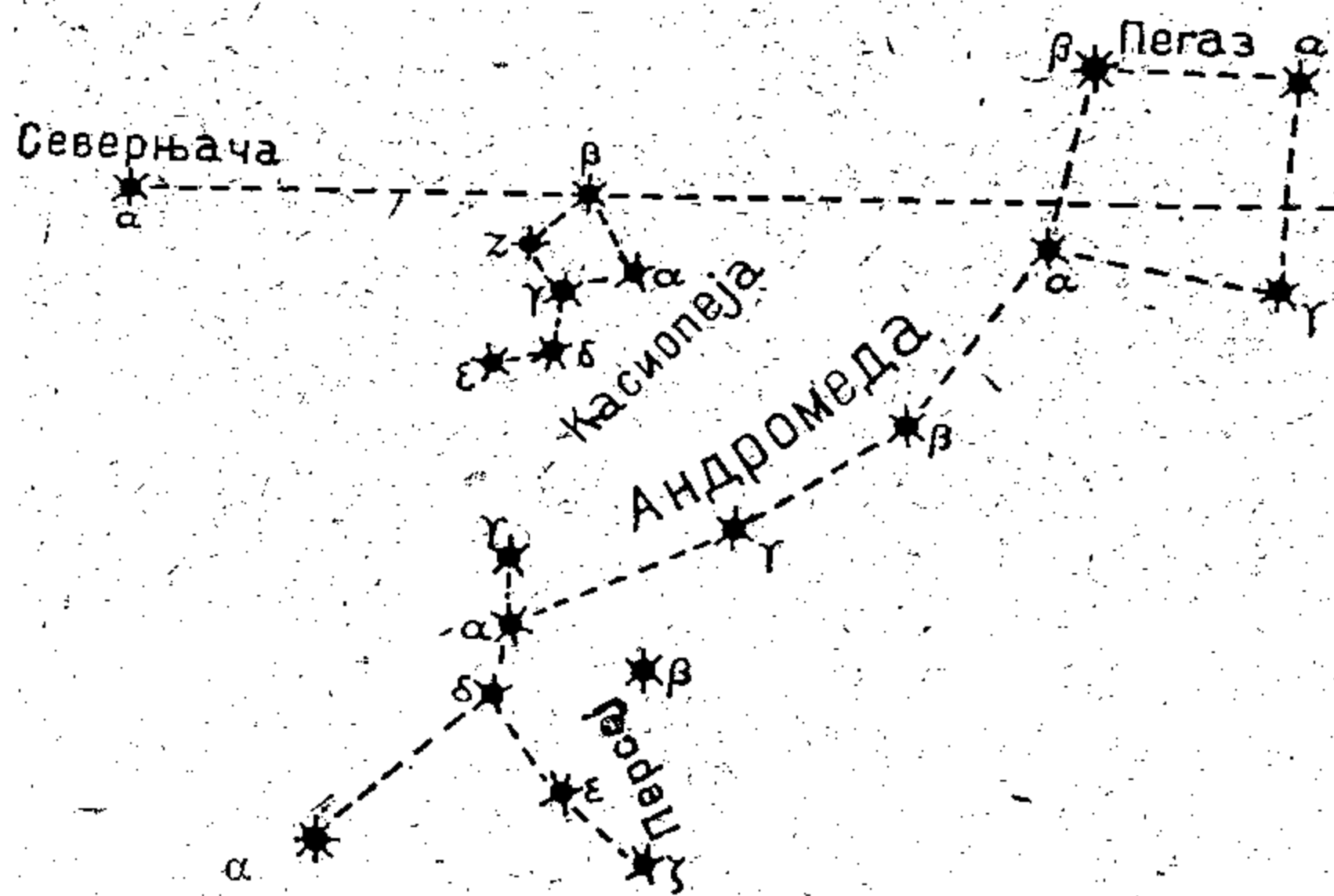
2. Ако спојимо у мислима правом звезде  $\beta$  и  $\alpha$  Великог Медведа и продужимо је у правцу од  $\beta$  преко  $\alpha$ , отприлике за пет таквих дужина (в. сл. 4) наилазимо на нову звезду, истог сјаја као и ове две, — то је *Северњача*. Због свога положаја, ова звезда игра важну улогу у изучавању кретања небеских тела. То је уједно најсјајнија од седам звезда поређаних, као и седам звезда Великог Медведа само у мањем размеру које сачињавају сазвежђе *Малог Медведа*, — *Малих Кола*.

3. Повуцимо у мислима по небу праву од  $\delta$  Великог Медведа преко  $\alpha$  Малог Медведа за дужину  $\delta\alpha$ . Наилазимо на сјајну звезду  $\alpha$  у сазвежђу *Касиопеје* (в. сл. 5), које сачињавају пет сјајних звезда поређаних у виду латинског слова *w*.



Сл. 5.

4. Продужимо у истом правцу ову праву, отприлике за одстојање Северњаче од  $\beta$  Касиопеје, наћи ћемо се у близини сјајне звезда  $\alpha$  у сазвежђу *Андромеде* (в. сл. 6) која са три звезде нешто мало слабијег сјаја из сазвежђа *Пегаза*, чини скоро правилан квадрат.



Сл. 6.

5. Вратимо се сазвежђу Великих Кола и продужимо у мислима дијагонали  $\delta\beta$  у правцу супротном од руде. Наилазимо две сјајне звезде:  $\alpha$  (Кастор) и  $\beta$  (Полукс), најсјајније у сазвежђу *Близанаца* (в. сл. 7).

6. Ниже, ка видику, мало десно од тога правца трепери сјајна звезда  $\alpha$  (Прокион) у сазвежђу *Малог Пса* (в. сл. 7).

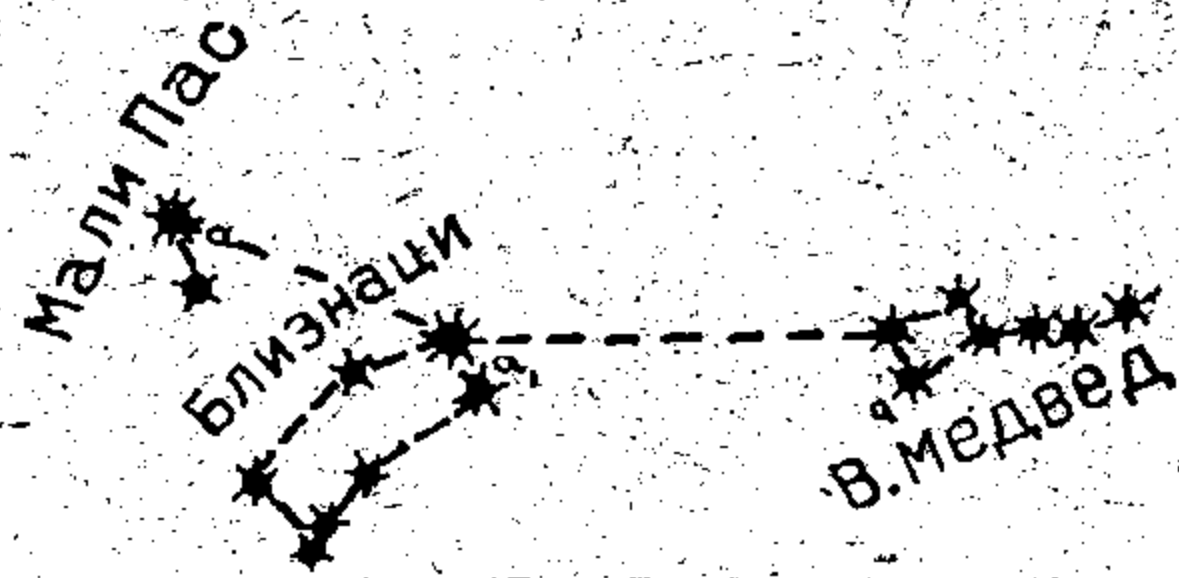
7. Пођемо ли од  $\alpha$  преко  $\beta$  Великог Медведа право доле ка видику опазимо, лево, сјајну звезду Регулус, десно нешто мање сјајну Денеболу: то су  $\alpha$  и  $\beta$  сазвежђа *Лав* (в. сл. 8).

8. Од Великог Медведа по-вуцимо у мислима праву од  $\delta$  преко  $\alpha$  и продужимо је; она пролази поред сјајне звезде  $\alpha$  (Капела) у сазвежђу *Кочијаша* (в. сл. 9).

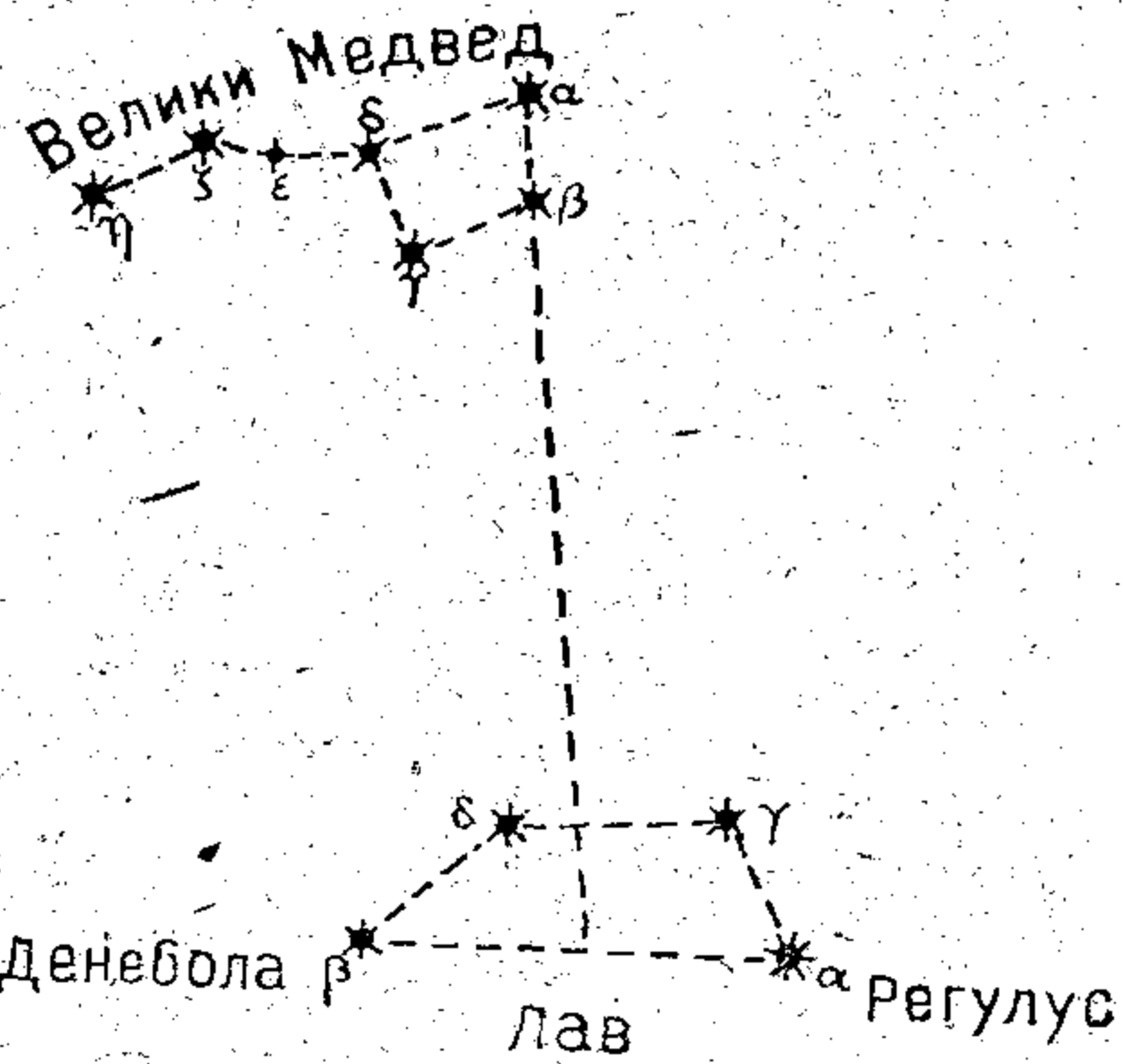
9. У истом правцу, ниже, наилази ова права на сјајну звезду  $\alpha$  (Алдебаран) у сазвежђу *Бика* (в. сл. 9). У ово сазвежђе спада и група *Плејада* или *Влашића* од седам једва приметних звезда.

10. Десно од сазвежђа *Бика* пада нам у очи једно од најлепших сазвежђа на небу, то је *Орион* (в. сл. 10). Углове четвороугаоника сачињавају звезде  $\alpha$  (Бетелгез),  $\gamma$  (Белатрикс),  $\beta$  (Ригел) и звезда  $\chi$ . По средини Ориона, мало косо према видику леже три звезде, нешто мало слабијег сјаја, скоро на истој правој с Алдебараном.

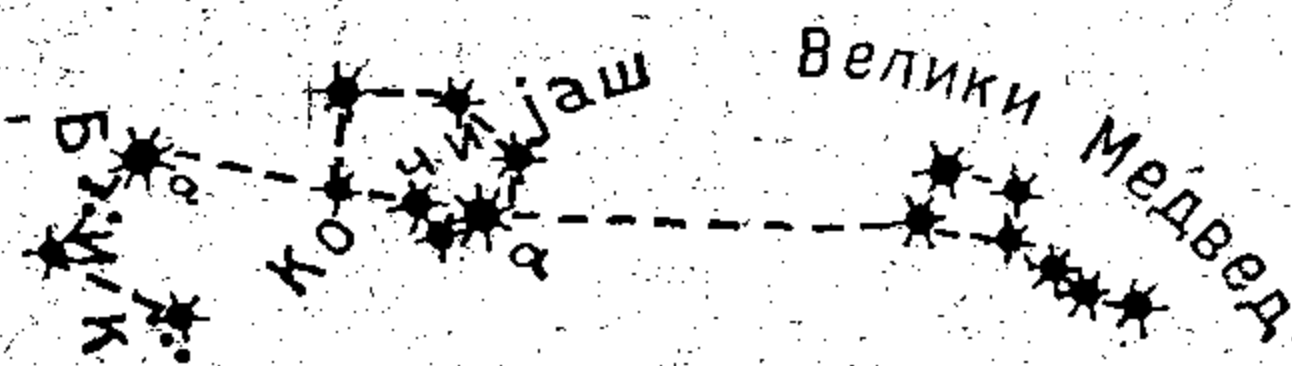
11. Продужена десно, ка хоризонту, наилази ова права



Сл. 7.



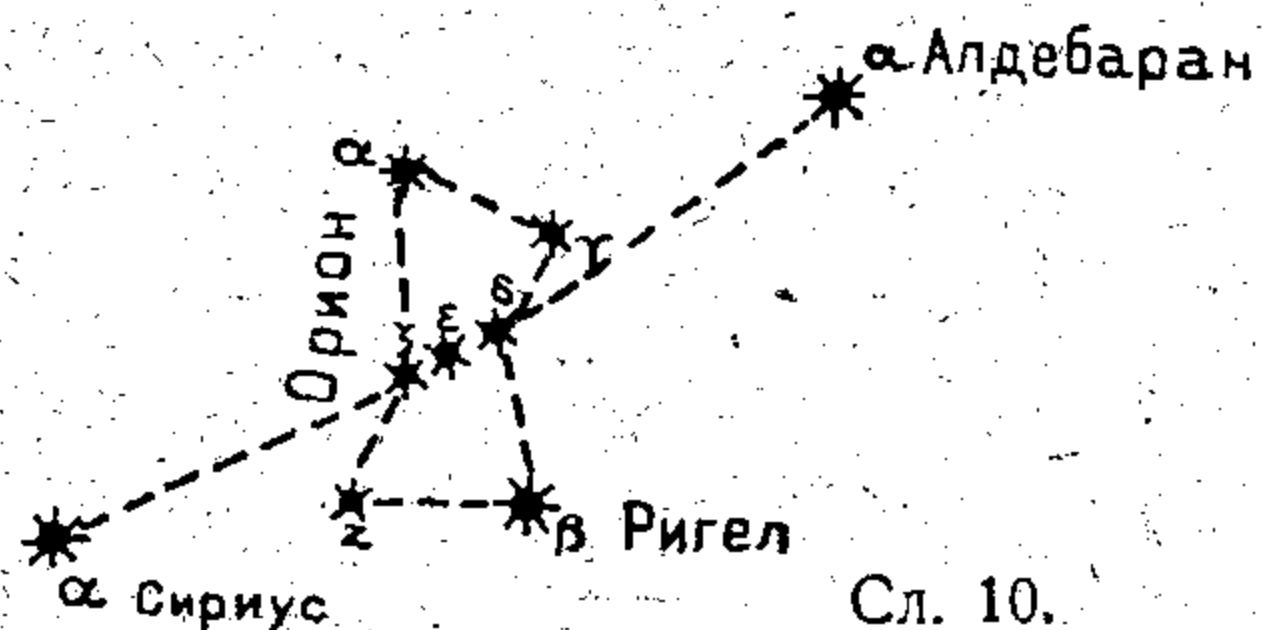
Сл. 8.



Сл. 9.

на најсјајнију звезду целог неба Сириус, или  $\alpha$  *Великог Пса* (в. сл. 10).

Седам последњих сазвежђа виде се само у зиму. Сазвежђа летњег неба као и даље упознавање небеског свода може свако према овим упутствима, а уз помоћ карте, сам постићи.



Сл. 10.

**4. Привидно дневно кретање неба. Стране света.** — Довољно је да уочимо кратко време које било од небеских тела,

па да се уверимо да се она крећу по небу. Сунце, на пример, појављује се изјутра на једној страни хоризонта, диже се постепено над видиком све више, док не достигне свој највиши положај на небу тога дана; па затим се спушта постепено све ближе видуку док, пред вече, не ишчезне најзад за хоризонт. Слично кретање у току једног дана показује и Месец и сва остала небеска тела.

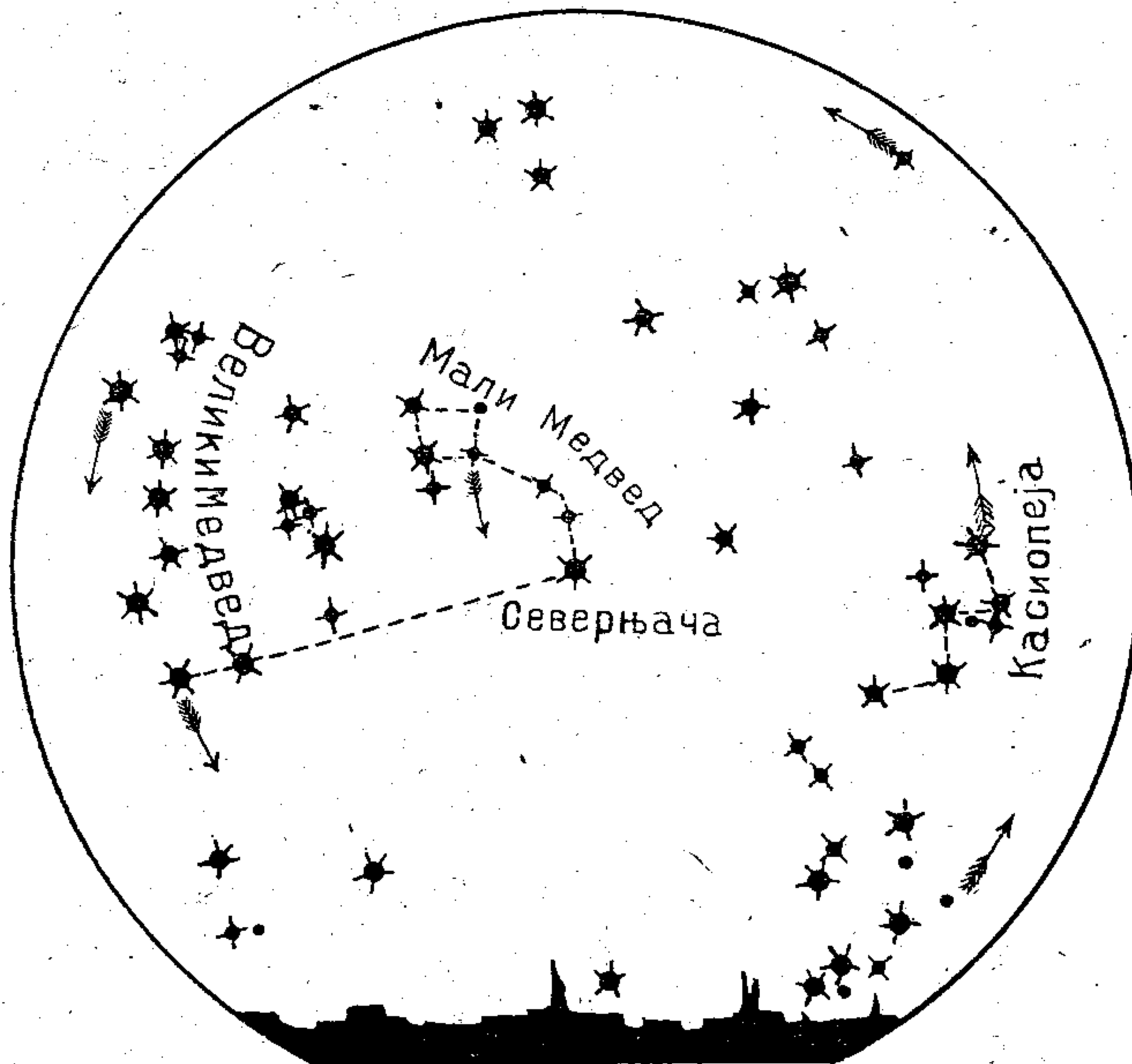
Она страна где се небеска тела појављују на хоризонту зове се *источна страна*, или *исток*; она где се спуштају испод видика зове се *западна страна*, или *запад*. Ако се окренемо лицем ка истоку, лево имамо *северну страну* или *север*, десно *југ* или *јужну страну* хоризонта.

Ради ближег упознавања са кретањем неба, обрнимо се лицем ка северној страни и посматрајмо извесно време звезде у том делу неба. Уочимо прво Северњачу и посматрајмо њено кретање. Узалуд ћемо покушавати да код ње слободним оком приметимо неко померање; њу видимо стално на истом месту. То је једина звезда на нашем небеском своду која у току целе ноћи изгледа непокретна. Али већ код најближих околних звезда, на пример код осталих звезда из сазвежђа Малог Медведа, примећујемо и после кратког времена да се крећу кружећи око Северњаче (в. сл. 11.). Ниже ћемо видети да се оне не крећу око саме Северњаче, већ око једне тачке у непосредној близини Северњаче.

Кругови што их оне описују у толико су мањи што су звезде ближе Северњачи, а све већи што су звезде даље од ње. Тако звезде Великог Медведа описују, за исто време, знатно веће кругове но што их описују звезде Малог Медведа (в. сл. 11.). Ако дуже времена посматрамо пажљиво ово кретање, доћи ћемо до закључка да звезде из блиске околине Северњаче описују око ње потпуне кругове не спуштајући се никако под видик. Али посматрајући овако звезде, редом, све даље и даље од Северњаче, како око ње описују све веће и веће кругове, доспећемо и до звезда које при овом кретању допиру до самог видика — али не залазе под њега. Тек звезде које су и од ових даље од Северњаче спуштају се на западној страни под видик да се, после извесног времена, поново појаве на источној страни. Па како морају и ове као и оне раније описивати кругове око Северњаче, то закључујемо да ове звезде после заласка за хоризонт настављају по небеском своду свој пут, али он остаје невидљив за нас пошто се налази испод видика. Део привидне кружне путање који звезда описује над видиком зове се *видљиви лук*, за разлику од *невидљивог лука*, т. ј. оног дела привидне дневне путање који звезде опишу пошто их нестане са нашег видика (в. сл. 12.). На северној страни хоризонта, код звезда око Северњаче, видљив је цео круг њи-

хове привидне дневне путање; код звезда што се спуштају испод хоризонта видљиви лук је већи од невидљивог.

Обрнимо се лицем ка јужној страни. Што се више будемо удаљавали од Северњаче, уверићемо се да видљиви лукови звезда

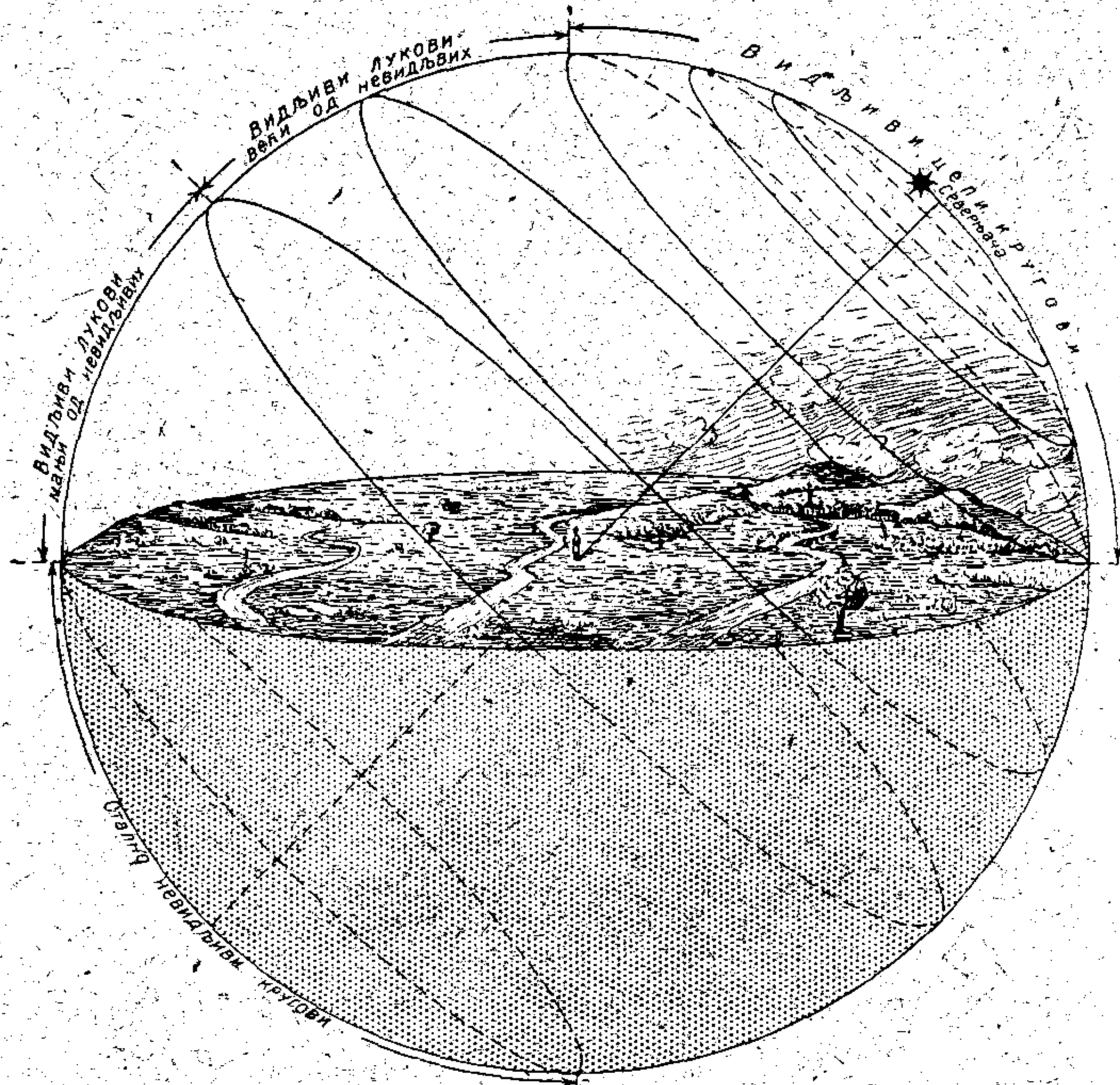


Сл. 11.

бивају мањи, невидљиви већи, али видљиви већи су од невидљивих. На једном одређеном одстојању од Северњаче постају видљиви и невидљиви лукови звезда међу собом једнаки: значи, звезда која би се налазила на том одстојању пробављала би исто време над, колико и под нашим видиком. Почев одавде, па идући ближе ка јужном делу видика, постају видљиви лукови звезда све мањи, невидљиви све већи, и то видљиви мањи су од невидљивих. Отуда можемо закључити да, још даље од ових, мора бити звезда које цео свој кружни пут по небеском своду обављају на делу испод нашег видика; ове звезде ми са свога места посматрања не можемо видети: оне за нас остају стално невидљиве.

На основу ових опажања закључујемо: да наша Земља мора бити тело које лебди потпуно слободно у простору; да је небески свод над нама само половина неба, тојест лопте

(сфере) која окружује Земљу; да раван нашег видика дели ову лопту на видљиву половину — над видиком, и невидљиву — под видиком (в. сл. 13.). Димензије те лопте толико су огромне, да би нам ма са ког места из њене унутрашњости изгледало као да се опет налазимо у њеном средишту. Зато сваком по-



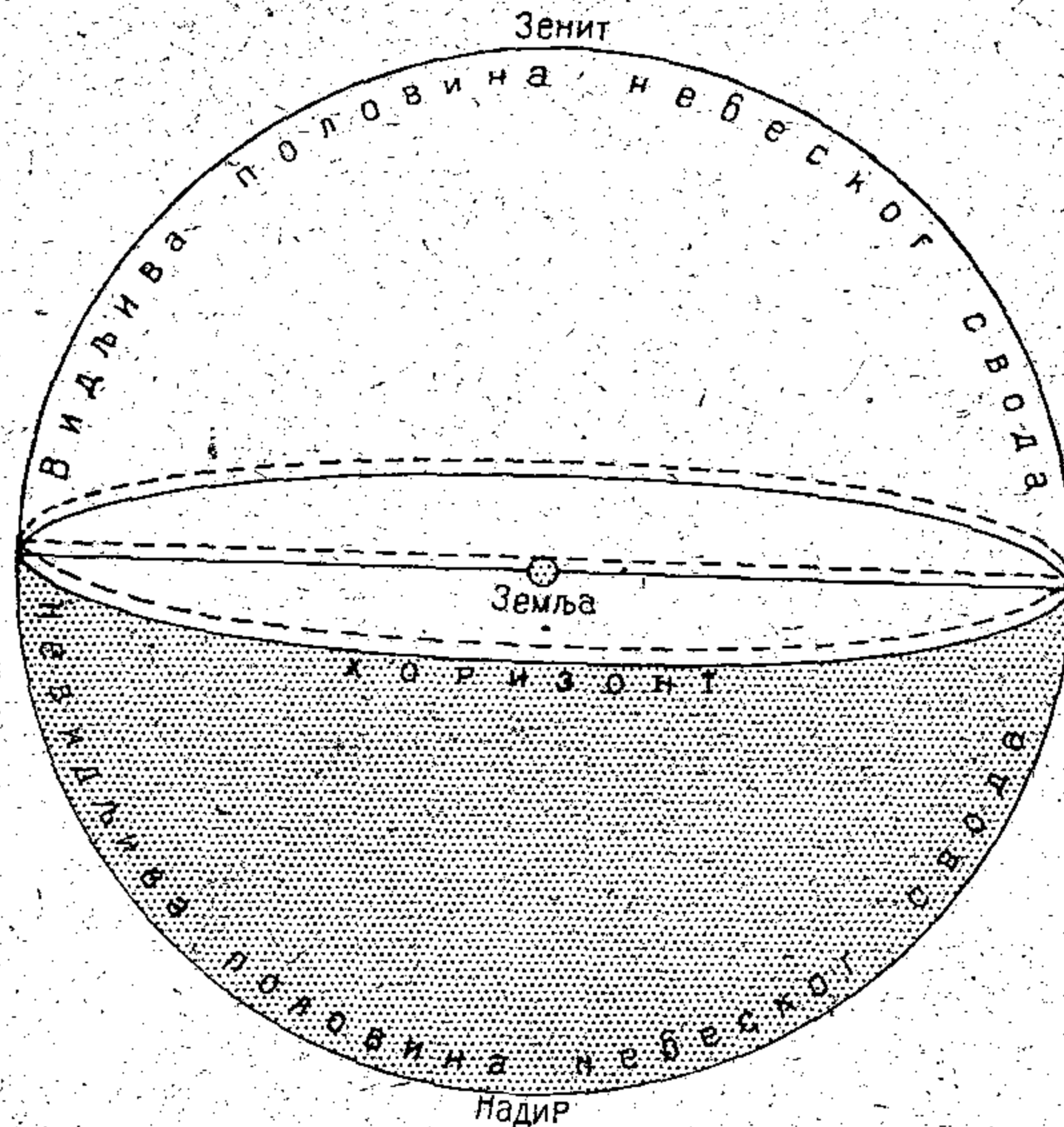
Сл. 12.

сматрачу са Земље, ма где се он на њој налазио, мора изгледати као да стоји у средишту небеске лопте.

Некада су људи замишљали небо да је то доиста једна материјална лопта и да звезде стоје као приковане на њеној унутрашњој површини. Ми данас знамо да небеска сфера не одговара ничем стварном, да је то само привидна лопта којом се служимо за проучавање привидног кретања небеских тела, као и да су небеска тела на различитим, и то врло великим одстојањима од нас. Према димензијама те лопте, Земља се узима као тачка у средишту небеске сфере. Зато је и утисак који чини њен изглед на нас исти за све посматраче на Земљи.

Посматрањем привидног дневног кретања звезда по небеском своду можемо утврдити дакле ово:

1. да свака звезда опише у току дана, једнаким кретањем, у смислу од истока према западу кружну линију — дневни круг;
2. да су дневни кругови звезда међусобно паралелни и да их оне опишу — свака звезда свој круг — за исто време.



Сл. 13.

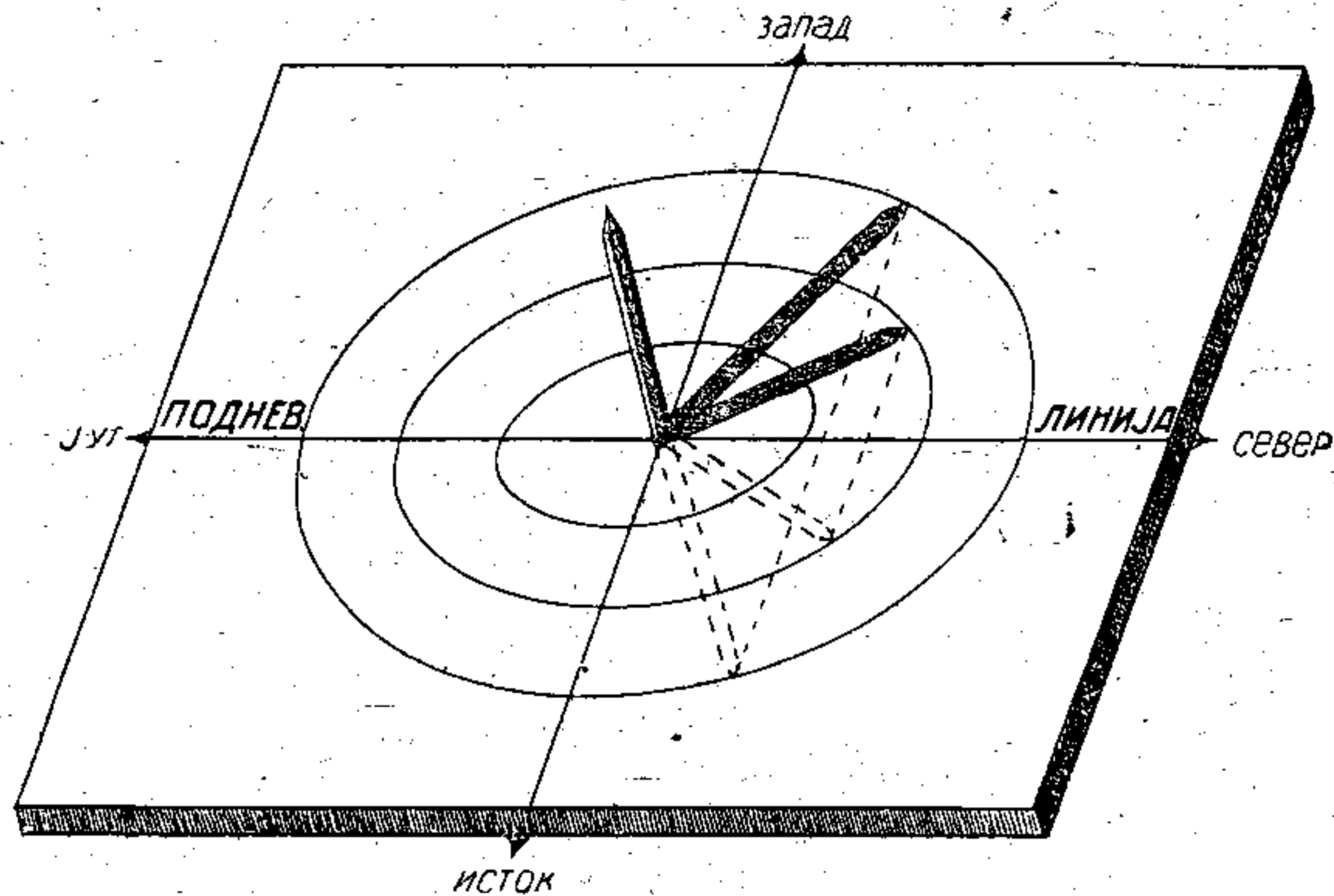
Због тога ово кретање оставља утисак на нас да се цео небески свод, са свима небеским телима на њему, обрне као једна целина у току једног дана, у смислу од истока ка западу, око једног свог пречника као око осе.

**5. Привидно дневно кретање Сунца.** — Посматрајмо изближе кретање Сунца по небу у току једног дана. Ово ће бити у толико лакше што то можемо извршити доста тачно помоћу једне просте справе, коју свако може начинити.

Поставимо, наиме, једног ведрога дана на равну хоризонталну површину комад хартије, на којој смо претходно повукли више концентричних кругова. У њихово заједничко средиште поставимо усправно писаљку на пример, са зарезаним врхом на више (в. сл. 14). И почнимо изјутра да посматрамо помоћу ове справе Сунчево кретање.

На хартији ћемо добити сенку писаљке. После неколико минута посматрања опазићемо да сенка мења свој положај и дужину. Изјутра, док је Сунце ниско над видиком сенка је дуга,

много дужа од писаљке, и пружа се ка западу. Како се буде Сунце дизало постепено над видиком све више, тако ће и дужина сенке бивати све краћа и помераће се све више од запада ка северу. У једном тренутку врх писаљкине сенке доспева до



Сл. 14.

периферије највећег од повучених кругова; то место означимо на кругу. Сенка писаљке се и даље помера у истом смислу, и скраћује све више док, после извесног времена, њен врх не допре до периферије другог круга; и ову тачку обележимо и т. д. Овако ћемо добити извештан број тачака — рецимо три, ако су били повучена три концентрична круга. Овим би био завршен први део посматрања.

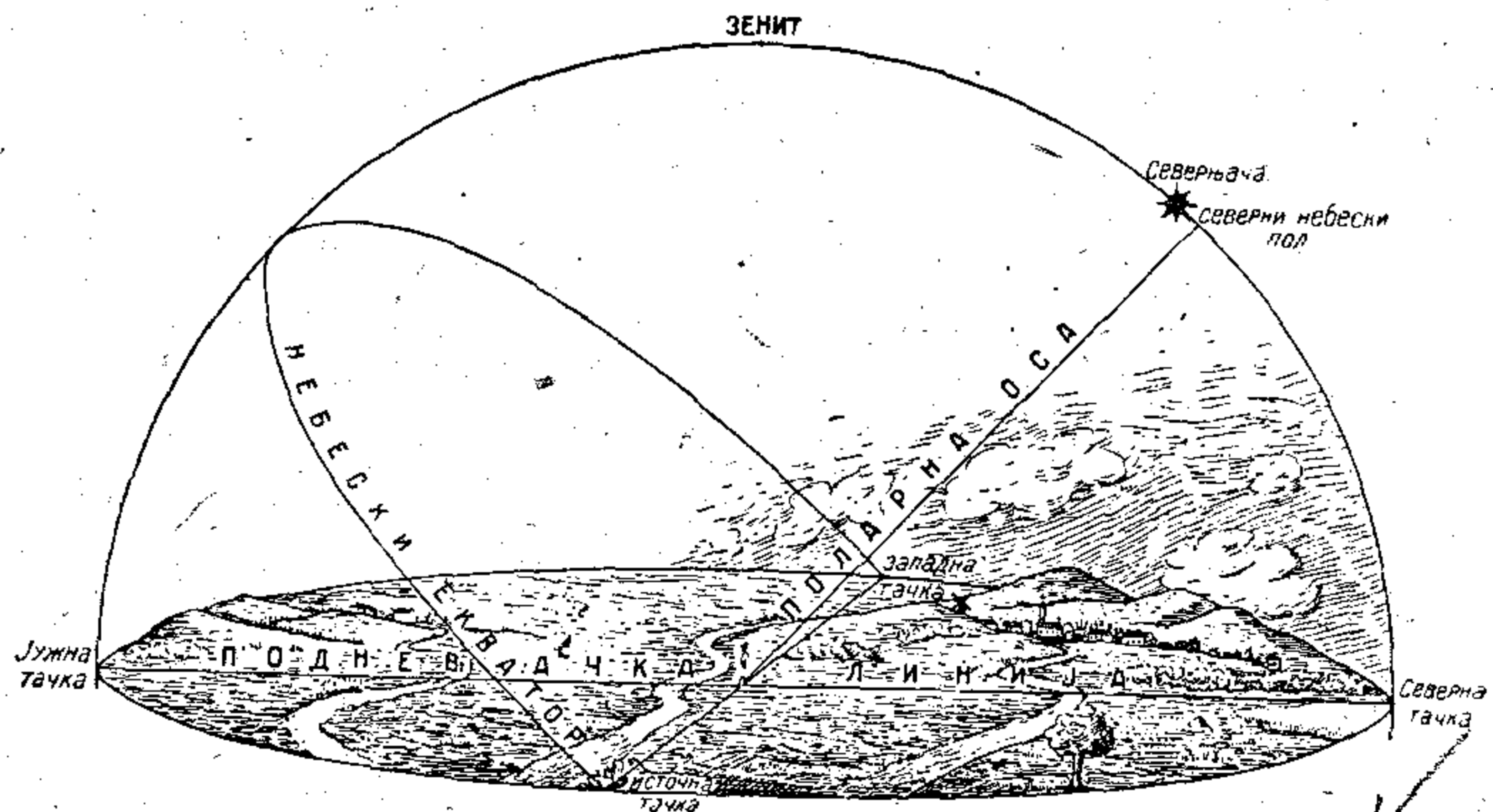
Како се Сунце буде даље кретало и дизало над видиком, писаљкина сенка помераће се у истом смислу као и раније, а њена дужина смањивати. Дужина сенке биће најкраћа кад Сунце доспе до највише тачке свог дневног пута; до *тачке кулминације* или *кулминационе тачке* (каже се још и: кад *Сунце буде кулминирало*). Од тога тренутка почиње Сунце постепено да се спушта: писаљкина сенка наставља своје померање као и раније, али њена дужина почиње се постепено повећавати. После извесног времена стиже њен врх поново до периферије, прво, најмањег круга; затим, нешто касније, до периферије другог, па и трећег круга; као и раније ова места треба забележити. Спојмо затим тачке на истим круговима правим линијама (тетивама), па ове преполовимо. Уверићемо се да тачке што полове тетиве леже на једној правој, која уједно пролази и кроз заједничко средиште повучених кругова.

За изучавање кретања небеског свода одређен је овом правом један основни правац. То је онај правац који је заузимала сенка писаљке у тренутку кад је њена дужина била нај-



мања, или кад је Сунце кулминирало. Основним зовемо тај правац зато, што је он за наше место сталан: што се сваког дана налази Сунце у том правцу у тренутку кулминације. Па не само Сунце, већ и сва остала небеска тела кулминирају у том правцу. Он се зове *подневачки правац* или *подневачка линија*.

Тачке у којима ова линија довољно продужена сече хоризонт зову се: она на јужној страни — *јужна тачка*, она на северној страни хоризонта — *северна тачка*. На подневачкој управна линија, продужена до пресека са хоризонтом, одређује на источној страни *источну*, на западној страни видика *западну тачку* хоризонта. То су четири основне тачке хоризонта.

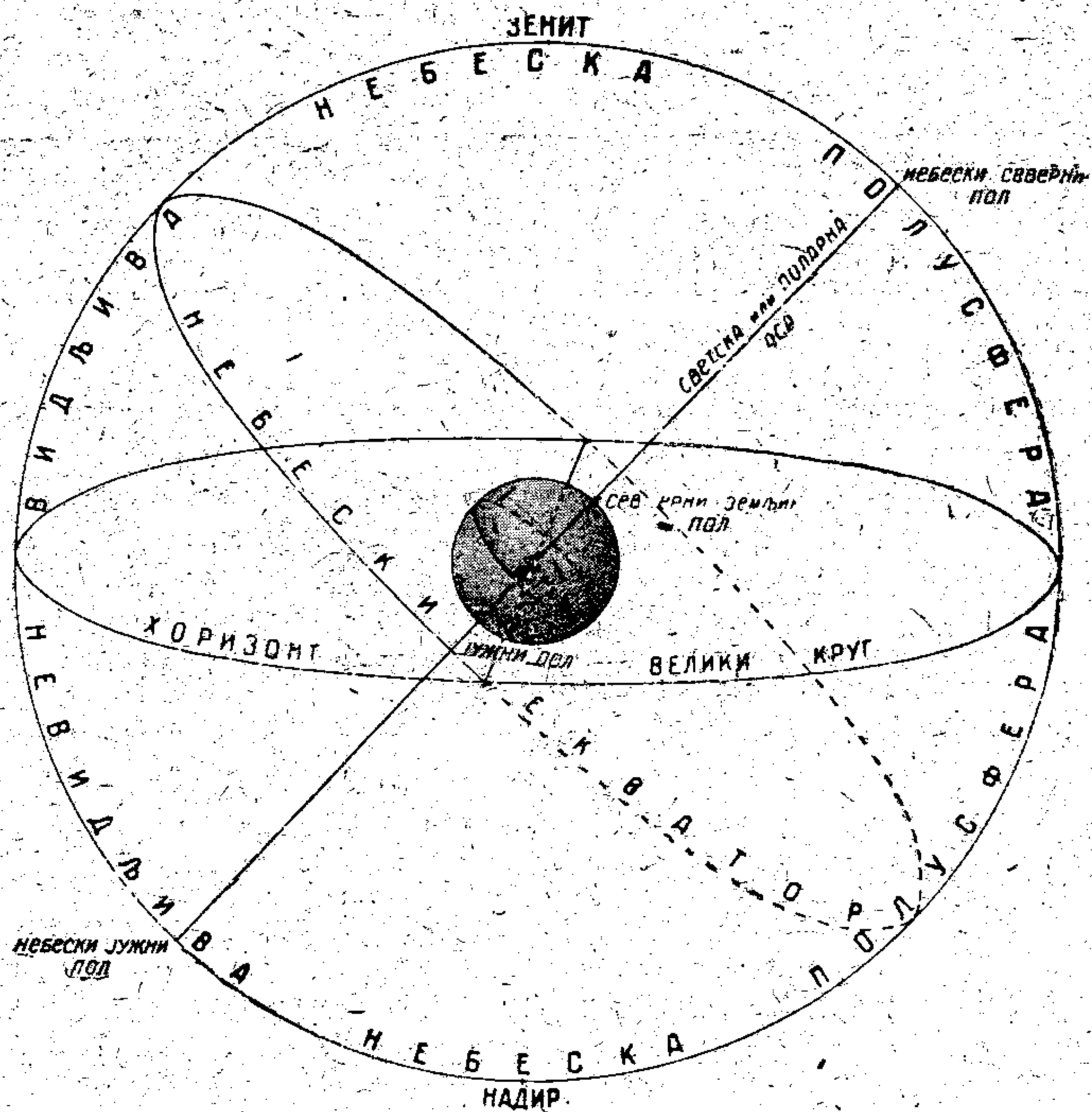


Сл. 15.

**6. Пол. Поларна оса. Небески екватор.** — Ово што смо до сада утврдили о небеском своду и кретању небеских тела на њему основано је искључиво на посматрањима појава како се оне виде са Земље у току једног дана. Да нам може то послужити за даља изучавања небеских кретања, треба да истакнемо још неке појединости. Пре свега потребно је да знамо да она тачка на небу што се налази у непосредној близини Северњаче, која у току целог дана остаје непомична, има своје име: зове се *небески пол*. Права повучена у мислима од небеског пола кроз Земљино средиште и продужена до пресека са небеским сводом испод видика зове се *светска* или *поларна оса* (в. сл. 15). Око ове замишљене праве чини нам се да се, као око осе, обрне једанпут у току дана цела небеска сфера од истока ка западу. Тачка над нашим видиком, поред саме Северњаче, у којој поларна оса сече небеску сферу зове се *северни небески пол*, за разлику од тачке на супротној страни поларне осе, под нашим видиком која се зове *јужни небески*

пол. Њима одговарају тачке у којима поларна оса просеца Земљину лопту и зову се *Земљини полови: северни и јужни* (в. сл. 16).

Речено је даље, да сва небеска тела описују у истом смислу, и за исто време кругове који су све мањи што су звезде



Сл. 16.

ближе половима, а све већи што су звезде од полова удаље- није. Према томе, међу њима постоји један највећи круг, то је онај који је подједнако удаљен од оба пола и који има са Земљом заједничко средиште — зове се *небески екватор*. Ра- ван небеског екватора, повучена у мислима, дели небеску сферу на *северну и јужну полусферу*, а Земљину лопту сече ова ра- ван дуж *Земљиног екватора*, и дели је на *северну и јужну Земљину полулопту*.

Сваки круг на небеској сфери чије средиште пада уједно у средиште Земље, т. ј. у средиште небеске сфере, зове се *велики круг*. Сви остали зову се *мали кругови*.

## НЕБЕСКИ КООРДИНАТНИ СИСТЕМИ.

Као што је за изучавање кретања тела на Земљи потребно да познајемо све положаје које заузимају она у току времена, тако је за изучавање привидног кретања на небеској лопти потребно да уместо одредити, у сваком тренутку, њихове положаје на небеском своду. Наравно да би за ово било потребно да познајемо и удаљења на којима се налазе небеска тела од Земље. Но како нам небеска тела изгледају као прикована за небески свод у чијем средишту ми стојимо, то смемо сматрати при изучавању привидних кретања да су њихова одстојања од нас иста за сва тела. Према томе, под привидним положајем небеског тела подразумевамо само правац у коме се оно види, т. ј. положај праве повучене у мислима из нашег ока до тога небеског тела. О њиховим даљинама за сада нећемо водити рачуна.

При одређивању положаја небеских тела и изучавању њихових кретања постаје Земљина лопта, у односу на огромне димензије небеске сфере, толико незнатно мала, да је можемо схватити као једну тачку. И ма где се налазио посматрач на Земљиној површини, сматраће се да он заузима једну тачку, и то увек исту: наиме средиште небеске сфере. Услед тога и раван његовог привидног хоризонта узимаће се да пролази кроз средиште небеске сфере, а кружна линија у којој та раван сече небеску сферу, т. ј. посматрачев привидни хоризонт, постаје велики круг — који се тада зове посматрачев *прави хоризонт* (в. сл. 13 и 16).

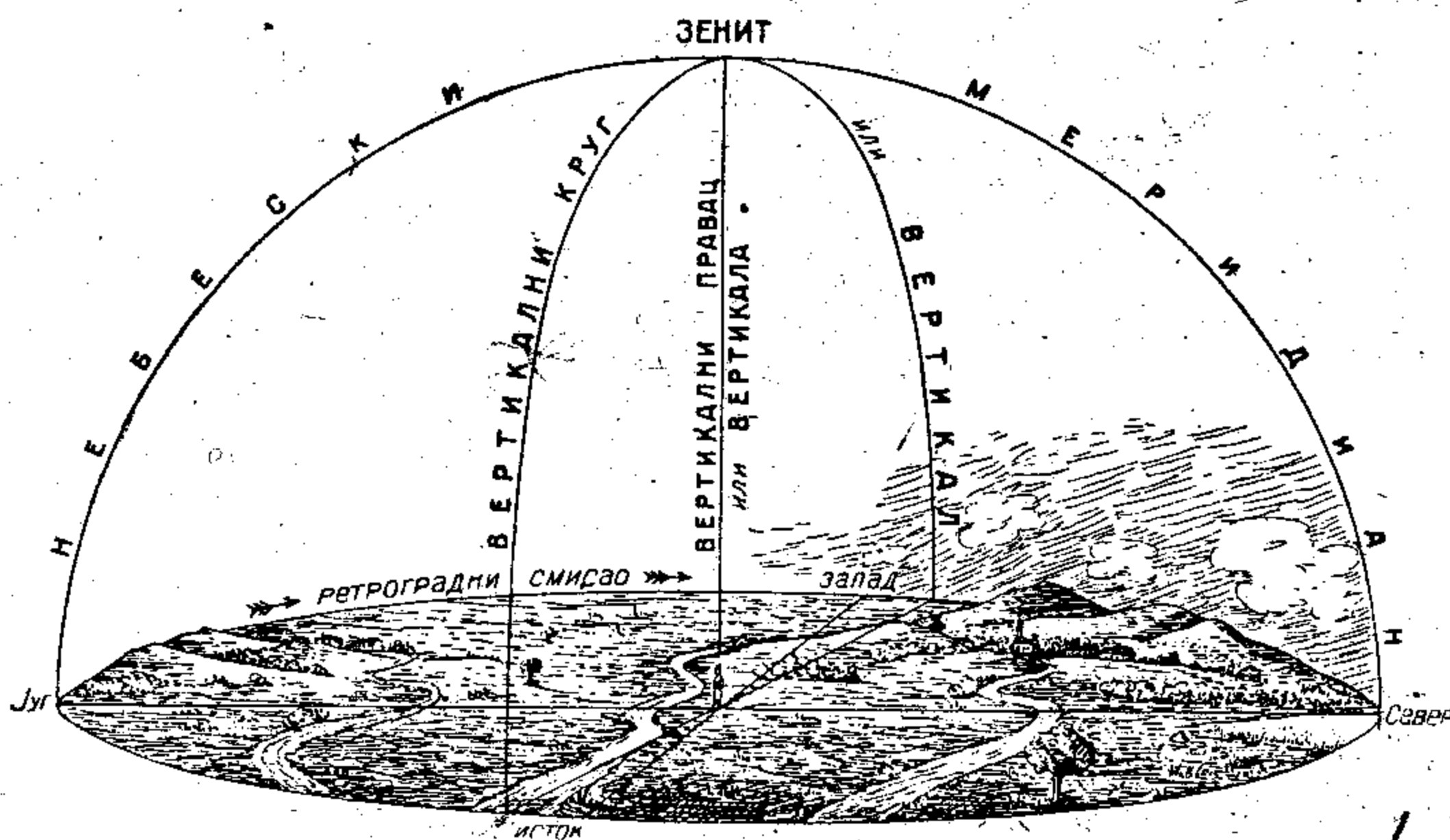
Да се уопште може одредити положај неког небеског тела, т. ј. правац у коме се оно види за Земље у датом тренутку, потребне су четири ствари: 1. једна основна раван; 2. једна оса, т. ј. права управна на основној равни; 3. у основној равни почетни правац и 4. смисао обртања око осе од тог почетног правца. За смисао обртања може се усвојити или онај исти у коме се привидно обрће цео небески свод, дакле смисао од истока ка западу — који се назива *ретроградни смисао* — или овоме супротни, дакле смисао од запада ка истоку — који се зове *директни смисао*.

**7. Координатни систем хоризонта. Азимут и висина звезде.** — Самим посматрачевим местом на Земљи одређен је положај једне основне равни, наиме равни његовог привидног хоризонта. Но осим положаја те равни одређена је уједно и оса. То је правац који заузима конач виска, пошто се тег потпуно умири; овај правац доиста стоји управно на равни хоризонта и зове се *вертикални правац* или *вертикала* (в. сл. 17). Продужен у мислима на више овај правац просеца небески свод у тачки која се зове *зенит*; а продужен на ниже, испод нашег видика, сече небеску полулопту у тачки која се зове *надир*.

Ако усвојимо у тој равни као почетни правац ка јужној тачки хоризонта, а за смисао обртања око вертикале *ретро-*

*градни смисао* — моћи ћемо у сваком часу одредити положај ма кога тела на небеској сфери.

Доиста, пошто је хоризонт круг, можемо замислити да његову периферију изделимо у степене, минуте и секунде, почињући са  $0^{\circ}$  од јужне тачке и идући у ретроградном смислу до  $360^{\circ}$  (од јужне преко западне, северне, источне поново до јужне тачке хоризонта). Затим, кроз тачке ове поделе и вертикалу замислимо да повучемо равни и продужимо их до пресека са небеским сводом. За сваку од ових равни добићемо на небеској сфери по један велики круг који зовемо *вертикал* (в. сл. 17). Вертикал што пролази кроз подневачку линију зове се *меридијан* нашег места. У меридијану досежу сва небеска тела највишу тачку своје привидне дневне путање по небеском своду.

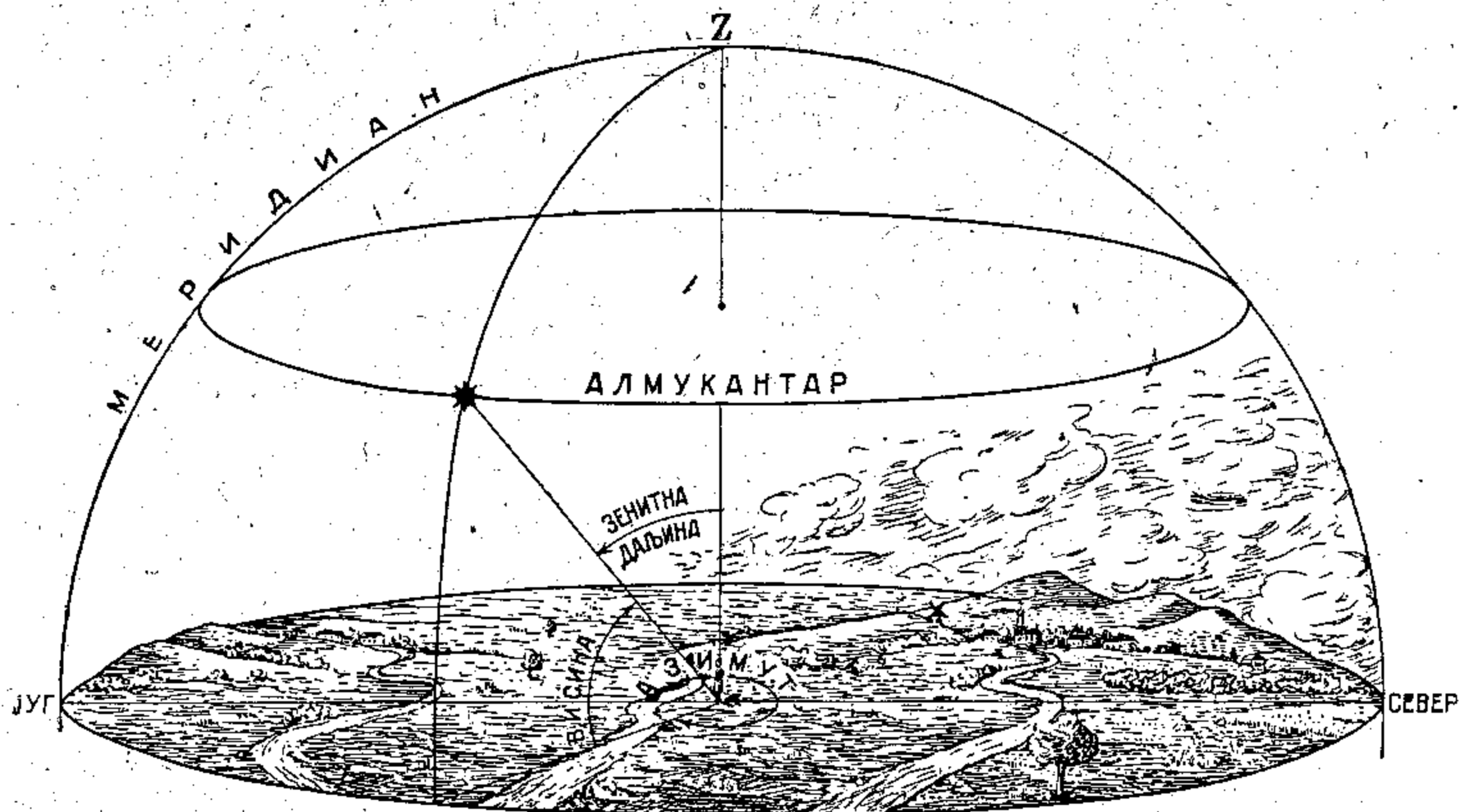


Сл. 17.

Узмимо једну звезду сад и повуцимо у мислима њен вертикал. (в. сл. 18). Положај овог вертикала одређен је бројем степени (минута и секунда) на издељеној периферији хоризонта; одређен је дакле углом за који би посматрач имао да се обрне око вертикале, у ретроградном смислу, полазећи од правца јужне тачке до положаја вертикала звезде. Тај угао зове се *азимут* звезде и рачунамо га обично од  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ , од правца јужне тачке у ретроградном смислу. Али азимутом одређен је положај само равни, односно вертикала на коме се налази звезда. За познавање положаја звезде остаје још да одредимо њено место на вертикалу. Ово ћемо постићи ако измеримо угао који затвара са равни хоризонта права повучена у мислима од посматрача до звезде. Тај угао зове се *висина* звезде и рачуна се од  $0^{\circ}$ , полазећи од хоризонта, ка зениту до  $+90^{\circ}$ , ка надиру до  $-90^{\circ}$ . Азимутом и висином звезде одређен је потпуно њен положај

на небеском своду. То се каже: азимут и висина су *координате звезде* (в. сл. 18). А пошто је за ове координате основна равна хоризонта, за њих се каже да су то координате у систему хоризонта.

Положај звезде на вертикалном кругу можемо још одредити и полазећи од зенита, место од хоризонта. Довољно је за



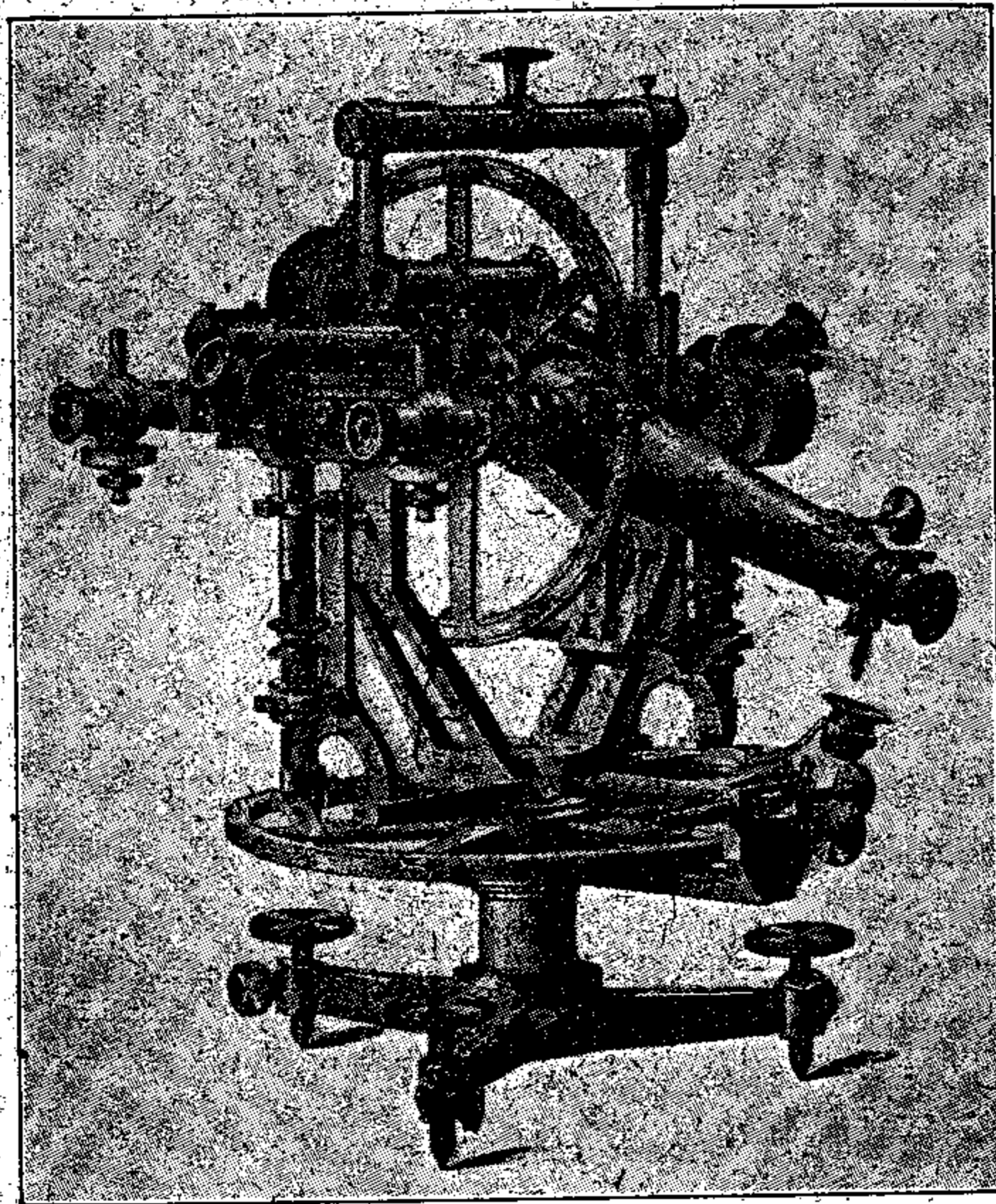
Сл. 18.

то да измеримо угао који затвара са вертикалним правцем права повучена у мислима од посматрача до звезде: овај угао зовемо *зенитна даљина* звезде. Зенитна даљина рачуна се увек позитивно, од  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , полазећи од зенита до надира. Са слике видимо да су висина и зенитна даљина звезде комплементни углови.

• Мали кругови на небеском своду повучени у мислима паралелно са хоризонтом зову се *алмукантари*.

Пошто свако место на Земљи има свој видик, своју вертикалу, дакле и свој зенит и надир, то координатни систем хоризонта, па и координате у њему важе само за једно место. То се каже координатни систем хоризонта је *месни систем*; азимут и висина — односно зенитна даљина звезде — су *месне координате*. Тиме је истакнуто уједно да: ма у ком датом тренутку, иста звезда, посматрана са два разна места на Земљи, има други азимут и другу висину. А можемо закључити из досадањих посматрања привидног кретања небеског свода и то, да се азимут и висина небеских тела стално мењају у току једног дана.

Инструмент којим се мери азимут и висина звезде зове се *теодолит* (в. сл. 19). Теодолит се састоји у главно



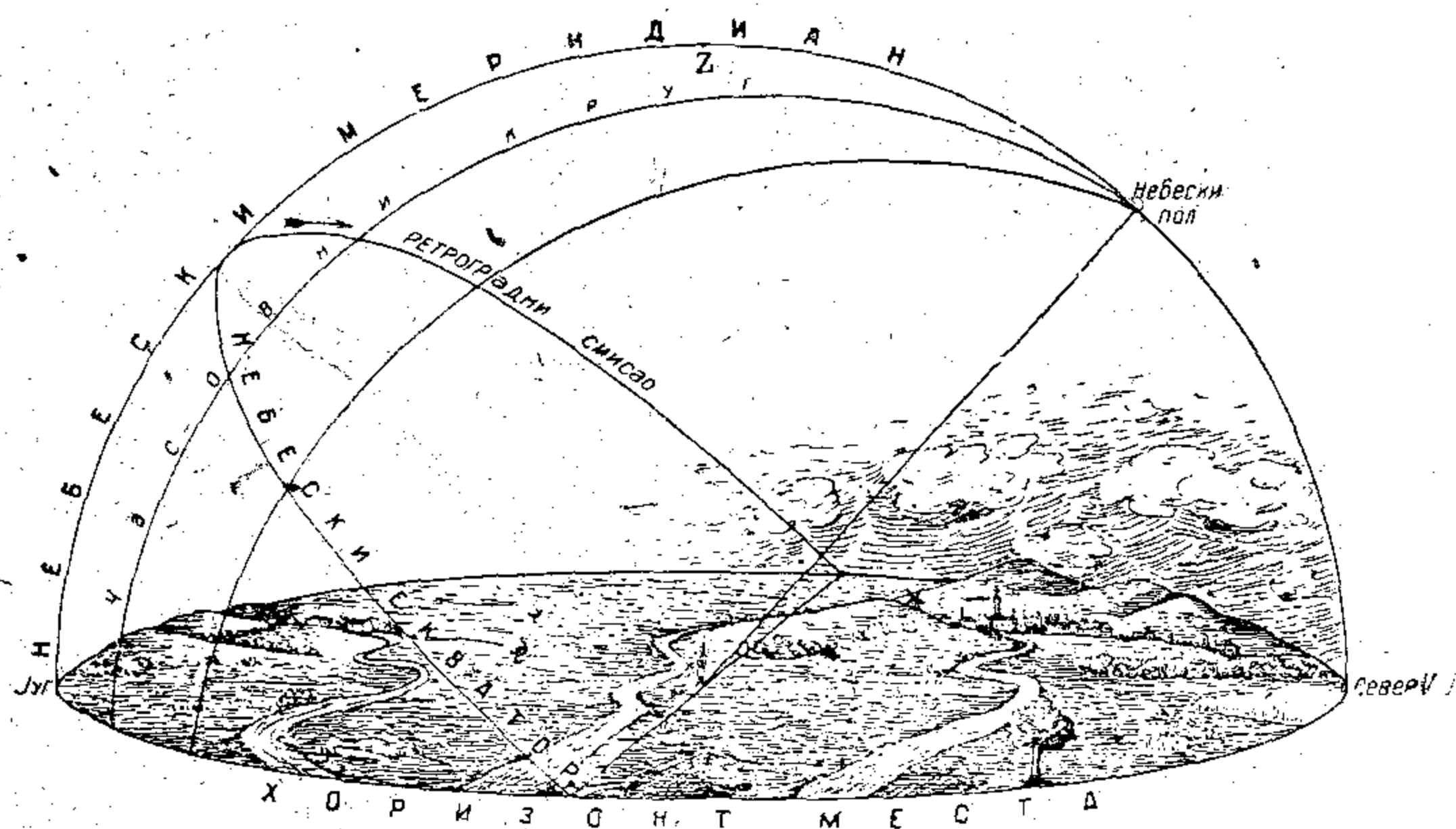
Сл. 19.

из једног астрономског дурбина и два издељена круга: једног хоризонталног за мерење азимута, другог вертикалног за мерење висина, односно зенитних даљина звезде. Кроз средиште хоризонталног круга, који остаје непокретан, пролази вертикална оса око које се обрћу дурбин и вертикални круг. Кроз средиште вертикалног круга пролази једна хоризонтална оса око које се обрће дурбин. Ако је теодолит добро склопљен и правилно постављен, т. ј. ако је: 1. раван првог круга заиста хоризонтална, а другог доиста вертикална; 2. обе осе управне на овим равнима; 3. оса дурбина управна на хоризонталној оси, — теодолитом можемо мерити азимут и висину, односно зенитну даљину звезде на које управљамо дурбин.

**8. Месни координатни систем екватора. Часовни угао и деклинација звезде.** Као што смо се могли уверити из досадањих посматрања, привидним дневним кретањем неба одређен је правац поларне или светске осе, око које нам изгледа да сва небеска тела описују паралелне кругове у току једног дана. Највећи међу овим круговима знамо да се зове небески екватор. Његова раван стоји управно на поларној оси, те се тако може и њен положај сматрати као одређен. Па као што смо раније узели раван видика и вертикалу, и од њих створили координатни систем хоризонта, тако можемо сада узети раван екватора и поларну осу, и створити нов координатни систем за одређивање положаја небеских тела. Треба само да утврдимо почетни правац и смисао у коме се имају рачунати ове координате. За смисао ћемо и овде усвојити ретроградни, а за почетни правац усвојићемо јужну страну нашег меридијана.

Раније смо изделили у мислима периферију хоризонта; учинимо то сада и са периферијом екватора. Нула ове поделе одговараће тачки у којој наш меридиан сече небески екватор; одатле ће подела ићи у смислу запада, преко севера, истока,

поново до меридијана до  $360^{\circ}$ . Кроз тачке ове поделе и поларну осу повуцимо у мислима равни, и продужимо их до пресека са небеским сводом. За сваку од њих добићемо на небеској сфери по један велики круг који зовемо *небески меридијан* или *часовни круг*. Међу овима постоји један што пролази кроз зенит: то је наш меридијан (в. сл. 20).



Сл. 20.

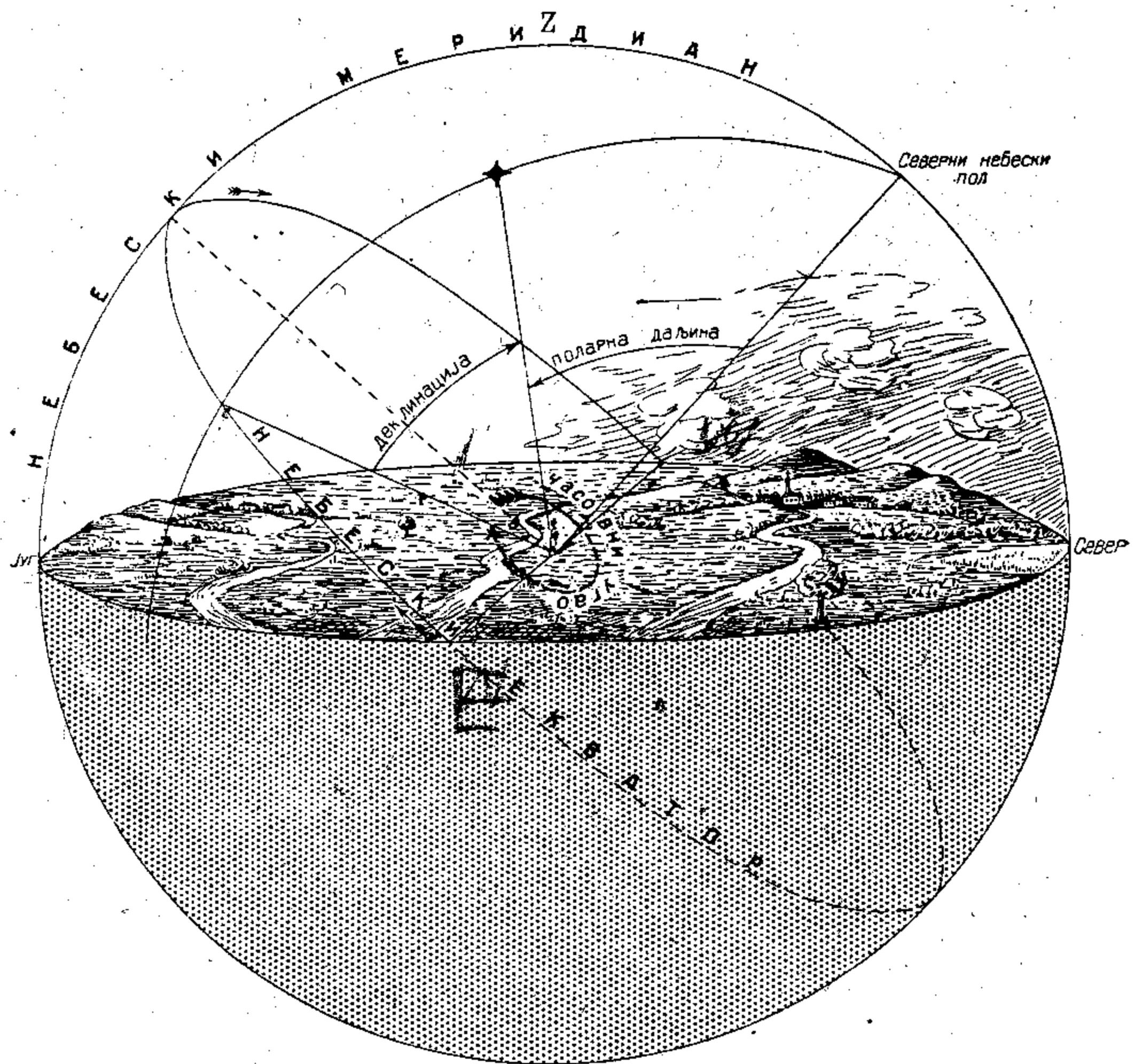
Узмимо сада неку звезду на небеском своду и повуцимо њен часовни круг. Положај овог круга одређен је тачно бројем степени (минута и секунда) на издељеној периферији екуатора, т. ј. углом за који би имао посматрач да се обрне око поларне осе, у ретроградном смислу, полазећи од јужног правца меридијана свога места до положаја часовног круга звезде. Тај угао зове се *часовни угао* звезде (в. сл. 21). Рачуна се од  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$  у смислу привидног дневног кретања неба. Али часовним углом одређен је само часовни круг на коме се налази звезда. За изналажење положаја звезде остаје још да одредимо њено место на часовном кругу. Ово се одређује углом који затвара са равни екуатора права повучена од посматрача до звезде. Тај угао зове се *деклинација* звезде; рачуна се од  $0^{\circ}$  до  $+90^{\circ}$  полазећи од екуатора до северног небеског пола, и од  $0^{\circ}$  до  $-90^{\circ}$  полазећи од екуатора до јужног небеског пола.

Кад су дати часовни угао и деклинација звезде, њен положај на небеском своду је потпуно одређен; часовни угао и деклинација су према томе координате звезде у систему екуатора, пошто је у њему основна раван небеског екуатора.

Положај звезде на часовном кругу може се одредити полазећи, место од екуатора, од северног небеског пола. Зато је довољно да познајемо угао који чини са правцем поларне осе

права повучена у мислима од посматрача до звезду. Овај угао зове се *поларна даљина* звезда; рачуна се увек позитивно, од  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , полазећи од северног до јужног небеског пола. Са слике видимо да су деклинација и поларна даљина звезде комплементни углови.

Пошто знамо да звезде описују око поларне осе паралелне кругове са екватором, следује да њихове деклинације остају непромењене при дневном кретању небеског свода. Ово је прва предност координатног система екватора над системом хоризонта. А пошто је привидно обртање целе небеске сфере једнако (равномерно), часовни углови звезде мењају се пропорционално времену: за једнака времена описују звезде једнаке часовне углове. То је друга предност овог координатног система: што у мерењу часовних углова звезда налазимо меру за време.



Сл. 21.

**9. Звездани дан.** — Време за које звезда једанпут опише свој круг на небеском своду зове се *звездани дан*. Он се дели на 24 звездана часа, сваки час на 60 звезданих минута, минут

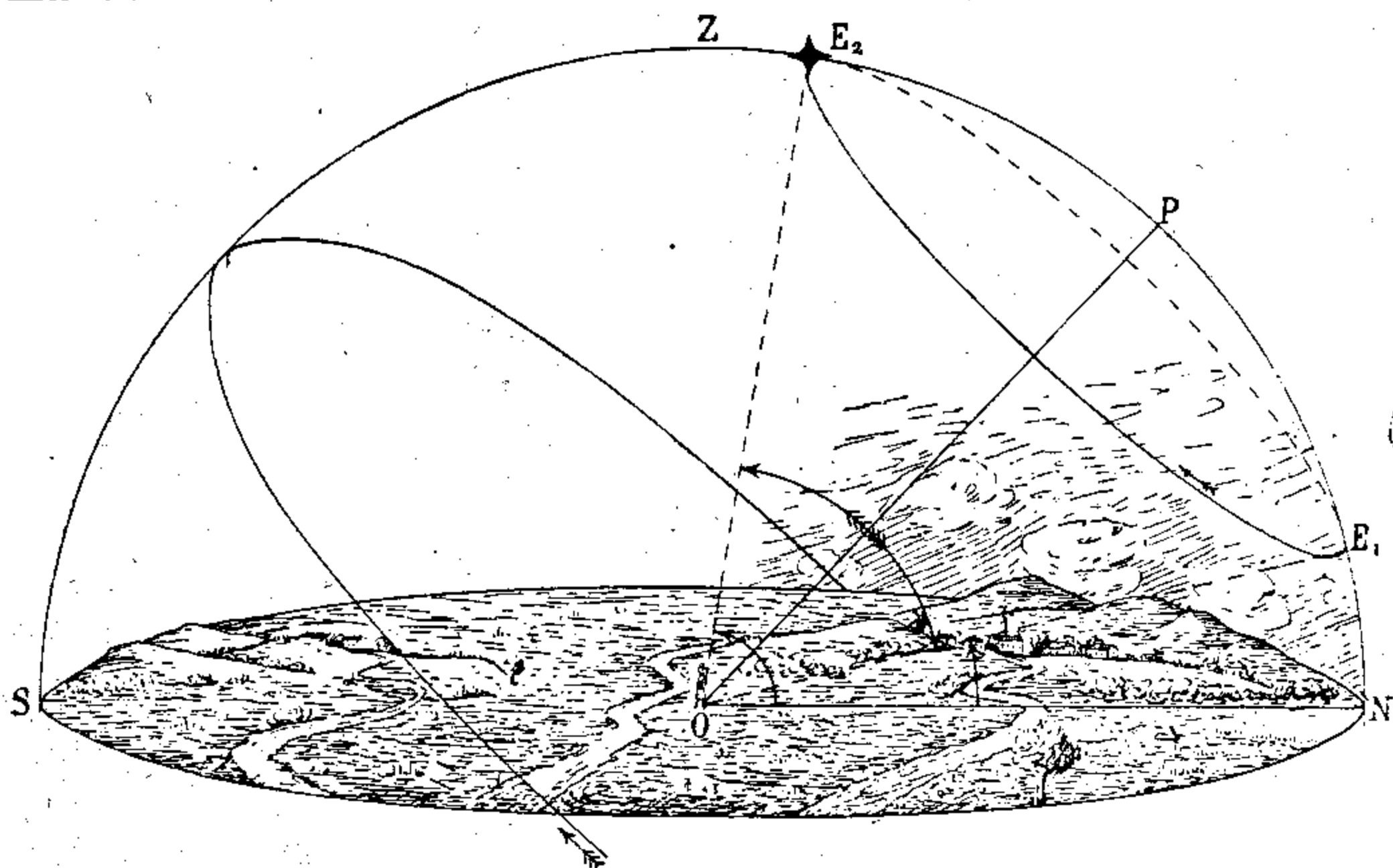


на 60 звезданих секунда. За сада запамтимо само толико да звездани дан није једнак обичном дану.

За свака 24 звездана часа повећава се часовни угао звезда за  $360^\circ$ . Значи за један звездани час повећава се за  $360^\circ : 24 = 15^\circ$ . Кад се за звездани час, који има 60 звезданих минута, повећа часовни угао за  $15^\circ = 15 \cdot 60'$ , за један звездани минут повећава се за  $(15 \cdot 60') : 60 = 15'$ . Значи за 60<sup>s</sup> повећава се часовни угао звезда за  $15' = 15 \cdot 60''$ , т. ј., за један звездани секунд промениће се часовни угао за  $(15 \cdot 60'') : 60 = 15''$ .

Из овога следује, да часовне углове звезда можемо рачунати било у степенима, минутима, и секундима лучним, било у часовима, минутима и секундима звезданог времена. Звезданим временом служе се само астрономи при посматрању звезда; на астрономским опсерваторијама постоје и нарочити часовници који показују звездано време.

Сад можемо допунити оно што смо раније сазнали из посматрања о привидном кретању небеских тела, и објаснити како се ово кретање види са разних тачака на Земљиној површини.



Сл. 22.

**10. Одређивање правца поларне осе помоћу висине пола.** — Али претходно ћемо показати како се одређује правац поларне осе са неког места на Земљи. Напред смо већ утврдили посматрајући привидно кретање звезда, да их има које описују цео круг око поларне осе не спуштајући се при томе под хоризонт. Ове звезде имају нарочит назив, зовемо их *циркумполарне звезде*. Описујући кругове у току једнога дана циркумполарне звезде пролазе два пута кроз раван нашег меридијана. У

њему достижу једанпут највишу, други пут најнижу тачку своје дневне путање. Кад оваква звезда доспе у највишу тачку, каже се да је у *горњој кулминацији*, а кад стигне у најнижу тачку, каже се да се налази у *доњој кулминацији*.

Ако се сетимо да при томе кретању поларна даљина звезде остаје непромењена, са слике 22. можемо видети ово: угао

$$E_1ON = h_1$$

претставља висину звезде у тренутку доње кулминације, угао

$$E_2ON = h_2$$

претставља висину звезде у тренутку њене горње кулминације. Углови  $POE_1$  и  $POE_2$  су поларне даљине звезде и једнаки су међу собом. Означимо их са

$$p = POE_1 = POE_2.$$

Ако још означимо угао  $NOP$  или висину пола са  $\varphi$ , видимо са слике да је за положај  $E_1$ , или у тренутку доње кулминације  $\varphi = h_1 + p$ . За положај  $E_2$ , или у горњој кулминацији звезде  $\varphi = h_2 - p$ . Сабирањем ове две једначине добивамо да је  $2\varphi = h_1 + h_2$ , одакле је

$$\varphi = \frac{1}{2}(h_1 + h_2).$$

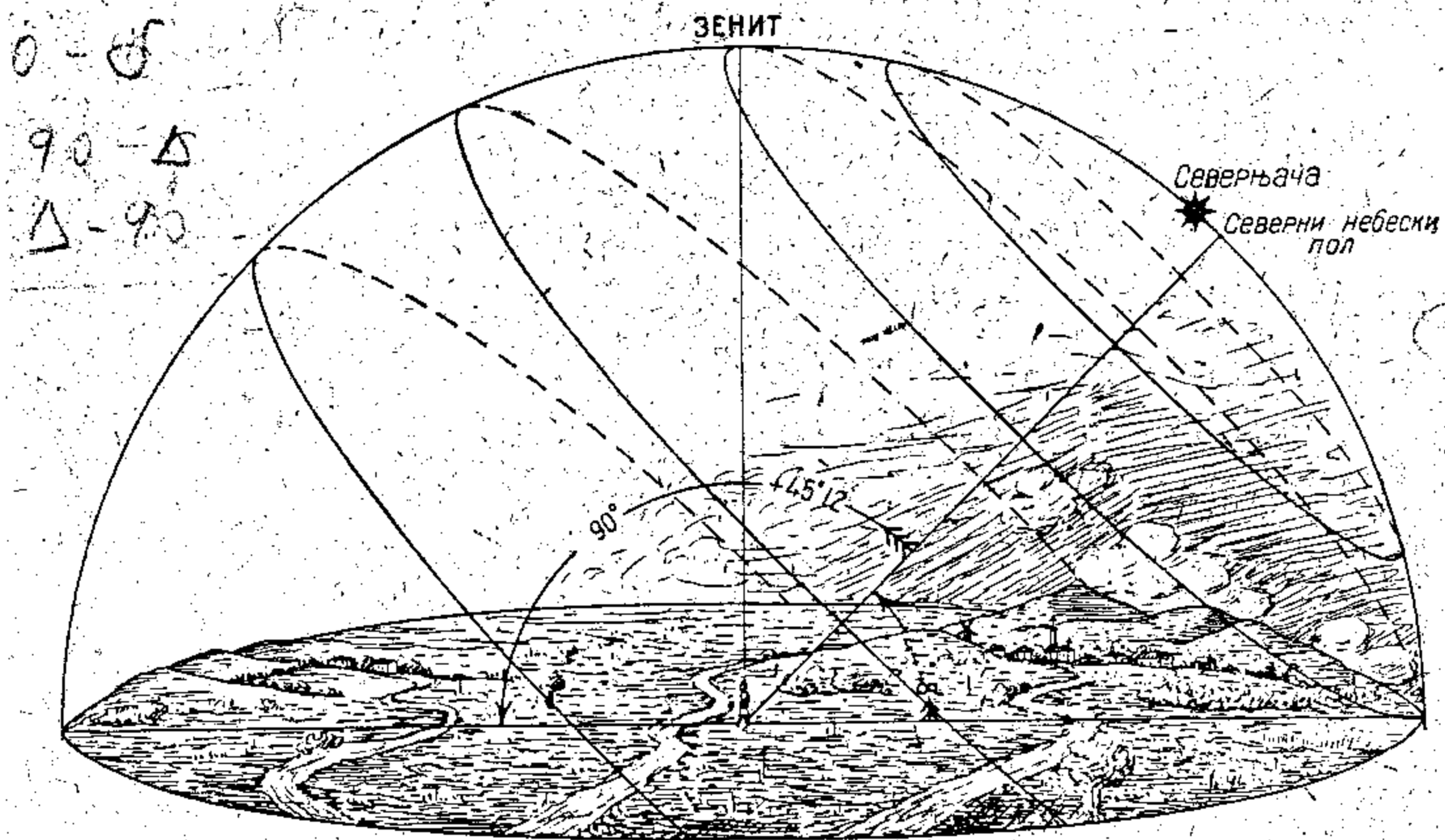
Висина пола налази се, дакле, кад узмемо половину суме висина једне циркумполарне звезде у обема њеним кулминацијама у току једног дана. Тиме је одређен правац поларне осе.

**Привидно дневно кретање неба посматрано са разних тачака на Земљи.** — Посматрајмо сада привидно дневно кретање небеског свода са разних тачака Земљине површине. Почнимо посматрање са видика Београда (в. сл. 23.). Висина пола над видиком Београда износи

$$\varphi = +44^\circ 48'.$$

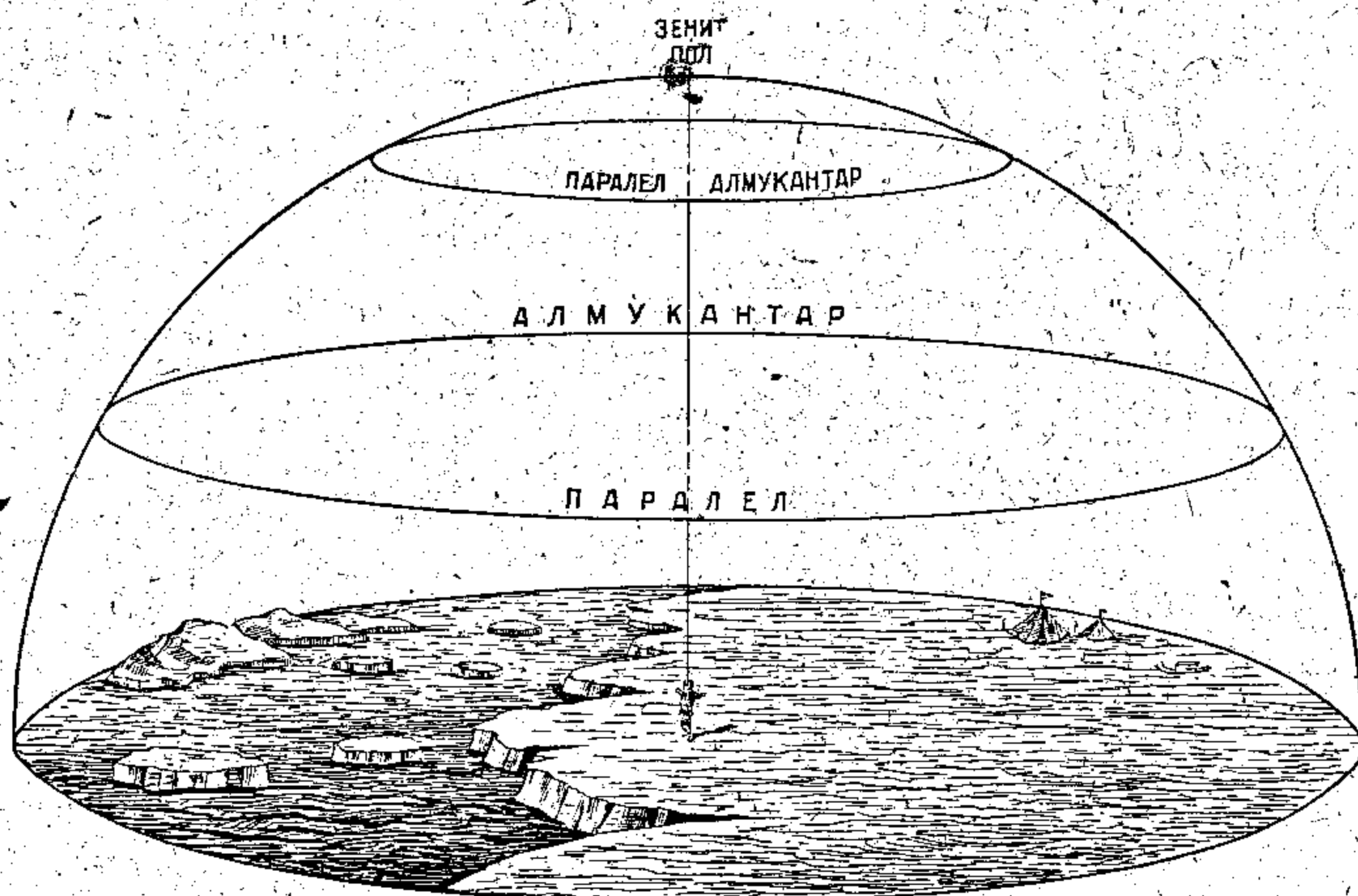
Овим је одмах казано и то, да ће за наш видик бити циркумполарне све оне звезде чије поларне даљине нису веће од  $44^\circ 48'$ , или чије деклинације нису мање од  $+45^\circ 12'$ . Звезде чије су поларне даљине веће од  $44^\circ 48'$ , описују један део свога дневног круга — видљиви лук — над видиком, други — невидљиви лук — описују под видиком. Што је поларна даљина звезде већа, мањи је њен видљиви лук; но ипак, све до екватора њихов видљиви лук остаје већи од невидљивог. За звезду која би се кретала по самом небеском екватору, био би видљиви лук једнак невидљивом. Ова звезда излазила би у источној, а залазила у западној тачки хоризонта. Звезде испод екватора, чије су поларне даљине веће од  $90^\circ$ , имају видљиве лукове мање од невидљивих, и све мање што су им поларне даљине веће. Звезде са поларном даљином већом од  $90^\circ + 45^\circ 12'$  описују целе дневне кругове око поларне осе на оном делу небеске сфере што за нас остаје стално невидљива.

Пренесимо се у мислима сада на један од Земљиних полова (в. сл. 24.) нека то буде северни пол, да видимо како би оданде изгледало привидно дневно кретање небеског свода.



Сл. 23.

Пошто се посматрач налази на Земљином полу, небески пол је за њега уједно и зенит, поларна оса вертикална, а равна његова видика поклапа се са равни небеског екватора. Према томе све видљиве звезде

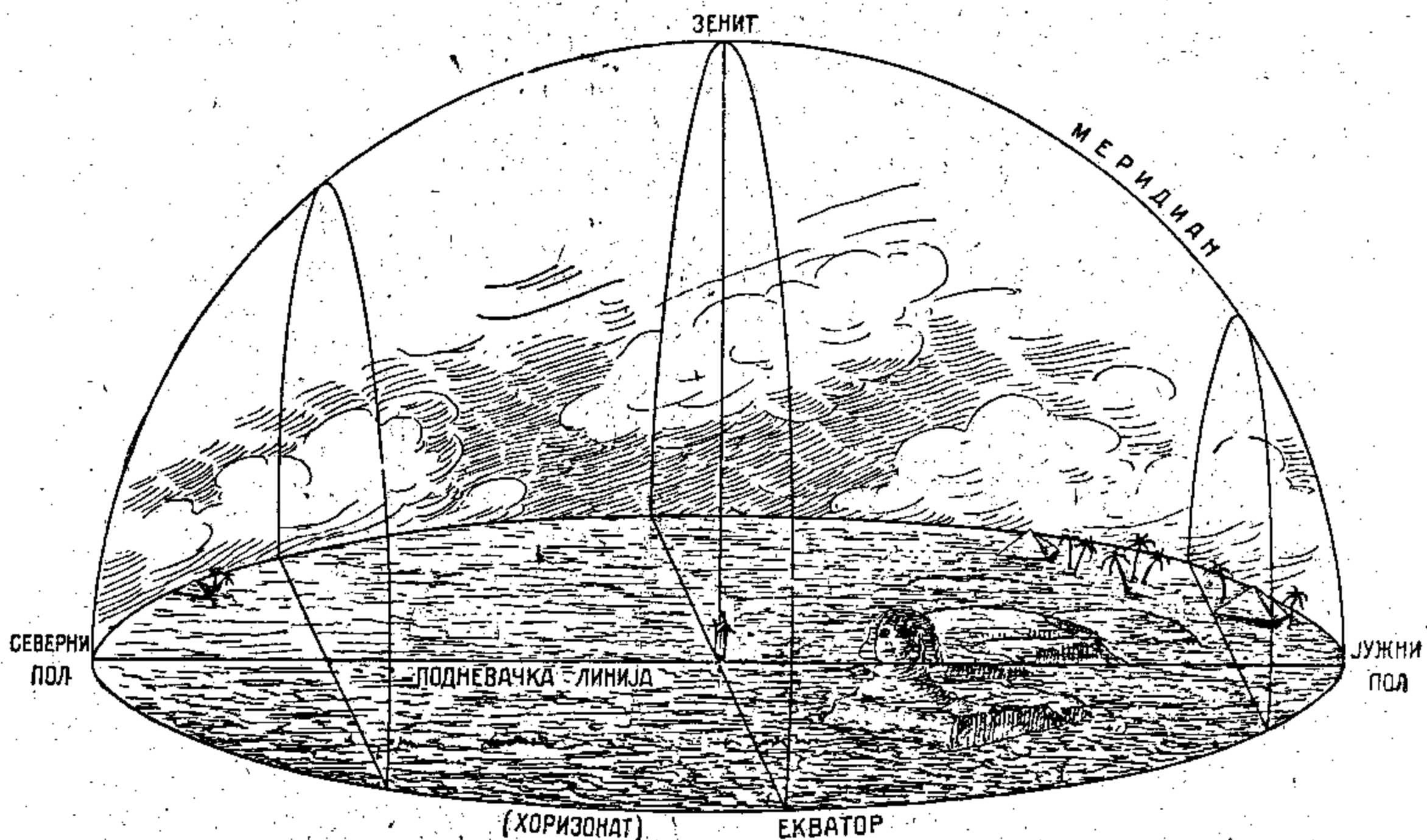


Сл. 24.

видели бисмо да описују паралелне кругове са видиком, да остају дакле стално над хоризонтом, и то на истој висини преко целог дана. Другим

речима, за посматрача са Земљиног пола све видљиве звезде су циркумполарне.

Претпоставимо да се налазимо на Земљиним екватору (в. сл. 25.). Наша вертикала падаће у раван екватора; зенит ће нам бити једна тачка небеског екватора; раван видика биће управна на равни небеског екватора, значи да се у њој мора налазити поларна оса. Доиста, поларна оса игра овде улогу подневачке линије. Око ње звезде описују кругове, чија је једна половина стално видљива, а друга стално невидљива. За посматрача на екватору не постоје циркумполарне звезде.

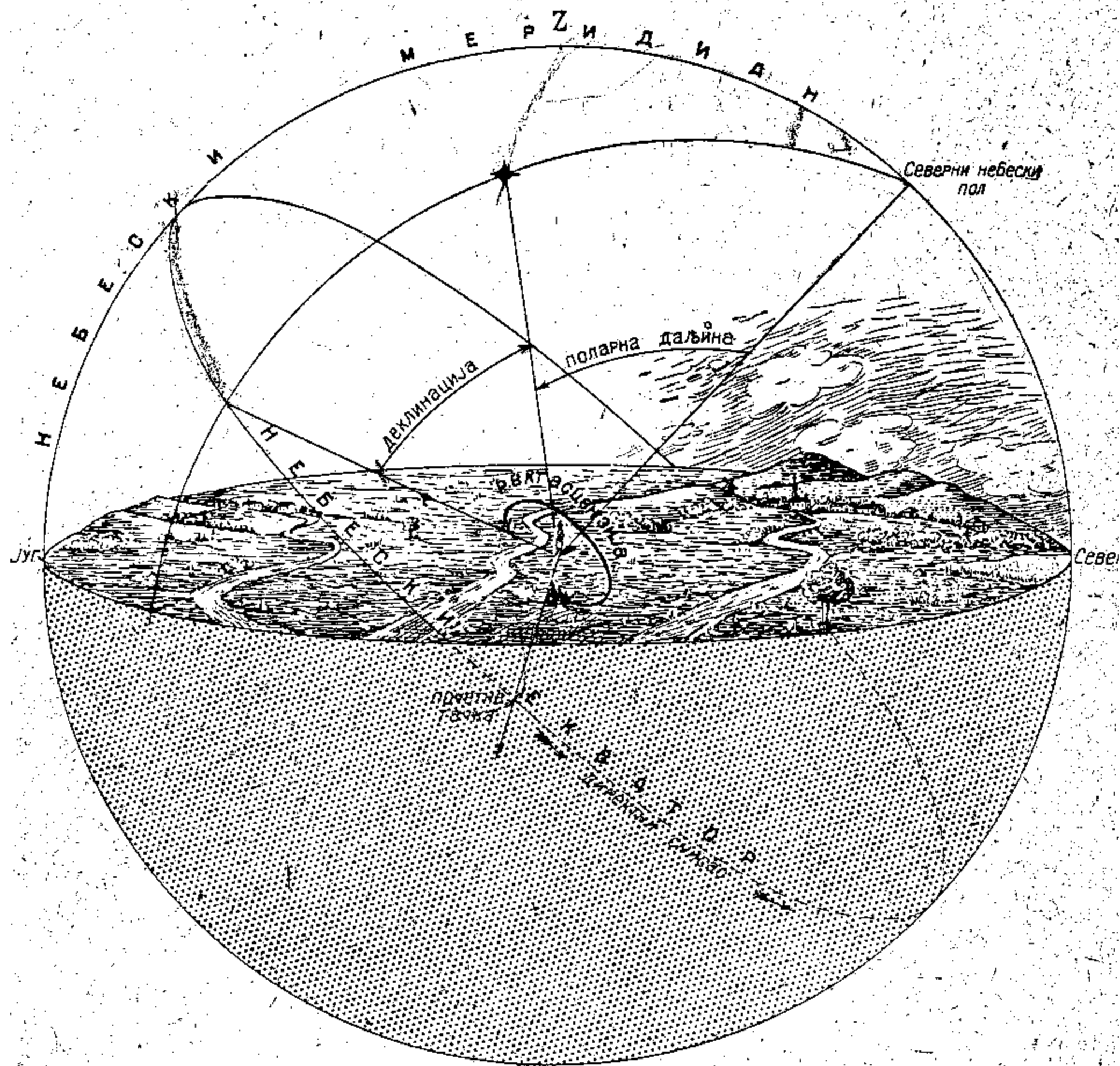


Сл. 25.

**11. Небески систем екватора. Ректасцензија и де-клинација звезде.** — Раније смо видели да се у систему хоризонта мењају стално у току дана обе координате: и азимут и висина. Осим тога, ма у ком датом тренутку, ове координате разне су за исту звезду, ако је посматрамо са разних места на Земљи. У месном систему екватора остаје једна од координата — деклинација звезде — непромењена при дневном кретању; мења се само њен часовни угао. И овај је за исту звезду, у истом тренутку, различит за разна места на Земљи. Ово долази отуда што су, и у једном и у другом случају, координате система, т. ј. њихове основне равни и почетне тачке у овима, везане за место које посматрач заузима. Те тако, мада звезде не мењају своје узајамне положаје на небеском своду, нисмо у стању са досадањим координатним системима да одредимо положаје звезда непроменљивим координатама, како би се могло видети да су звезде доиста некретнице.

Међутим, ако задржимо раван небеског екватора и поларну осу као основне положаје, довољно ће бити да само на-

Ћемо један почетни правац за рачунање угла по екватору, који би био везан за небески свод, па да и координате звезда у њему остану непроменљиве. Овакав координатни систем постоји и зовемо га *небески систем екватора* (в. сл. 26.). Једна од координата у овом систему је *деклинација*, или *поларна даљина* *звезде*. Велики кругови по којима се мери деклинација



Сл. 26.

звезда, што пролазе кроз северни и јужни пол и стоје управно на екватору, зову се *деклинациони кругови*. Друга координата се мери по екватору углом који заклапају међу собом равни деклинационог круга звезде са равни једног почетног деклинационог круга. Овај угао се рачуна од  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ , или од  $0^h$  до  $24^h$  — али у супротном смислу од привидног кретања неба: каже се у *директном смислу*. Тај угао зове се *ректасцензија* звезде. Сва разлика између месног и небеског координатног система екватора лежи у томе, што је, у првом случају, почетни правац за мерење угла по екватору везан за посматрачево место на Земљи, док је, у другом случају, усвојен за почетни правац један непроменљиви правац на небеском своду.

За почетни деклинациони круг могли бисмо изабрати који хоћемо: например деклинациони круг што пролази кроз неку познату сјајну звезду. За сада запамтимо само толико да је за почетни правац, од кога се рачуна ректасцензија звезде, усвојен деклинациони круг што пролази кроз *тачку пролетње равнодневнице*. Касније ћемо видети каква је то тачка и где се она налази на небу.

## ЗЕМЉИНО ДНЕВНО КРЕТАЊЕ. ОБЛИК ЗЕМЉЕ. ГЕОГРАФСКЕ КООРДИНАТЕ.

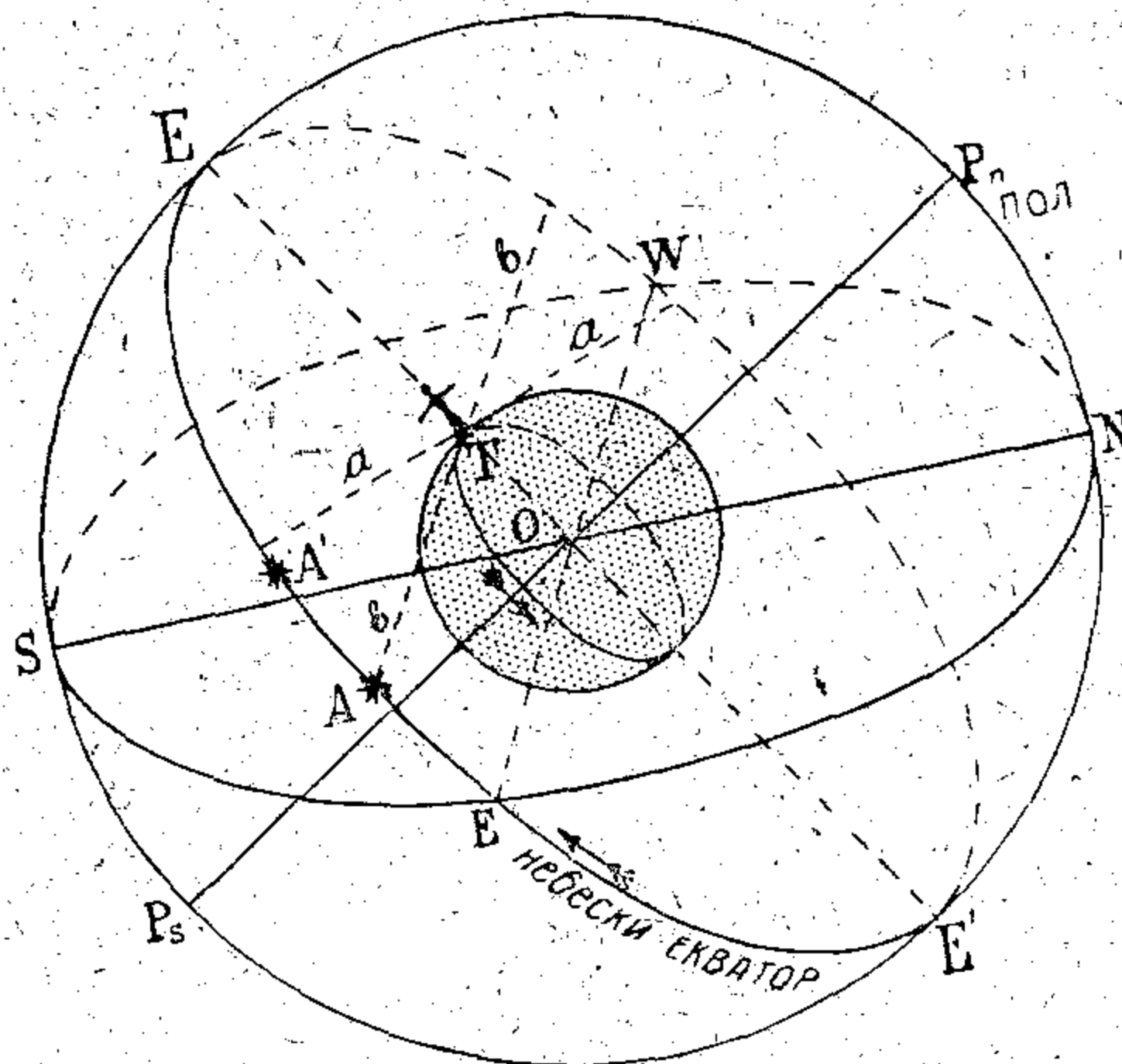
**12. Дневно обртање Земље.** — Говорећи о дневном кретању небеског свода од истока ка западу, наглашавали смо стално да је то кретање привидно. Јер, постоји довољно доказа да се у истини Земља обрће око поларне осе, од запада ка истоку, једанпут за један звездани дан, — а не небеска сфера, као што се то нама чини. Због тога су и координате звезде променљиве у оним координатним системима који су везани за тачке на Земљи, а остају непроменљиве у координатном систему који је везан за небески свод.

Овде ћемо да покажемо да је ток појава за посматрача привидно исти било да сматрамо да небески свод остаје непомичан, а Земља да се обрће око поларне осе у смислу од запада ка истоку, — или да Земљу узмемо као непокретну, а претпоставимо да се, за исто време, цео небески свод обрне око поларне осе од истока ка западу.

Слика 27. претставља посматрача који, окренут лицем ка југу гледа небески свод. Он види да се звезде појављују на левој или источној страни хоризонта, да се неприметно, поступно дижу док не стигну у раван  $OSEP$ , где кулминирају, па затим се спуштају да, на десној или западној страни, зађу за хоризонт. Тако смо до сада схватали и звали то привидним дневним кретањем небеског свода.

У ствари небески свод и звезде стоје непомично, а обрће се Земља око поларне осе  $P_n O P_s$ , у смислу од запада ка истоку! Доиста, слика 27. показује да ће се за посматрача, и у овом случају, звезде појављивати истим редом на левој источној страни хоризонта, а нестајати на десној или западној страни. Док је, например, положај његова видика  $aa$ , он не види ни звезду  $A'$ , ни звезду  $A$ : нешто касније, кад услед обртања Земље дође видик у положај  $bb$ , посматрач види звезду  $A'$  већ над видиком, а звезду  $A$  у њеној тачки излаза на источном делу хоризонта. Како се Земља буде даље обртала, тако ће и посматрач видети како се ове звезде постепено дижу, достижу

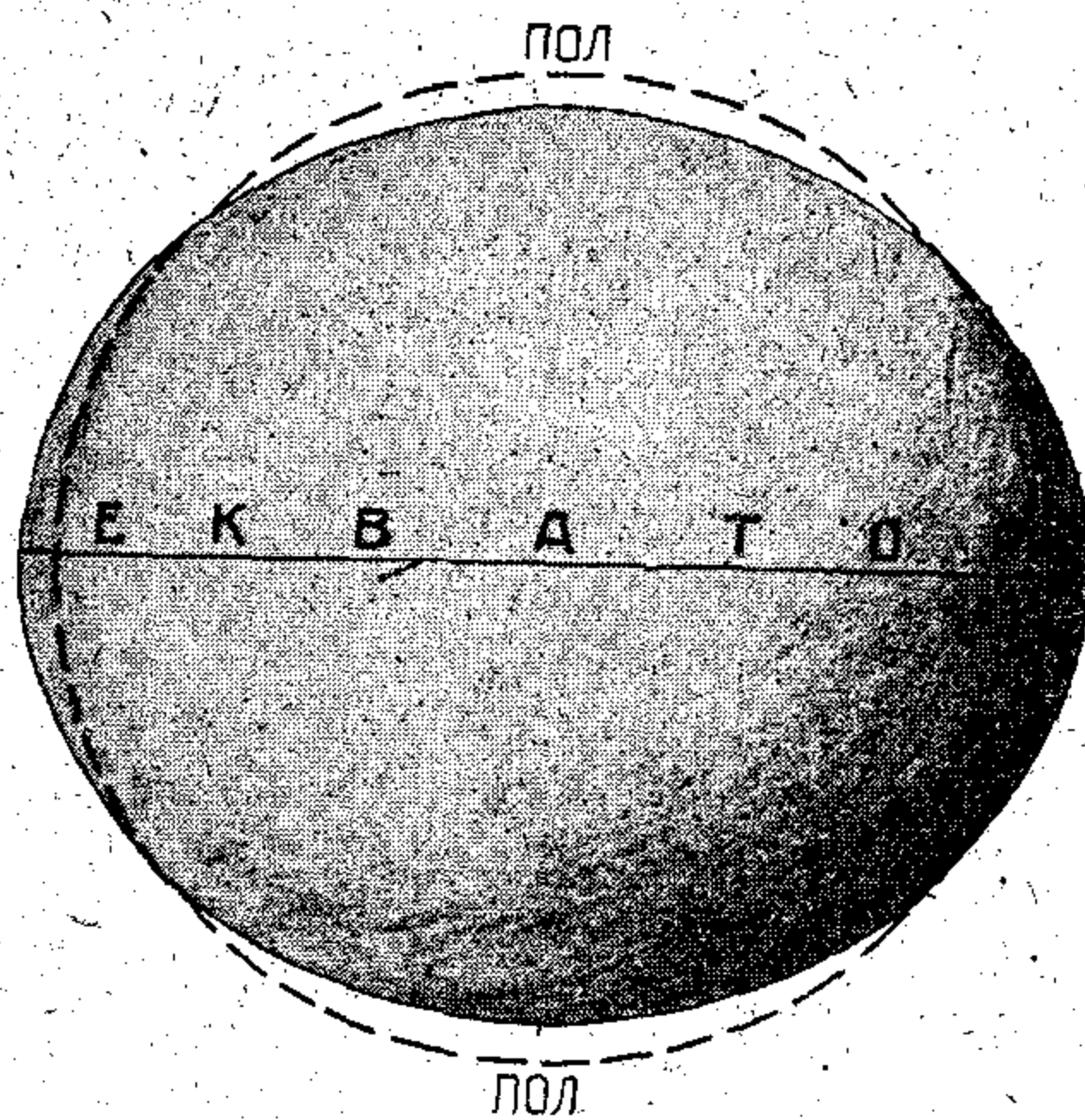
највишу своју висину над видиком, затим се спуштају да се, на западној страни хоризонта, спусте под видик. У ствари звезде се не мичу са својих местâ, него се Земља обрће равномерно, неприметно од запада ка истоку.



Сл. 27.

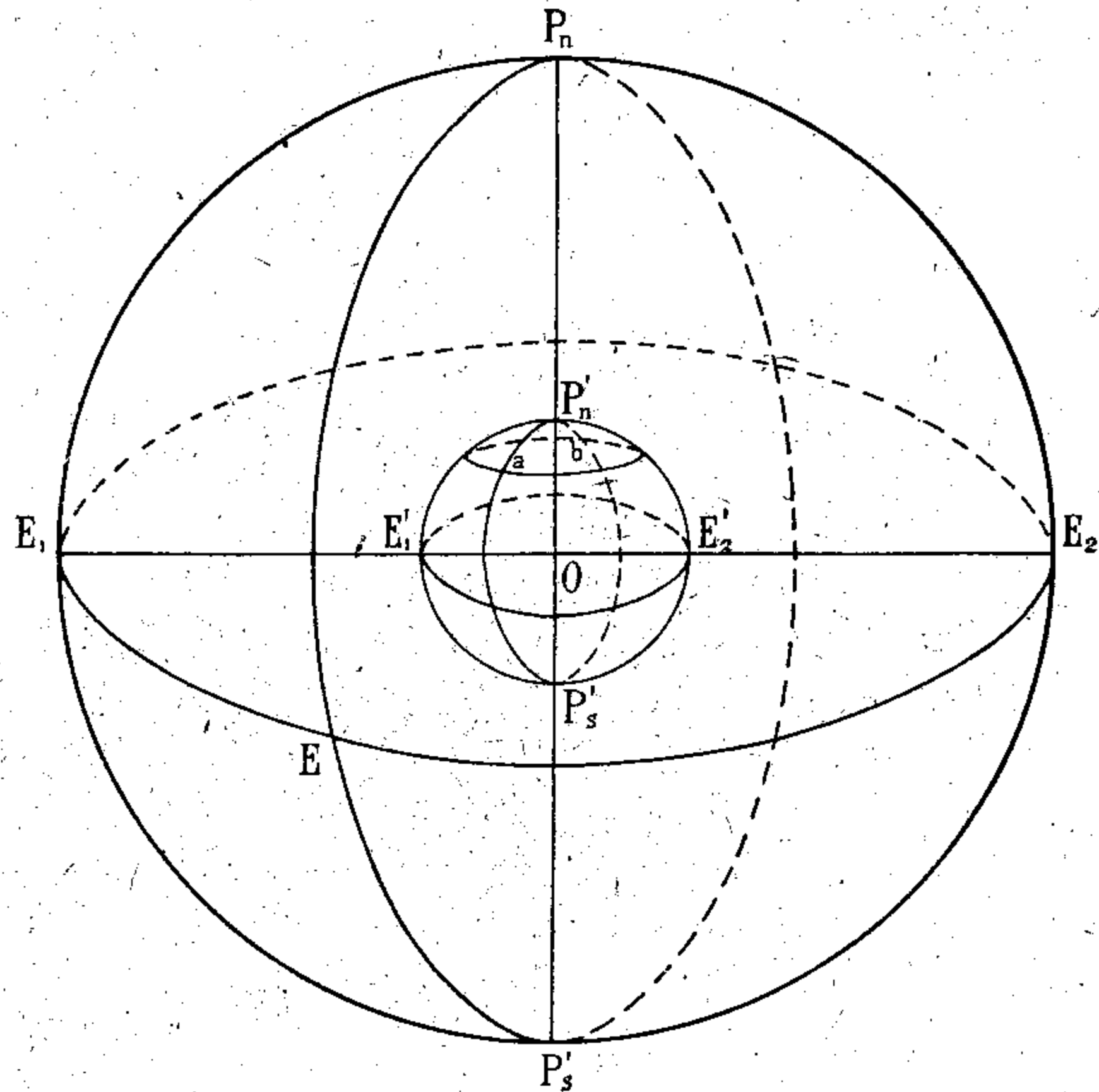
**13. Облик Земље. Географске координате.** — Земља има облик који се мало разликује од лопте; о томе постоји довољно доказа које овде сматрамо као познате из Географије. Запамтимо за сада само толико да је Земља на половима спљоштена, на екватору испупчена (в. сл. 28.). У науци се каже да Земља има облик *обртног елипсоида*. Али за наше сврхе смемо ипак сматрати Земљу као правилну лопту.

На слици 29. нека претставља: спољни круг небеску сферу, а унутрашњи Земљину лопту, тачка  $O$  њихово заједничко средиште;  $P_n$  и  $P_s$  северни и јужни небески пол, права



Сл. 28.

$P_n P_s$  поларну осу, велики круг  $E_1 E_2$  небески екватор; тачке  $P'_n$  и  $P'_s$  Земљине полове. Раван небеског екватора сече Земљину лопту дуж кружне линије  $E'_1 E'_2$  коју зовемо Земљин екватор. Овај дели Земљину лопту на две полулопте (хемисфере):



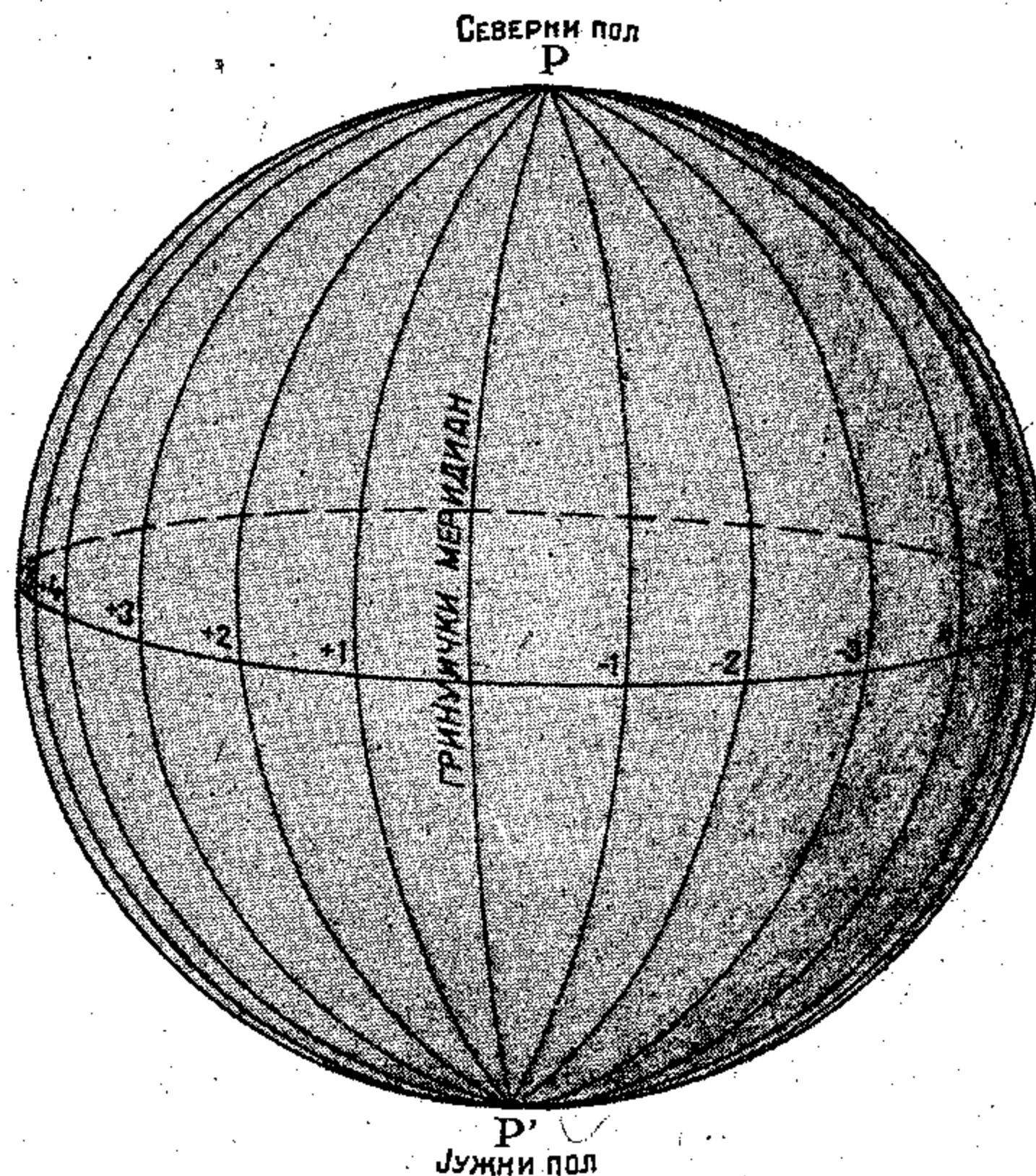
Сл. 29.

северну и јужну. Паралелни кругови са екватором на Земљиној лопти зову се Земљини паралели. Небеским меридијанима одговарају на Земљиној лопти по два полукруга  $P'_n a P'_s$  и  $P'_n b P'_s$ , које зовемо Земљини меридијани. Свако место на Земљиној лопти има свој меридијан и свој паралел. Помоћу ових кругова одређују се положаји тачака на Земљиној лопти.

Замислимо издељену периферију Земљиног екватора на степене (минуте и секунде) почињући од једне одређене тачке. Повуцимо у мислима меридијане кроз тачке ове поделе (в. сл. 30. повучени су меридијани на сваких  $15^\circ = 1^h$ ). Меридијан што пролази кроз тачку коју усвојимо за почетну зове се *почетни* или *први меридијан*. Број степени (минута и секунда), т. ј. угао између почетног меридијана и меридијана неког места на Земљи зове се *географска дужина* тога места и бележи се са  $L$ . За почетни меридијан усвојен је меридијан што пролази кроз опсерваторију у Гринуичу (у Енглеској, код Лондона). Од Гринуичког меридијана рачунају се географске дужине као негативне за места на



источној половини, као позитивне за места на западној половини Земљине лопте. Дуж једног меридијана сва места имају исту географску дужину.

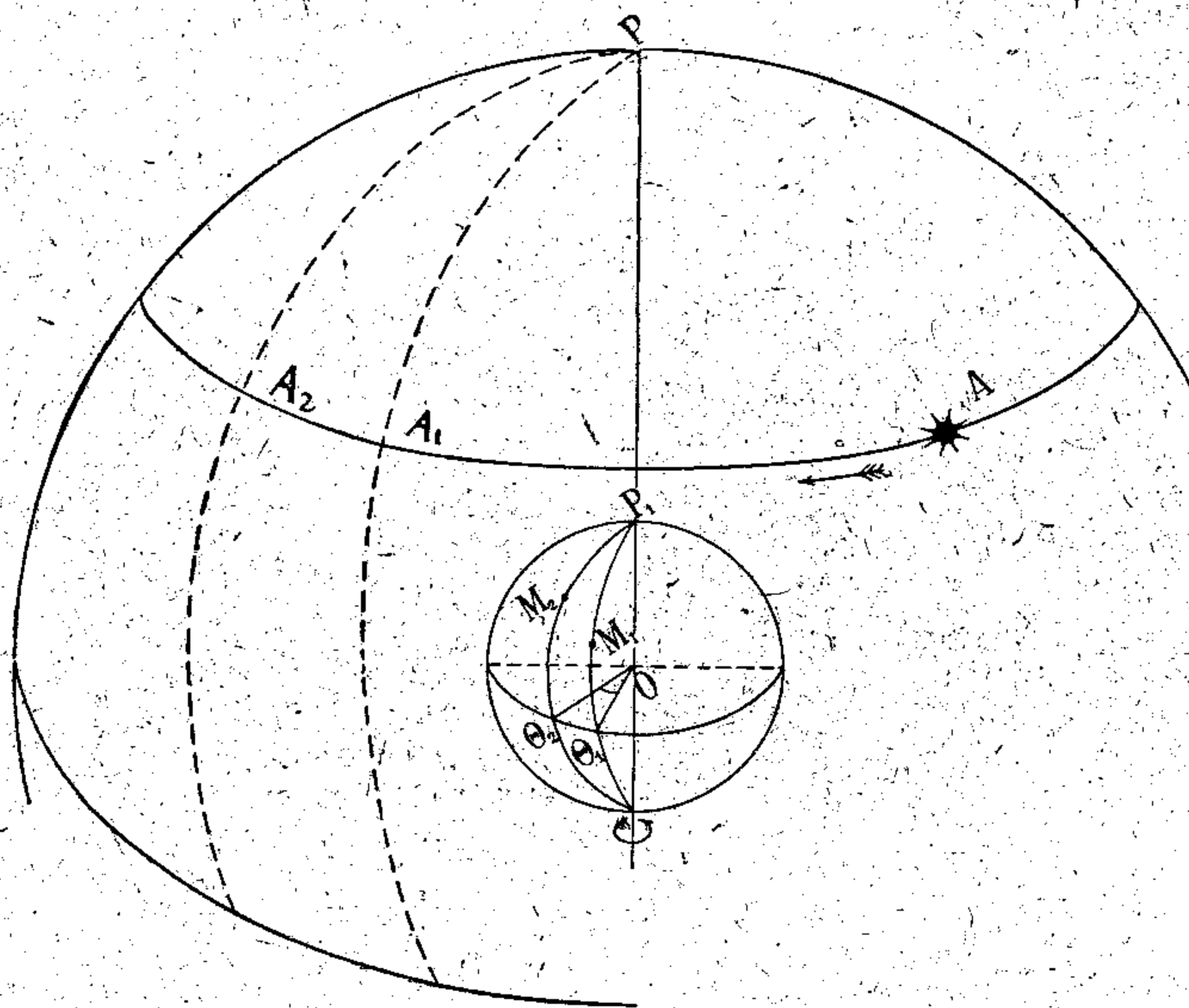


Сл. 30.

Да видимо како се одређује географска дужина на Земљи. Слика 31. претставља део северне небеске полусфере и Земљину лопту са заједничким средиштем у  $O$ . Изаберимо на небеском своду једну звезду и обележимо је са  $A$ , а на Земљиној лопти узмемо два места,  $M_1$  и  $M_2$  на два разна меридијана; претпоставимо да  $M_1$  лежи источно од  $M_2$ . Било да узмемо сад да се звезда  $A$  привидно креће по свом паралелу у правцу стрелице, или да се Земљина лопта обрће око поларне осе у супротном смислу, у једном одређеном тренутку посматрач из  $M_1$  опазиће звезду  $A$  у правцу  $M_1 A_1$  свога меридијана. После извесног времена опазиће је и посматрач из места  $M_2$  у правцу свога опет меридијана  $M_2 A_2$ . Протекло време од тренутка кад је звезда била у меридијану места  $M_1$ , до тренутка кад је стигла у меридијан места  $M_2$ , служи као мера угла који међу собом затварају меридијани  $P_1 M_1$  и  $P_2 M_2$ , т. ј. као мера за разлику у географској дужини места  $M_1$  и  $M_2$ .

Да можемо измерити време које протекне између пролаза звезде  $A$  кроз меридијанске равни оба места  $M_1$  и  $M_2$ , треба сваки од посматрача у овим тачкама да има по један тачан звездани часовник. У том случају можемо замислити да посматрач са  $M_1$ , у

тренутку кад види звезду  $A$  у правцу свога меридијана, прочита час, минут и секунд на свом часовнику, — али у исти мах даде и један знак посматрачу у  $M_2$  (на пример путем телефона). Исто тако има да учини и посматрач са  $M_2$  у тренутку кад он буде опазио звезду  $A$  у правцу свога меридијана: забележиће час,



Сл. 31.

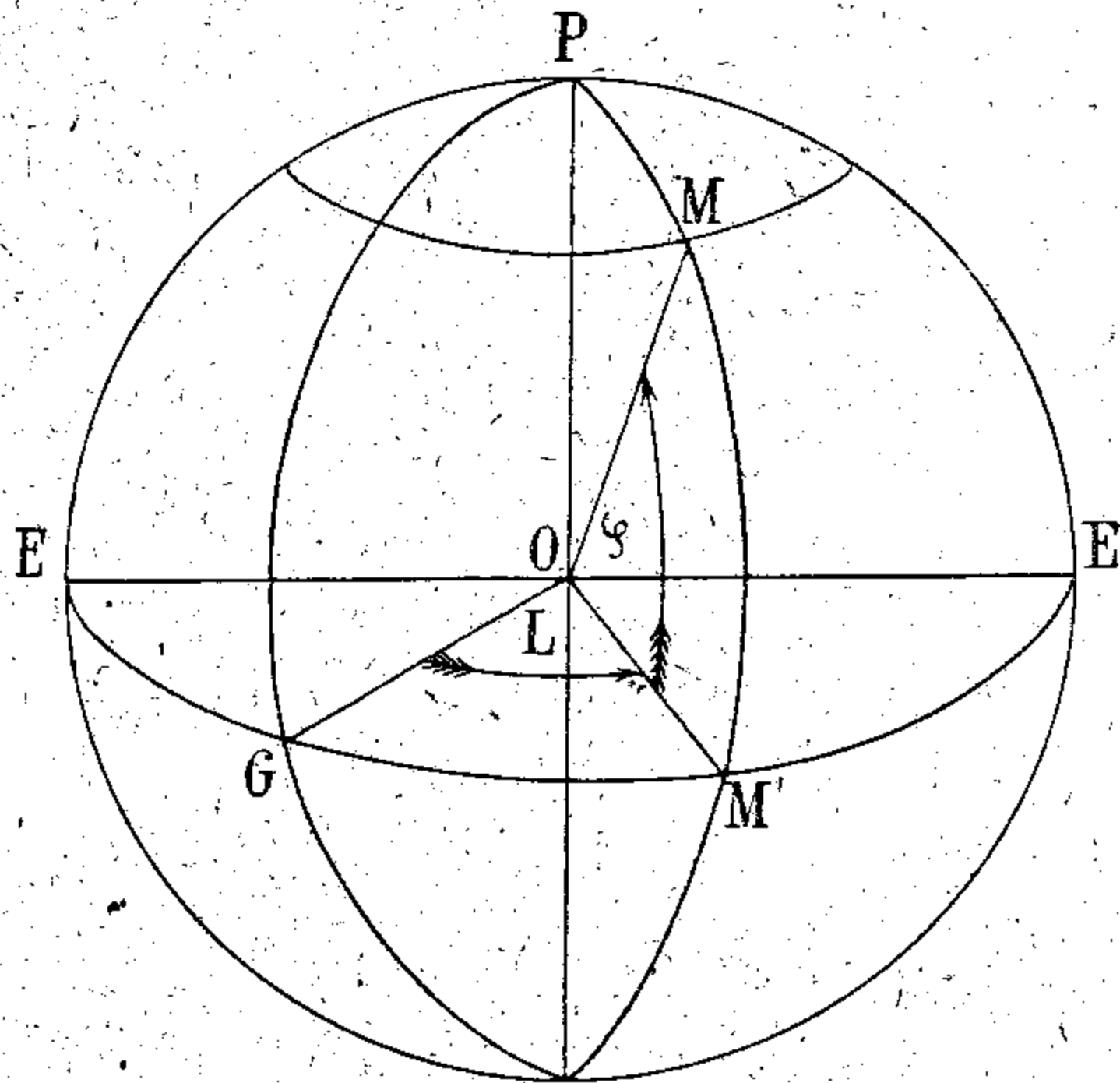
минут и секунд на своме часовнику, а даће истовремено знак посматрачу у  $M_1$ , који ће имати да забележи час, минут и секунд на свом часовнику, кад је дати знак чуо. На тај начин може сваки од посматрача да одреди протекло време између пролаза звезде  $A$  кроз меридијанске равни оба места. Примера ради, узмимо да је посматрач у  $M_1$  забележио на свом часовнику, у тренутку пролаза звезде  $A$  кроз његов меридијан  $21^{\text{h}} 37^{\text{m}} 44^{\text{s}}$ , а кад је из  $M_2$  добио знак за кулминацију звезде  $A$  у том месту, претпоставимо да је прочитао на своме часовнику:  $22^{\text{h}} 59^{\text{m}} 48^{\text{s}}$ . Разлика између ових времена, од  $1^{\text{h}} 22^{\text{m}} 4^{\text{s}}$ , одговара времену које је протекло између пролаза звезде кроз меридијан места  $M_1$  и пролаза кроз меридијан места  $M_2$ , или углу  $\theta_1 O \theta_2$  који међу собом затварају меридијанске равни та два места. Не треба да нас буни што је тај угао изражен временском мером, јер знамо из раније да се она даје претворити у степене, минуте и секунде лука. Показали смо, наиме, да је

$$1^{\text{h}} = 15^{\circ}, \quad 1^{\text{m}} = 15', \quad 1^{\text{s}} = 15'',$$

према томе је

$$1^{\text{h}} 22^{\text{m}} 4^{\text{s}} = 20^{\circ} 31' 0''.$$

Толика би била разлика у географским дужинама између места  $M_1$  и  $M_2$ . Ако претпоставимо да је једно од ових места на првом или Гринуичком меридијану, нађени угао одговара географској дужини другог места.



Сл. 32.

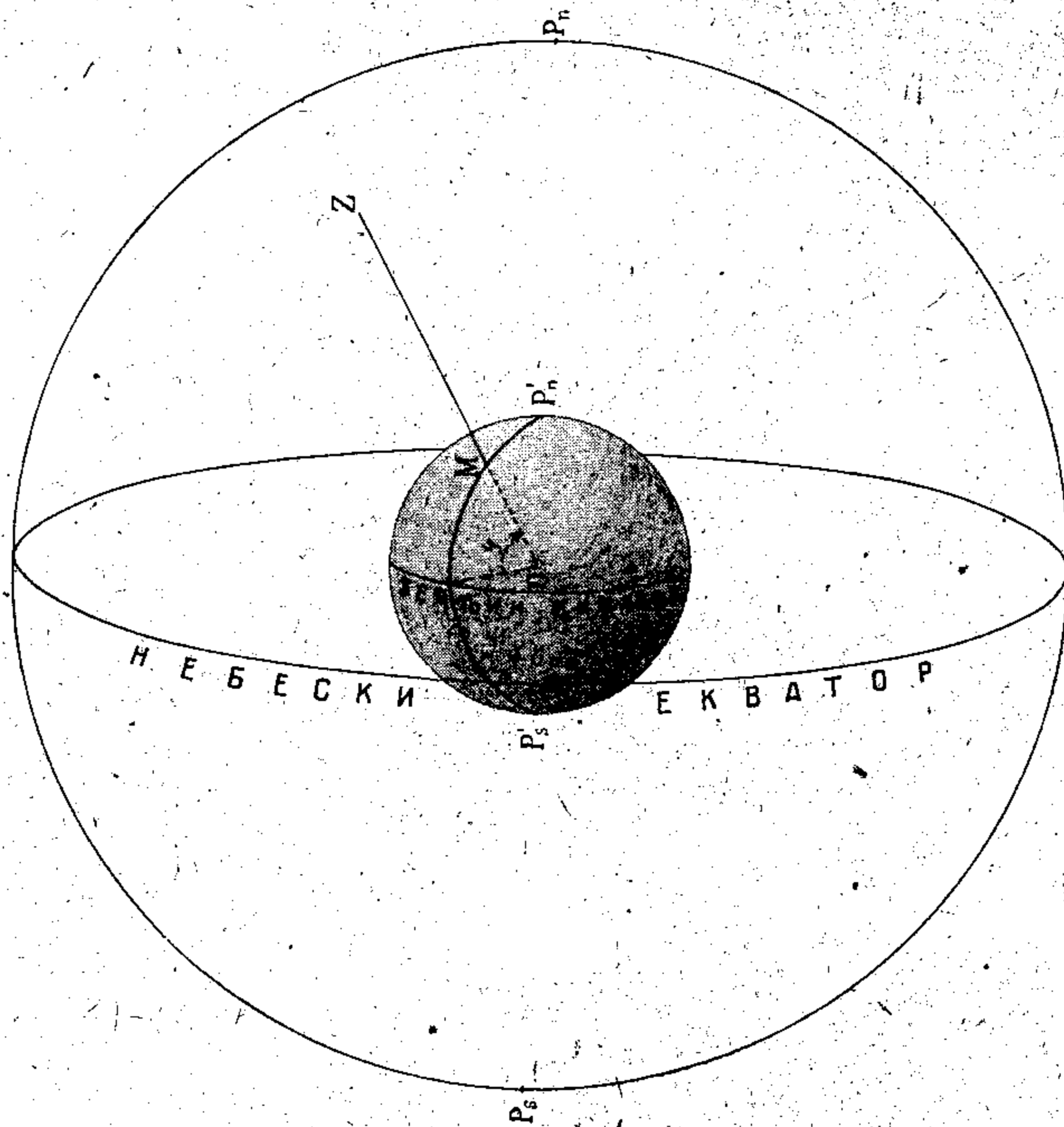
Географске дужине мере се данас без тешкоћа и тачно помоћу безжичне телеграфије. Разне станице дају више пута преко дана, у одређене часове, такозване часовне сигнале. Познавајући часове у које нека од тих станица даје сигнале може свако, читајући на своме часовнику време у тренутку кад сигнале чује, одредити разлику у географској дужини између те станице и свога места — под једним условом само, а то је: да му часовник ради тачно.

Географска дужина Београда (нове Астрономске Опсерваторије) износи  $1^{\text{h}} 21^{\text{m}} 3^{\text{s}}, 8$  или  $20^{\circ} 30' 57''$ . Негативна је зато што се Београд налази источно од Гринуича.

Да се потпуно одреди положај тачке на Земљиној лопти, потребно је да знамо још где се та тачка налази на меридијану. То се одређује углом који затвара за Земљиним екватором вертикала тога места; рецимо за место  $M$  угао  $M'OM = \varphi$  (в. сл. 32.). Тај угао зове се *географска ширина* и бележи се обично са  $\varphi$ ; рачуна се почињући са  $0^{\circ}$  од екватора, па идући ка северном полу до  $+90^{\circ}$ , ка јужном полу до  $-90^{\circ}$ . Сва места на једном паралелу имају исту географску ширину (в. сл. 32.).

Доведимо сад ово у везу, помоћу слика 33. и 34., са оним што смо сазнали из ранијих посматрања. На слици 33. прет-

стављена је Земља малим кругом у средишту небеске сфере, зенит неког места на њој са  $Z$ , вертикала са  $OZ$ , северни пол са  $P_n$  а на сл. 34. хоризонт тога места. Малочас било је речено да је географска ширина угао  $\varphi$  који затвара вертикала



Сл. 33.

места са равни екватора. Али тај је раван (в. сл. 34.) углу који поларна оса  $P_n O$  затвара са равни хоризонта, т. ј. углу који претставља висину пола за то место. А то смо и хтели да покажемо да је: географска ширина места равна висини пола на том месту, коју знамо из раније да одредимо (в. т. 10. стр. 21). Београд има географску ширину  $+44^{\circ}48'$ .

**13. Димензије Земље.** — Показаћемо како би се могао измерити полупречник Земљине лопте. Узмимо на истом Земљиним меридијану два места  $M_1$  и  $M_2$  (в. сл. 35.). Обележимо са  $R$  полупречник Земљине лопте, дакле  $R = OM_1 = OM_2$  са  $l$  обележимо лук меридијана  $M_1 M_2$  коме у средишту одговара угао  $M_1 OM_2 = \alpha$ . Из геометрије знамо да је дужина лука

$$l = \frac{2 R \pi \alpha}{360^{\circ}} = \frac{R \pi \alpha}{180^{\circ}}$$

Одатле изводимо да је  $R = \frac{l}{\pi} \cdot \frac{180}{\alpha}$ .

### Географске координате \*)

вароши у Краљевини Југославији и њихови геофизикални елементи.

Редни број	ИМЕ МЕСТА	Географска ширина	Геогр. дужина			Дужина лука 1°		Дужина земљиног полу-пречника
			у степенима	у времену	мери-диана	пара-лела		
		° ' "	° ' "	h m s				
1	Београд (Вој. Опс.)	44 49 17	20 27 0	1 21 48,0	111.132m	79 097m	6367 765m	
2	Београд (Опсерв.) 1)	44 48 8	20 30 57	1 22 3,8	131	79 121	6367 769	
3	Битољ	41 0 52	21 21 27	1 25 25,8	057	84 120	6369 182	
4	Дубровник	42 38 11	17 6 43	1 12 26,9	089	82 024	6368 579	
5	Ђевђелија	41 8 11	22 31 8	1 30 4,5	059	83 964	6369 138	
6	Задар	44 6 49	15 13 58	1 0 55,9	118	80 062	6368 029	
7	Загреб (Опсерв.)	45 49 10	15 58 43	1 3 54,9	151	77 718	6367 390	
8	Котор	42 25 33	18 46 15	1 15 4,0	085	82 302	6368 658	
9	Крушевац	43 35 3	21 19 13	1 25 16,9	108	80 774	6368 226	
10	Љубљана	46 2 58	14 30 40	0 58 2,7	156	77 397	6367 305	
11	Марибор	46 33 33	15 38 53	1 2 35,5	166	76 682	6367 112	
12	Мостар	43 20 23	17 49 20	1 11 17,3	103	81 094	6368 318	
13	Ниш	43 18 54	21 54 7	1 27 36,5	102	81 127	6368 328	
14	Нови Сад	45 15 49	19 51 4	1 19 24,3	140	78 493	6367 597	
15	Охрид	41 6 43	20 45 29	1 23 13,9	059	83 999	6369 148	
16	Петроварадин	45 15 17	19 51 56	1 19 27,7	140	78 506	6367 600	
17	Ријека	45 19 38	14 26 44	0 57 46,9	142	78 397	6367 574	
18	Сарајево	43 51 33	18 25 44	1 13 42,9	113	80 399	6368 122	
19	Скопље	41 58 23	21 26 10	1 25 44,7	077	82 890	6368 826	
20	Сплит	43 30 29	16 26 40	1 5 46,7	106	80 867	6368 250	
21	Топола	44 14 50	20 41 21	1 22 45,4	121	79 876	6367 979	
22	Хвар	43 10 25	16 26 36	1 5 46,4	100	81 316	6368 381	
23	Цетиње	42 23 37	18 55 45	1 15 43,0	085	83 344	6368 670	
24	Шабац	42 45 5	16 29 37	1 5 58,5	095	81 875	6368 535	
25	Шибеник	43 44 13	15 53 35	1 3 34,3	111.111m	80 565m	6368 170m	

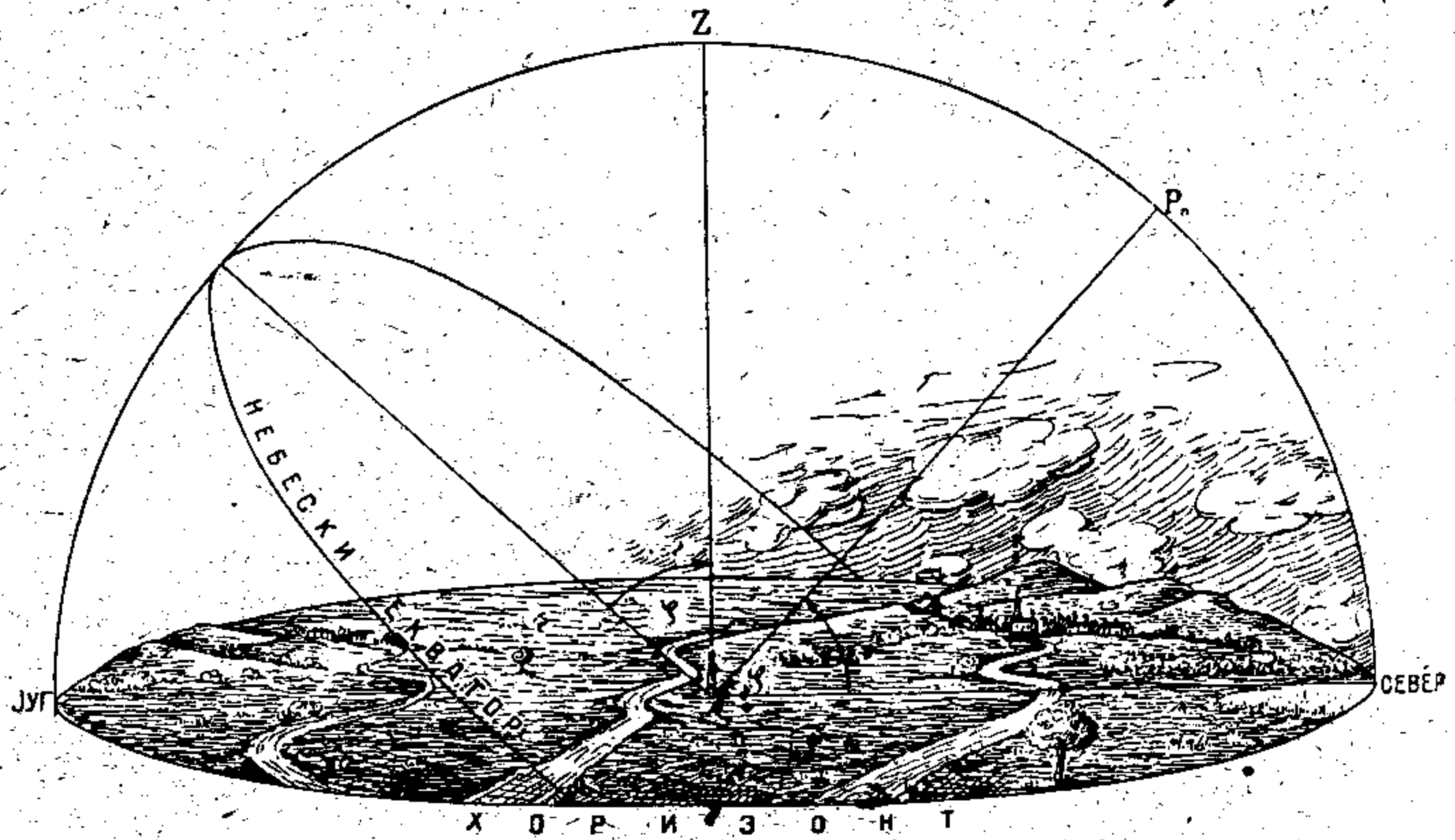
\*) Подаци Војног Географског Института.

1) Астрономска Опсерваторија Универзитета у Београду (на Лаудановом Шанцу)

Да можемо помоћу овог обрасца одредити дужину Земљиног полупречника, треба да познајемо дужину лука  $l$  између два места  $M_1$  и  $M_2$  на истом меридијану, и угао  $\alpha$  који међу собом затварају вертикале тих места. Али ако познајемо географске ширине места, то ће рећи углове  $POM_1$  и  $POM_2$ , њиховом разликом одређен је тражени угао  $\alpha$ ; јер је

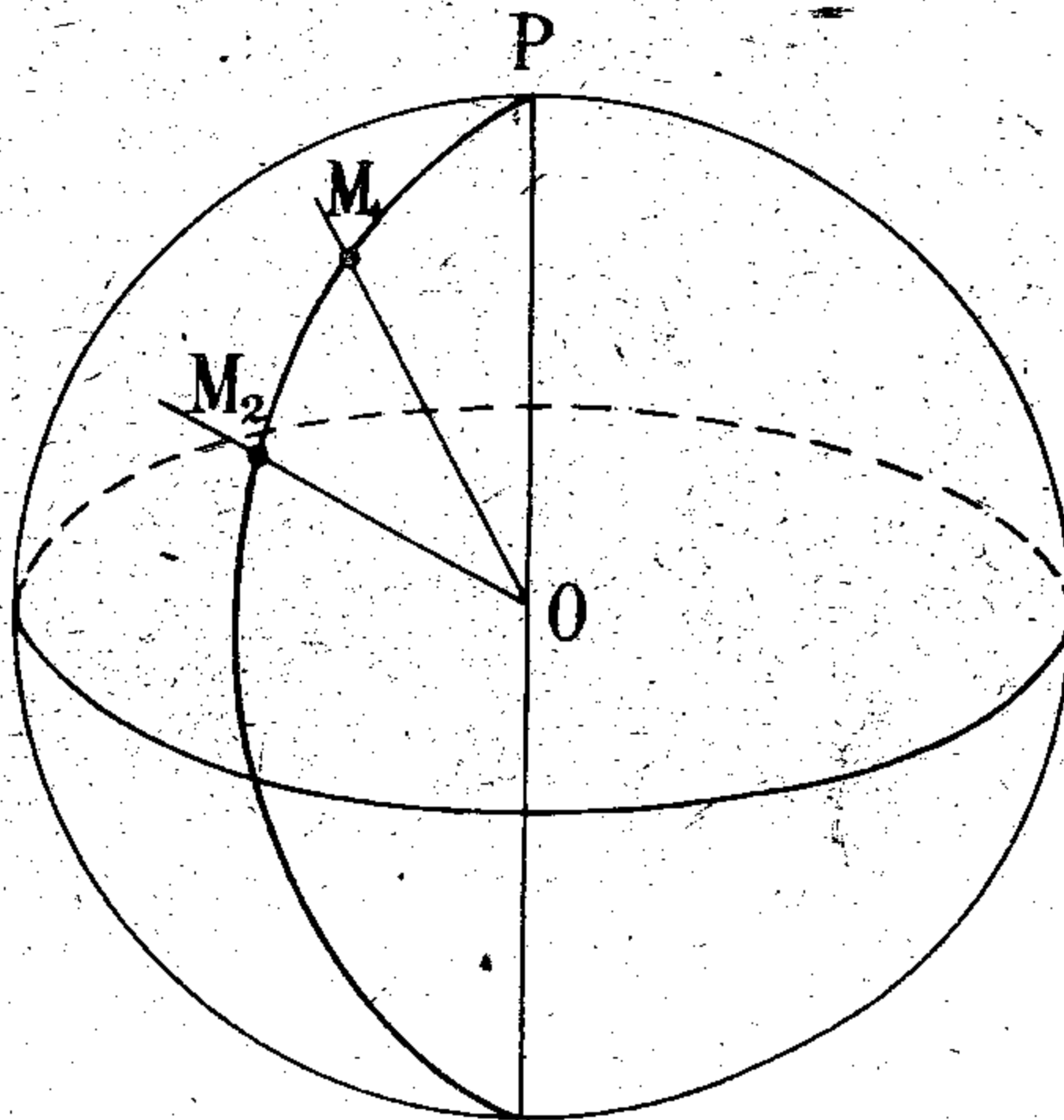
$$M_1OM_2 = POM_2 - POM_1.$$

Тако остаје само још да измеримо дужину лука  $M_1 M_2 = l$ .



Сл. 34.

На један занимљив начин измерио је дужину лука меридијана од  $10^\circ$ , још почетком шеснаестог века (1525 год.), Француз Фернел. Он је измерио претходно, што је тачније могао, обим точка на својим колима. Па је онда тим колима прешао дужину лука меридијана, коју је хтео да измери, и избројао је колико се пута окренуо точак. Простим множењем обима са бројем обрта, нашао је да дужина лука меридијана од  $10^\circ$  износи 57070 хвати. Хват је — као што знамо — стара мера за дужину и износи 1,9490 м. У метрима изражена дужина лука износи, дакле:



Сл. 35.

$$l = 57070 \times 1,9490 = 111.231,5 \text{ м.}$$

Узимајући

$$\pi = 3,1416 \quad \alpha = 10^\circ$$

па уврстивши ове вредности у горњи образац за  $R$ , добићемо за дужину

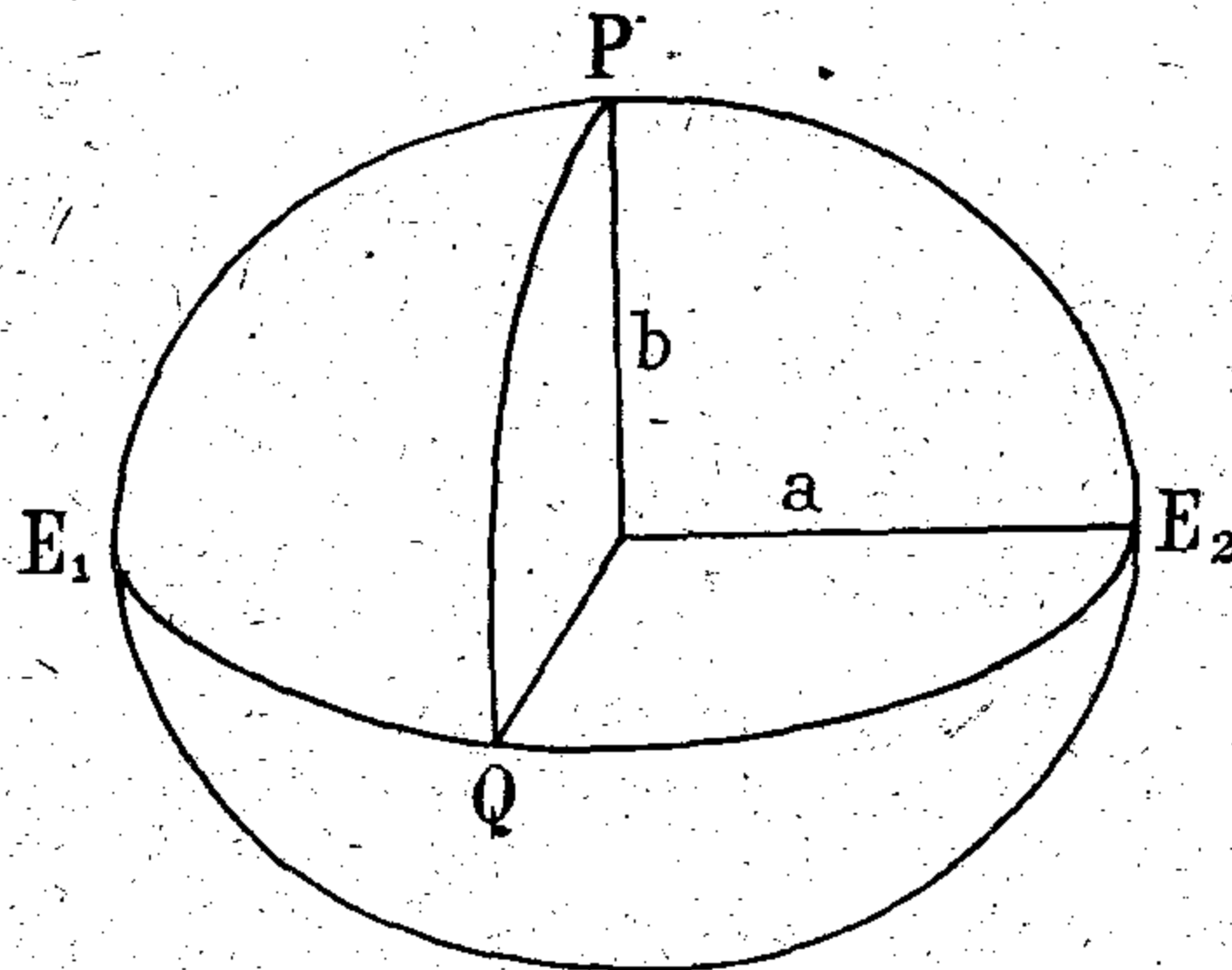
Земљиног полупречника вредност,

$$R = 6373.192.,$$

која доста приближно одговара дужини Земљиног полупречника.

Тачна мерења дужина лукова између тачака на Земљиној површини обављају се триангулацијом.

Овде ћемо дати резултате најновијих мерења димензија Земљиног елипсоида (в. сл. 36.).



Сл. 36.

дужина екватор. полупречника  $a = 6378388 \text{ м.} = 6378,388 \text{ км.}$

дужина поларног полупречника  $b = 6356912 \text{ м.} = 6356,912 \text{ км.}$

дужина једне четвртине

меридијана  $PQ = 10002288 \text{ м.} = 10002,288 \text{ км.}$

обим екватора

$E_1QE_2E_1 = 40076594 \text{ м.} = 40076,594 \text{ км.}$

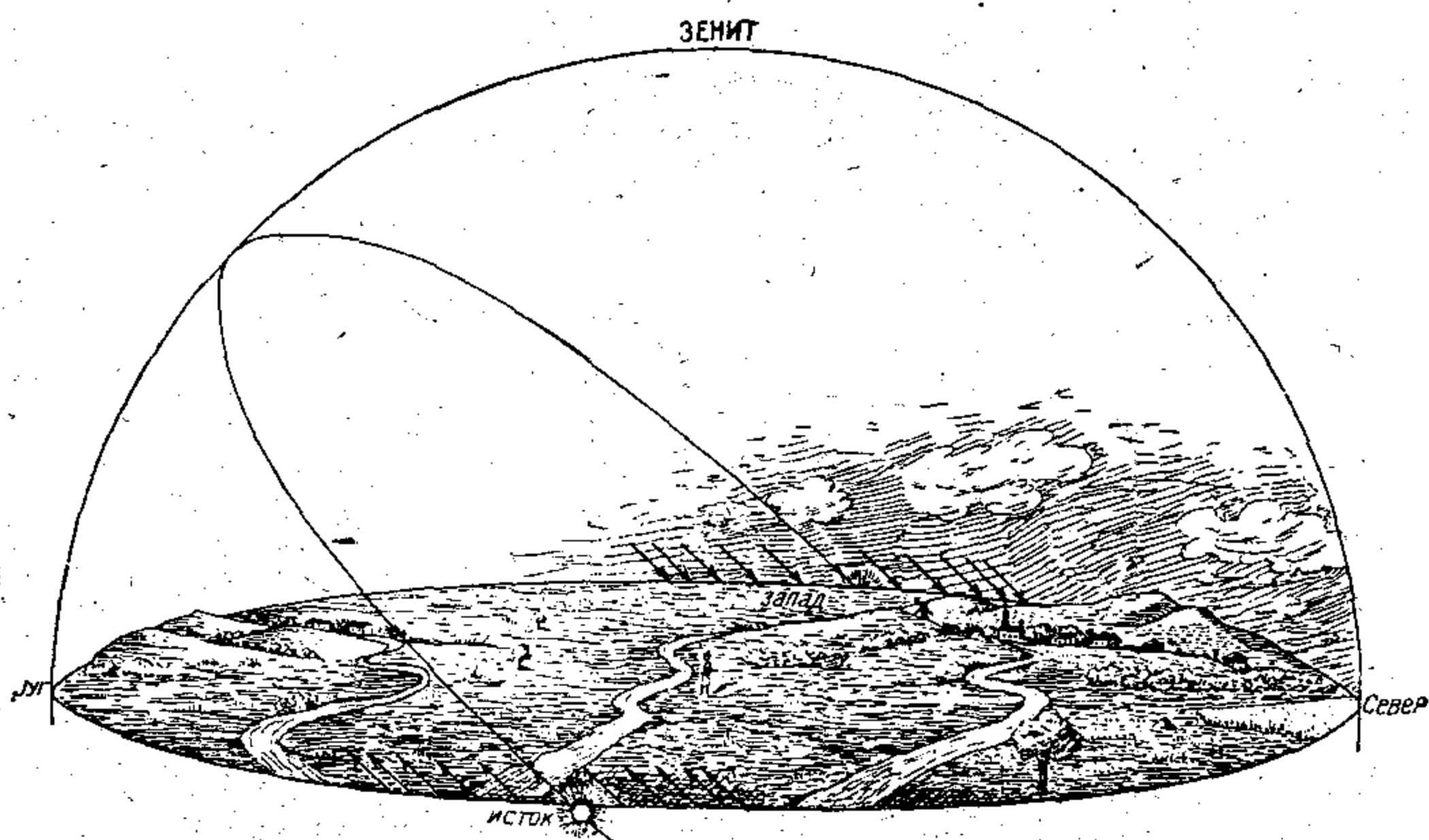
десетмилионити део четвртине Земљиног меридијана износи,

према овом: 1,0002 м. Дакле за 0,2 мм је дужи од једног метра.

## СУНЧЕВА ПРИВИДНА КРЕТАЊА ПО НЕБЕСКОМ СВОДУ И ЊИХОВЕ ПОСЛЕДИЦЕ.

**14. Промене у Сунчевим тачкама излаза и залаза и висинама.** — Као сва небеска тела, видели смо да се и Сунце креће по небеском своду у току једног дана. Међутим, сада знамо да је то кретање привидно, да је оно само огледало обртања Земље око поларне осе у току једног звезданог дана. Али ако пажљиво пратимо Сунчево кретање приметимо ово. Док звезде излазе сваког дана у истој тачки хоризонта, и залазе на западној страни стално у истој тачки, Сунчеве тачке излаза и залаза мењају стално своје положаје на хоризонту. О овоме можемо се уверити, ако неколико дана узастопце мо-

тримо Сунчеве изласке и заласке у односу на далеке објекте: куће, дрвета и т. д. које имамо на видику (в. сл. 37). Тако ћемо утврдити, на пример, 21 марта, да се изјутра Сунце појављује у самој источној тачки хоризонта. Неколико дана касније видимо да се његова тачка излаза померила на хоризонту ка северу; и помераће се тако, првих дана брже, касније све спорије, све више ка северу — до 22 јуна. Од тада почиње се враћати поново ка источној тачки — у почетку спорије, касније све брже — да 23 септембра поново стигне у



Сл. 37.

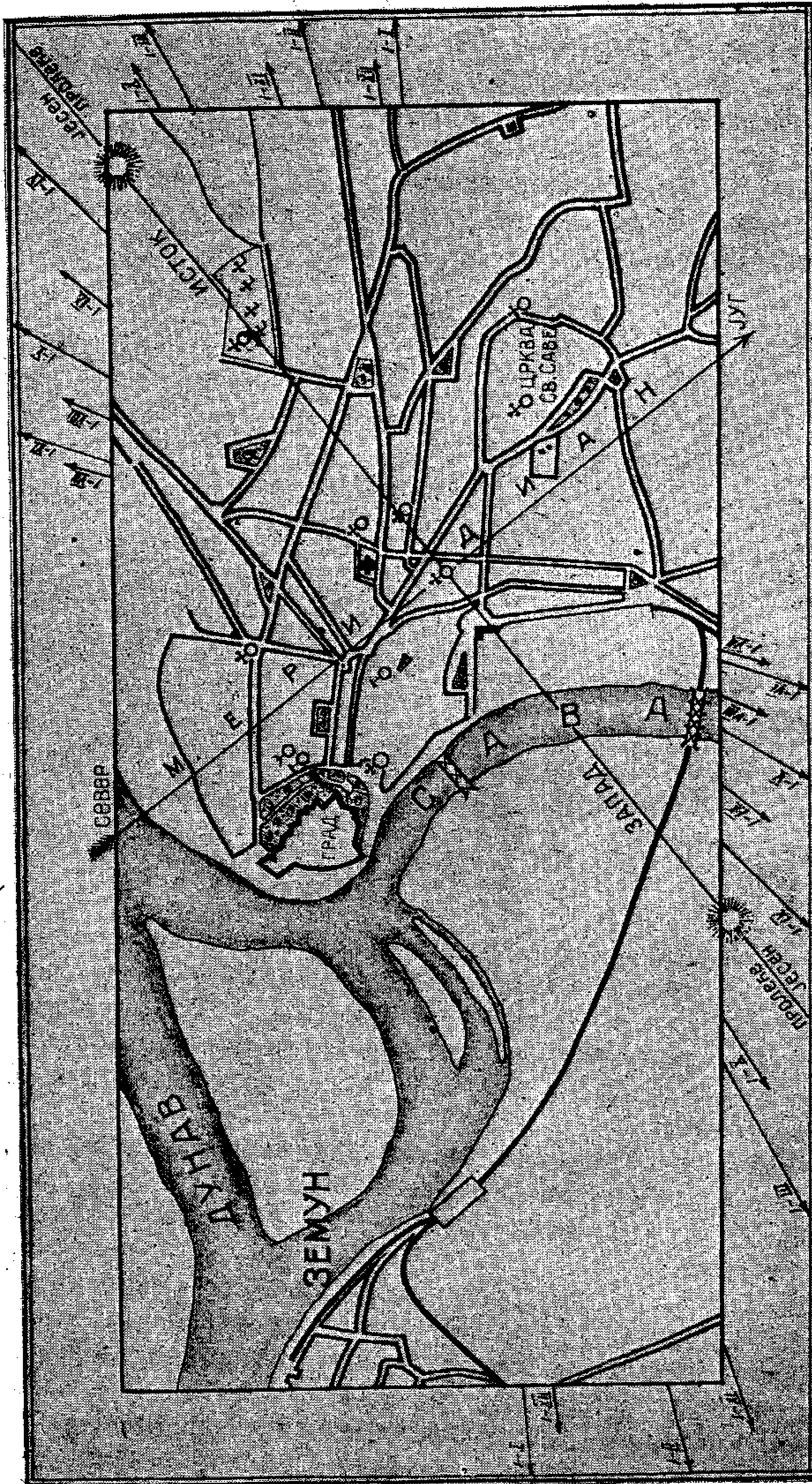
саму источну тачку хоризонта. Следећих дана примећујемо да се Сунчева тачка излаза помера у правцу ка јужној тачки, опет прво брже а касније све спорије; 22 децембра излази Сунце најјужније, најдаље од источне тачке да се, одмах затим, поново почне враћати источној тачки у којој излази 21 марта наредне године.

Померање Сунчевих тачака излаза и залаза на хоризонту Београда у току године приказано је на сл. 38., где је стрелицама означен правац у коме Сунце излази и залази сваког првог у месецу.

Ако се још при овим посматрањима Сунца испомогнемо ранијом справом (в. сл. 39.) на име усправљеном писаљком на водоравној површини, на којој смо претходно повукли подневачку линију, доћи ћемо до још неких важних закључака о Сунчеву кретању. Пошто је обележен правац подневачке линије, моћи ћемо на лак начин одредити Сунчеву висину у тренутку његове кулминације. У том тренутку пада сенка писаљке у правац саме подневачке линије. Дужину писаљке  $AO$  можемо сматрати као познату, а ако измеримо дужину њене сенке  $OB$ ,



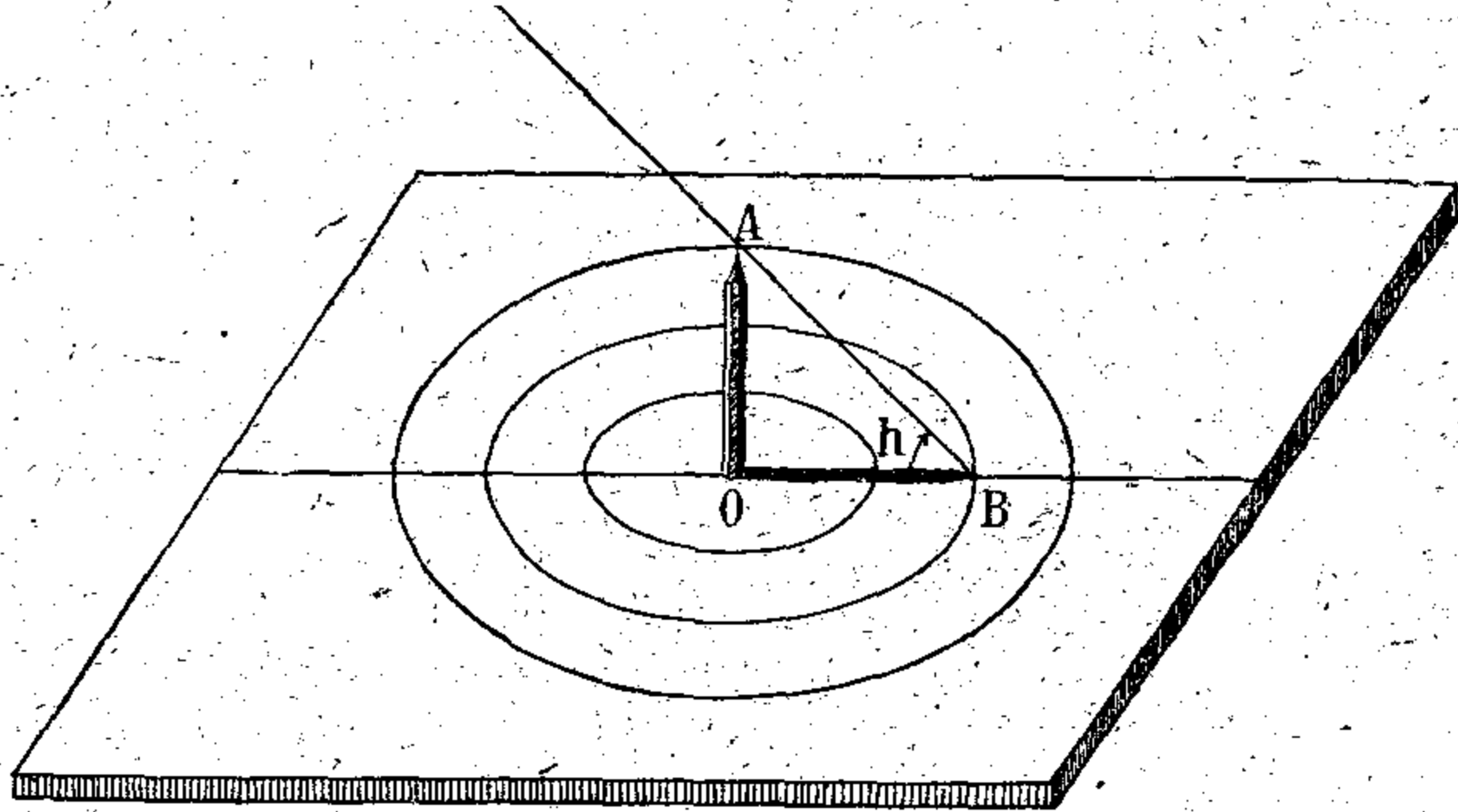
лако ћемо израчунати Сунчеву висину т. ј. угао  $OBA = h$ , у том тренутку.



Сл. 38. План Београда и околине са правцима у којима Сунце излази одн. залази сваког првог у месецу.

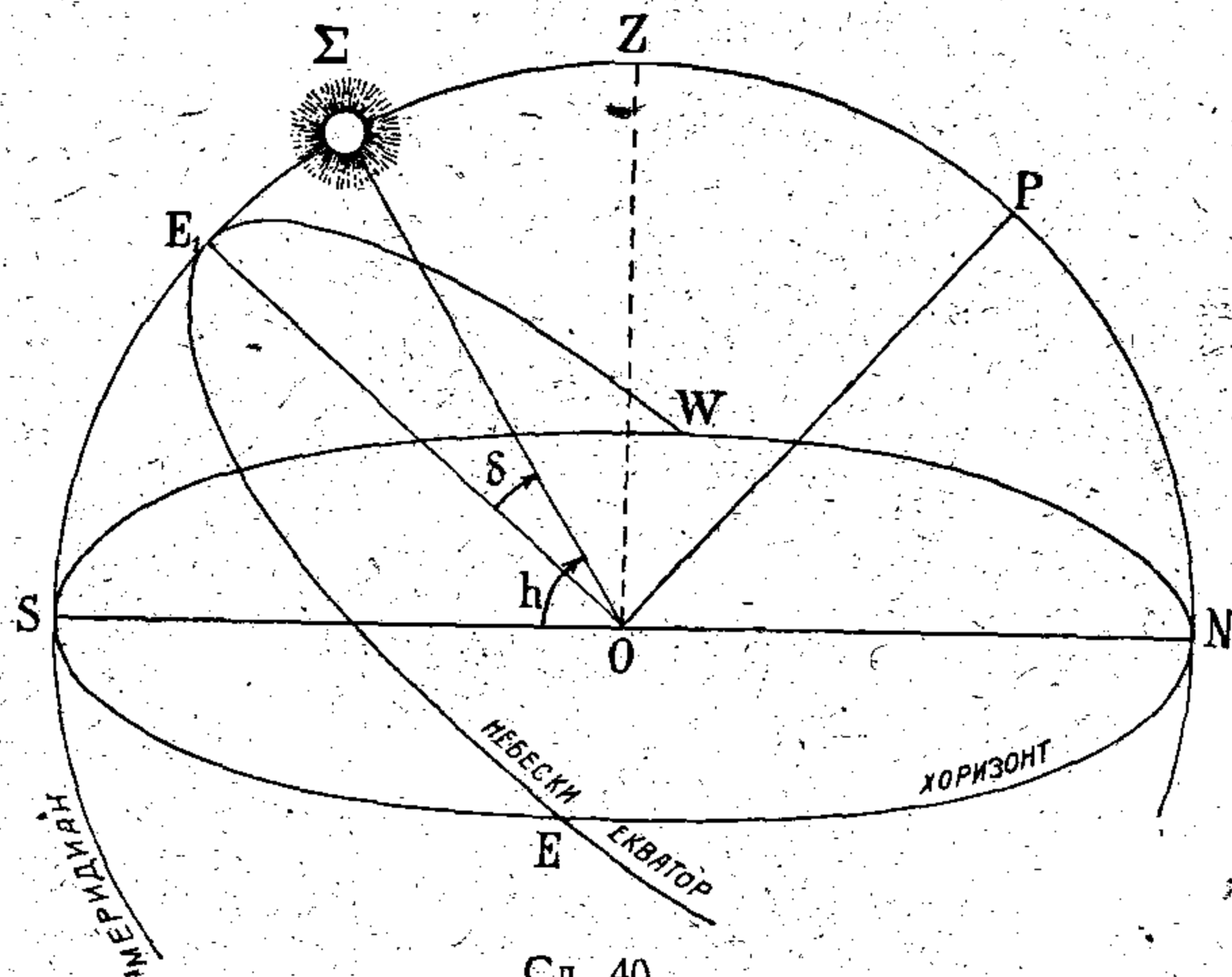
Јер, из тригонометрије знамо да је  $\frac{OA}{OB} = \text{tang } h$ ,

а одатле није тешко израчунати  $h$ . Ако одредимо више пута у току године Сунчеву висину у тренутку кулминације, увери-



- Сл. 39.

ћемо се да се ове висине мењају: у лето су веће, у зиму мање. Познавајући опет Сунчеву висину, у тренутку његова



Сл. 40.

пролаза кроз раван меридијана, и географску ширину места где се налазимо, добићемо Сунчеву деклинацију, т. ј. угао  $\Sigma OE_1 = \delta$ . Јер, како висину у тренутку кулминације претставља угао  $h$ ,

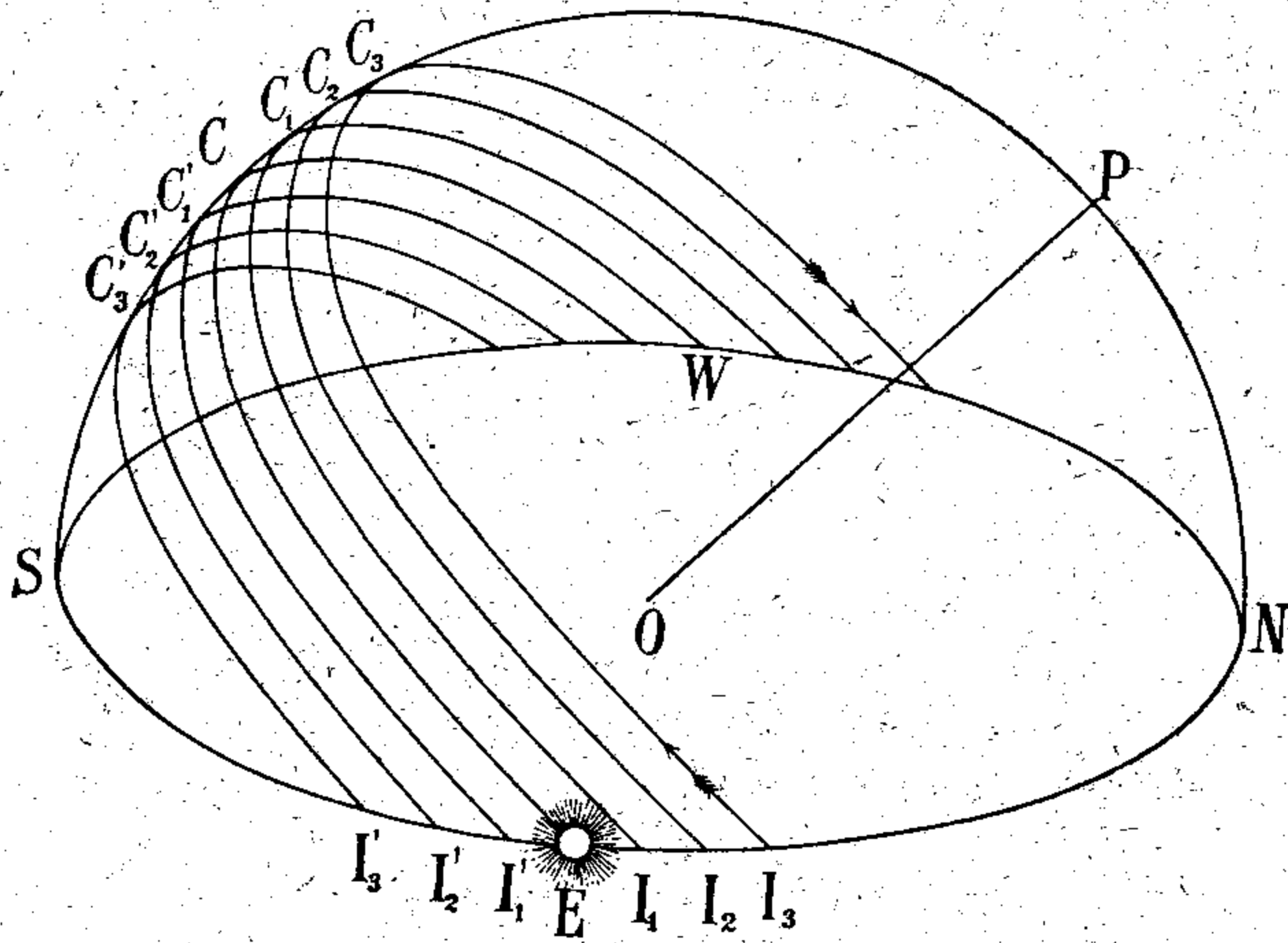
географску ширину угао  $\varphi = NOP = ZOE_1$ , а са слике 40 видимо да за ова три угла постоји једначина

$$h - \delta + \varphi = 90^\circ$$

то одатле следује за Сунчеву деклинацију

$$\delta = 90^\circ - (h + \varphi).$$

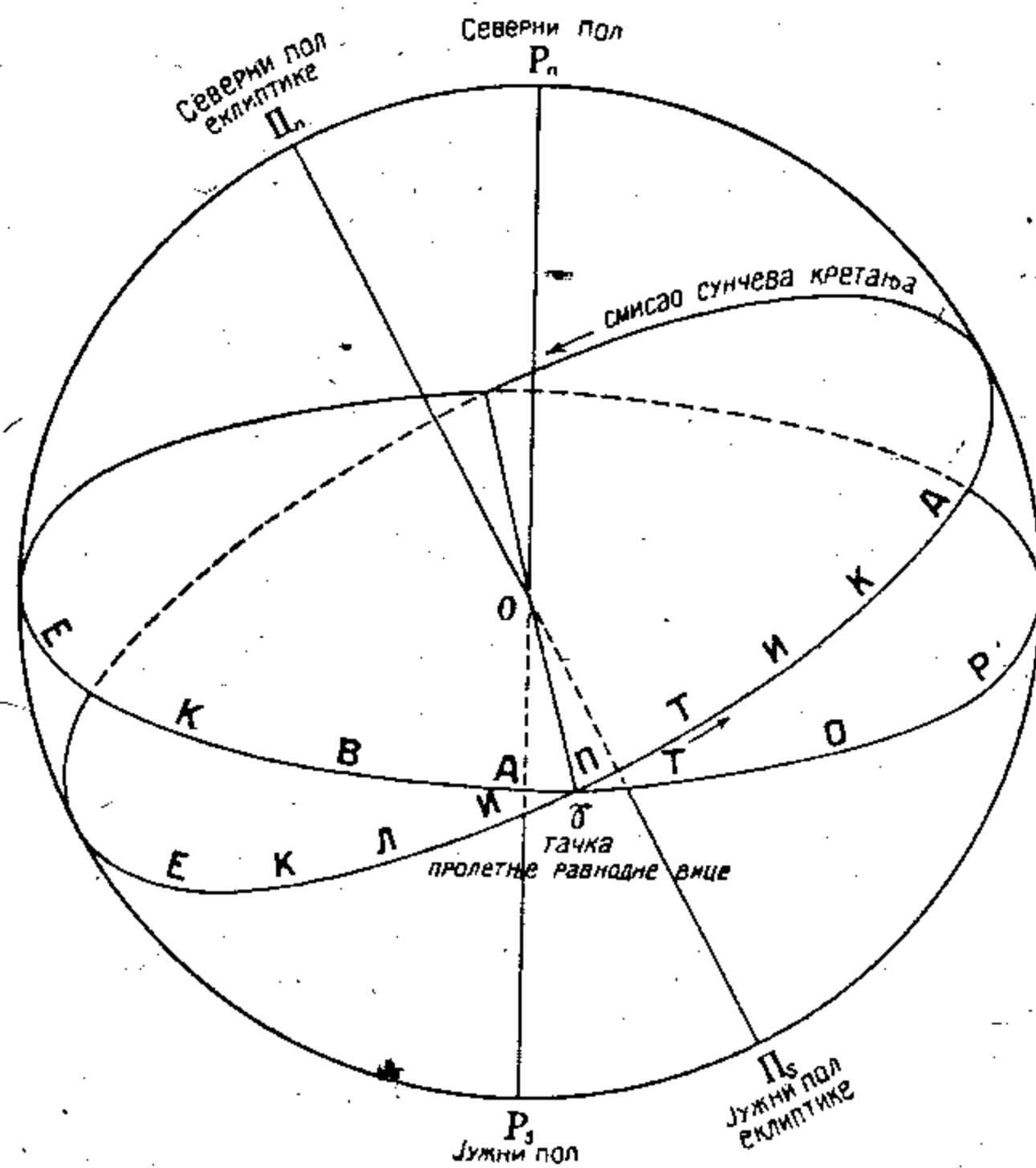
**14. Промене у Сунчевим деклинацијама и ректасцензијама.** — Покушамо ли, наиме, да одредимо Сунчеву деклинацију у размацима од више дана, уверићемо се да се она стално мења. Тако налазимо да је Сунчева деклинација 21 марта равна  $0^\circ$ . То значи да се Сунце налази тога дана у равни небеског екватора. Неколико дана касније, рецимо, почетком априла, видећемо да је Сунчева деклинација достигла око  $+4^\circ$ : Сунце се налази изнад екваторске равни — изгледа, дакле, као да се пење. У том пењању све више изнад екваторске равни зауставља се Сунце тек око 22 јуна: на  $+23^\circ 27'$  деклинације. Затим се почиње спуштати све ближе екваторској равни, ње-



Сл. 41.

гова деклинација дакле опада, да га, 23 септембра, нађемо поново у екваторској равни где је његова деклинација опет равна  $0^\circ$ . Неколико дана затим уверићемо се да је његова деклинација негативна: Сунце се дакле спустило испод екваторске равни. И спуштаће се све ниже, да се око 22 децембра заустави на деклинацији  $-23^\circ 27'$ , али одмах затим почне пењати, приближавати се екваторској равни, у коју поново стиже 21 марта наредне године.

Сада постаје јасно и зашто наступају промене у положајима Сунчевих тачака излаза и залаза и његових висина у меридијану. 21 марта, кад је Сунчева деклинација равна  $0^{\circ}$ , т. ј. кад се оно налази у равни небеског екватора, мора и његова тачка излаза, а тако исто и залаза бити онде где хоризонт сече екватор, т. ј. у источној *E* и западној тачки *W* хоризонта (в. сл. 41.). Тога дана кулминира Сунце у тачки *C*. Око 1 априла видели смо да је Сунчева деклинација  $+40^{\circ}$ ; оно се налази северно од екватора, дакле нешто ближе северном полу. Према томе и његова



-Сл. 42.

тачка излаза лежаће ближе северној тачки, рецимо у  $I_1$ , а кулминираће у тачки  $C_1$ , дакле на већој висини. Како Сунчева деклинација буде расла, тако ће се померати и тачка излаза ка северу, до 21 јуна, кад Сунце излази у најсевернијој својој тачки излаза  $I_3$  и кулминира у највишој тачки  $C_3$ . Од тада Сунчева деклинација почиње опадати; тачка излаза враћа се поново к источној тачки *E*. Кад 23 септембра његова деклинација поново буде равна нули, падаће и његова тачка излаза у *E*, а тачка залаза у *W*. Затим деклинација бива негативна, значи Сунце се спушта у јужну небеску полусферу, удаљује се дакле од северног пола. Због тога се померају и тачке излаза  $I'_1, I'_2, I'_3$  постепено, из дана у дан, све ближе јужној тачки хоризонта *S*, а тако

исто и тачке кулминације имају све мање висине  $C'_1, C'_2, C'_3$ . 23 децембра излази Сунце у својој најјужнијој тачки излаза  $I'_3$ , и кулминира у најнижој тачки  $C'_3$  над видиком.

Упоредимо то Сунчево кретање са осталим звездама. Ово би ишло без тешкоћа кад би се звезде дале видети дању на небу. Али ако их не видимо ми, голим оком, могу их посматрати и по дану астрономи дурбинима (специјално за ову сврху меридијанским инструментима), и може се утврдити ово. Једног одређеног дана наћи ћемо да је, у тренутку Сунчеве кулминације, кулминирала и једна позната звезда: нека, рецимо, 21 марта кулминира са Сунцем у истом тренутку звезда  $\alpha$  Андромеде (што је у ствари скоро и тачно). Ово значи да Сунце и  $\alpha$  Андромеде имају исту ректасцензију. 7 априла, ако будемо посматрали Сунчев пролаз кроз меридијан, уверићемо се да у том тренутку не кулминира звезда  $\alpha$ , него  $\beta$  Андромеде, која се налази за читавих  $15^{\circ}$  или  $1^h$  ректасцензије источно од  $\alpha$  Андромеде. Знамо, међутим, да ректасцензије звезда остају стално непромењене те, на основу тога, закључујемо да се Сунчева

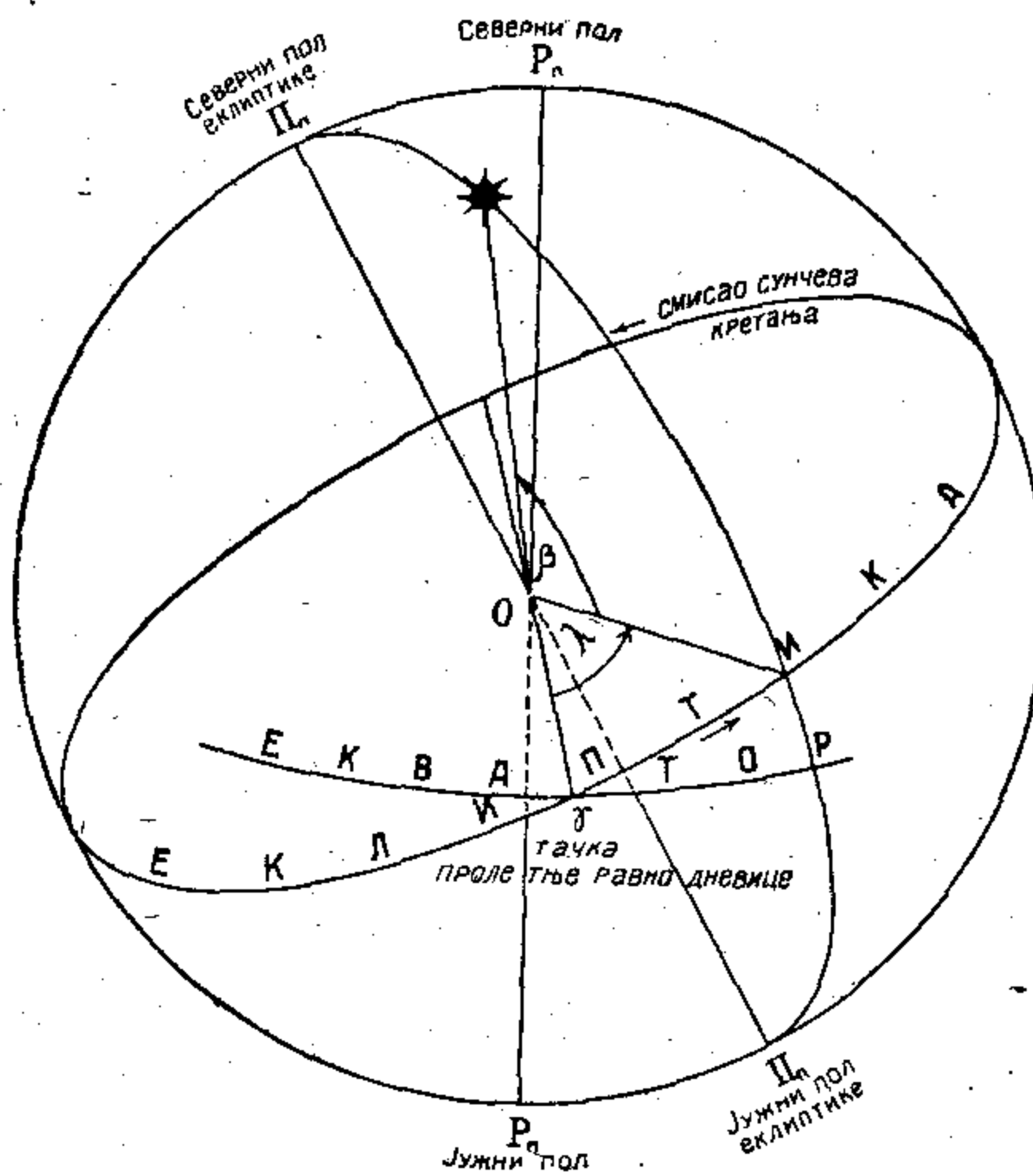
ректасцензија морала повећати за пуних  $15^{\circ}$  или  $1^h$ , у времену од 21 марта до 7 априла.

Почетком јуна налазимо да Сунце кулминира заједно са звездом Алдебаран у сазвежђу Бика; 2 јула кулминира у истом тренутку кад и звезда Бетелгез у Ориону; 22 августа кулминирају заједно Сунце и Регулус; 18 октобра кулминира са Сунцем Спика у сазвежђу Девојке. Око 16 јануара пролазе заједно кроз меридијан Сунце и Алтаир у сазвежђу Орла, а око 21 марта наредне године кулминира поново заједно са Сунцем  $\alpha$  Андромеде. Сунчева ректасцензија повећала се, дакле, у току године за 24 часа.

Узмимо сад једну карту сазвежђа (в. карту) и обележимо на њој тачкама редом све положаје у којима смо посматрали Сунчеве кулминације у току године дана. Ту привидну Сунчеву годишњу путању зове *еклиптика*.

Замислимо сад да ову карту обвијемо око једне лопте, која би претстављала небески свод, добићемо један појас; водоравна права што иде средином карте поклапаће се са небеским екватором, а Сунчева привидна путања — еклиптика — прелази у велики круг, чија раван затвара са равни небеског екватора изван угао; знамо и колики:  $23^{\circ}27'$ , — колике су вредности највећих деклинација што их Сунце достиже у току године. Овај угао зове се *нагиб еклиптике*.

Еклиптика и екватор секу се у две супротне тачке: једна одговара Сунчевом положају на дан 21 марта, или тренутку кад Сунце прелази из јужне у северну небеску полусферу. Ова тачка бележи се грчким словом  $\gamma$  (гама) и зове се *тачка пролетње равнодневице* (в. сл. 42 и 43). Друга тачка, на супротној страни небеске сфере, одговара положају у који Сунце стиже 23 септембра, или кад се Сунце почиње спуштати из северне у јужну небеску полусферу; зове се *тачка јесење равнодневице*.



Сл. 43.

**15. Координатни систем еклиптике. Лонгитуда и латитуда звезде.** — Ако повучемо у мислима праву управну

на раван еклиптике до пресека са небеском сфером, добићемо две дијаметрално супротне тачке које се зову *полови* еклиптике (в. сл. 42). Као што смо раније од екваторске равни и поларне осе створили координатни систем екватора, тако сад можемо помоћу равни еклиптике и њене осе добити координатни систем еклиптике. Две ствари треба само да утврдимо да би систем био одређен, и да се њиме могу одређивати положаји звезда на небеској сфери: треба да изаберемо на еклиптици једну тачку као почетак и један смисао у коме ћемо рачунати углове. За почетну тачку узима се тачка пролетње равнодневице; за смисао усвојен је директни смисао, дакле супротни од привидног дневног кретања неба.

И замислимо опет да изделимо периферију еклиптике почињући од тачке пролетње равнодневице, у смислу Сунчевог привидног годишњег кретања, од  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$  на степене, минуте и секунде. Затим, кроз осу еклиптике и тачке ове поделе, повуцимо у мислима равни до пресека са небеским сводом; добићемо велике кругове. Међу њима узима се за почетни онај што пролази кроз тачку  $\gamma$  пролетње равнодневице. Кроз сваку звезду можемо замислити повучен овакав један круг. Број степени (минута и секунда) на издељеној периферији еклиптике, где овај круг пресеца еклиптику, одређује угао између почетног и круга те звезде и зове се *лонгитуда* звезде (в. сл. 43); бележи се обично са  $\lambda$  (ламбда). Положај звезде на томе кругу одређује се углом који затвара са равни еклиптике права од посматрача до звезде; зове се *латитуда* звезде и бележи се обично са  $\beta$  (бета). Лонгитуда се рачуна полазећи од тачке пролетње равнодневице од  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$  у директном смислу; латитуда се рачуна од еклиптике: позитивно ка њеном северном полу, од  $0^{\circ}$  до  $+90^{\circ}$ . Овим координатним системом служе се само астрономи при израчунавању стварних кретања небеских тела у односу на Сунце.

Кретања ових небеских тела ограничена су, у главном, на један појас око еклиптике који обухвата  $8^{\circ}$  латитуде с обе стране еклиптике. Овај појас назван је још из старих времена *зодијак*, и издељен је био на дванаест једнаких делова: на дванаест *зодијакових знакова* (в. сл. 44). Сваки овај део има своје име по сазвежђу које се у том делу налазило.

Имена зодијакових знакова сложена су по реду у ова два латинска стиха

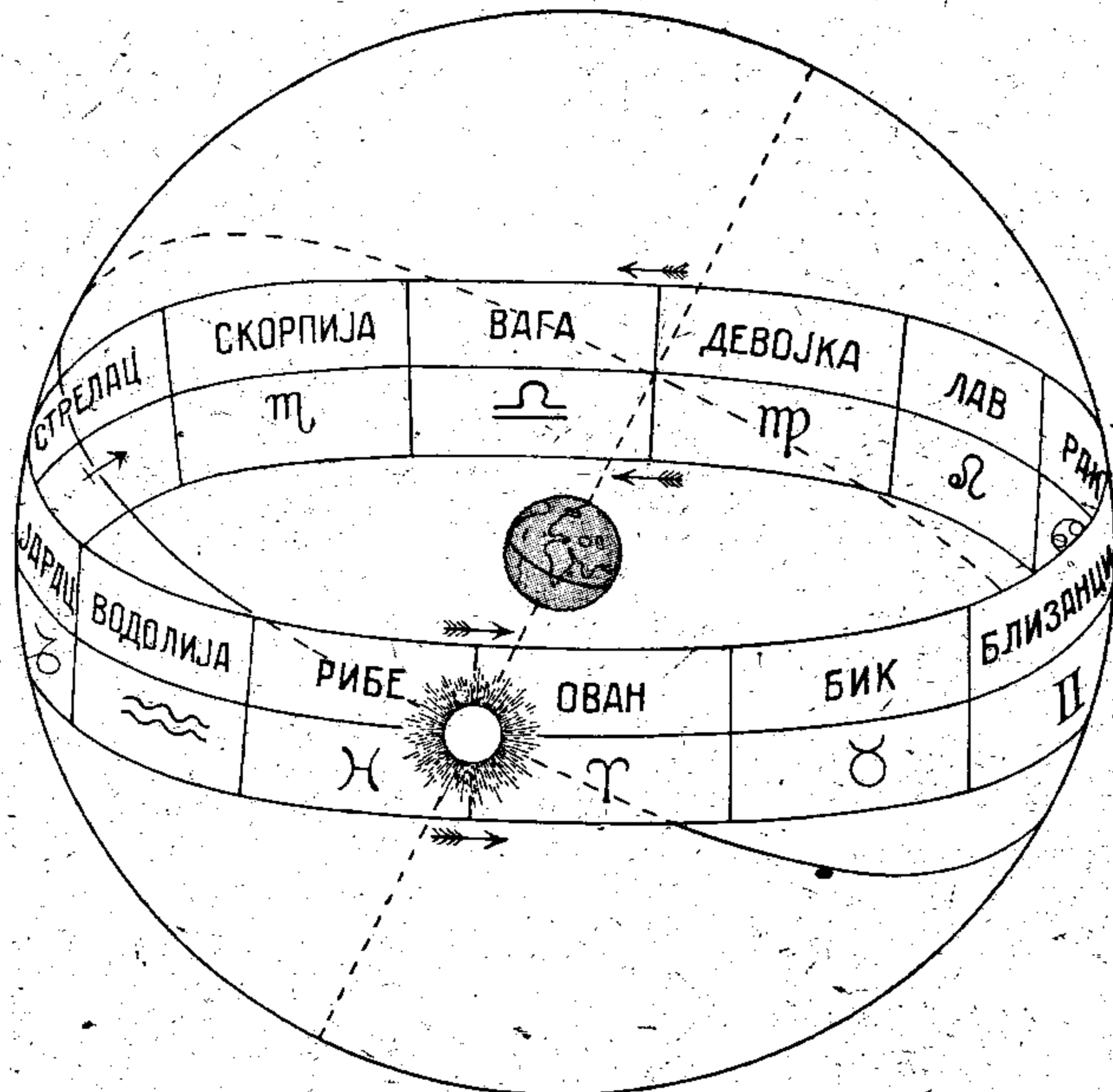
Sunt: *Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.*

или српски

Јесу: *Ован, Бик, Близаници, Рак, Лав, Девојка, Вага, Скорпија, Стрелац, Јарац, Водолија, Рибе.*

Данас се не поклапају више зодијакови знаци са сазвежђима чија имена носе. Почетком пролећа, на пример, Сунце улази

у знак Овна, а стварно га видимо на небу у сазвежђу Риба. Узрок овом непоклапању објасниће се касније.

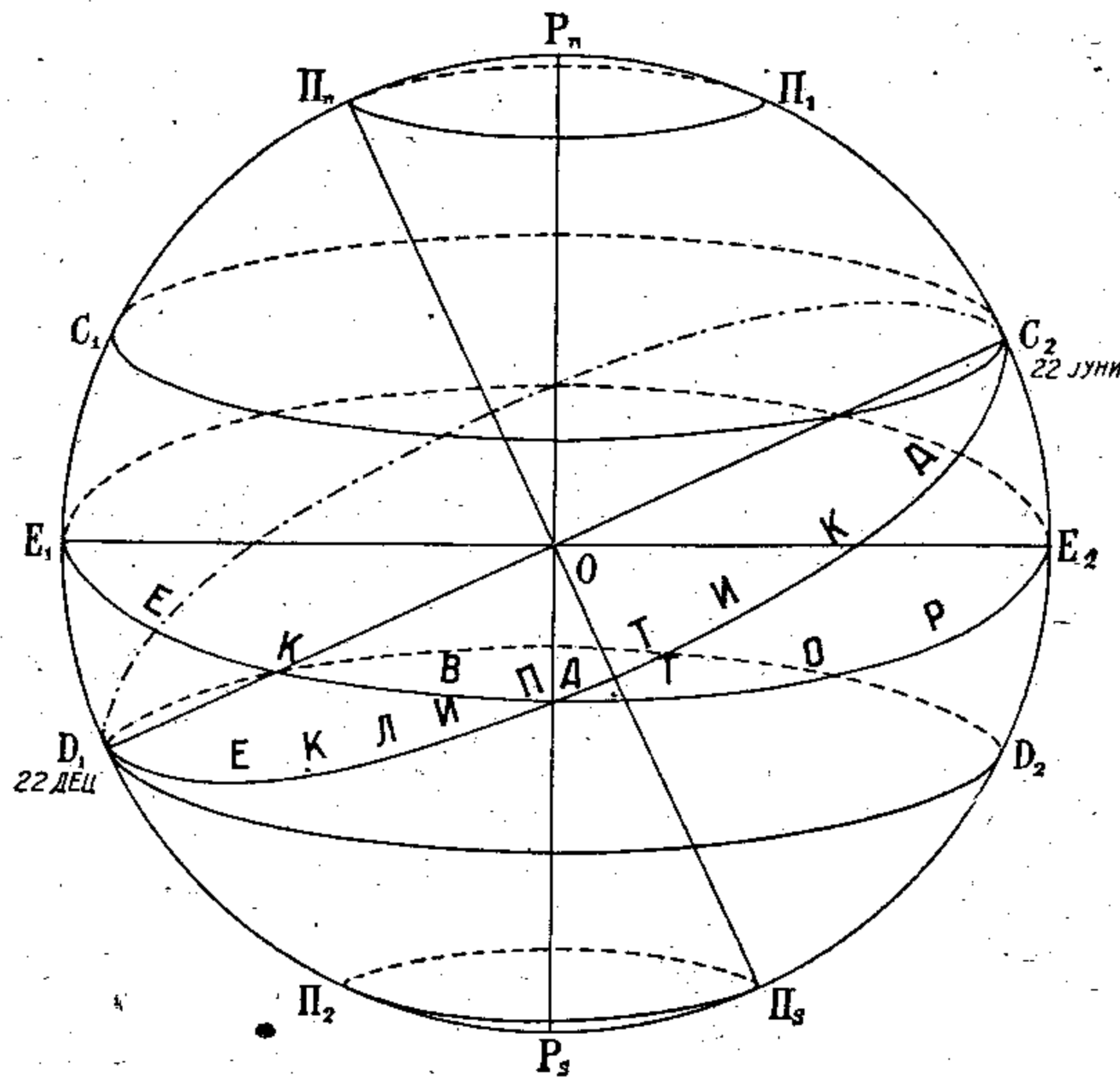


Сл. 44.

**16. Еклиптика и паралели на небеској сфери.** — Према положају еклиптике, односно њених подова може се изделити небеска сфера на делове — на појасеве — којима одговарају слични, истоимени појасеви на Зељиној лопти. Ми ћемо се већ овде упознати са том поделом, мада ћемо прави њен значај моћи тек доцније разумети.

Из онога што смо до сада рекли о Сунчевом привидном годишњем кретању по еклиптици, видели смо да Сунце при томе не прелази на северној небеској полусфери деклинацију  $+23^{\circ}27'$ , нити на јужној деклинацију  $-23^{\circ}27'$ . Стога, ако у мислима повучемо екваторске паралеле кроз те две тачке (в. сл. 45), добићемо на небеској сфери један појас ван кога Сунце привидно никако не излази. Ти паралели зову се *повратни кругови* или *повратници*:  $C_1C_2$  северни,  $D_1D_2$  јужни повратник. Зову се овако због тачака  $C_2$ , односно  $D_1$  у којима Сунце почиње привидно да се враћа — спушта ка екваторској равни. Тачке  $C_2$  и  $D_1$  зову се *повратне* или *тачке солстиција*:  $C_2$  летња,  $D_1$  зимска повратна тачка.

Паралели  $\Pi_1\Pi_2$  и  $\Pi_3\Pi_4$  повучени у мислима око северног и јужног пола, који пролазе кроз северни, односно јужни пол



Сл. 45.

еклипички, — дакле на поларној даљини  $23^{\circ}27'$  (или на деклинацији  $\pm 66^{\circ}33'$ ) зову се *поларни кругови*: први *северни* и други *јужни поларни круг*.

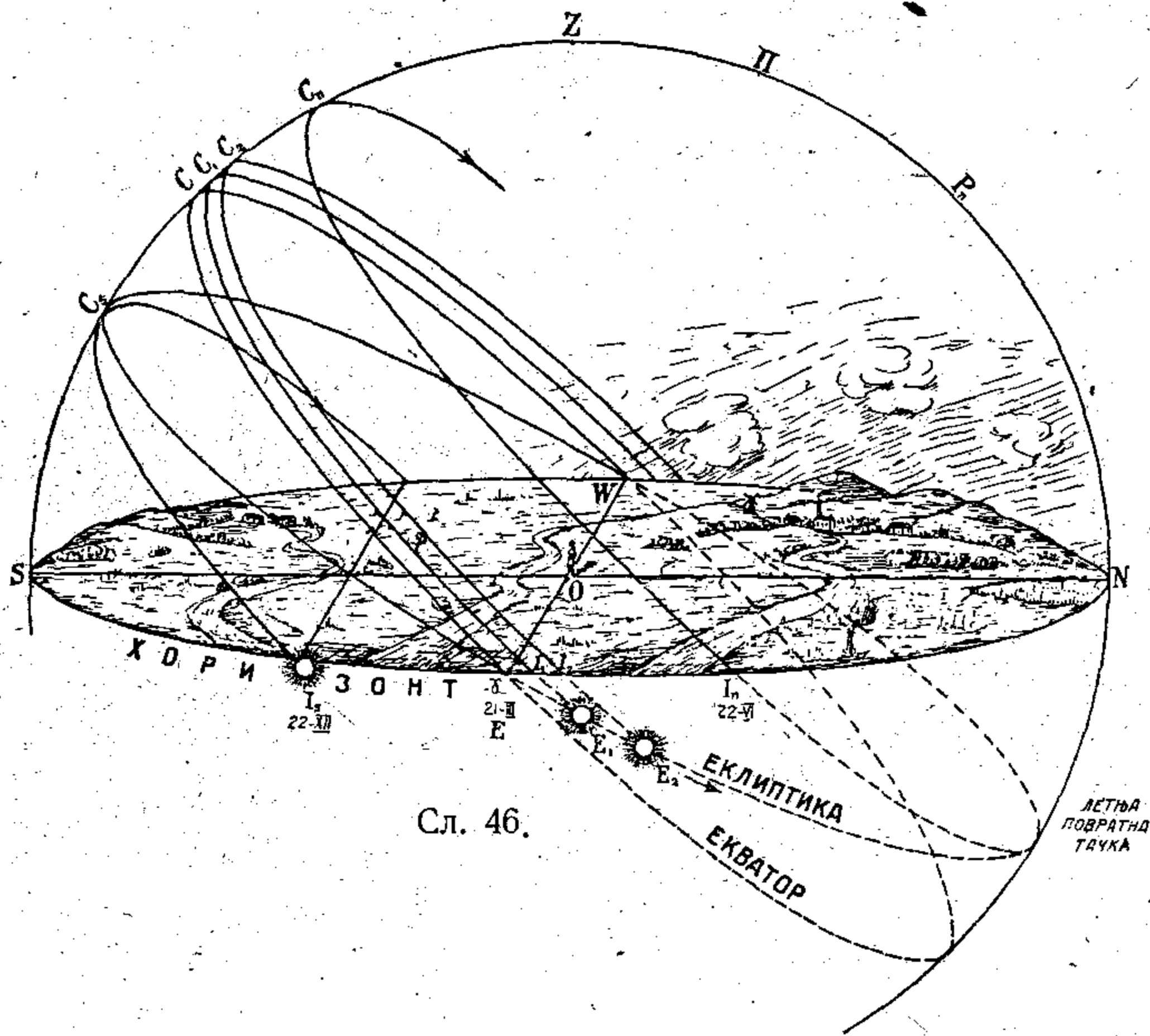
Овој подели небеске сфере екваторским паралелима одговара на Земљиној површини подела Земљине површине на пет појасева. Појас око Земљиног екватора између паралела  $+23^{\circ}27'$  и  $-23^{\circ}27'$  географских ширина зове се *жарки појас*. Изнад овога до  $+66^{\circ}33'$  и испод овог до  $-66^{\circ}33'$  географске ширине налази се по један *умерени појас*. Око Земљиних полова имамо по један *поларни ледени део*: *северни* и *јужни*.

**17. Последице Сунчевог привидног годишњег кретања.** — Дошли смо дакле до резултата да се Сунце привидно, непрекидно креће међу звездама, тако да за годину дана опише једну кружну линију на небеском своду. Овим кретањем објашњавају се и промене положаја Сунчевих тачака излаза и залаза на хоризонту, као и разлике у висинама над хоризонтом које Сунце достиже, при својим кулминацијама, у разне дане у години. А са овим у вези објашњава се још једна важна појава за живот на Земљи, наиме разлика у дужинама дана и ноћи у току године. *Дан* зовемо време које Сунце пробави над нашим видиком, или време од часа његовог излаза до часа ње-



говог залаза. *Ноћ* зовемо време од часа Сунчевог залаза до часа његовог излаза.

Прелаз ноћи у дан и дана у ноћ је постепен. Полутаму изјутра, што претходи Сунчеву изласку, зовемо *зора*. Полутаму увече, пре но што наступи потпун мрак, зовемо *сушон*. Зора и сутон зову се једним именом *сумрак*. Сумрак траје од тренутка кад Сунце зађе до појаве најсјајнијих звезда, односно од тренутка кад престају да се виде најсјајније звезде до Сунчевог излаза. У нашим крајевима сумрак је најкраћи у пролеће, тада траје око 31 минут, најдужи је у лето и траје око 40 минута. Сумрак се објашњава ломљењем и одбијањем Сунчевих зракова о ваздушне слојеве атмосфере које обвија Земљу. Да нема ваздушне атмосфере, прелаз из ноћи у дан и из дана у ноћ не би могао бити постепен; потпуну ноћну таму прекидала би у једном тренутку обилата Сунчева светлост, при његовој појави над хоризонтом. Исто тако увече, у тренутку Сунчевог нестанка са хоризонта завладала би одједном потпуна тама.



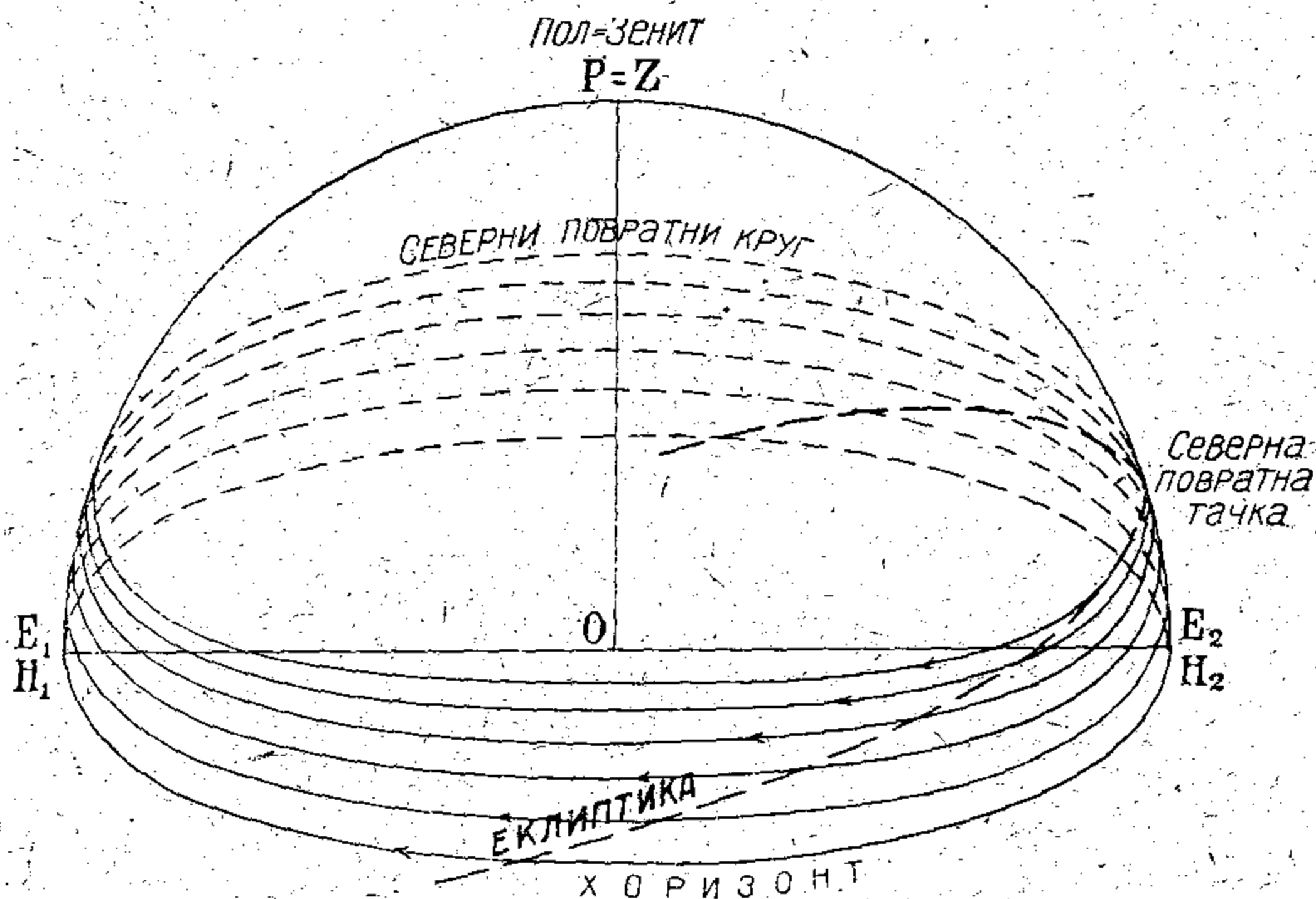
Стална промена у Сунчевој деклинацији о којој смо мало час говорили долази, дакле, отуда што је Сунце у сталном кретању по еклиптици, чија је равна нагнута према равни екуатора под углом  $23^{\circ}27'$ . Услед тога што се привидно мења Сунчева деклинација, видели смо да се мењају из дана у дан и Сунчеве привидне дневне путање на небеском своду. 21 марта, кад се Сунце налази у екуаторској равни, привидна дневна путања његова поклапа се са небеским екуатором *ECW*: половину

круга Сунце опише над видиком, другу половину под видиком. Његов видљиви лук раван је тога дана невидљивом: дан је по дужини раван ноћи. Отуда је и добила тачка пресека екуатора и еклиптике назив тачке равнодневице (мада сам назив није најбоље изабран). Идућег дана, пошто се Сунце померило дуж еклиптике (в. сл. 45), у правцу стрелице, из  $E$  у  $E_1$ , морала се померити и његова тачка излаза из  $E$  у  $I_1$  — ка северу; његова привидна дневна путања поклапа се тога дана са паралелом  $E_1 I_1 C_1$ , северно од екуатора, дакле ближе полу  $P$ . Видљиви лук привидне дневне путање већи је од невидљивог: дан је дужи од ноћи. У току тога дана Сунце се даље померило дуж еклиптике, до  $E_2$  и, 23 марта, видимо га да излази у тачки  $I_2$ , описује тога дана видљиви лук  $I_2 C_2 K_2$ , још већи од невидљивог но претходног дана: дан је тога датума још дужи од ноћи но претходног. Што се Сунце буде даље померало по еклиптици, помераће се и његова тачка излаза све северније; видљиви лукови бивају већи и од претходних и од невидљивих: дани бивају дужи од ноћи. Ово траје овако до 22 јуна. Тога датума доспева Сунце на еклиптици у највишу тачку над екуаторском равни, његова тачка излаза у најсевернији положај  $I_n$  на хоризонту, видљиви лук достиже највећу дужину  $I_n C_n K_n$ : дан је тога датума најдужи, ноћ најкраћа од свих осталих у години.

Од 22 јуна ток појава је обрнут: Сунце почиње да се спушта према екуаторској равни, његове тачке излаза враћају се све ближе источној тачки, видљиви лукови његови бивају сваког дана мањи, невидљиви све већи — но ипак остају видљиви при томе већи од невидљивих: дани бивају све краћи, ноћи све дуже — али дани при том остају дужи од ноћи. Тако иде ово све до 23 септембра, кад се враћа исто стање како је било 21 марта.

После 23 септембра спушта се Сунце по еклиптици све ниже испод екуаторске равни; његове тачке излаза померају се из дана у дан све више ка јужној тачки, видљиви лукови постају све мањи, невидљиви све већи: дани бивају краћи од ноћи. Ово траје овако до 22 децембра, кад Сунце стиже у најнижу тачку еклиптике испод равни екуатора. Тога датума достижу његове тачке излаза и залаза најјужније своје положаје  $I'_s$  и  $K'_s$ ; видљиви лук Сунчев је најмањи, невидљиви највећи: дан је тога датума најкраћи, а ноћ најдужа од осталих у години. Тога датума почиње уједно обрнут ток појава. Сунце почиње да се пење по еклиптици, да се приближује равни екуатора, тачке излаза и залаза да се враћају ка тачки пролетње равнодневице, видљиви лукови бивају из дана у дан све већи, невидљиви све мањи: дани све дужи, ноћи све краће остајући ипак дуже од дана све до 21 марта следеће године. То су ето последице Сунчевог привидног годишњег кретања по небеском своду, како их ми из наших крајева видимо.

18. Сунчево привидно годишње кретање посматрано са разних тачака Земљине површине. — Да видимо како са других тачака Земљине лопте изгледа ток привидног Сунчевог кретања. Зато пођимо од северног пола (в. сл. 47) прав-

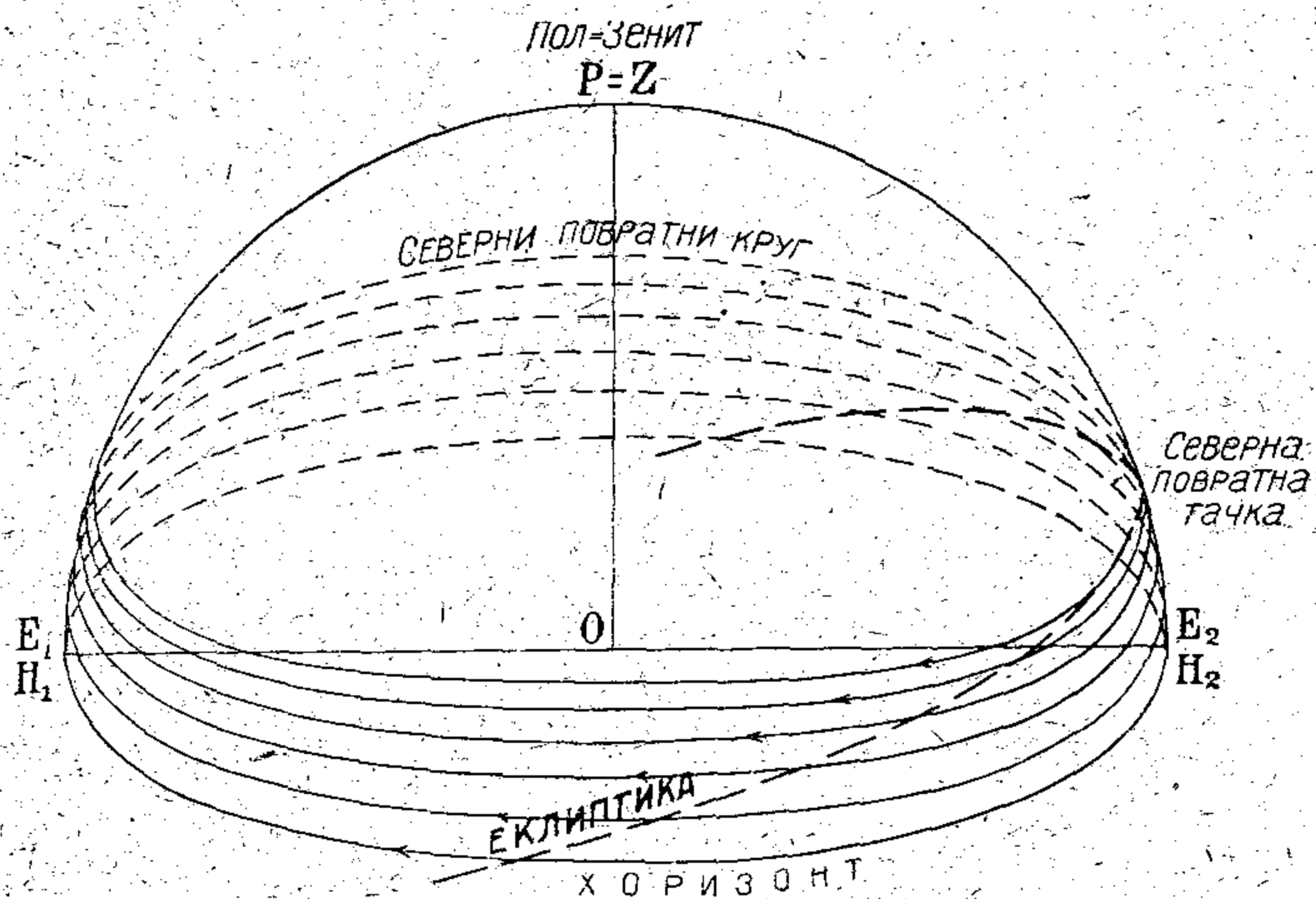


Сл. 47.

цем једног меридијана ка екватору и јужном полу. Знамо већ да на северном Земљиним полу постаје небески пол уједно и зенит, поларна оса вертикала, а небески екватор хоризонт: паралели паралелни са хоризонтом постају, дакле, алмукантари (в. сл. 24).

21 марта и 23 септембра, кад Сунце стиже у раван екватора, посматрач са северног пола види га у те дане како се креће по самом хоризонту. Од 21 марта па даље пење се неприметно, постепено, у почетку брже, касније све спорије, из дана у дан све више над хоризонтом — до 22 јуна. Тога дана достиже Сунце највећу висину  $+23^{\circ}27'$  у северној повратној тачки. Затим се почиње спуштати, у почетку неприметно, касније све брже, све ниже док, 23 септембра, не стигне поново у раван екватора, односно хоризонта. Затим се спушта испод равни хоризонта да под њом пробави све до 21 марта следеће године. Дакле, за посматрача који би се налазио на северном полу, Сунце пробави у току једне године шест месеци над хоризонтом, шест месеци под хоризонтом. Другим речима, на полу дан траје шест месеци, непрекидно, ноћ траје шест месеци исто тако: година на полу има свега један дан и једну ноћ. За јужни пол само је ток појава обрнут: дан почиње 23 септембра, свршава се 21 марта.

18. Сунчево привидно годишње кретање посматрано са разних тачака Земљине површине. — Да видимо како са других тачака Земљине лопте изгледа ток привидног Сунчевог кретања. Зато пођимо од северног пола (в. сл. 47) прав-

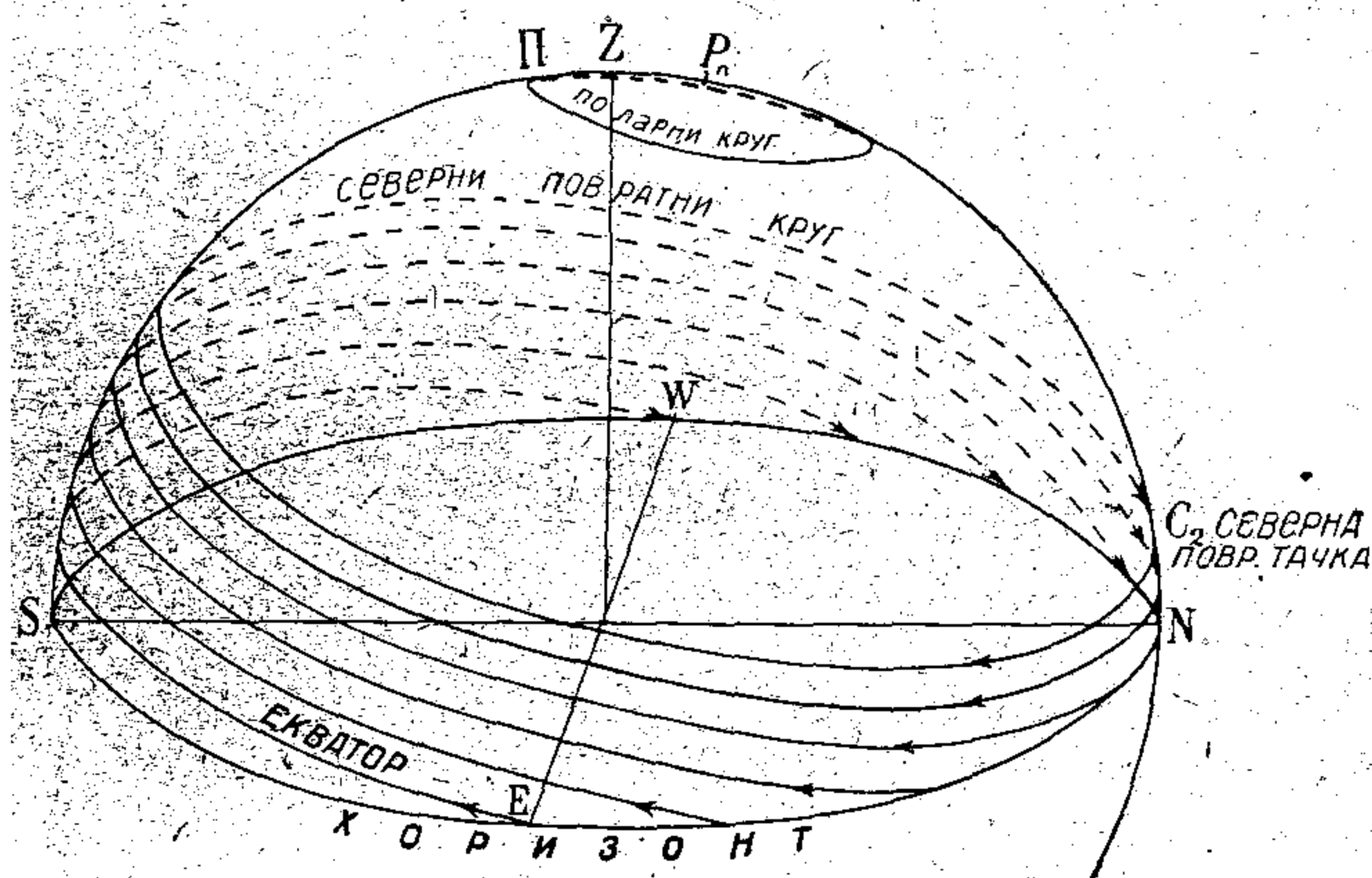


Сл. 47.

цем једног меридијана ка екватору и јужном полу. Знамо већ да на северном Земљиним полу постаје небески пол уједно и зенит, поларна оса вертикала, а небески екватор хоризонт: паралели паралелни са хоризонтом постају, дакле, алмукантари (в. сл. 24).

21 марта и 23 септембра, кад Сунце стиже у раван екватора, посматрач са северног пола види га у те дане како се креће по самом хоризонту. Од 21 марта па даље пење се неприметно, постепено, у почетку брже, касније све спорије, из дана у дан све више над хоризонтом — до 22 јуна. Тога дана достиже Сунце највећу висину  $+23^{\circ}27'$  у северној повратној тачки. Затим се почиње спуштати, у почетку неприметно, касније све брже, све ниже док, 23 септембра, не стигне поново у раван екватора, односно хоризонта. Затим се спушта испод равни хоризонта да под њом пробави све до 21 марта следеће године. Дакле, за посматрача који би се налазио на северном полу, Сунце пробави у току једне године шест месеци над хоризонтом, шест месеци под хоризонтом. Другим речима, на полу дан траје шест месеци, непрекидно, ноћ траје шест месеци исто тако: година на полу има свега један дан и једну ноћ. За јужни пол само је ток појава обрнут: дан почиње 23 септембра, свршава се 21 марта.

Спустимо се са пола нешто мало ниже, но тако да остано у северном поларном делу (в. сл. 48). Видећемо у току једне године ово. 21 марта Сунце излази у источној тачки  $E$  да зађе у западној тачки  $W$ , пошто опише свој дневни лук сасвим ниско над хоризонтом. Следећих дана излази у тачкама све ближе северу: видљиви лукови Сунчеви бивају већи и већи, висине при кулминацији такође — до неколико дана пре но што ће Сунце да стигне у летњу повратну тачку, 22 јуна. У то време достигло је Сунце већ толику висину, да за неколико дана остаје непрекидно над хоризонтом. У тим пределима зове

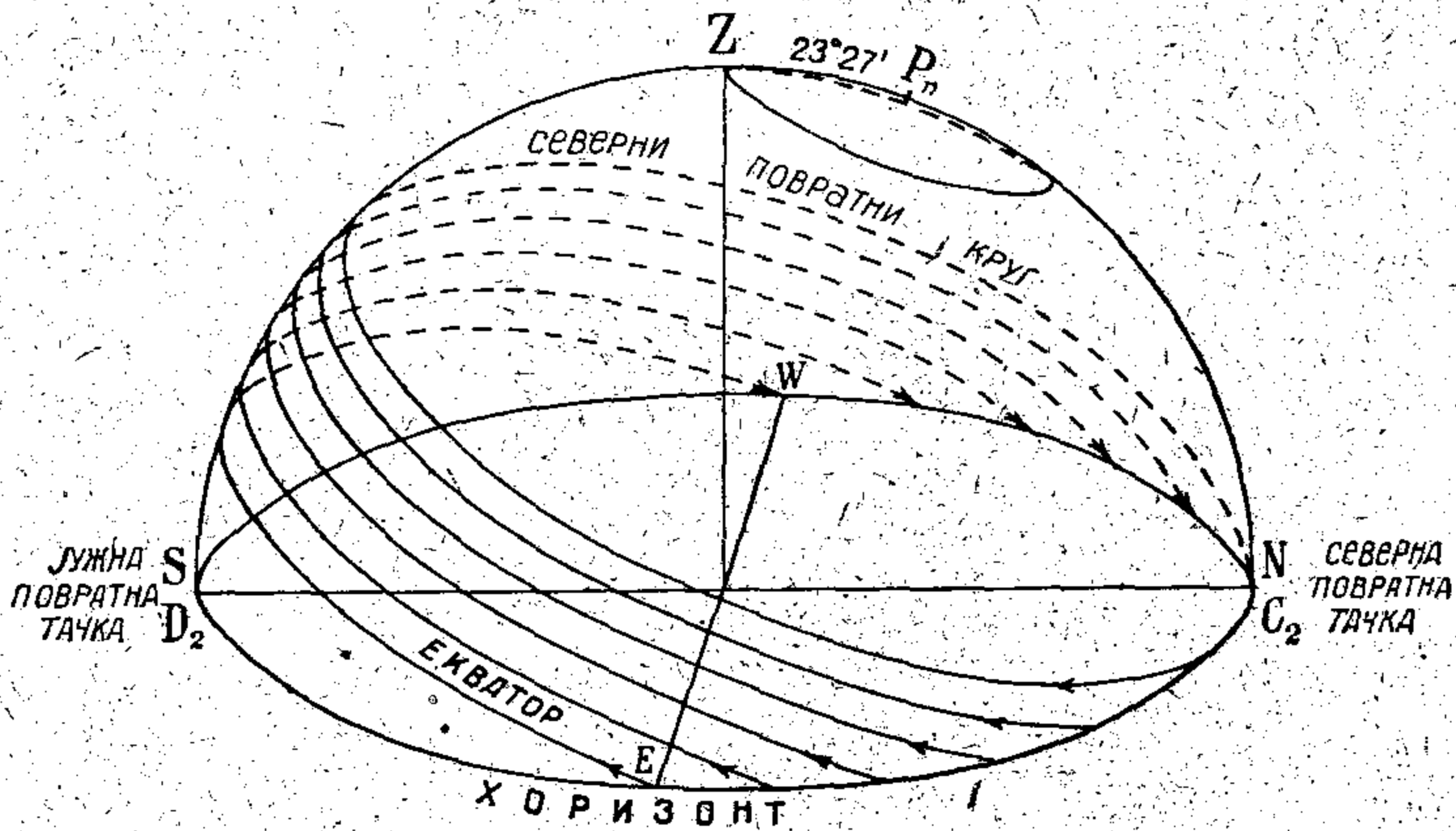


Сл. 48.

се ово доба *дуги дан*. Исто толико дана после 21 јуна свршава се *дуги дан*: Сунце поново почиње да се рађа на истоку, и залази на западу у тачкама које се сваки дан померају све ближе источној, односно западној тачки. Видљиви лукови и висине при кулминацији бивају све мањи: дани су све краћи, ноћи све дуже. Ово траје тако све до неколико дана пре но што ће Сунце да стигне у јужну повратну тачку, 22 децембра. Тих неколико дана оно у опште не излази више над хоризонт: за те пределе наступа тада *дуга ноћ*. Толики исти број дана после 22 децембра Сунце поново почиње излазити и залазити сваког дана. Дани, у почетку кратки, бивају све дужи. 21 марта наредне године дан и ноћ се поново изједначују, поново почиње описани ток појава.

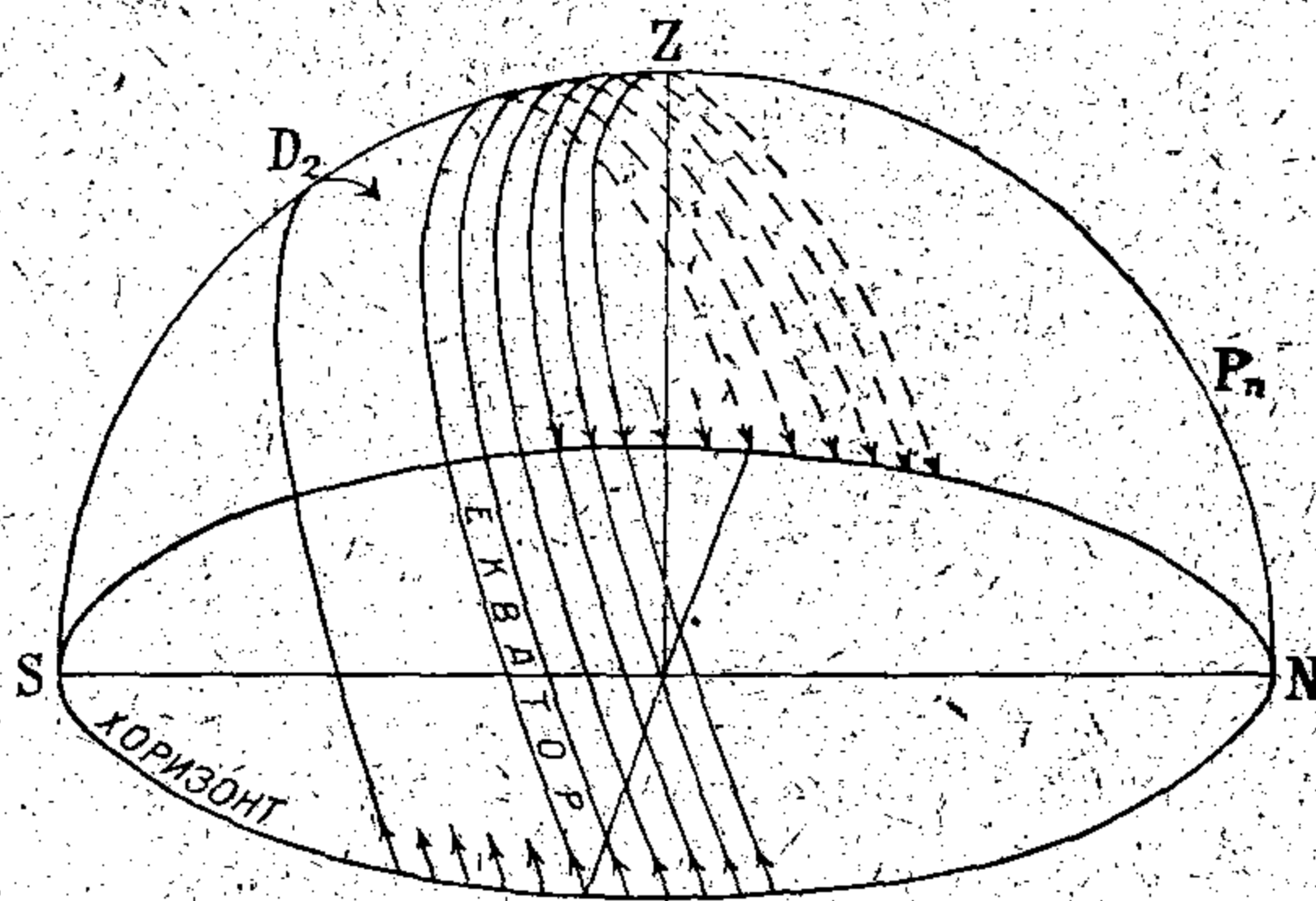
Спустимо се до самог поларног круга, дакле на географску ширину  $+66^{\circ}33'$  (в. сл. 49). Северни пол је од зенита удаљен  $23^{\circ}27'$ ; хоризонт додирује у  $C_2$  северни, у  $D_2$  јужни повратни паралел. Значи 22 јуна и 22 децембра описује Сунце, у првом

случају цео круг — значи види се пуна 24 часа над видиком, у другом случају цео круг под видиком — остаје 24 пуна часа невидљиво. Између тих датума: од 22 децембра расте дужина дана почев од 0 до 24 — до 22 јуна, па затим опада од 24 до 0 — до 22 децембра.



Сл. 49.

Промене у дужинама дана и ноћи, у току године, за тачке северног умереног појаса претстављене су на сликама 41 и 45,



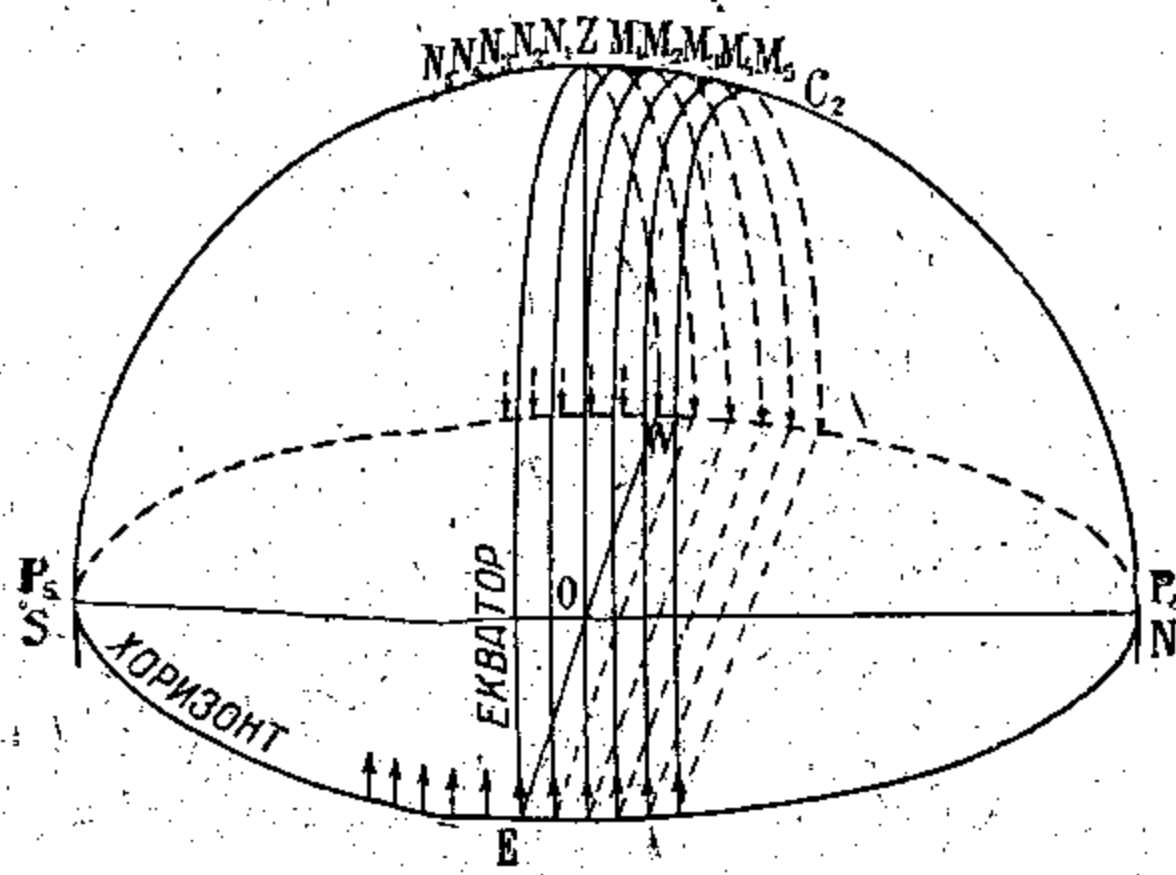
Сл. 50.

Видимо да, преко целе године, Сунце сваког дана излази и залази, а дужине дана мењају се како смо то напред изложили.

Сл. 50 претставља промене у дужинама дана и ноћи за

тачке северног повратника (геогр. ширина  $23^{\circ}27'$ ). Видимо да 22 јуна пролази Сунце, у подне, кроз зенит, у све остале дане у години Сунце кулминира јужно од зенита.

За тачке на екватору (в. сл. 51), чија је географска ширина 0, знамо да зенит лежи у небеском екватору, полови  $P_n$  и  $P_s$  у хоризонту: хоризонт сече све паралеле на два једнака дела. Дани су по дужини равни ноћима преко целе године. 21 марта и 23 септембра пролази у подне Сунце кроз зенит. Док



Сл. 51.

трају пролеће и лето његове кулминације леже северно од зенита  $M_1, M_2, M_3, \dots$ , а за време јесени и зиме кулминира јужно од зенита  $N_1, N_2, N_3, \dots$ .

На јужној Земљиној полулопти ток појава је исти, с том разликом само што на њој појаве почињу, односно престају, кад на северној половини престају, односно почињу.

Прегледа ради скупљена су стварна трајања најдужих и најкраћих дана у години за разне географске ширине на Земљиној лопти.

### ТАБЛИЦА ДУЖИНА ДАНА

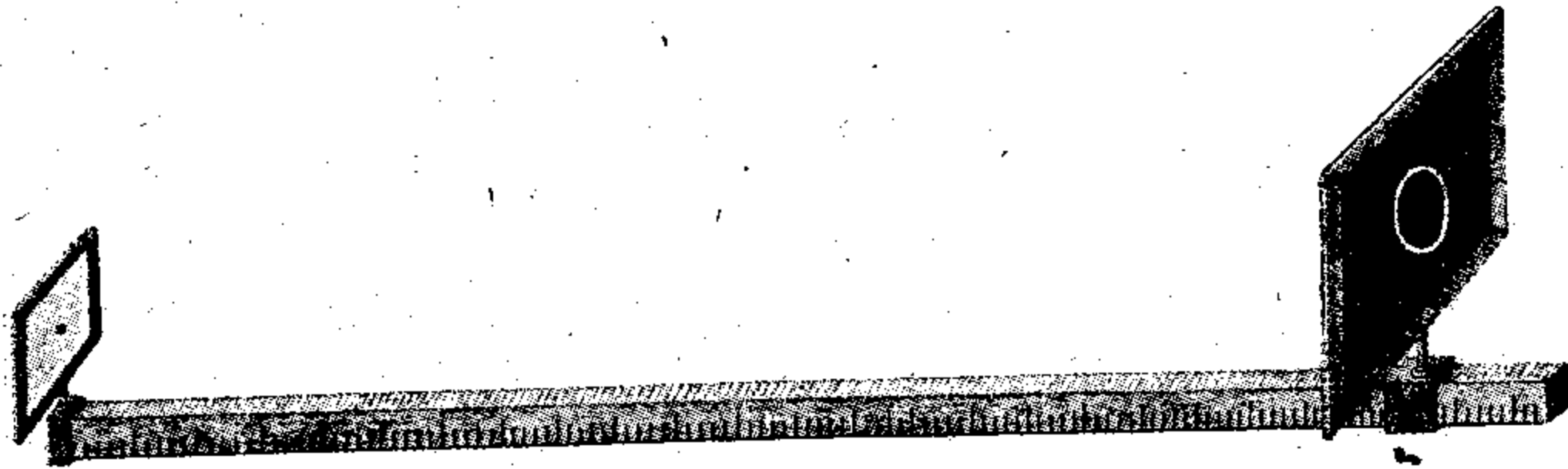
на разним географским ширинама

Географска ширина	Најдужи дан траје		Најкраћи дан траје		Разлика између нај- дужег и најкраћег дана	
	h	m	h	m	h	m
0	12	0	12	0	0	0
5	12	17	11	43	0	34
10	12	35	11	25	1	10
15	12	53	11	7	1	46
20	13	13	10	47	2	26
25	13	33	10	27	3	6
30	13	56	10	4	3	52
35	14	21	9	39	4	42
40	14	51	9	9	5	42
45	15	26	8	34	6	52
50	16	9	7	51	8	18
55	17	6	6	54	10	12
60	18	30	5	30	13	0
65	21	8	2	52	18	16

Географска ширина		Дан траје		Ноћ траје	
о	'	h		h	
66	33	1 дан	8	1 дан	0
70		60	13	64	10
75		97	9	104	6
80		126	12	133	14
85		153	4	160	16
90		178	20	186	10

**19. Облик Сунчеве привидне годишње путање.** — Посматрајући Сунчево привидно годишње кретање по небеском своду, у односу на звезде, утврдили смо да оно опише за годину дана једну кружну линију — еклиптику; раван у којој лежи ова путања затвара са равни екуатора угао од  $23^{\circ}27'$ . Да ли је еклиптика доиста правилна кружна линија? И, ако није, какав је њен прави облик?

Ово је такође један од оних проблема које можемо решити на једноставан начин, нарочито ако се помогнемо једном простом справом (в. сл. 52) — овако. Замислимо да смо узели



Сл. 52.

Један подужи, прав штап дуг бар 2,5 метра и изделимо га на центиметре. На једном његовом крају причврстимо управно на дужину штапа комад тврдог картона; у средишту картона пробушимо иглом мали, округли отвор кроз који ћемо моћи посматрати. На супротном крају штапа, на одстојању нешто више од 2 м., учврстимо за штап један рам, али тако да га можемо, кад затреба, померати дуж штапа. У рам поставимо комад добро надимљеног стакла (ово је потребно да би око било заштићено од јаке светлости). У средини стакла извуцимо иглом шестара круг са полупречником од 1 цм. (круг ће дакле бити приближно велик као динар), тако да се периферија круга јасно види на надимљеном стаклу. Помоћу ове справе можемо извршити сваког ведрога дана, у подне, ово посматрање: управивши штап ка Сунцу, подесити одстојање рама на њему тако, да се периферије круга



на стаклу и Сунчева котура тачно поклопе; затим, са поделе на штапу, прочитати на коме је одстојању рама од ока то постигнуто. Претпоставимо сада да смо извршили неколико оваких посматрања у току једне године. Примера ради узмимо да смо их обавили четири, и то: једно првих дана јануара, друго почетком априла, па јуна и најзад октобра. За одстојање рама од ока наћи ћемо истим редом приближно ове вредности:

2,11 м., 2,15 м., 2,19 м. и 2,15 м.

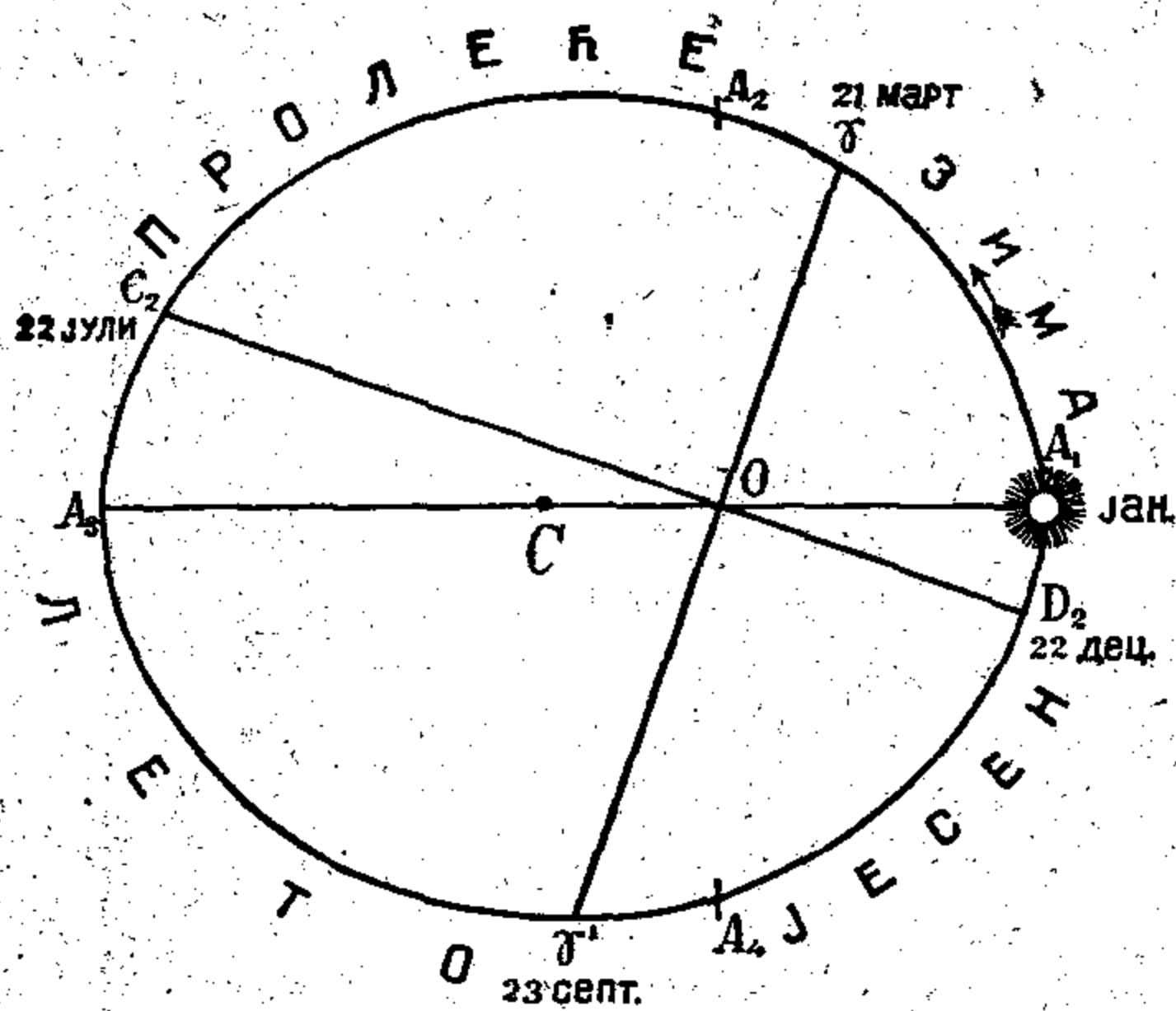
Зашто се разликују ови бројеви међу собом и како ове разлике могу да наступе? Покушаћемо ово да објаснимо. — Јер, посматрали смо са истог места; круг на плочи остајао је такође исти, а извесно је да се Сунчев котур није нити ширио, нити смањивао у времену од једног до другог датума. Нагађамо да остаје само једно могуће објашњење, а то је да Сунчева даљина од нас није остајала у међувремену непромењена. Из горњих бројева видимо шта више и како се мењала његова даљина. Почетком јануара поклапала се периферија Сунчевог котура са кругом кад смо рам били поставили на одстојању 2,11 м. од нашег ока. Да је Сунце и даље остало, до почетка априла, на истој даљини од Земље, јасно је да би се поклапање његовог котура са кругом на стаклу постигло било на одстојању 2,11 м. од ока. У ствари, почетком априла морали смо рам да одмакнемо од ока; значи да се и Сунце морало удаљити од нас у томе међувремену.

Почетком јула круг на стаклу поклапао се са Сунчевим котуром на одстојању од 2,19 м. Одатле закључујемо да се Сунце морало у размаку од ова нова три месеца још више удаљити од Земље. Најзад, првих дана октобра, нашли смо да се поново поклапају периферије Сунчевог котура и круга на стаклу на истом одстојању рама од ока, као и почетком априла. Одатле следује да је Сунчево удаљење од Земље исто почетком октобра као и априла. И, напослетку, ако поновимо посматрање почетком јануара следеће године, наћи ћемо Сунце на истом одстојању као и претходне године, што смо могли и очекивати.

Да смо, место свега ових пет, извршили велики број посматрања у току године, добили бисмо дуг низ бројева, који би нам знатно олакшали да одредимо облик привидне Сунчеве годишње путање. Потребно би било само још да се опоменемо да Сунце опише периферију једног круга, или угао од  $360^{\circ}$  за 365 дана. Али за ову сврху нећемо учинити велику грешку, ако будемо ствар упростили на тај начин, што ћемо узети да Сунце дневно преваљује по  $1^{\circ}$  на својој годишњој путањи.

Да можемо на основу свега што смо горе изложили нацртати линију која би претстављала Сунчеву привидну годишњу путању, имамо претходно да подесимо размеру: зато ћемо по-

делити нађене бројеве са 10. Изаберимо сада на хартији једну тачку  $O$  (в. сл. 53) и повуцимо из ње праву  $OA_1$ , дугу 211 мм., која ће претстављати правац и даљину Сунца од Земље на дан 1 јануара. Друго посматрање извршили смо почетком априла, или 90 дана касније. Зато повуцимо на  $OA_1$  правац  $OA_2$  под углом од  $90^\circ$ , у смислу с десна на лево или супротно од привидног дневног кретања неба, као што се Сунце привидно помера по еклиптици; и одмеримо на њој дужину 215 мм. Ова ће претстављати правац и даљину Сунчевог положаја према Земљи за тај дан. Почетком јула, дакле после идућих 90 дана, нашли смо горе број 2,19. Из тачке  $O$  продужимо праву  $OA_1$  у супротном правцу и одмеримо на њој 219 мм., добићемо тачку  $A_3$  која ће претстављати положај и удаљење Сунца од Земље почетком јула. Најзад, у продужењу праве  $OA_2$ , али у супротном смислу, пренесимо дужину 215 мм., тако да добијемо  $OA_4$ , т. ј. положај и даљину Сунчеву од Земље после нових 90 дана. Добијели смо, дакле, четири положаја на привидној Сунчевој годишњој путањи. Видимо да је то затворена крива линија, али не правилан круг. Да смо извршили више посматрања, имали бисмо и више тачака те криве линије, те бисмо је могли сигурније извући и уверили бисмо се да: *Сунчева привидна годишња путања није круг већ елипса* (в. сл. 53.). У ствари ова елипса врло мало одступа од круга — као што смо то могли опазити и цртајући.



Сл. 53.

Још једну важну ствар треба овде да истакнемо. Тачка  $O$  претставља на слици 53. наше око или, за небеску сферу, средиште наше Земље. Са цртежа видимо, међутим, да  $O$  није средиште путање: да Земља не стоји у средишту елипсе, већ у једној од елипсиних жижа. Тачка  $A_1$ , у којој се Сунце налази кад је најближе Земљи — а то бива почетком јануара — зове се *перигеум*. Тачка  $A_3$ , у којој је Сунце најдаље од Земље — почетком јула — зове се *апогеум*. Дуж  $A_1 A_3$  пролази кроз обе жиже и средиште елипсе, и зове се њена *велика оса* или *апсидна линија*. Ако означимо средиште елипсе са  $C$ , дуж  $CA_1$  или  $CA_3$  зове се *велика полуоса*.

Одступање елипсе од круга мери се односом дужи  $\frac{CO}{CA} = e$ .

Што је тај однос већи, елипса је више дугуљаста, више се разликује од круга; што је  $e$  мање елипса је облија, приближнија кругу. Број  $e$  зове се *ексцентричност елипсе*. Ексцентричност Сунчеве привидне годишње путање износи  $e \approx 0,0168$ .

Брзина којом се Сунце креће по својој путањи мења се у току године: највећа је у јануару, најмања у јулу. Кад се најбрже креће, прелази Сунце за један дан угао од  $1^\circ 1'$ , кад најспорије, прелази за дан  $0^\circ 57'$ .

**20. Последице Сунчевог привидног кретања по елипси.** — Нека слика 53 претставља елиптичку путању коју Сунце привидно превали у току једне године. На основу оног што смо до сада утврдили, обележимо тачкама  $A_1, A_2, A_3, A_4$  положаје које Сунце заузима на њој у одређена времена, т. ј. првих дана јануара, априла, јула и октобра. Можемо лако одредити и где се на путањи налазе тачке  $\gamma$  пролетње и  $\gamma'$  јесење равнодневице, као и летње  $C_2$  и зимске  $D_2$  повратне тачке. И приметимо одмах да се аспидна линија  $A_1A_3$  и на њој управна  $A_2A_4$  не поклапају са линијом  $C_2D_2$ , односно  $\gamma\gamma'$ , којима су обележени почетци четири годишња доба на Земљи.

Једно због овог, а друго због тога што се Сунце не креће истом брзином дуж целе путање, нису једнака међу собом ни времена која Сунце пробави у сваком од делова путање, којима су одређена трајања годишњих доба. Са слике видимо да је  $D_2\gamma$  најмањи део,  $\gamma'D_2$  је нешто већи,  $\gamma C_2$  још већи, а највећи је део  $C_2\gamma'$ . Зато су и годишња доба на Земљи неједнаких дужина: најкраћа је зима — траје 89 дана, затим јесен, која траје 89 дана  $19^h$ , па пролеће 92 дана  $21^h$ , а најдуже је лето, 93 дана  $14^h$ .

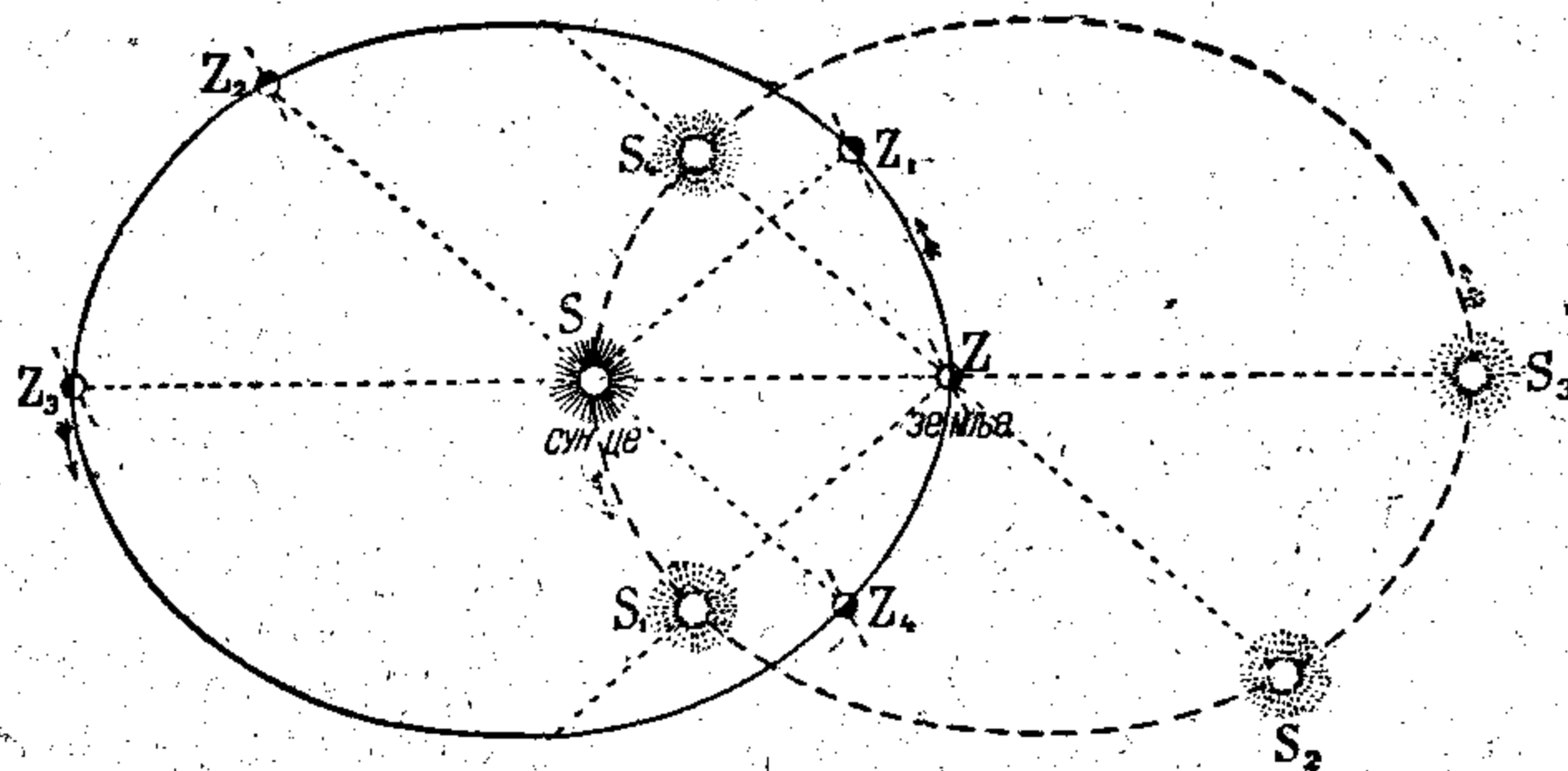
Услед тога што се Сунце не креће једнаком брзином по својој путањи, нису једнаки међу собом ни углови за које се Сунце из дана у дан помера. Друкчије се то може казати: Сунчеве лонгитуде не мењају се једнако.

**21. Објашњење Сунчевог привидног годишњег кретања око Земље.** — Као што смо при изучавању дневног кретања небеског свода истицали да је његово кретање од истока ка западу само привидно, тако смо и овде, изучавајући Сунчево годишње кретање по небеском своду, стално наглашавали да је ово кретање само привидно. Па као што смо показали да је привидно дневно кретање неба, од истока ка западу, у ствари последица Земљиног дневног обртања око поларне осе у смислу од запада ка истоку, — тако ћемо сада показати да је привидно годишње Сунчево кретање последица Земљиног годишњег кретања око Сунца. Дакле, у ствари, Земља описује за годину

дана путању, која има облик елипсе, око Сунца које стоји непокретно у једној од елипсиних жижа.

Прво ћемо на слици 54 показати да ова замена улога Сунца и Земље ни у колико не утиче на ток и изглед појаве у вези са годишњим кретањем. Тачкастом елипсом претстављен је ток појаве кад посматрамо *привидно* годишње Сунчево кретање, како смо то до сада радили. У том случају, замишља се да Земља  $Z$  стоји непомицна у жижи елипсе којом се креће Сунце у току године, у смислу означеном стрелицом.  $S, S_1, S_2, S_3, S_4$ , претстављају уза стопне положаје у којима видимо Сунце са Земље у одређена времена.

Из положаја  $Z$  видимо у једном тренутку Сунце у правцу  $ZS$ . После извесног времена видимо га у правцу  $ZS_1$ , мада се Сунце није у ствари помакло са свога места. Према томе, да га ипак можемо видети са Земље у правцу  $ZS_1$ , морала је



Сл. 54.

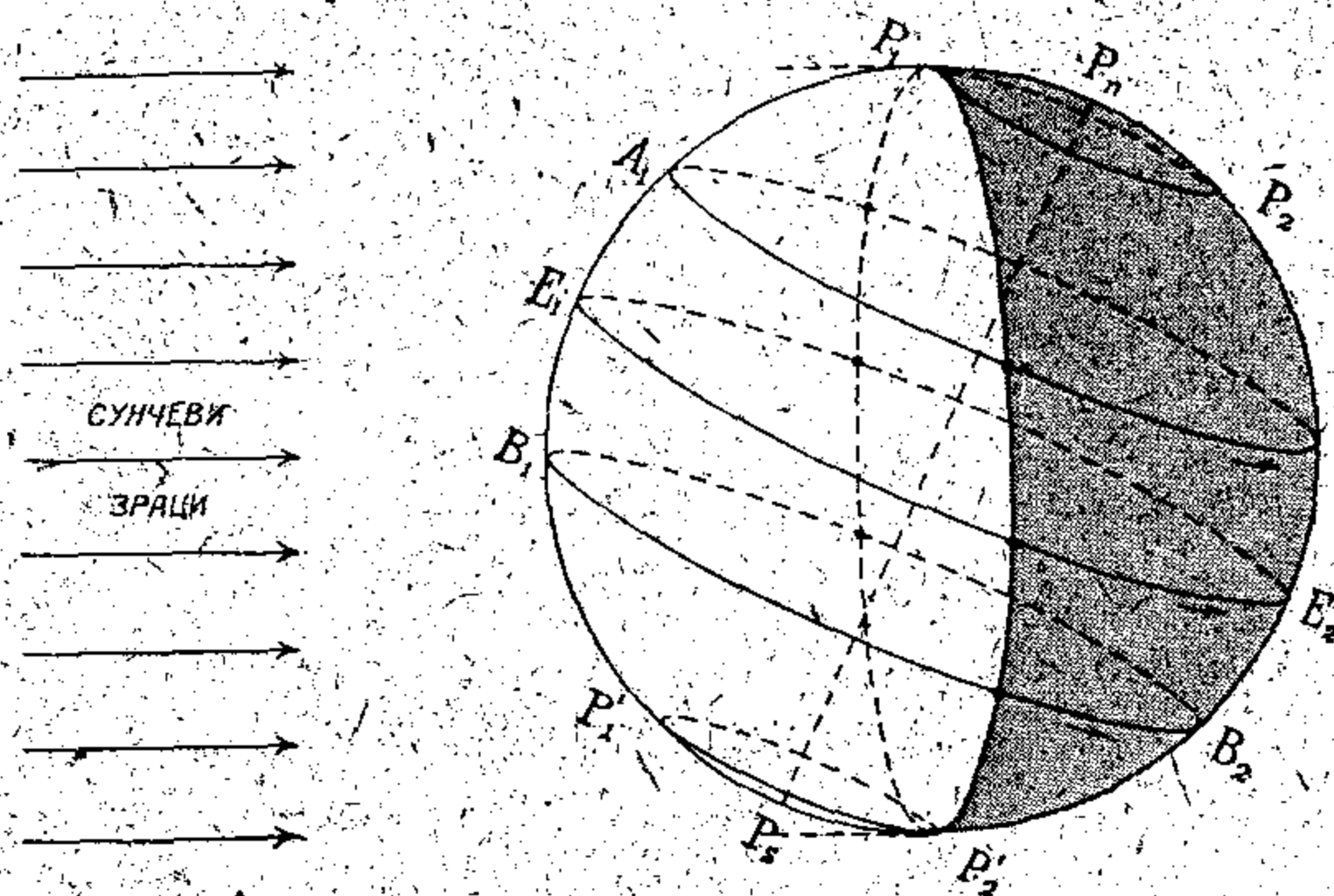
Земља променити своје место, доћи у нови положај, из кога ће правац ка Сунцу бити исти, т. ј. паралелан правцу  $ZS_1$ ; то је положај  $Z_1$ . Кад будемо, затим, видели Сунце у правцу  $ZS_2$ , имаћемо у виду опет да се Сунце није померило са свога места, већ је Земља дошла у нови положај и то такав, да се Сунце са ње види у правцу паралелном са  $ZS_2$ ; дакле у тачку  $Z_2$ , и т. д. Главно је при томе ово: било да посматрамо Сунчево *привидно*, или Земљино *право* годишње кретање, остају потпуно исти како облик и димензије путање, тако и смисао кретања и време за које се оно догађа у оба ова случаја. Према томе, за изглед појаве сасвим је свеједно: узели да Земља стоји непомицно, а Сунце да се креће, или обрнуто.

Од доказа о томе да се Земља креће око Сунца, а не Сунце око Земље, могли бисмо за сада навести то, да је Сунце огромно пута веће тело од Земље, те да је природније да оно стоји непомицно, а Земља да се креће, а не обратно. Са осталим, убедљивијим доказима упознаћемо се тек у даљим излагањима.

Прелаз од привидног Сунчевог ка стварном годишњем кретању повлачи за собом измене у ранијим називима појединих узајамних положаја ова два тела. Тако је Сунчев најближи положај (тачка  $S$  на сл. 54.) Земљи био назван перигеум. Сада то постаје положај (тачка  $Z$ ) у коме је Земља најближа Сунцу и зове се *перихел*. Тако исто за Сунчев апогеум (тачка  $S_3$ ) знамо сада да одговара положају кад је Земља најдаље (тачка  $Z_3$ ) од Сунца и, кад је реч о стварном годишњем кретању, зваћемо тај положај *афхел*. Прелаз Земље кроз перихел пада око 31. децембра, а кроз афхел почетком јула.

Сад ћемо моћи разумети и раније извршену поделу стр. 44 Земљине лопте на пет појасева. Као што сами називи казују, ова подела је у вези са количином топлоте коју разне тачке на Земљи примају сваког дана у току једне године. Ова количина разна је за разна места а, и за иста места, мења се у току године. Узрока овоме има више:

1. Дужина дана; очигледно је, наиме, да ће једна површина примити тим већу количину топлоте што је Сунце дуже времена обасјава.



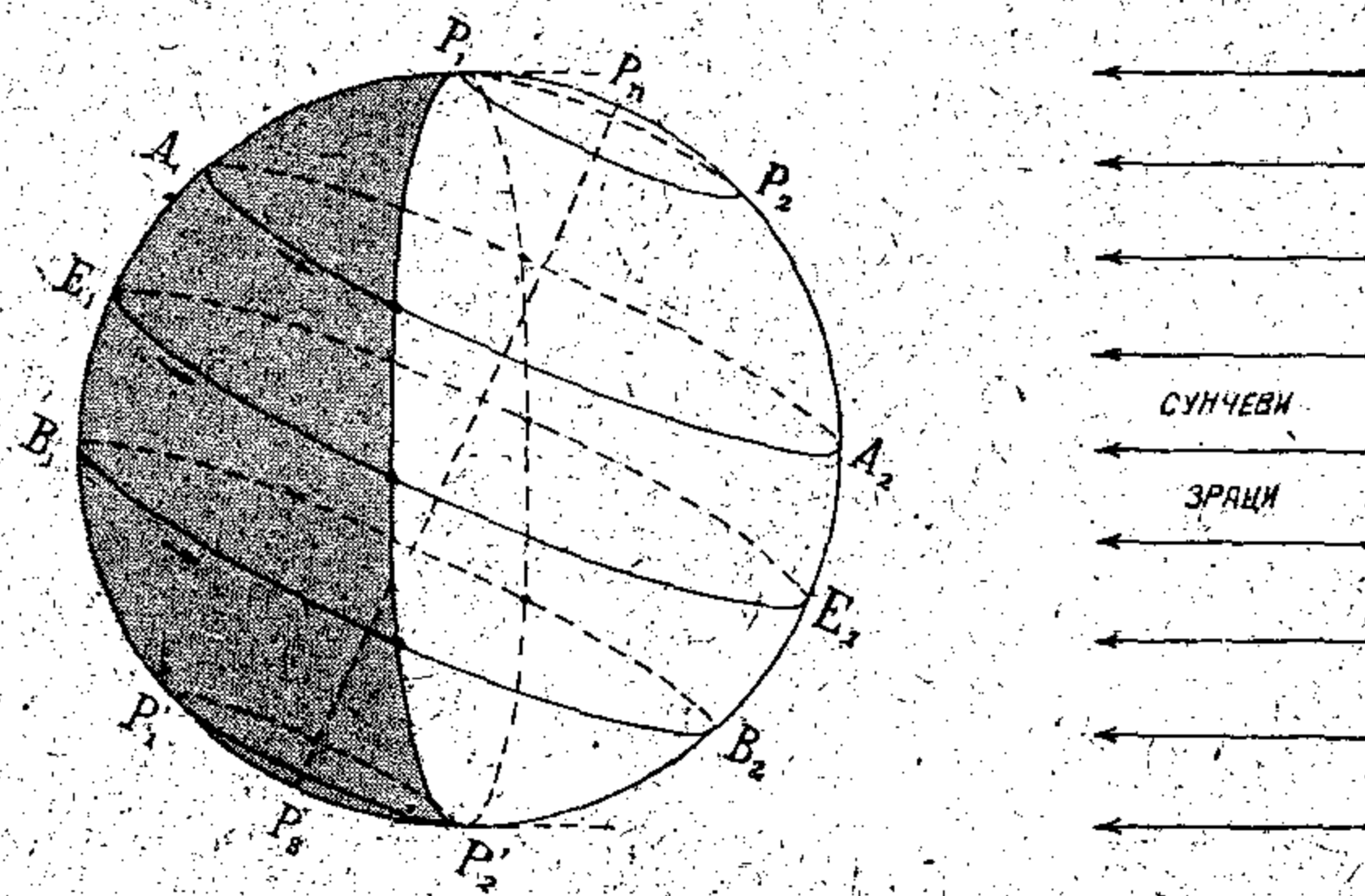
Сл. 55.

2. Сунчева висина над хоризонтом, т. ј. угао под којим стижу његови зраци на површину. Из физике је познато да површина прима утолико више топлоте, што је правац зракова управнији, а утолико мање што зраци падају на њу косије.

3. На исти начин дејствује и Земљина атмосфера; ова задржава (апсорбује) извесну количину Сунчеве топлоте, и то утолико већу што је дебљи слој кроз који зраци треба да прођу пре но што стигну до површине Земље. Најмање се топлоте задржава у атмосфери за онај део површине на који зраци падају управно, а све више што зраци падају косије.

4. Разлика у Земљиним даљинама од Сунца, која се мења од 146 милиона km., у перихелу, до 152 мил. km., у афхелу. Услед тога, а по закону да је количина топлоте коју прима једна површина у обрнутој сразмери са квадратом удаљења, Земља прими од Сунца отприлике за  $\frac{1}{10}$  више топлоте у перихелу но афхелу. Но ово повећање и сувише је незнатно према дејству горњих узрока.

Ако се сетимо сад онога што је раније било речено и погледамо сл. 57., видећемо ово. У положају зимске повратне тачке Земља је, истина, у перихелу, дакле најближе Сунцу, али Сунчеви зраци падају тако, да, у северним крајевима (в. сл. 55), само додирују поларни круг  $P_1P_2$ ; предели у унутрашњости северног поларног круга уопште не виде Сунце — код њих влада тада



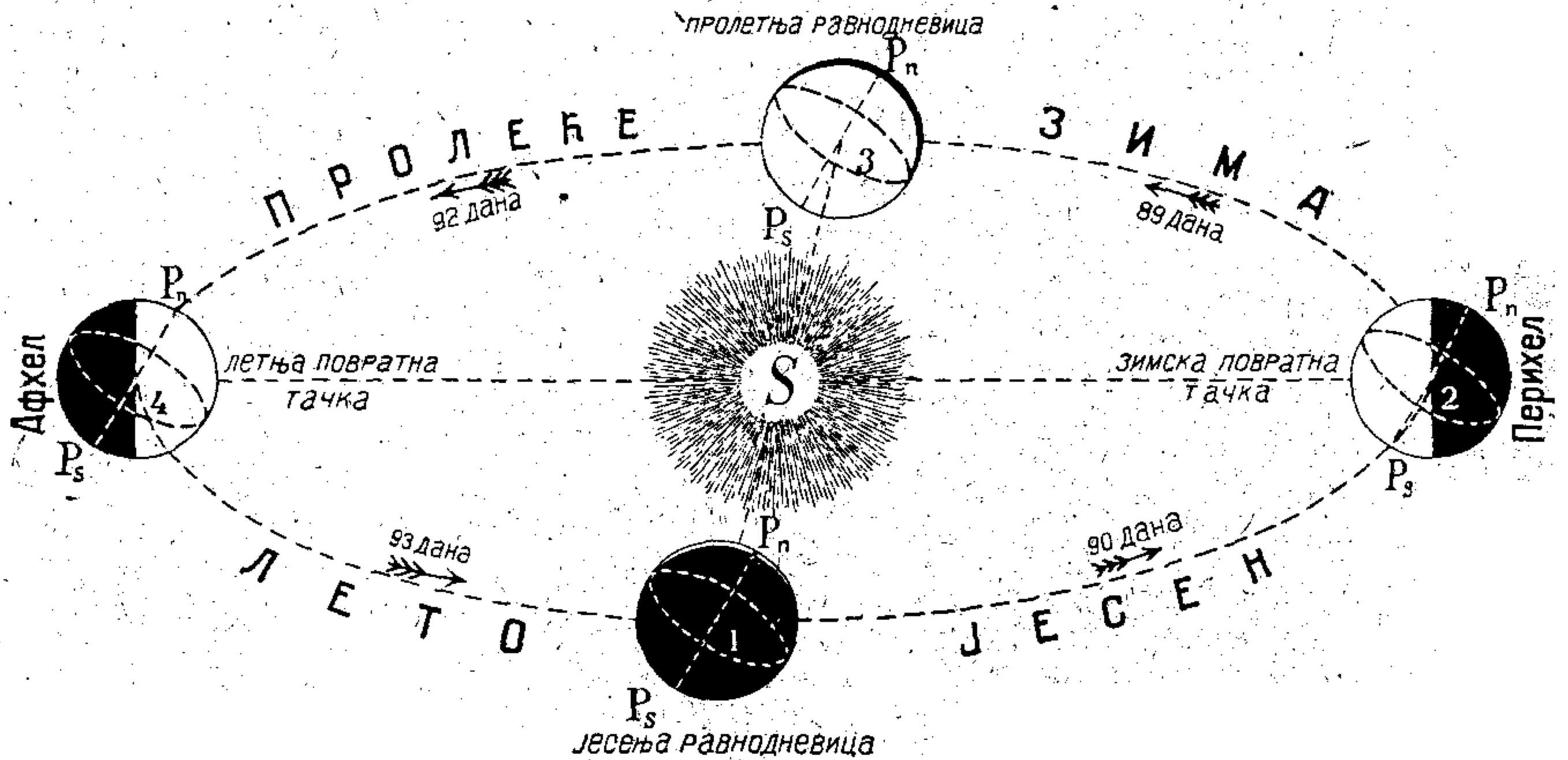
Сл. 56.

дуга ноћ — најхладније доба у години. Од поларног круга идући према екватору, правац зракова је кос испочетка, али бива све управнији на површину Земље што се више удаљујемо од пола. Зато се и температура у овим крајевима постепено диже и то све више што се спуштамо ниже. Управно падају на паралел  $B_1B_2$ ; овај део прима тада највише топлоте. Испод овог паралелни правац зракова постаје у толико косији што се више спуштамо ка јужном полу: температура ће бити тим нижа, што се будемо даље спуштали.

У супротној тачки Земљине путање, у афхелу или у доба кад се Сунце налази у летној повратној тачки (в. сл. 57, одн. 56) његови зраци допиру, иако косо, у северни поларни део  $P_1P_2$ , где је тада најтоплије доба у години. Што се спуштамо ниже ка екватору правац Сунчевих зракова бива све управнији: количина топлоте коју примају ови делови све већа. Управно падају Сунчеви зраци на паралел  $A_1A_2$  — који тада прима највише топлоте. Што се будемо ниже спуштали, ка јужном полу, —

до поларног круга правац зракова бива све косији, количина примљене топлоте све мања. Део око јужног пола у ово доба не види уопште Сунце, тамо је тада најхладније доба године.

Из свега овога јасно постаје да на Земљиној лопти има три врсте делова: 1. делови око полова  $P_1 P_n P_2$  и  $P'_1 P'_s P'_2$  за које се преко године никад Сунце не диже високо над хоризонтом,



Сл. 57.

тако да зраци у те пределе стижу увек косо, — и то само у једно доба године, у доба летњег, одн. зимског солстиција. Напротив у време око зимског, одн. летњег солстиција, Сунце се уопште у тим пределима не појављује. Услед тога остаје температура у овим пределима нижа но у осталим деловима Земљине површине и зато се зову *хладни* или *ледени делови* (*појасеви*).

2. делови  $P_1 P_2 A_2 A_1$  и  $B_1 B_2 P'_2 P'_1$  у којима се Сунце рађа и залази сваког дана, његови зраци падају у ове пределе један део година косије, други део управније, али никад не падају управно: Сунце пролази стално јужно од зенита. Отуда је температура у овим појасевима виша но у хладним деловима и зато се зову *умерени појасеви*.

3. део око екуатора  $A_1 A_2 B_2 B_1$ , за које се такође Сунце рађа и залази сваког дана и у коме оно двапут у току године пролази кроз зенит. Овај део Земљине површине прима преко године највећу количину Сунчеве топлоте, и зато се зове *жарки појас*.

## О ВРЕМЕНУ.

Све ово што смо до сада изложили погрешно би било сматрати као ствари које искључиво науци могу корисно послужити, и веровати да за свакодневни човечји живот оне немају никакве важности. Може ли се замислити данас живот без оних разних тековина модерне технике, на које смо се толико навикли као да су старе колико и живот? Мислимо на: пароброд, жељезницу, телеграф, па и аутомобил и авион. Њихово искоришћавање стоји у чврстој вези са мерењем тачног времена. Без познавања тачног времена тешко би се дао замислити правилан саобраћај и, уопште, искоришћавање и усавршавање ових плодова технике. Али не само саобраћај, цео наш живот управља се по времену. Зар нису: година, месец, недеља, дан, час, минут, секунд, речи које свакодневно употребљавамо, оно без чега се човечји живот не да данас претставити. Шта је секунд, минут, час; шта дан, а шта месец, или година дана? Ко је ту поделу времена извршио, ко над њом данас води контролу?

Да на ова питања можемо дати тачне одговоре и ово добро разумети, неопходно је потребно било да се претходно упознамо са свим оним што смо напред овде изложили. Ово што смо до сада научили служи у главном двојаком циљу: прво, да можемо одредити положај сваком месту на Земљи и, друго, да можемо мерити и одређивати тачно време. Положај тачака на Земљи одређује се тачно једино помоћу положаја звезда на небу — али ово само ако знамо тачно време кад поједина небеска тела заузимају одређене положаје. Тако смо већ показали напред, како се одређује висина пола или географска, ширина места, посматрањем висина у горњој и доњој кулминацији једне циркумполарне звезде. За одређивање друге координате, географске дужине, мора се опет познавати тачно време. Зато ћемо сада говорити о времену и његовој подели.

### 22. Јединица за мерење времена. Звездани дан.

Основна јединица за мерење времена је звездани дан. То је као што знамо — време за које се једанпут обрне Земља око поларне осе. Обично се међутим каже: звездани дан је време за које се обрне небески свод једанпут око светске осовине; у суштини, ове су две ствари потпуно исте. Може се место тога још и овако рећи: звездани дан је време за које звезда (ма која) опише један круг око поларне осе; а за почетак дана узима се тренутак њене горње кулминације. Стога се може казати: звездани дан је време које протекне између две узастопне горње кулминације једне звезде. Ово је време исто за све звезде и за сва места на Земљи.

Због те своје особине и могао је звездани дан бити усвојен као јединица за мерење времена. За разне потребе у животу човека морао је дан бити издељен на једнаке мање временске интервале. Тако се звездани дан дели на 24 часа, сваки час на 60 минута, сваки минут на 60 секунди, — али *звезданог времена*. Ова подела била је тако само могућа, што знамо да се звезде крећу по небеском своду једнаким кретањем, а постигнута је помоћу часовних кругова.

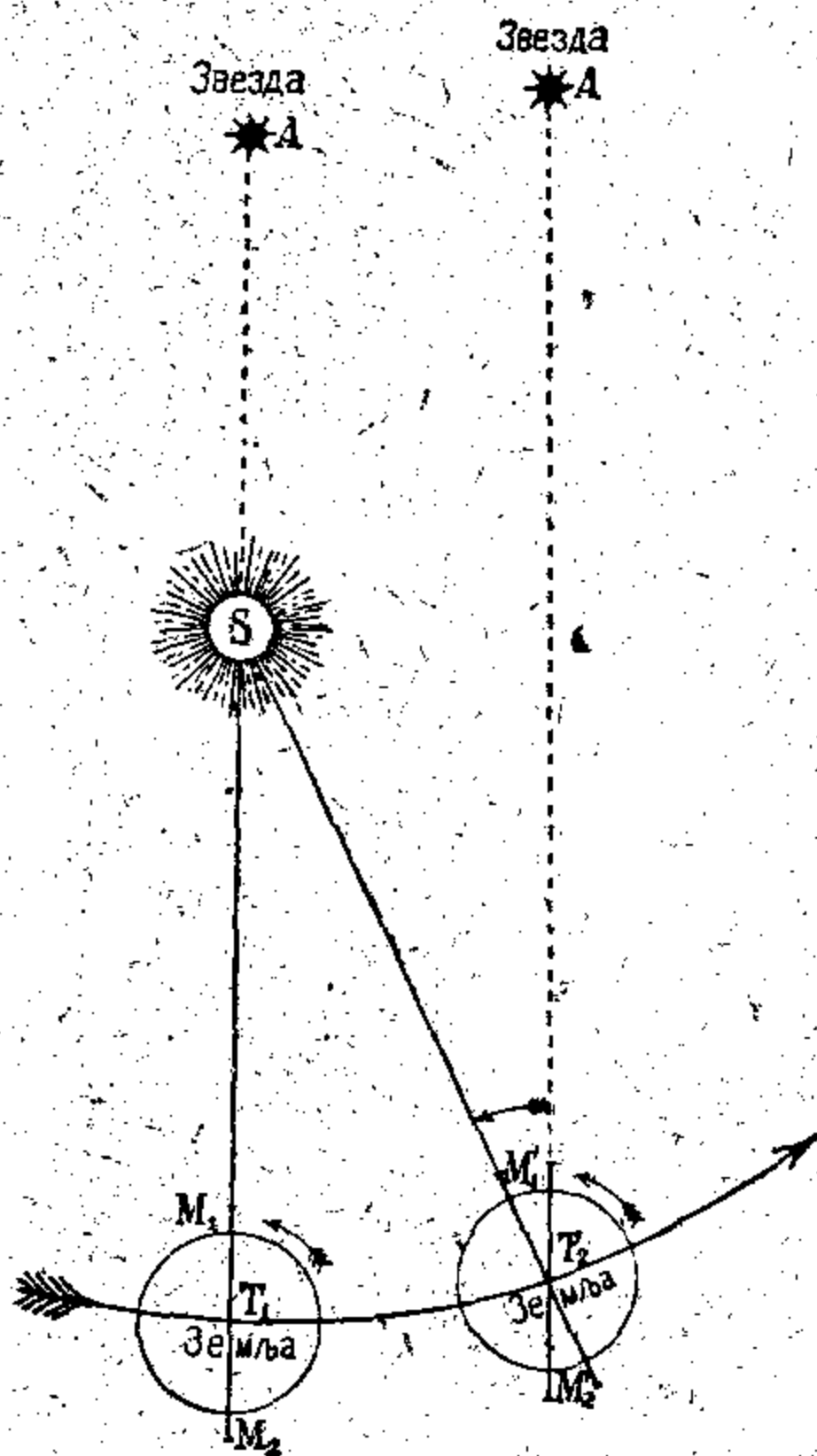


Ствар треба овако разумети. Претставимо себи да смо повукли по небеском своду 24 часовна круга једнако удаљена један од другог (дакле по један на сваких  $15^\circ$  периферије небеског екватора), и да смо их обежили, редом, бројевима од 0 до 24. Кад се сад при обртању небеског свода поклопи 0-ти часовни круг са нашим меридијаном, рекли смо да почиње за нас звездани дан. Кад затим стигне у меридијан часовни круг број 1, после једног протеклог звезданог часа, код нас је  $1^h$  звезданог времена. Кад се буде, затим, поклопио са нашим меридијаном часовни круг број 2, дакле још један звездани час касније, код нас ће бити  $2^h$  звезданог времена, и т. д. Кад, после 24 звездана часа, поново стигне у меридијан часовни круг нула, значиће да је небо извршило један обрт око поларне осе: за нас је прошао један звездани дан.

**23. Разне врсте јединица за мерење времена. Прави сунчани дан.** — За свакодневни живот не би била погодна мера за време која би почивала на кретању звезда, т. ј. на појавама које се ноћу догађају. Цео наш живот налази се под окриљем Сунчевим, те је природно да и поделу времена морамо подешавати према његовом дневном кретању. Остављајући, дакле, астрономима да

мере време звезданим даном, ми ћемо потражити другу јединицу за мерење времена, којој ће за основ служити привидно кретање Сунчево, наиме *сунчани* или *прави дан*. То је време које прође од једне до друге Сунчеве горње кулминације. Ово време делимо такође на 24 часа, сваки час на 60 минута, сваки минут на 60 секунда — *правог времена*.

Питање је само да ли је ова јединица за мерење времена непроменљива: да ли је њена дужина стална, као што је то био случај код звезданог дана? Видећемо одмах да није. Претпоставимо да једног дана, у тренутку кад Сунце кулминира код нас, видимо у нашем меридијану  $M_1M_2$  истовремено и једну сјајну звезду  $A$ . Пошто Земља кружи око Сунца, следећег дана налазиће се она, рецимо, у  $T_2$ . За правац звезде  $A$  ово Земљино померање не може имати никаквог дејства, јер је даљина  $T_2A$



Сл. 58.

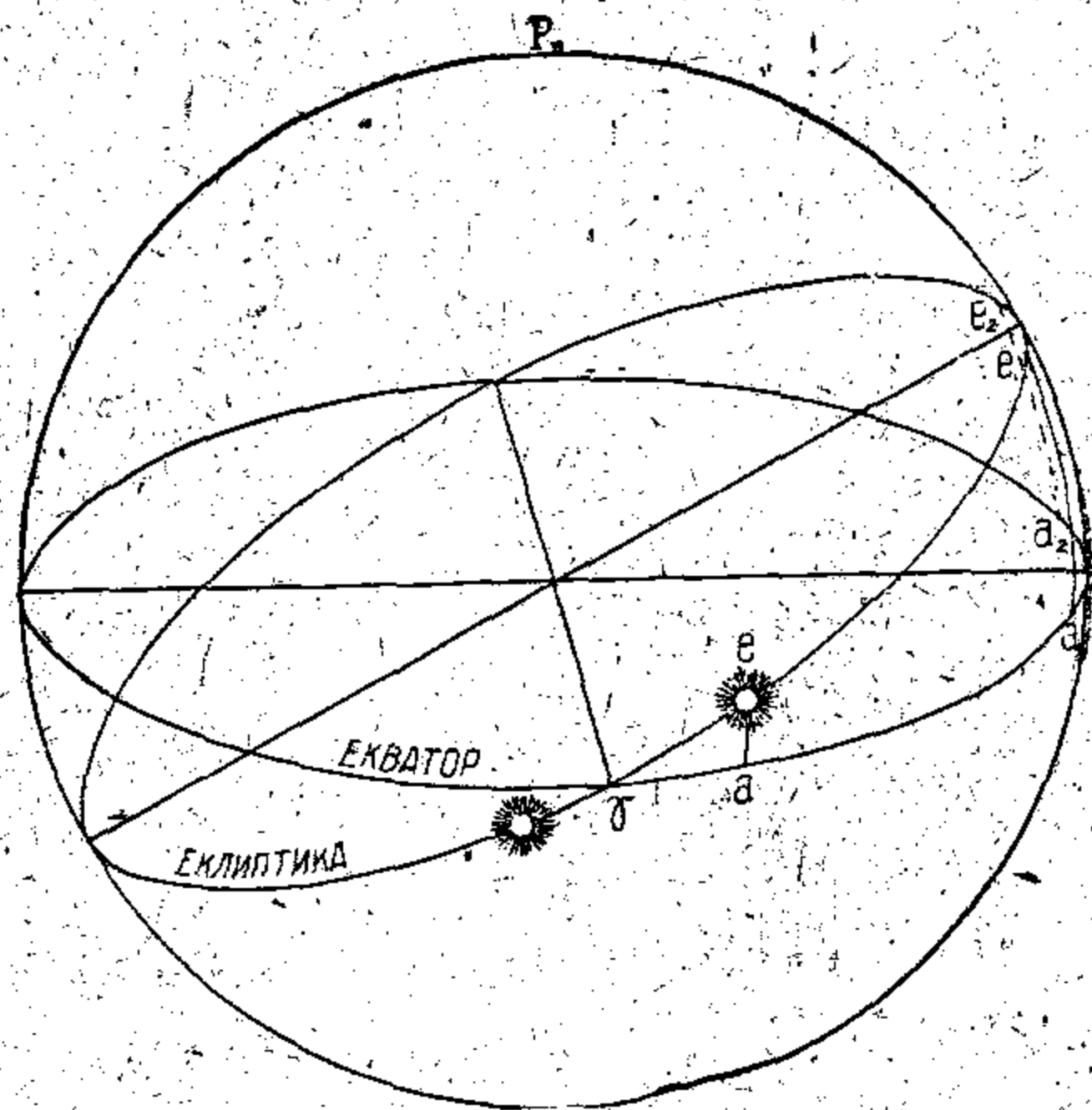
огромно велика. И кад, при обртању Земље око поларне осе, стигне раван нашег меридијана идућег дана у положај  $M_1'M_2'$ , паралелни са  $M_1M_2$ , видећемо звезду  $A$  поново у меридијану: за нас се навршио један звездани дан, протекло је пуних 24 звездана часа. Али видимо уједно и то, да у том тренутку Сунце још није доспело у нашу меридијанску раван. Требаће да прође

Још нешто времена — онолико, наиме, колико треба да се Земља обрне за угао  $AT_2S$  — па да и Сунце доспе у меридијан: да се наврши један Сунчани дан, да протекне пуних 24 часа правог времена. Али до тог тренутка, звезданог времена прошло је више од 24 звездана часа. Значи, 24 звездана часа претстављају мање времена но 24 часа правог времена: приближно за 4 минута мање, пошто се Земља помери за дан од прилике за  $1^\circ$ . Из овог опет следује, да и звездани часови (минути и секунди) морају бити краћи од часова (минута и секунда) правог времена.

Но ово још не би била сметња да ипак усвојимо Сунчани дан као меру за време. Али ми знамо да се Земља не креће у току године око Сунца стално једнаком брзином: ово је кретање у перихелу брже, а у афхелу спорије. То значи да ће између кулминације звезде  $A$  и Сунца проћи више времена кад је Земља у перихелу, а мање кад се она налази у ахелу. Из овог следује, да дужина Сунчаног дана не остаје иста у току године. Сунчани дан због тога не може се усвојити као јединица за мерење времена.

**24. Средњи сунчани дан.** — Поред свега тога ову тешкоћу требало је уклонити, и наћи јединицу за мерење времена која би била у вези са Сунцем. Ово је постигнуто на следећи начин.

Место стварног Земљиног, неједнаког годишњег кретања, замислимо да уведемо једну средњу брзину, тако да се Земљино кретање по еклиптици претвори у једнако. Овом замишљеном кретању Земље одговара (сл. 54) тада исто такво кретање једног *идеалног* Сунца. Но и поред једнаког кретања Земље овом средњом брзином по еклиптици, сунчани дани које би производило ово идеално Сунце, не би били међу собом једнаки. А не могу бити једнаки зато, што једнаким луковима на еклиптици, које би Земља прелазила за дан, не одговарају стално једнаки лукови на екватору; краће речено: једнаким лонгитудама не одговарају једнаке ректасцензије па, према томе, ни једнаки часовни углови. Ово се даје видети са слике 59. У

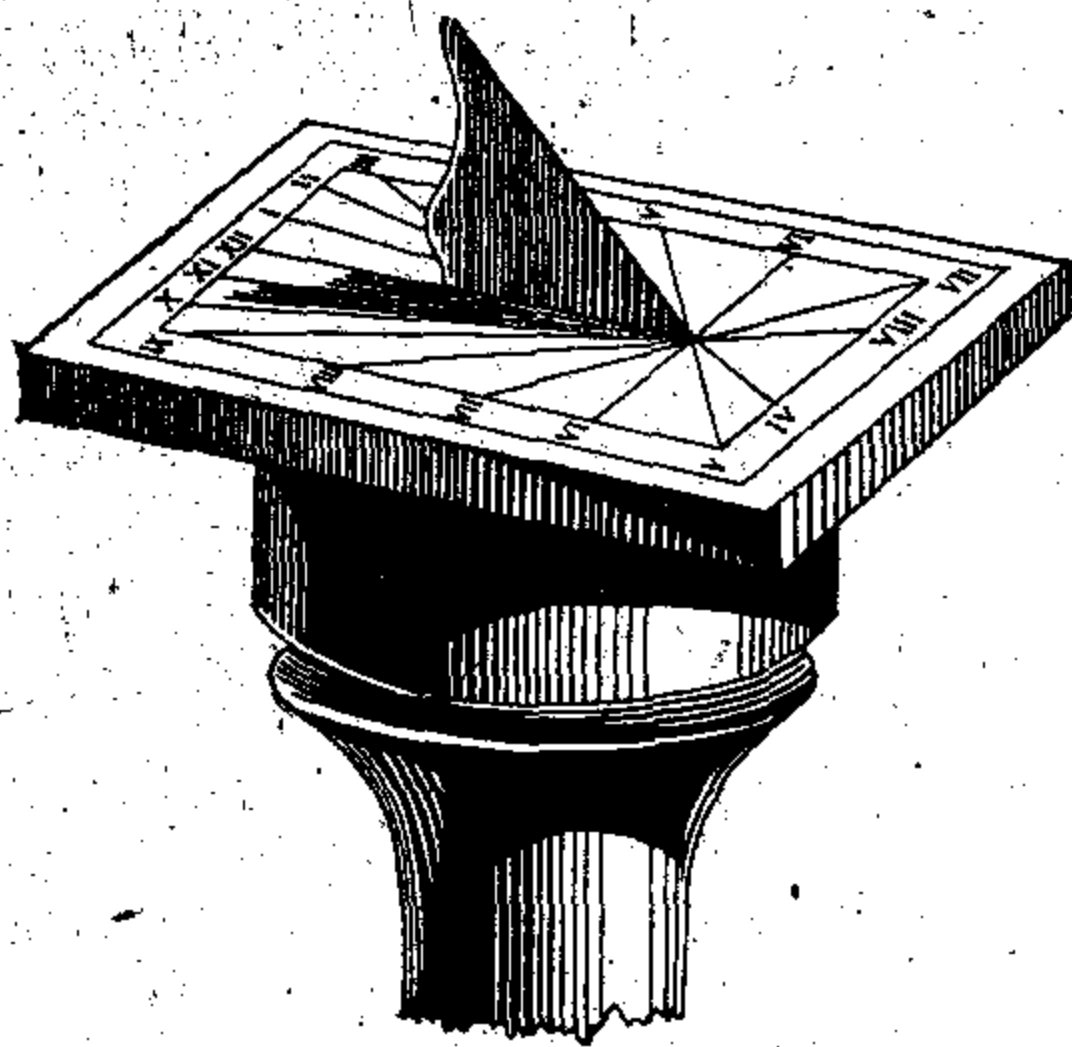


Сл. 59.

близини тачака равнодневице луку еклиптике  $\gamma e$  одговара лук на екватору  $\gamma a$  мањи од  $\gamma e$ , док у близини повратних тачака луку еклиптике  $e_1 e_2 = \gamma e$  одговара скоро исти толики лук на небеском екватору  $a_1 a_2$ .

Зато се узима у помоћ друго замишљено Сунце, такозвано *средње Сунце* за које претпостављамо да се креће по небеском екватору, једнаком брзином, и то тако да, полазећи из тачке пролетње равнодневице заједно са идеалним Сунцем, стигне после годину дана поново у њу у исти мах кад и идеално Сунце, које се креће једнаким кретањем по еклиптици. Време које протекне између две горње кулминације средњег Сунца зове се *средњи сунчани дан*. Његова је дужина непроменљива и везана за кретање Сунца; зато је узето као мера за време и поделу дана на мање делове за потребе грађанског живота. Средњи дан се дели на 24 часа, сваки час на 60 минута, сваки минут на 60 секунда — *средњег времена*. Дужине ових часова, минута и секунда, разликују се од истоимених јединица и правог и звезданог времена. Време што показују наши грађански часовници је *средње време*.

До скоро су разликоване две врсте средњих дана: астрономски и грађански средњи дан. Они су по дужини били исти, само је астрономски средњи дан почињао у средње подне, а грађански средњи дан почињао у средњу поноћ. Од 1925 године укинута је ова разлика и уведено је место ова два, такозвано *светско време*, по коме средњи дан почиње у поноћ средњег времена.



Сл. 60.

Звездано време показују звездани часовници који се употребљавају само на астрономским опсерваторијама. Слични овим часовницима, за средње и звездано време, не постоје часовници за право време. Али могу се начинити справе (в. сл. 60) које би показивале часове правог времена. У стара времена људи су само овакве справе имали за одређивање доба дана; то су били тако звани *сунчани часовници* (гномони).

Ако нам је познат час (минут и секунд) једне од ових врста времена можемо рачуном наћи одговарајући час (минут и секунд) друге, које хоћемо врсте. На пример, дат нам је час средњег времена, тражи се одговарајући час правог времена. Овај се налази додавањем, или одузимањем извесног броја минута и секунда датом часу средњег времена. Количина коју

додајемо зове се *временско изједначење*. Она се мења у току године: равна је нули око половине априла, половине јула, почетком септембра и пред крај децембра. Њена највећа вредност износи нешто више од 16 минута, почетком новембра.

За претварање интервала средњег у звездано време, или обрнуто, постоје готове таблице у астрономским годишњацима.

**Вредности временског изједначења  
сваког 1-ог у месецу**

Јануар	+ 3 <sup>m</sup>	Мај	— 3 <sup>m</sup>	Септембар	0 <sup>m</sup>
Фебруар	+ 14	Јуни	— 2	Октобар	— 10
Март	+ 13	Јули	+ 3	Новембар	— 16
Април	+ 4	Август	+ 6	Децембар	— 11

**25. Месно време.** — Као што свако место на Земљиној лопти има свој хоризонт и меридијан, тако мора имати и своје време — свој час, минут и секунд. У датом тренутку имају исто време (исти час, минут и секунд) само она места која леже на истом Земљиним меридијану, — која имају исту географску дужину. Што је већа разлика у географским дужинама двају места, већа је и разлика у броју часова, минута и секунда које њихови часовници показују. Тако, кад је на пример Сунце у нашем меридијану, или кад је код нас подне, на супротном меридијану испод нашег видика је поноћ, пошто разлика у лонгитудама износи  $12^h$ . Свако место има, према томе, своје *месно време*. Источно од сваког места часовници показују више, западно од истог места показују мање. А показују више, или мање за онолико, колика је разлика у географским дужинама тих места.

На једном примеру ћемо ово лакше објаснити. Узмемо два места у нашој Краљевини: Љубљану и Бевђелију. Са географске карте можемо прочитати да је разлика у њиховим географским дужинама  $7^{\circ}30'$  или  $30^m$ ; и то Љубљана се налази западно. Према овом што смо напред рекли, кад у Бевђелији буде подне, т. ј. кад Сунце буде стигло у меридијан, у Љубљани још није подне, јер Сунце тек има да стигне у меридијан Љубљане. Љубљана ће видети Сунце у меридијану тек 30 минута касније. Али тада ће у Бевђелији бити 30 минута више. Дакле, кад је у Љубљани подне, у Бевђелији би требали часовници да показују  $12^h 30^m$  (пола један после подне). Они то не показују, а видећемо и зашто.

Није тешко уверити се да би рачунање часова преко дана било замршено и изазвало велику пометњу у обичном животу, кад би се свако место управљало по свом месном времену. И ово ћемо лакше видети на једном примеру. Узмемо опет Бевђелију и Љубљану. Да грађани у овим местима рачунају часове дана у месном времену, разлика у њиховим временима била би стално 30 минута. Кад је изјутра у Бевђелији  $8^h$ , у Љубљани требало би у том случају да буде  $7^h 30^m$ . Кад је у Љубљани

10<sup>h</sup>, у Бевђелији требало би да је већ 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>. Претставимо сада себи случај, да из Бевђелије пошаље неко депешу тачно у 11<sup>h</sup> пре подне, бежичним телеграфом у Љубљану. У Љубљани је тада 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>. Рецимо да, 10 минута касније, депеша стигне у Љубљану; биће тада 10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>. Дошли смо до тога немогућег закључка: да је депеша примљена 20 минута пре но што је испослана! Да се овако нешто не би дешавало, државе су морале увести један начин рачунања часова за целу Земљу. Тако је постигнуто да сви часовници у земљи показују, у једном датом тренутку, исти број часова, минута и секунда (наравно, под условом да сви тачно раде).

Сличне компликације би наступиле, кад би разне државе рачунале часове у дану свака на свој начин. У међународном саобраћају железница, пароброда, авиона, у поштанским и телеграфским везама и т. д. појављивале би се многе тешкоће, које би знатно ометале везу међу народима. Стога је међународним споразумом (1911 године) утврђено било како се имају рачунати доба дана у разним државама и деловима Земљине лопте: заведено је такозвано *званично време*. Овим је постигнуто то да можемо, ма у ком тренутку дана, тачно знати колико је где часова. У чему се састоји ово увођење званичног времена, најлакше ћемо разумети ако погледамо слику.

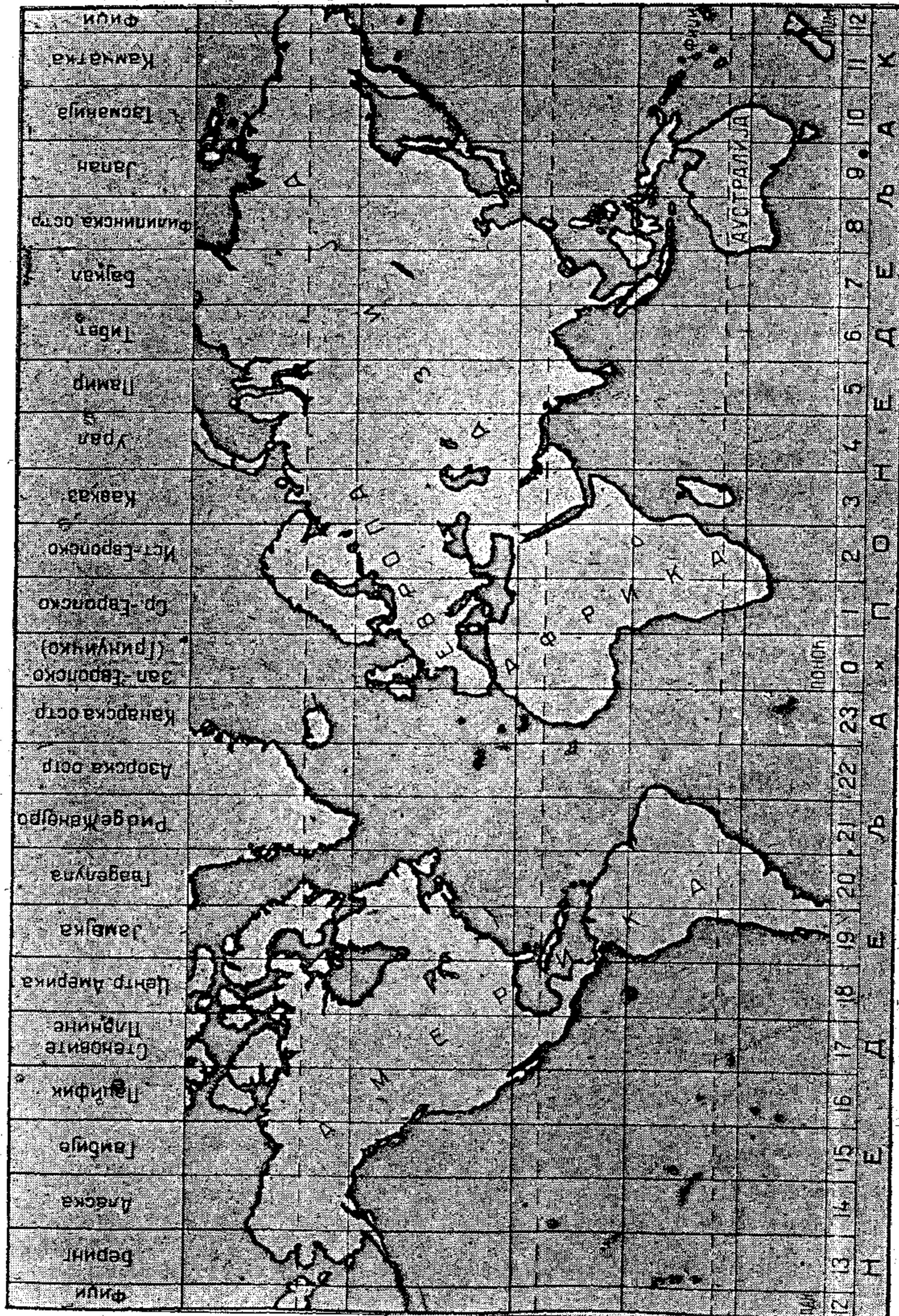
**26. Часовне зоне.** — На слици 61 и 62 видимо да је цела Земља подељена меридијанима на 24 дела — *зоне* — од по 1<sup>h</sup> или 15<sup>o</sup> лонгитуде. И установљено је да, у унутрашњости сваке од зона, сва места имају, у истом тренутку, исти час, минут и секунд, и то месни час меридијана који пролази средином зоне. Тај јединствени час за целу зону зове се *званично време*.

Као прва зона сматра се део Земљине површине ограничен меридијанима од по 7<sup>o</sup> 30' или 30<sup>m</sup> с обе стране гринуичког или првог меридијана. Сва места на површини ове зоне рачунају гринуичко месно време као своје; ово се време зове *Гринуичко*, или *западно европско време* (или час). Место, дакле, да час (минут и секунд) буде исти само дуж гринуичког меридијана — као што би то требало да буде — овим је постигнуто да час (минут и секунд) буде стално исти у читавој оваквој зони.

У ствари, ова подела није изведена строго по граничним меридијанима. Ако мали део неке државе залази у суседну зону, ипак се рачуна као званично време оно које је усвојено за целу државу. Има држава које се простиру преко више зона; такве су Русија, Америка и др. У том случају оне имају више часовних зона.

1<sup>h</sup> или 15<sup>o</sup> лонгитуде источно од прве зоне обухватају зону у којој се часови рачунају по *средње-европском времену*.

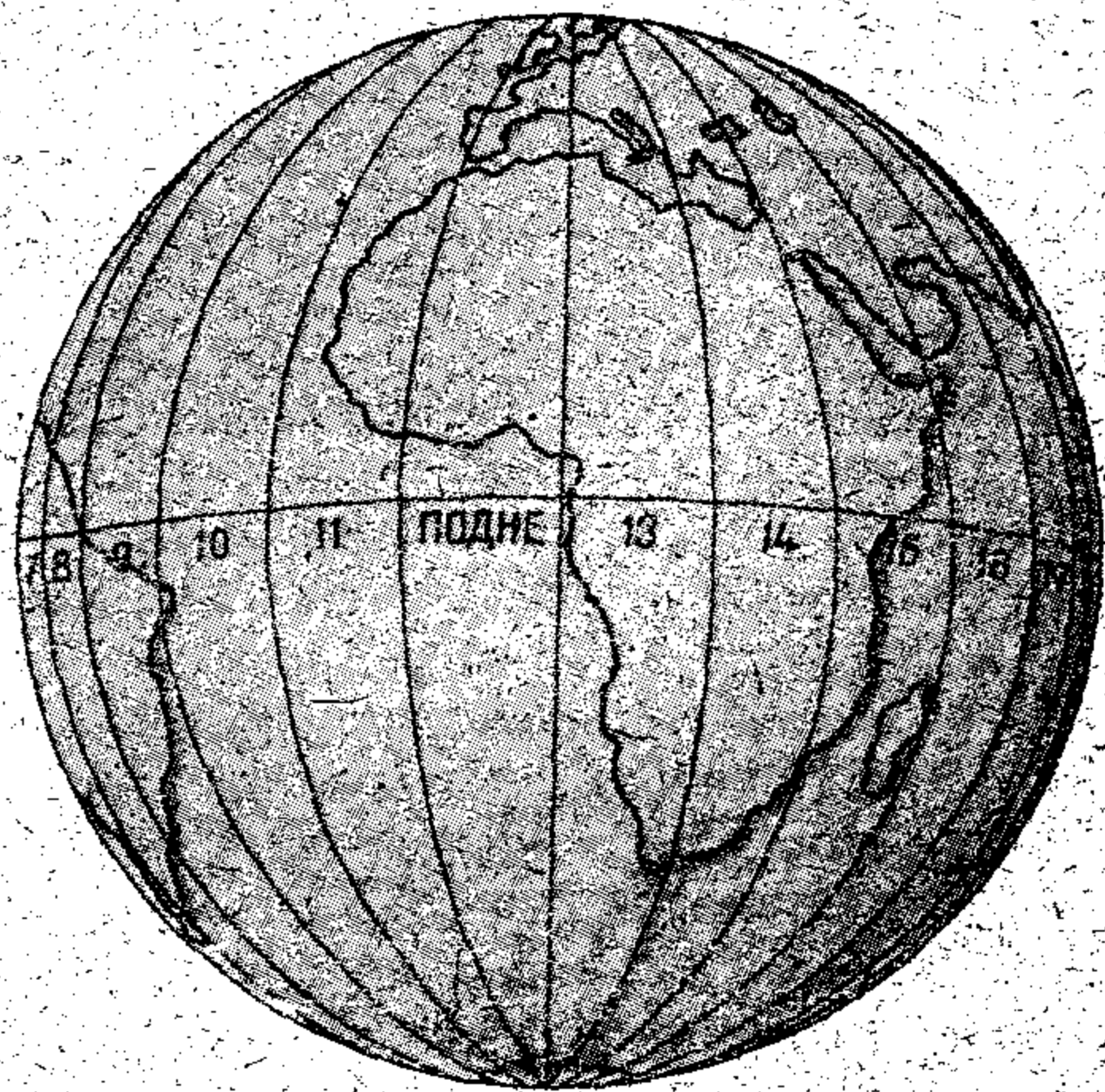
У целој овој зони сви часовници показују исти час (минут и секунд), наиме онолико колико је месно време на средње-европском меридијану (1<sup>h</sup> или 15° лонгитуде источно од гринуичког меридијана). Кроз нашу Краљевину пролази овај меридијан у непосредној близини правца: Огулин, Сењ, Оточац,



Сл. 61.

Задар. У односу на претходну зону, у истом тренутку, час у овој зони већи је за 1, кад у првој зони часовници показују 8<sup>h</sup>, у другој зони показују 9<sup>h</sup>. Значи западно-европски час = средње-европском часу — 1<sup>h</sup>.

1<sup>h</sup> или 15° лонгитуде источно од ове зоне сачињавају трећу зону, или зону *источно-европског времена*. Часови у овој зони, већи су за 1 од часова средње-европског времена, а за 2 су већи од часова западно-европског времена, у истом тренутку. Кад је у овој зони поноћ, у средње-европској зони је 11<sup>h</sup>, у западно-европској зони је 10<sup>h</sup> ноћи. Овако можемо лако сада продужити ову поделу на даље зоне, идући ка истоку (сл. 61 и 62).



Сл. 62.

У првој зони западно од гринуичке или западно-европске зоне показују часовници један час мање од часовника западно-европске зоне у истом тренутку. У другој зони западно показују два часа мање, у трећој три и т. д. Овим је остварено то да, у сваком датом тренутку, сви часовници на свету показују исти број минута и секунда, а разликују се само у целим бројевима часова. Тако, ако путујемо из Париза за Београд, приметимо на граничној станици између Француске и Швајцарске да постоје два часовника, који се разликују тачно за 1<sup>h</sup>. Ово је због тога, што Француска припада западно-европској, а Швајцарска средње-европској зони; и, онај часовник што показује мање, даје западно-европско време, а онај што показује један час више даје средње-европско време.

**Подела држава по европским зонама** види се из овог прегледа:

**Источно-европска зона:** Финска, Естонија, Латвија, Европска Русија, северна обала Црног Мора (до 40° ист. геогр. дужине), Румунија, Бугарска, Турска, Грчка, Кипар, Палестина, Сирија, Египат, Судан, Португалска Ист. Африка, Низаланд, Родезија, Јужна Африка;

**Средње-европска зона:** Норвешка, Шведска, Данска, Литванија, Немачка, Пољска, Чехословачка, Аустрија, Мађарска, Швајцарска, Југославија, Албанија, Италија, Сардинија, Сицилија, Малта, Тунис, Либија, Нижерија, Камерун, Белгијски Конго;

**Западно-европска зона:** Вел. Британија и Северна Ирска, Белгија, Француска, Луксембург, Шпанија, Португал, Гибралтар, Балеарска острва, Корзика, Алжир, Марок, Тоголанд, Дахомеј;

*Холандија* не припада ниједној зони; у њој се рачуна време за 19<sup>м</sup> 32<sup>с</sup> више но у западно-европској зони.

**27. Датумска граница.** — Разгледајући карту (слика 61) поделе Земље на часовне зоне примећује се ово. Кад је у Гринуичу поноћ, рецимо између недеље и понедеоника, код нас је, у Београду, као и у целој средње-европској зони, понедељак 1<sup>н</sup> по поноћи; у Цариграду, који припада источно-европској зони, је понедељак 2<sup>н</sup> по поноћи; у трећој зони, на пример у Техерану, тада је понедељак 3<sup>н</sup> по поноћи; у Тоболску, пета зона, је понедељак 5<sup>н</sup> јутро; на Камчатки, једанаеста зона, је понедељак 11<sup>н</sup> пре подне; у дванаестој зони, рецимо на острву Фици, је 12<sup>н</sup> подне понедеоник.

Кренимо од Гринуича према западу. У тренутку кад је у Гринуичу поноћ, на Мадери, у првој зони западно, је недеља 23<sup>н</sup>; на Азорским острвима, која припадају другој зони, је недеља 22<sup>н</sup> ноћу. У Њујорку, пета западна зона, имамо недељу 19<sup>н</sup> вече; у Чикагу је недеља 18<sup>н</sup>; на Аласци, која пада у десету западну зону је недеља 14<sup>н</sup>, или два часа по подне; у Хонолулу је недеља 13<sup>н</sup>. А у местима следеће зоне, западно од ове, у дванаестој западној зони, рецимо на острву Фици, рачуна се да је 12<sup>н</sup>, односно подне недеље. И тако смо доведени до тога немогућег закључка да је, у тренутку кад је у Гринуичу поноћ између недеље и понедеоника, на острву Фици подне, али једновремено и понедељак и недеља! Које је од ово двоје тачно? Кад ствар будемо протумачили и разумели, видећемо да је и једно и друго тачно.

За сва места на Земљи мењају се датуми у поноћ: субота прелази у недељу, недеља у понедељак, и тако редом. Али за Земљу као небеско тело не постоје датуми, као ни имена дана: за њу постоји само непрекидно, равномерно обртање око поларне осе, које за нас производи низање часова, дана — датума. У старо време, док народи нису имали никаквих веза једни с другима, рачунало се и време засебно за свако место и независно једни од других. Данас су везе између држава и народа потребније и чвршће, и за то је морао бити усвојен један начин рачунања времена. Али тај начин није могао избећи тешкоћу са којом смо се мало час средили: да у дванаестој зони од гринуичке (или почетне) зоне, буде у истом тренутку и недеља и понедељак.

Да би се уклониле незгоде које би проистекле из овог двоструког начина рачунања, повучена је такозвана *датумска*



*граница* морем (Тихим океаном) тако, да не пролази ни кроз један настањени крај: узето је да иде од северног пола, па пролази источно поред Камчатке, спушта се морем к југу, између острва Маршала и Полинезије, па скреће источно од Новог Зеланда и наставља к јужном полу. У нашем примеру одговарало би источно од ове границе недеља, западно понедељак. И тако ово ником не смета, зато што ту никог и нема. А ко дође до те границе, што је случај са морепловцима, при прелазу преко границе, броји двапут исти датум ако плови од запада ка истоку. Ако је, рецимо, пре прелаза био 10 април, рачунају после прелаза граничне линије и идући дан као 10 април. А ако плови од истока ка западу, при прелазу граничне линије повисиће датум за 1, место 10 априла рачунаће 11.

**28. Друге јединице за мерење времена. Година.** — Тешко би било и замислити да догађаје из давне прошлости, или у далекој будућности, рачунамо у данима. Ти бројеви бивали би често врло велики, рачуни с њима непогодни. То је навело људе, још у стара времена, да за мерење дужих временских интервала усвоје веће јединице. При томе су се такође руководили појавама у природи, а поглавито на небеској сфери. Правилно понављање у изгледима Месечева облика, као и правилни ток годишњих доба, привлачили су нарочито на себе њихову пажњу. Отуда су и поникле веће јединице за мерење времена: *месец* и *година*.

Месец дана је време од извесног броја дана; дани у њима обележавају се бројевима од 1 до 28, 29 до 30, или 31. Ови бројеви зову се *датуми* у месецу. Месеци — као што видимо — нису међу собом једнаки.

Време од дванаест месеци зове се година.

Месеци у години зову се: *јануар* (31 дан), *фебруар* (28, 29), *март* (31), *април* (30), *мај* (31), *јуни* (30), *јули* (31), *август* (31), *септембар* (30), *октобар* (31), *новембар* (30) и *децембар* (31).

Године се броје од једног утврђеног почетка, за који је усвојен какав велики историјски догађај. Хришћани их рачунају од рођења Христовог: година 1, 2, 3, ..., сада је 1931 година од Христовог рођења; година пре Христовог рођења је — 1., две пре тога је — 2., ... и т. д.

Време од 100 година зове се *сталеће* или *век*. Прво столеће се рачуна од 1 до 100 године, друго од године 101 до 200., ... и т. д. Ми живимо у двадесетом столећу. Завршне године столећа зову се *секуларне*; дакле године: 100, 200, ... 1000, ... 2000, ... и т. д.

На основу ове поделе, обележава се време неког догађаја: редним бројем година протеклих од усвојених почетака, именом (или редним бројем) месеца у години, датумом у месецу, часом (минутом и секундом).

За потребе свакидашњег живота уведена је још једна мера за време, од седам дана: *недеља*. Као ни месец дана, ни она не одговара никаквој небеској појави, нити се употребљује при тачном рачунању времена. Од поменутих временских јединица имају само дан и година за основ стварне природне појаве и, према томе, тачно одређено трајање.

Година или тачније, *тропска година* је време које прође од тренутка кад се Сунце нађе у тачки пролетње равнодневице, па док се поново у њу не врати. Између та два тренутка протекне 365,2422... дана. Ово — као што видимо — прво није цео број и, друго, није завршен број (децимала има још). Рачунање с оваквим бројем не би у обичном животу било погодно. Зато је морала бити уведена, место тропске године, *грађанска година* која има цео број дана: 365 или 366. Наше рачунање времена односи се на грађанску годину.

**29. Календар.** — Али нису људи одувек знали да тропска година траје 365,2422... дана, па и када су за то сазнали, нису одмах сви веровали и подједнако умели да оцене, какве ће последице имати што се рачунање године не слаже тачно са Сунчевим кретањем. Уз то треба још знати да су разни народи узимали и разне почетке од којих су рачунали време — године. Отуда налазимо и данас још више врста *календара*. Календари нису у ствари друго до разни начини којима су људи покушавали и покушавају да подесе број дана у грађанској години тако, да се њено одступање од тропске године што мање примети у животу. Од најстарије прошлости човечанства до данас, сачуван је толики број разних врста календара, да би их тешко било све и пребројати овде. Ми ћемо се задржати само на најважнијима међу њима.

Тако је некад био у употреби *египћански календар*. По овом календару узимало се, првобитно, да година има 360, а доцније 365 дана; дакле, скоро за четвртину дана краћа од тропске године. Значи, сваке четврте године разлика између тропске и грађанске године повећавала се за један дан. Ово на први поглед не изгледа тако важно. Али када се узме да ће разлика након 40 година порастати на 10 дана, а после 400 година достићи 100 дана — дакле, нешто више од три месеца — увиђа се да то може имати последица и по правилан ток грађанског живота. Због тога су, касније, 238 г. пре Христа још Египћани донели били одлуку да се рачунање година од 365 дана промени тако, да се свака четврта узима са 366 дана.

Својим нетачностима, нарочито је *римски календар* стварао пометњу у јавном животу. Погрешно усвојена дужина грађанске године захтевала је стално додавање дана, накнадно уметање чак и читавих месеци. Рачунање времена постало је, после извесног времена, код Римљана толико заплетено, да се доиста нико више у њему није сналазио. Прва последица овог нетачног рачунања била је то, да се месеци нису више поклапали са годишњим добима. Ово је у толико више падало у очи, што су поједини празници: као на пример *празник жешве* и његове слично — почели најзад падати у зиму. Римски календар био је

у употреби све до 45 године пре Христа. Тада је Јулије Цезар, уз помоћ александријског астронома Созигена, извео реформу римског календара, и увео нови, *јулијански календар*.

Верујући да тропска година траје тачно 365 и једну четвртину дана, Јулије Цезар прописао је да се три узастопне грађанске године имају рачунати од по 365 дана, а свака четврта 366 дана: *иза три обичне, следовала је једна преступна*. На тај начин, мислио је Јулије Цезар да је једном за свагда решио питање поклапања грађанске и тропске године. Она четвртина дана што се у току три обичне године занемарује доиста није у стању да изазове никакву пометњу, у толико мање што се сваке четврте грађанске године додаје по један дан, да би се ова поново довело у склад са тропском годином. У оно време уметан је био дан између 23 и 24 фебруара, т. ј. 24 фебруар био је рачунат два пута.

Јулијев календар усвојила је касније и хришћанска црква, узимајући за преступне оне године чији је број дељив са четири без остатка. Па и данас још служи се православна црква овим календаром.

У ствари је година јулијанског календара дужа од тропске године за

$$365,25 - 365,2422 \dots = \text{око } 0,0078 \text{ дана.}$$

Разлика није велика на први поглед. Али после дужег низа година, на пример после 400 година, видимо да премаша читаво три дана. У шеснаестом столећу беше достигла ова разлика пуних 10 дана: пролетња равнодневица падала је тих година 11, место 21 марта. Због тога је папа Грегорије XIII извео нову реформу календара, поправивши јулијански на овај начин.

Да би довео грађанску годину поново у склад са тропском годином, имао је папа Грегорије XIII прво да уклони ону разлику од 10 дана. Тога ради наредио је једноставно да се, *иза четвртка 4 октобра 1582 г., следећи дан има рачунати као петак 15 октобра 1582*. Овим је било извршено поклапање календарске и тропске године. А да се не би у будуће појављивала више ова разлика, наредио је да се од секуларних година имају рачунати као преступне само оне, код којих је број векова дељив са 4 без остатка. По овом правилу, од пет последњих секуларних година: 1600, 1700, 1800, 1900 и 2000, у *грегоријанском календару* узимају се као преступне само прва и последња, јер су бројеви векова 16 и 20 дељиви са 4 без остатка, остале су обичне. Међутим у јулијанском календару узимају се свих пет као преступне. Грегоријанском реформом утврђена је, према томе, дужина грађанске године на 365,2425 дана. Опет је грађанска година узета нешто дужа, од прилике за 0,0003 дана од тропске године. Услед ове разлике, одступање

грађанске од тропске године достиже један дан тек после 3550 година.

**30. Хронологија.** — Кад се рачуна са догађајима, или датумима из давне прошлости, наилази се на извесне тешкоће које врло лако могу да изазову грешке у рачунима. Ко би покушао да израчуна, на пример, колико је дана протекло до данас од 28 маја 584 године пре Христа (те године је, изгледа, први пут Талес тачно израчунао кад ће се догодити помрачење Сунца), видео би да на многе ствари мора да се пази. Прво на то да не постоји година 0-та, затим на преступне године, па онда на скок грегоријанске реформе и т. д. Ово рачунање могло би се, међутим, упростити, кад би се нашао непосредни начин да се изброје само дани; другим речима да се горњи проблем сведе на просто одузимање. Ово је постигнуто увођењем *јулијанске периоде* коју је први предложио Јосиф Скалигер (1540—1609). Јулијанском периодом зове се време од 7980 јулијанских година од по 365,25 дана; узима се да почиње 1 јануара јулијанске године 4713 пре Христовог рођења, или године 4712; то је нулти дан периоде, следећи се рачуна првим даном јулијанске периоде, и т. д. У свима већим астрономским годишњацима стоје редовно поред датума дана одговарајући бројеви протеклих дана од почетка јулијанске периоде. Тако, на пример, налазимо да 5 јуни 1931 године одговара дану 2426498 јулијанске периоде. Ово значи да је од 1 јануара године 4712 до 5 јуна 1931 протекло 2426498 дана. И ако у таблицама нађемо за датум неког историјског догађаја одговарајући број јулијанске периоде, простим одузимањем изналазимо број протеклих дана од тога догађаја до траженог дана.

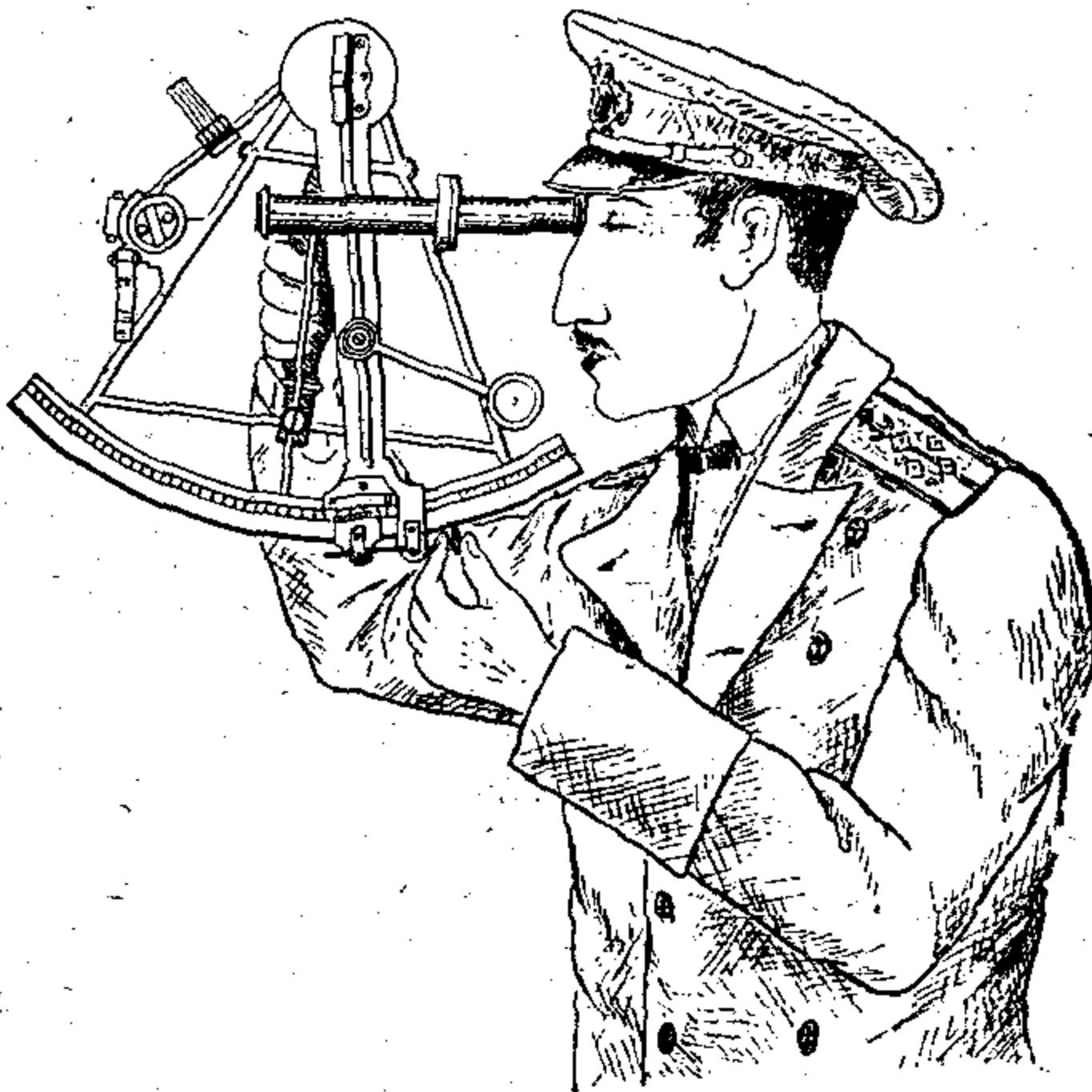
## ПРИМЕНА И КОРИСТИ ПРВОГ ДЕЛА.

Обично се каже да је наука о небеским телима некорисна наука. Ово долази отуда, што се она бави испитивањем кретања, природе и живота небеских тела, дакле нечим што је ван нашег непосредног домашаја. Долази још и отуда, што је мало коме познато тачно чиме се управо бави наука о небеским телима, и шта је њен прави циљ. Свет верује да научници који се овом науком баве гледају само и броје звезде. Од тога, доиста, свет не може имати никакве користи. Али ово схватање не одговара стварности. Цела готово једна област науке о небеским појавама, тако звана *сферна* или *практична Астрономија* бави се готово искључиво проблемима, које јој постављају потребе свакодневног човечјег живота и његовог развика.

Ми ћемо укратко изнети овде које су то потребе и како их ова наука задовољава. А, у исти мах, показаћемо на тај начин и где се и како примењује све ово што смо до сада научили.

### 31. Наука о небеским појавама и морепловство. —

У морепловству наука о небеским телима игра важну улогу. Чим се брод удаљи од обале, тако да са његовог видика нестане и последњег предмета, који би му могао послужити као ослонац за управљање бродом, поставља се проблем: којим правцем треба пловити да се стигне онамо куд се жели? Наука о небеским телима показала нам је и научила нас, да у кретању небеског свода нађемо путовођу који нас сигурно води онамо куда хоћемо, и помаже нам да избегнемо места — као што су подморске стене — која би могла довести брод у опасност. Тога ради сваки брод мора имати справу која се зове *секстант*, један бар добар часовник — *хронометар* — и један астрономски годишњак у коме су сложени унапред прорачунати подаци о кретању небеских тела. — Секстант је једна врло проста и давно позната справа којом се мере висине небеских тела над хоризонтом. Ако са брода измеримо (в. сл. 63) висину неког небеског тела, Сунца, на пример, у тренутку кад оно кулминира, а са хронометра забележимо тренутак кад је то мерење извршено, видели смо раније да се може рачуном (види стр. 39) одре-



Сл. 63.

дити географска ширина тачке на којој се брод налази. Питање је само, како се на броду може знати кад Сунце стиже у меридијан. Приближно се увек може одредити правац меридијана. Па кад Сунце стигне до тога приближног правца почиње се мерити секстантом његова висина. Ова испочетка расте, пошто смо источно од меридијана. Али што се Сунце више приближује меридијану, висина расте све спорије. У једном тренутку пре-

стаје расти да, одмах затим, почне опадати. Висина коју на секстанту прочитамо у тренутку кад она престаје да расте, одго-

вара висини Сунчевој над хоризонтом у трену кулминације. Затим, у познату једначину

$$(h - \delta) + \varphi = 90^\circ, \quad \varphi = 90^\circ - h + \delta$$

уносимо за  $h$  овако измерену висину, за  $\delta$  Сунчеву деклинацију коју налазимо у астрономском годишњаку, — и одређујемо  $\varphi$ , тражену географску ширину места.

Остаје да се одреди још географска дужина тачке на којој се налази брод. За ово треба тачно познавати колико је часова (минута и секунда) на Гринуичком (почетном) меридијану у моменту кад је са брода било посматрано Сунце у меридијану. У том случају даје се израчунати из разлике времена на првом меридијану и времена забележеног на хронометру, приликом посматрања, географска дужина тачке где се брод налази. Затим се нађене координате унесу у карту, и тако проверава да ли брод плови у добром правцу. Ово је у главним потезима најједноставнији начин, боље речено само принцип, на коме је основан поступак управљања бродом на мору. У пракси је овај поступак друкчији, астрономске методе тачније. Данас, истина, располаже морепловство и другим савршенијим справама (бусоле) и методама за ту сврху, које без учешћа астрономије показују правац, но ипак не увек довољно поуздано, тако да се и поред њих морепловство и данас служи астрономијом.

### 32. Астрономија и израда географских карата. —

Било је напред речено да Земља има облик обртног елипсоида, јасније речено облик мало спљоштене лопте у правцу једног пречника; овај тада претставља Земљину поларну осу, а његови крајеви Земљине половине. Но Земља се ипак претставља обично као правилна лопта — помоћу глобуса. Ово се постиже на тај начин што се на глобусу повуку кроз крајеве једног његовог пречника, који претставља Земљину поларну осу, или глобусове половине који одговарају Земљиним половима, на подједнаким одстојањима кругови — меридијани. Затим се повуку екватор и паралели. Добија се мрежа сферних троуглова (око половина) и четвороугаоника, у коју затим треба уцртати границе и положаје свега што се на Земљи налази. Глобус ће претстављати тада у малом Земљину лопту. Примећујемо, међутим, да ће се ово пресликавање Земље на глобус моћи извршити само тако, ако тачно познајемо географске координате тачака које желимо да пренесемо на глобус. Наравно да је немогуће при томе захтевати да за све тачке на Земљи познајемо географске координате. Него се изабере изврстан број важнијих, «основних», тачака на Земљиној површини, чије се географске координате морају врло брижљиво одредити. И ове

се пренесу што је тачније могуће на одговарајућа места глобусове мреже. Па се њима служимо као ослоњцима за преношење осталих појединости и положаја које са Земљине површине желимо да пренесемо на глобус. Поменуто одређивање положаја «основних» тачака врши се искључиво астрономским методама.

Познато је међутим да размере глобуса нису довољне да би се на њима могле означити и јасно видети све појединости са Земљине површине које за разне сврхе требамо. Зато се израђују географске карте. Делови Земљине површине пресликавају се на раван, у размерама према потреби, и у овом случају у могућности смо да назначимо сваки предмет (поток, пут, кућу, дрво) који постоји на Земљи. Овако се израђују карте за генералне штабове, катастре и разне друге научне сврхе. Очигледно је и у овом случају да ће карте моћи бити тачне само онда, ако су тачно одређене географске координате «основних» тачака за које се везују остале појединости на њима.

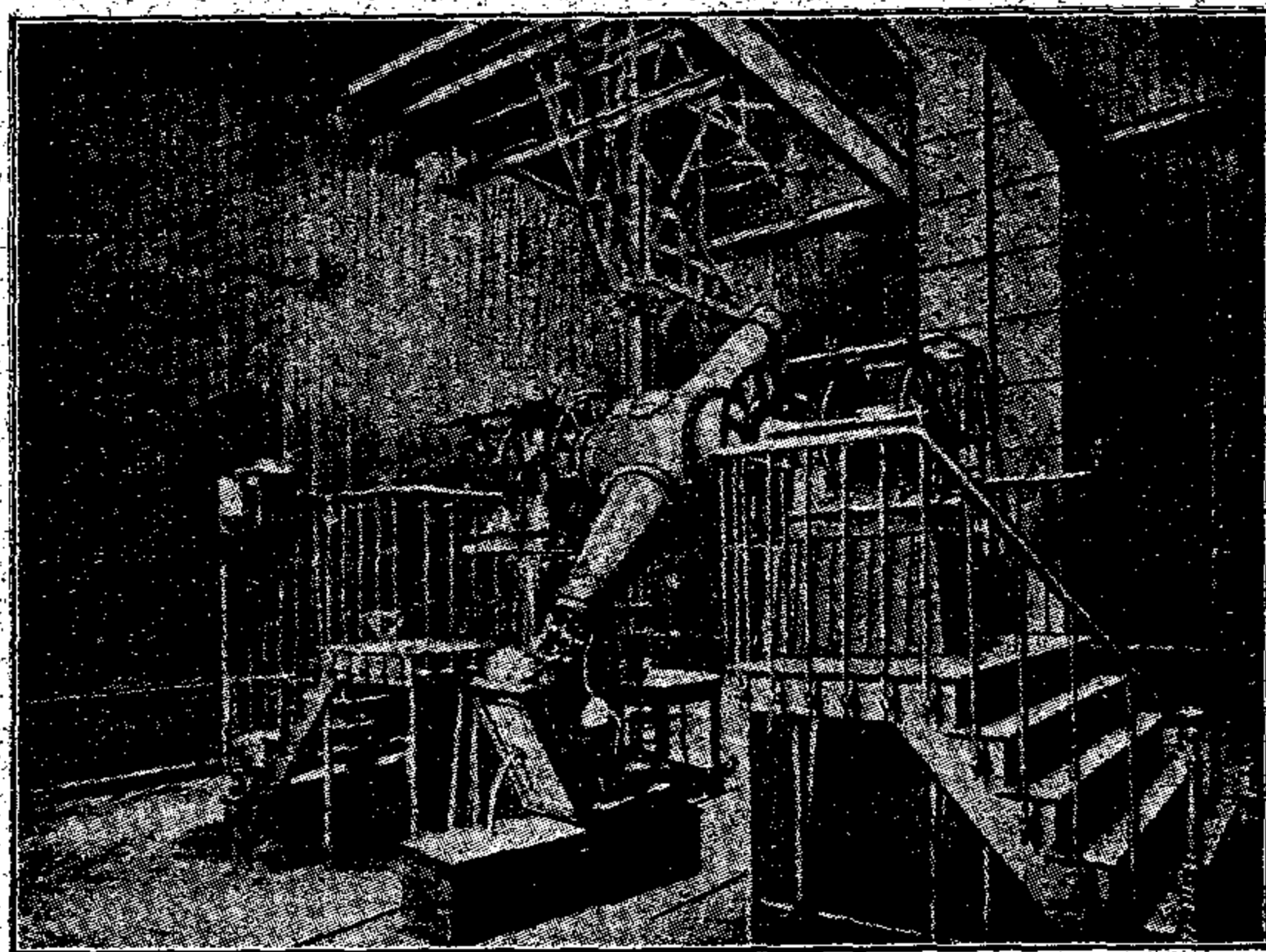
**33. Астрономија и одржавање часовника за тачно време.** — Кад нам затреба тачно време, ми погледамо на часовник. Дешава се, међутим, да се упитамо: да ли наш часовник иде тачно? Желели бисмо то да проверимо: тражимо часовник који тачно ради. А постоји ли уопште, и где је тај часовник за који бисмо поуздано могли казати да тачно ради? Постоји доиста један само такав часовник; дала нам га је природа: то је онај часовник на коме плочу са бројевима замењује небески свод, звезде на своду замењују цифре часова и потезе минута, а улогу казаљке врши посматрачев меридијан.

Из ранијих излагања знамо да се Земља обрне око поларне осе, једнаким кретањем, једанпут за 24 звездана часа. Наше око преноси ово кретање на небеска тела која видимо на небеском своду. Међу овима, а специјално међу звездама, одабран је изванредан број, око 1500 звезда, већином сјајнијих, чији су положаји на небеском своду били годинама најбрижљивије одређивани, тако да се данас могу сматрати као познати са великом тачношћу. Ове звезде зову се *основне звезде*. Њихове положаје, т. ј. ректасцензије и деклинације налазимо у астрономским годишњацима. Па како сада знамо да звезде, прво, не мењају своје положаје на небеском своду и да, друго, све без разлике описују на небу кругове за 24 звездана часа, то одатле следује, да се оне морају налазити у исте звездане часове, свакога дана, у истим правцима. Т. ј., ако смо једног дана посматрали звезду у меридијану у одређени час звезданог времена, следећег дана, у исти звездани час, видећемо је поново у меридијану.

Даље смо казали да је звездани дан време које прође од једне до друге горње кулминације тачке пролетње равнодневице.

Значи, ако имамо тачан звездани часовник, који показује  $0^h 0^m 0^s$  у тренутку горње кулминације  $\gamma$  тачке (овако ћемо кратко звати тачку пролетње равнодневице) он ће, у тренутку идуће горње кулминације  $\gamma$  тачке, показивати  $24^h 0^m 0^s$  или  $0^h 0^m 0^s$  наредног дана.

Било је и то речено раније, да се ректасцензије звезда рачунају од  $\gamma$  тачке у директном смислу. Дакле не у смислу привидног кретања неба, већ у смислу Земљиног обртања око поларне осе. Из овог излази да ће  $1^h$  звезданог времена после кулминације  $\gamma$  тачке кулминирати звезда чија је ректасцензија равна  $1^h$ ;  $2^h$  звезданог времена касније кулминираће звезда чија је ректасцензија равна  $2^h$ ;  $7^h 10^m 15^s$  звезданог времена после кулминације  $\gamma$  тачке, кулминираће звезда ректасцензије  $7^h 10^m 15^s$ . Према томе, ако имамо на расположењу тачан звездани часовник, који у тренутку кулминације  $\gamma$  тачке показује  $0^h 0^m 0^s$ , број часова (минута и секунда) које он буде показивао ма у ком датом тренутку, означаваће колико је времена прошло од горње кулминације  $\gamma$  тачке — односно, означаваће да у том тренутку код нас кулминира звезда која има



Сл. 64.

ректасцензију равну томе броју часова (минута и секунда). Кратко речено: звезда чија је ректасцензија, рецимо,  $19^h 19^m 40^s$  кулминира у  $19^h 19^m 40^s$  звезданог времена.

Инструменат којим се посматрају кулминације звезда зове се *меридијански круг (меридијански инструменат)* (в. сл. 64). Овај инструменат подешен је тако да му дурбин остаје стално у меридијанској равни, а може се, осим тога, обртати око једне хоризонталне осе, која почива на каменим јаким стубовима да



би дурбин био што стабилнији. Ако погледамо звезду кроз дурбин, видећемо да се она креће кроз мрежу црних линија (в. сл. 65). То су танки паукови кончићи, који се разапну у жижној равни дурбина, да би се могла вршити помоћу њих тачна мерења. За посматрање на меридијанском кругу потребан је један часовник звезданог времена; а посматрање се обавља овако.

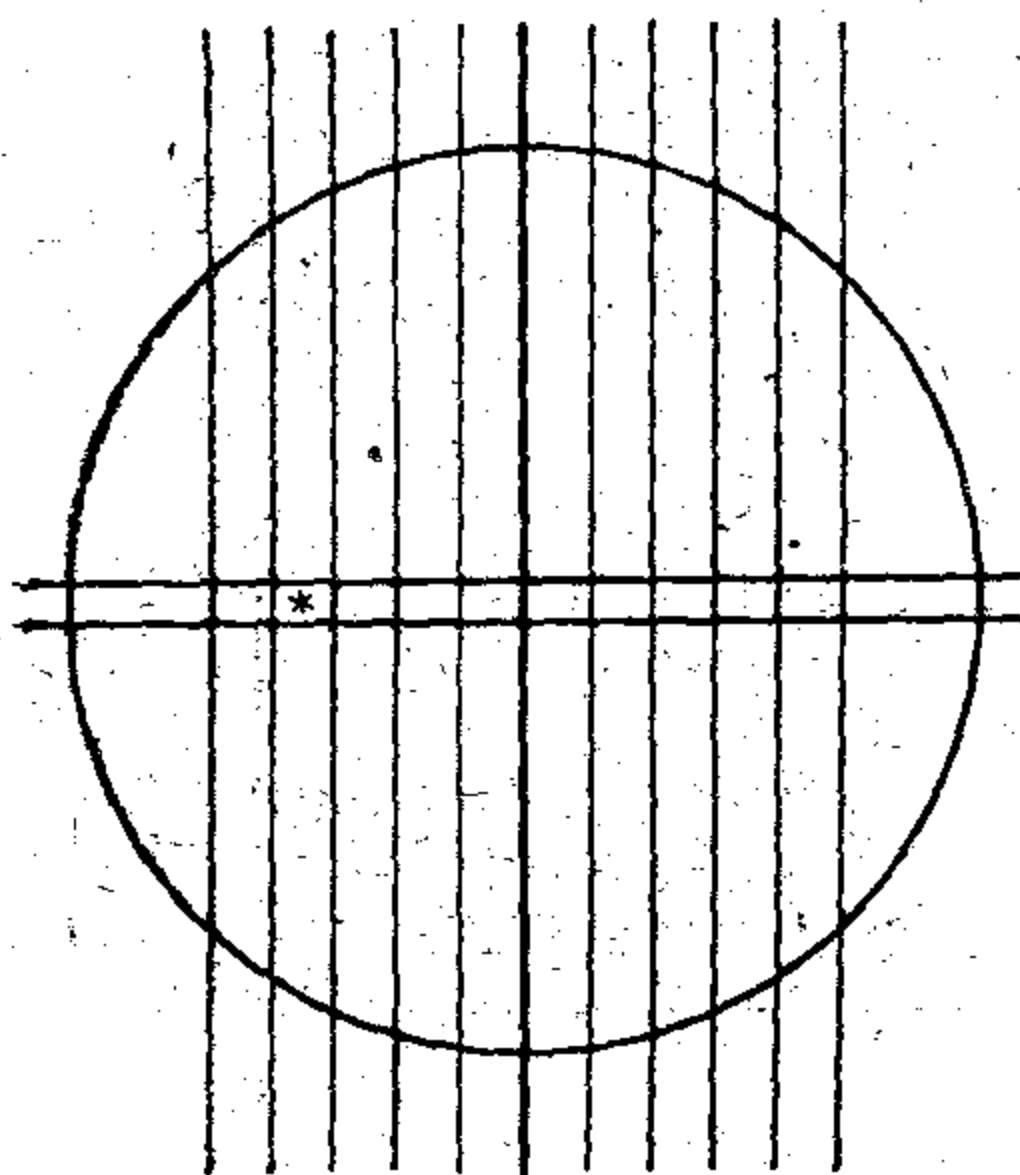
Неки минут пре кулминације звезде управи се дурбин на висину коју звезда достиже у меридијану, а коју израчунамо унапред помоћу географске ширине нашег места и деклинације звезде (коју налазимо у астрономским годишњацима). И ако тада погледамо у дурбин, опазићемо звезду на левој страни мреже, како се креће средином, између хоризонталних кончића, ка десној страни. Посматрач има за задатак да броји и бележи секунде (и делове секунда) у које звезда наилази редом иза сваког од вертикалних кончића мреже. Средњи вертикални кончић (на слици шести) одговара тачно меридијану. Више кончића ставља се зато, да би могао бити пролаз звезде кроз меридијан (т. ј. кроз средњи кончић) оцењен што тачније; они стоје симетрично с обе стране средњег кончића, на једнаким одстојањима један од другог. И место да посматрач оцењује и бележи тренутак пролаза само кроз средњи, он посматра пролазе кроз све кончиће па, узимајући парове симетричних с обе

стране средњег конца, израчунава тачније, аритметичким срединама, време које је показивао часовник у тренутку кад је звезда прошла кроз меридијан места.

Ако се овако нађено време тачно сложи са ректасцензијом посматране звезде, то је доказ да је часовник тачан — да са њега можемо прочитати тачно време. Правилно је, међутим, да се не слаже посматрани час пролаза са ректасцензијом звезде. У том случају нађена разлика даје поправку часовника: оно што треба додати, или одузети па да показује тачно време.

Да би ова поправка била

што поузданија, посматра се овако не само једна, него велики број звезда. На основу ових одређује се тачно стање часовника који је при посматрању био употребљен. Познавајући тачно звездано време у једном тренутку дана, можемо прећи на средње време којим се служимо у грађанском животу. И овај прелаз



Сл. 65.

се врши на астрономским опсерваторијама. Па тек пошто се одреди тачно грађанско време, доставља се оно надлештвима и установама у земљи којима је потребно, било телефонским или телеграфским путем или, у последње време, путем бежичне телеграфије. У овоме се састоји такозвана *часовна служба* на опсерваторијама: да сваког дана у исти час дају један знак, по коме ће се моћи дотеривати остали часовници да показују тачно време.

**34. Астрономија и израда календара.** — За календаре смо рекли да су то разни начини којима треба да се постигне, да се број дана у месецима и годинама подеси, како би слагање грађанске и тропске године било што тачније и трајније. За овим се иде због тога, што се морају избегавати незгоде које би могле наступити, кад се иста годишња доба не би поклапала стално са истим месецима. Незгодно би било допустити да, на пример, Божић падне у лето.

Како се има и може узети дужина грађанске године, и како треба у њој распоредити месеце, и дане у месецима, да најбоље буду задовољене истовремено и потребе света и природни закони, то је проблем који се може само астрономским путем решити.

**35. Подела науке о небеским телима.** — Ове разне побројане службе којима наука о небеским телима учествује у јавном животу имају за подлогу *сферну* или *практичну астрономију*. Али наука о небеским телима има и других задатака и циљева. Као све науке, она изучава појаве, тражи њихово порекло, узроке, ток, последице: тежи да дође до природних закона. Ако се осврнемо на ово што смо до сада научили видећемо да су то у ствари само резултати наших посматрања, описи онога што смо посматрали, мање или више приближно тумачење појава и, најзад, упутства за њихово искоришћавање у животу. Закони по којима се све ово збива изучавају се у *небеској механици*, а примена и проверавање ових закона о небеским телима спадају у област *теоријске астрономије*. Само, док практична астрономија ради са небом и небеским телима, преко својих справа — посматра њихова кретања, из њих изводи и примењује резултате у животу где треба — дотле небеска механика и теоријска астрономија немају тако рећи са небом никакве везе: за њих је виша математика једина, главна ствар.

Појаве и проблеми код небеских тела, који се не односе на њихово кретање, него се тичу физичких и осталих њихових особина: услова који на њима постоје, њиховог састава, начина живота и томе сличних појединости, изучавају се и обрађују у засебној области ове науке која се зове *астрофизика*.

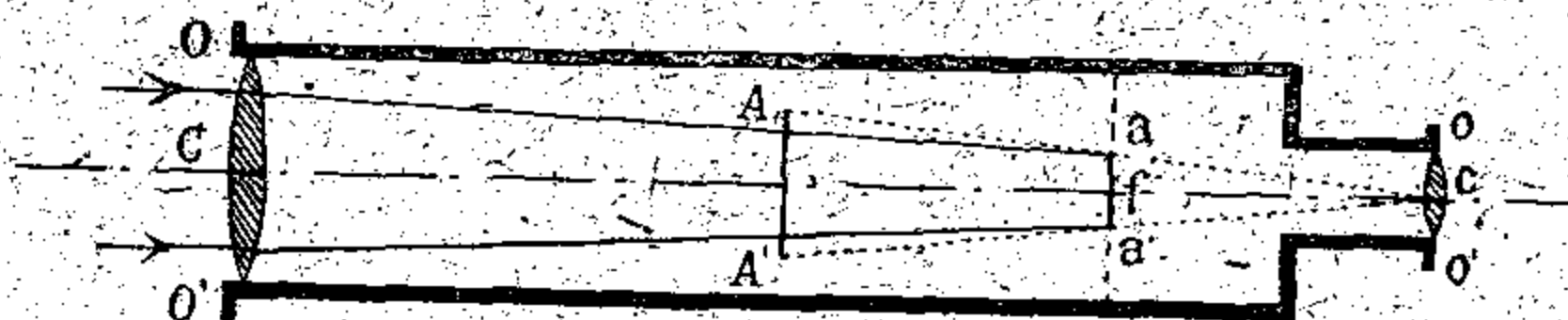
Најзад питања о постанку и судбини небеских тела изучава космогонија.

## МЕТОДЕ ЗА ИЗУЧАВАЊЕ КРЕТАЊА И ИСПИТИВАЊА ПРИРОДЕ НЕБЕСКИХ ТЕЛА.

Тековине науке о небеским телима значајне су за нас не само по својим резултатима којима је обogaћено наше знање о природи, но много више још по томе, што у њима гледамо један од највећих успеха човечјег духа у изучавању природе. О телима која су од нас на таквим даљинама, да их ни машта није у стању да представља, са којих допире до нашег ока само по неки слаби зрачак светлости, — човек је умео и успео да докучи шта су та тела, из чега су она састављена, откуда им светлост, колико су од нас далеко, да ли се крећу и како. Овде треба сада да се упознамо са методама и средствима којима се човек испомогао да све ово постигне.

По себи се разуме да голим оком човек не би могао далеко отићи у изучавању појава и тела на небеском своду. Напротив, справама и разним средствима које је човек пронашао, успело се да се појачају способности ока и знатно прошире границе нашег вида. Споменућемо и описаћемо укратко две врсте оваквих справа. Једне су астрономски дурбини или *рефрактори*, друге су *телескопи (рефлектори)*. Уз ово, изложићемо у главним потезима методе и поделу рада на и са овим справама.

**36. Астрономски дурбин. Рефрактор.** — Астрономски дурбин је справа за посматрање небеских тела. Састоји се (в.



Сл. 66.

сл. 66.) у главном: 1<sup>о</sup> из шупље металне цеви облика правилног ваљка; 2<sup>о</sup> из већег сочива  $OO'$  (управо из система више сочива), причвршћенот за онај крај металне цеви који се управља ка предмету (објекту) који гледамо, те се зато зове *објектив*; 3<sup>о</sup> из малог сочива  $oo'$  (стварно опет из система више сочива) који се ставља на супротни крај цеви тако да се може увући и извући, према потреби, и кроз који гледамо, зато се зове *окулар*; 4<sup>о</sup> из постоља на коме стоји цео дурбин,

— и још разних других помоћних справа за руковање дурбином. Како дејствује астрономски дурбин треба да нам је познато из физике. Ми ћемо овде изложити ипак и то у неколико речи. Познато је, пре свега, да су предмети које астрономским дурбином посматрамо толико далеко од нас, да можемо сматрати да су зраци које са њих добијамо паралелни међу собом. Сноп овакових зракова, кад падне на објектив, ломи се при пролазу кроз стакло: зраци скрећу са дотадањег пута, скупљају се према централном зраку  $S_s$  који једини не мења свој правац, да се сви састану на приближно истом одстојању од објектива,  $aa'$ , које зовемо *жижно одстојање* дурбина. Тачка  $f$  на правој  $S_s$  зове се *жижа* дурбина (*фокус*). Скупљени зраци на жижном одстојању дају изврнуту слику  $aa'$  предмета.

Гледана голим оком, ова слика у жижи изгледа као и сама звезда: мала, светла тачка. И ма у ком правцу управили дурбин, добићемо исту слику и на истом месту: на жижној даљини објектива. Не треба да нас буну то што су слике изврнуте. Јер, за посматрање звезда ово уопште нема значаја, пошто су слике звезда тачке, а код тачке не игра улогу да ли је изврнута или права. О томе што је слика изврнута морамо водити рачуна само при посматрању блиских небеских тела као: планета, Месеца, Сунца, комета, — уопште код тела која показују извесну површину. Али је ствар и у овом случају олакшана тиме што су слике округли котурови, па их није тешко обрнути у мислима и тако добити слику онога како јесте.

Задатак окулара је да ову слику повећа. Оно што ми посматрамо, то је дакле ова увеличана слика  $AA'$ . Увеличање је једно од најважнијих ствари код сваког доброг астрономског дурбина. — Ако посматрамо неко далеко тело (било на Земљи, или небеско тело), узмемо на пример Сунце (само у овом случају треба заштитити око мрко обојеним, или добро надимљеним стаклом које се ставља пред окулар), видећемо пречник његовог котура под извесним углом. Тај угао зове се *Сунчев привидни пречник* (он износи око  $32'$ ). Погледамо ли Сунце кроз астрономски дурбин, видећемо његов привидни пречник много већи: као да нам се Сунце приближило. И то приближило за онолико пута, колико пута видимо дурбином привидни пречник већи, но што је био кад смо га гледали слободним оком. За толико пута је Сунце и увеличано.

Увеличање дурбина може се измерити овако. Измеримо прво пречник објектива; тим су измерене димензије највеће слике што је у стању дурбин да покаже. Затим ставимо пред окулар комад хартије; на њему ћемо добити мали бео кружић. То је слика објектива како се она у окулару види. Измеримо пречник тога кружића. Однос ова два пречника, или делењем пречника објектива са пречником малог кружића, налази се увеличање дурбина. Ако је, на пример, пречник дурбина имао 200 мм, а пречник малог круга 2 мм, увеличање дурбина је 100

пута. Ово значи да ћемо тим дурбином видети предмет исто онако, као да смо му пришли 100 пута ближе, па га посматрамо слободним оком. За сваки астрономски дурбин има обично више окулара; сваком окулару одговара једно одређено увељичање. Што окулар даје мањи кружић на хартији, увељичање је веће.

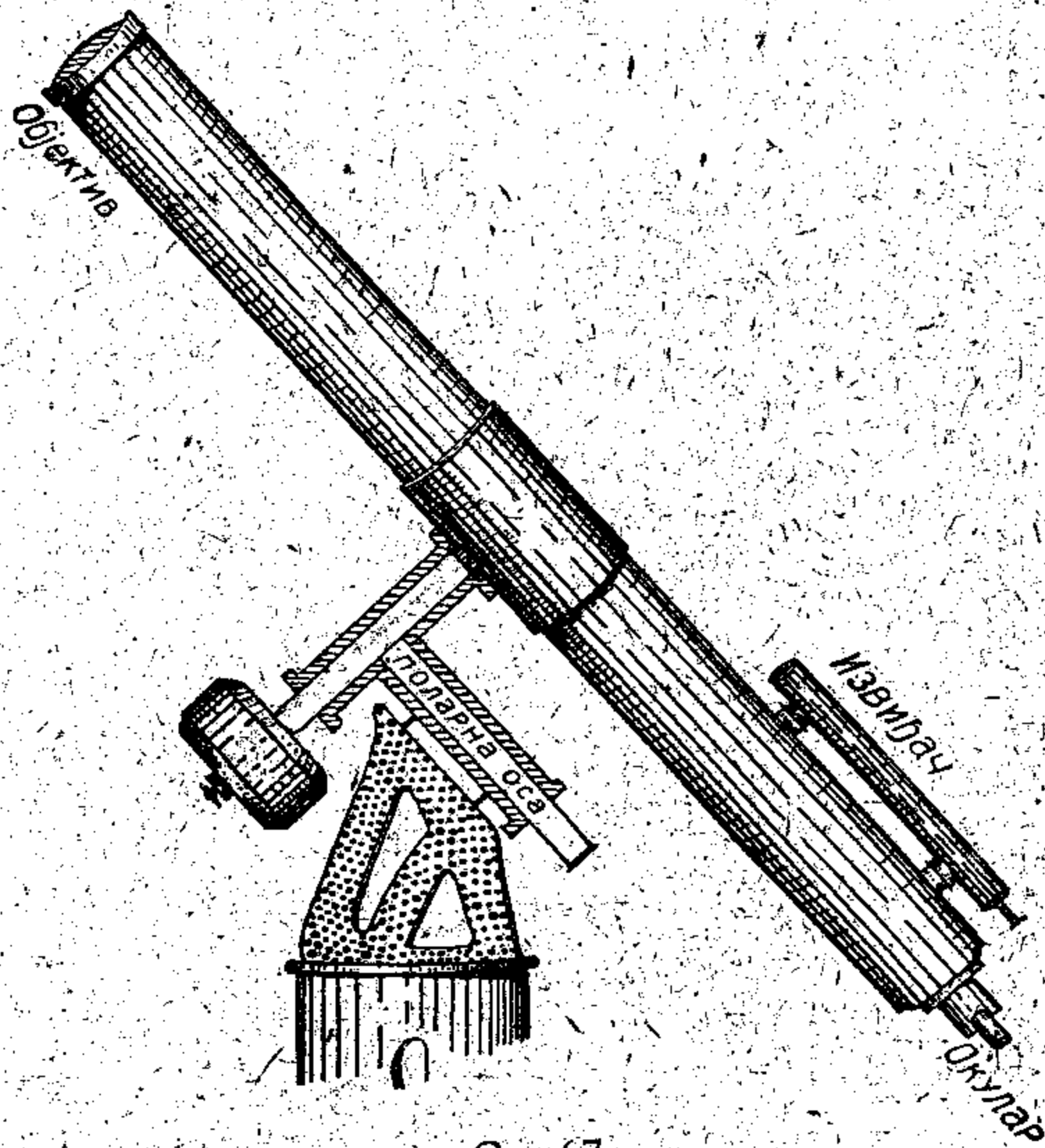
Увељичање дурбина може се изразити и односом жижних даљина објектива и окулара. Ако је, на пример, жижна даљина објектива 3 м, а жижна даљина окулара 1 цм, увељичање дурбина ће бити 300 пута. Треба истаћи да на сваком астрономском дурбину постоји једна граница за увељичавање коју нема смисла прелазити, а разумећемо одмах зашто. Ова граница могла би се звати корисна граница увељичавања.

Увељичање посматраног предмета обрнуто је сразмерно кружићу који се добија на хартији пред окуларом; т. ј. што је увељичање веће, кружић је мањи. А јасноћа или осветљеност слике пропорционална је квадрату тога малог круга (ово је познато из физике). Према томе, смањујући кружић повећава се увељичање — али се умањује јасноћа слике. А ово је толико исто важно, колико и увељичање предмета, ако желимо јасно да видимо појединости на увељичаном предмету. Још нешто треба додати: смањујући кружић повећава се истина увељичање дурбина, али се смањује површина предмета коју можемо од једном видети у окулару; стручно се каже: смањује се *поле вида* дурбина т. ј. круг који видимо у дурбину, кад око ставимо на окулар. Услед тога постоји код сваког дурбина једна граница увељичавања и потребна јасноћа слике са којом се најбоље ради. Зато, ма да један дурбин може да постигне увељичавање од више стотина пута, рецимо 900 пута, посматрач не иду даље од 70—150 пута увељичавања (осим изузетних случајева). Погрешно је дакле што свет мисли да се само на великим дурбинама може корисно радити.

Према начину како је дурбин склопљен и како се креће око оса преко којих је он учвршћен за своје постоље, имамо више врста дурбина. Свака од ових врста има своју намену. Тако имамо *азимуталне дурбине*. Ово су најпознатији и служе обично за наставне сврхе и љубитељима небеске науке за посматрање неба. Они су подешени тако да се могу обртати око једне вертикалне осе — дакле у азимуту — а у исти мах, и око једне хоризонталне осе — за разне висине предмета који се посматрају. Овакви се инструменти мало употребљују за научне сврхе (ако изузмемо теодолите).

На опсерваторијама се ради са тако званом *екваторијалима* или *рефракшорима*. То су астрономски дурбини, обично већих димензија, склопљени на један нарочити начин (в. сл. 67). На масивном гвозден м постољу учвршћена је једним прстеном *поларна оса* дурбина, т. ј. једна оса која је управљена у правцу пола, око које може да се обрће цео дурбин. За поларну осу везана је чврсто, управно на њој, друга оса која лежи у равни небеског екватора и око које се такође дурбин може обртати; ово је *деклинациона оса*. За сваку од ових оса причвршћен је по један круг са издељеном периферијом на часове, минуте, односно степене и лучне минуте, за читање углова. Ово је, дакле, тако пред-

виђен дурбин да њиме можемо непосредно мерити часовне углове и де-  
клинације (или поларне даљине) звезда; дакле, координате звезда у систему  
екватора. Зато га многи и зову *екваторијал*. Свака опсерваторија има



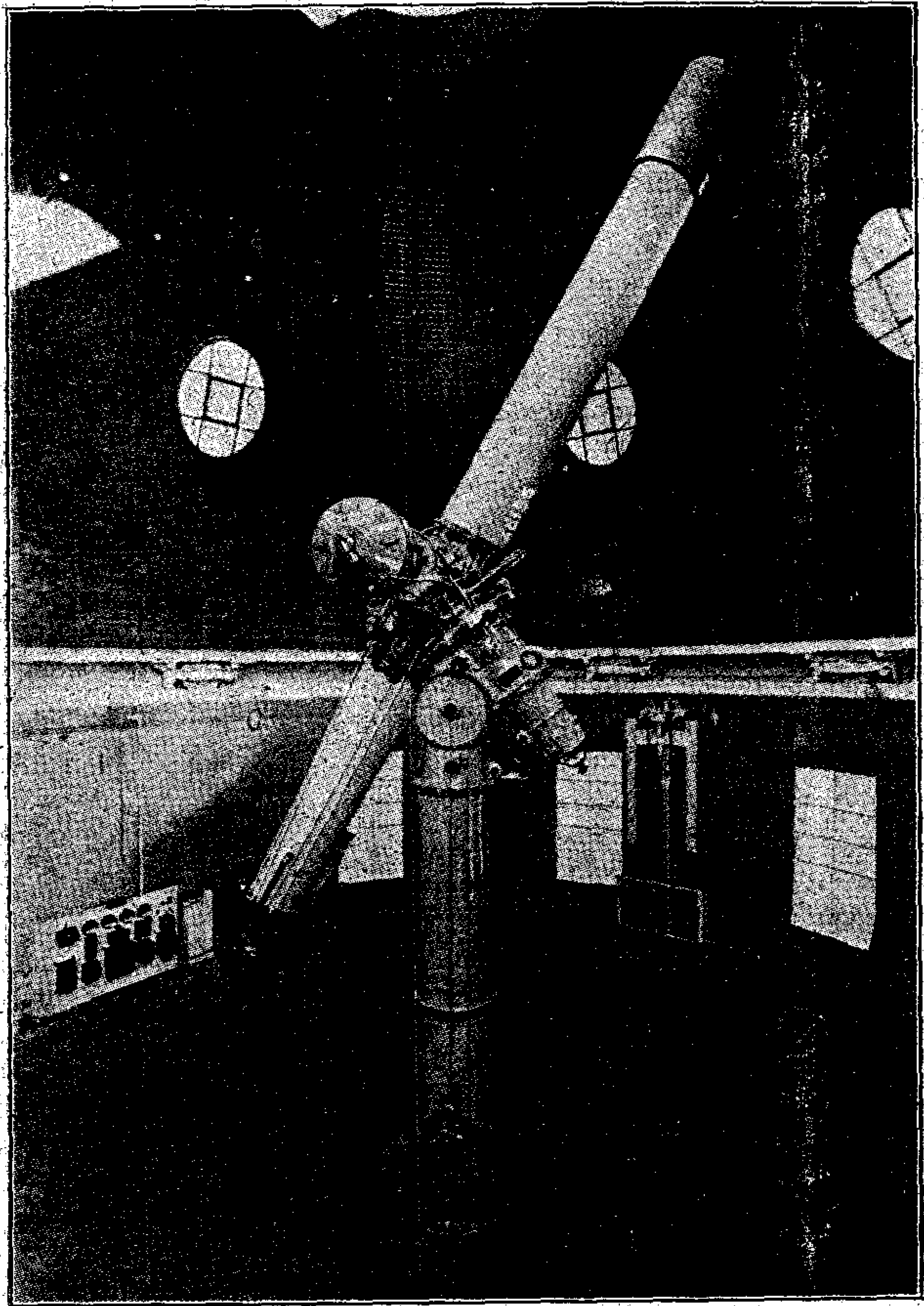
Сл. 67.

бар један екваторијал, а многе и по више, разних димензија (сл. 68  
претставља велики екваторијал наше опсерваторије). У овом прегледу до-  
носимо имена светских опсерваторија и димензија новијих великих  
екваторијала, са подацима о њиховој величини, пречнику објектива,  
жижној даљини и годинама кад је израђен.

Име опсерваторије	Држава	Пречник објектива у цм.	Жижна даљина објектива у метрима	Година кад је израђен
Јеркес	Америка	102	18,6	1897
Лик	Америка	90	17,2	1888
Лик	Америка	79	14,9	1888
Медон	Француска	78	16	1889
Потсдам	Немачка	77	11,8	1889
Алегени	Америка	75	14,3	1885
Бабелсберг 1)	Немачка	65	10,5	1914
Токио	Јапан	65	10,5	1928
Београд 1)	Југославија	65	10,5	1930
Харвард	Америка	60	3,4	1893
Кап	Африка	60	6,0	1897
Лоуел	Америка	60	9,3	1890
Сантијаго	Чиле	60	10,2	1890
Хамбург	Немачка	58	8,9	1911

1) В. сл. 68.

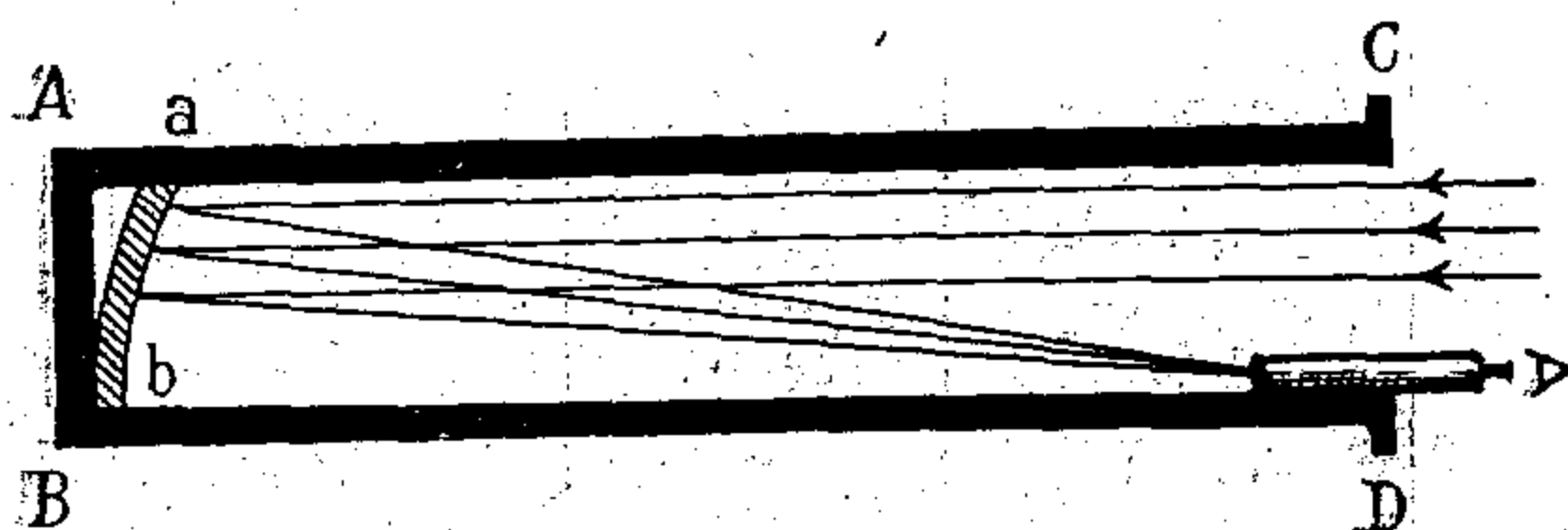
**37. Телескоп.** — Друга оптичка справа која у астрономији игра веома важну улогу је *телескоп*. Да бисмо разумели намену и улогу ових двеју справа у научним истраживањима изразићемо се овако. Екваторијали се употребљавају онде где се траже ве-



Сл. 68. Рефрактор од 650 мм. Опсерваторија у Берлину и Београду.

лика увеличавања, а телескоп онде где се тражи јасноћа слике — што већа количина светлости; екваторијали су подеснији инструменти кад се ради о изучавању кретања небеских тела, а телескопи за изучавање њихових особина и природе, — дакле за астрофизичка испитивања. Телескоп се знатно разликује од

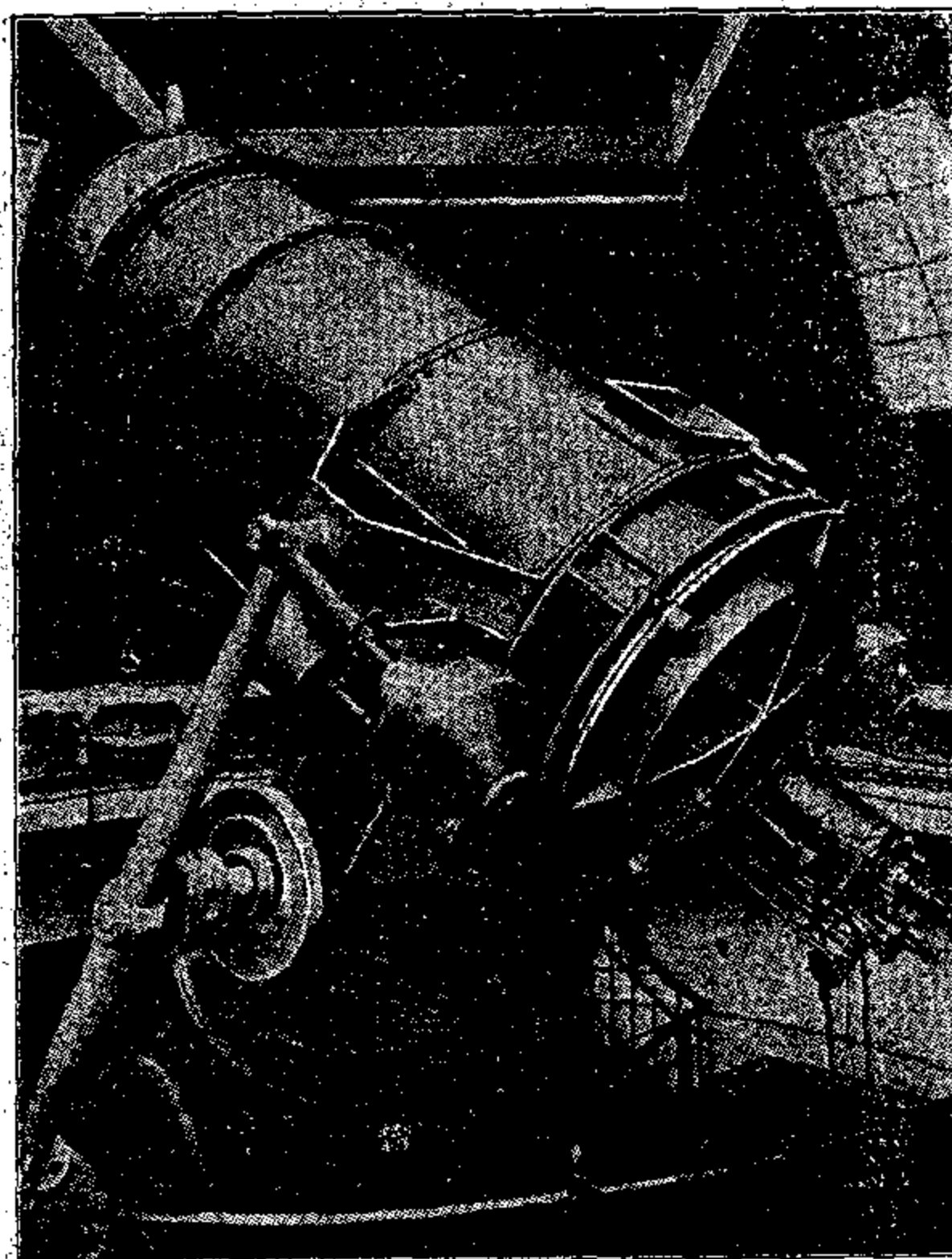
рефрактора. Док код ових зраци светлости посматраног тела пролазе кроз стакло сочива и леме се у њему пре но што доспевају до нашег ока, код телескопа се само одбијају зраци од површине огледала, које овде замењује објектив дурбина.



Сл. 69.

Телескоп би требао такође да нам је познат из физике. Зато се и нећемо задржавати на описивању разних врста телескопа, него ћемо само објаснити његове главне саставне делове.

Замислимо једну округлу цев (металну или дрвену)  $ABCD$  (в. сл. 69). На дну те цеви смештено је параболично огледало  $ab$ . На супротном крају, при дну налази се друга мала цев са окуларом, кроз који посматрач гледа. Тело које посматрамо налази се у правцу одакле стижу стрелице, које показују правац зракова светлости што нам шаље посматрано тело. Видимо, дакле, ову занимљиву ствар: на телескопу посматрач стоји леђима окренут предмету који посматра, док на екваторијалу гледа у правцу предмета. Са слике видимо уједно и то, како се одбијају зраци светлости и стижу у посматрачево око.



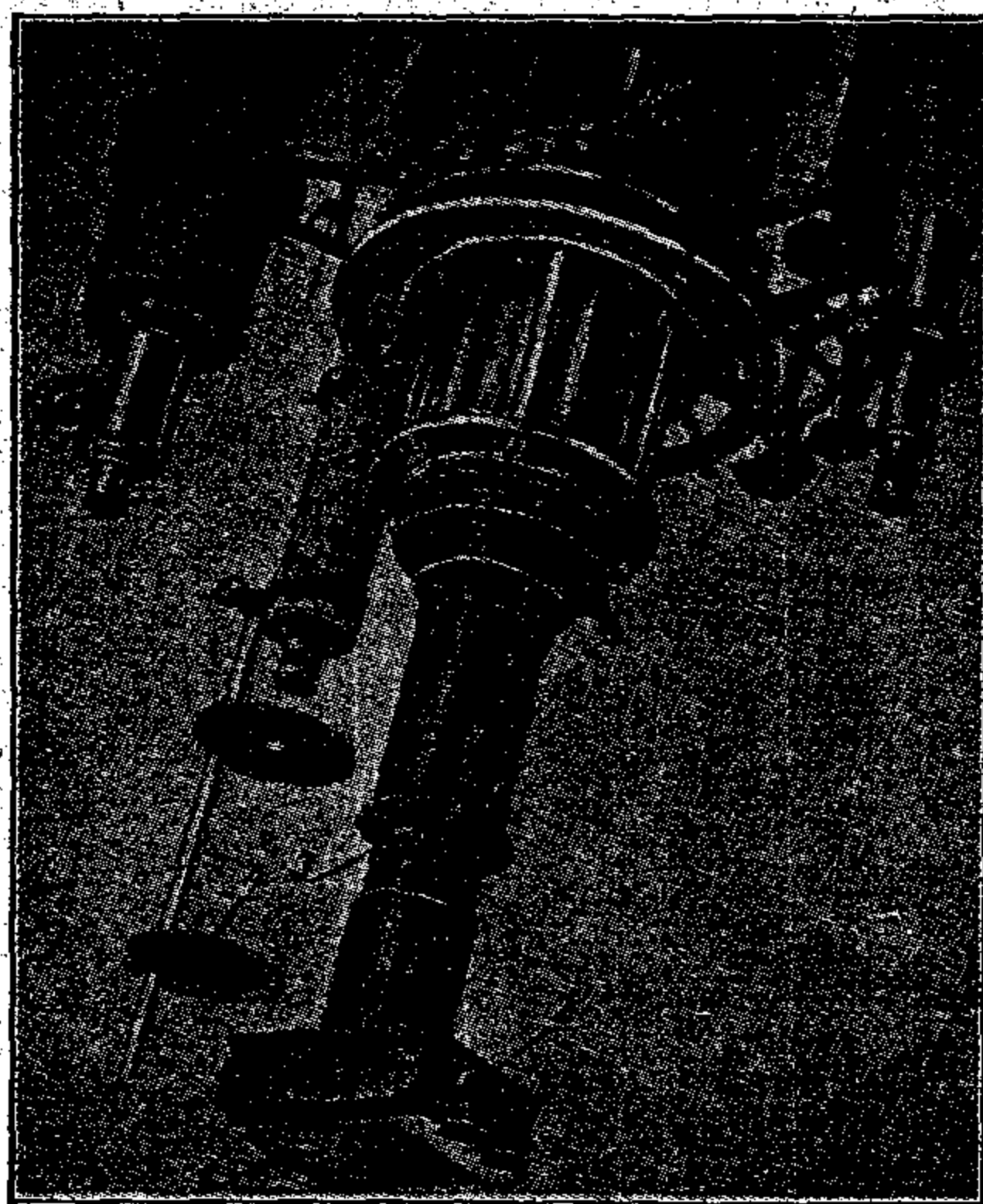
Сл. 70. Телескоп од 100 цм. опсерваторије Хамбург-Бергедорф.

Телескопи имају, поред већ споменуте, и другу предност над рефракторима; наиме израда већих огледала има данас много већи успех, но што је то случај са израдом великих сочива. О томе се можемо уверити, уосталом, и по прегледу највећих телескопа којима располажу велике модерне астрономске опсерваторије.



Име опсерваторије	Држава	Отвор огледала у цм.	Жижна даљина огледала у метрима	Година кад је израђен
Мон Вилсон	Америка	250	21,0	1920
Доминијон	Канада	180	15,0	1845
Харвард	Америка	150	8,7	1891
Мон Вилсон	Америка	150	7,7	1904
Потсдам	Немачка	120	8,4	1920
Мелберн	Аустралија	120	8,5	1870
Париз	Француска	120	7,5	1875
Симеис	Русија	100	7,5	1875
Лоуел	Америка	100	7,5	1875
Хамбург	Немачка	100	3,0	1911
Лик	Америка	90	5,3	1895
Тулуз	Француска	82	2,8	1872

**38. Фотографија у изучавању неба.** — Но и уз помоћ ових колоса од инструмената, наука о небеским телима не би била у стању да проникне довољно дубоко у замршени меха-



Сл. 71.

низам који сачињавају небеска тела. Јер, ови инструменти стварно служе само да појачају наш вид, али у главном остављена је и даље човечјем оку најважнија улога. И, да је наука морала само на томе остати, врло је вероватно да њене тековине не би биле данас овако многобројне и значајне. А ево из кога разлога. Поред свега тога што је за нас око потребније и драгоценије, можда, од осталих чула, границе до којих ми допиремо њим ништавне су према даљинама, величинама, брзинама и разноликостима природе. Тела и највећих

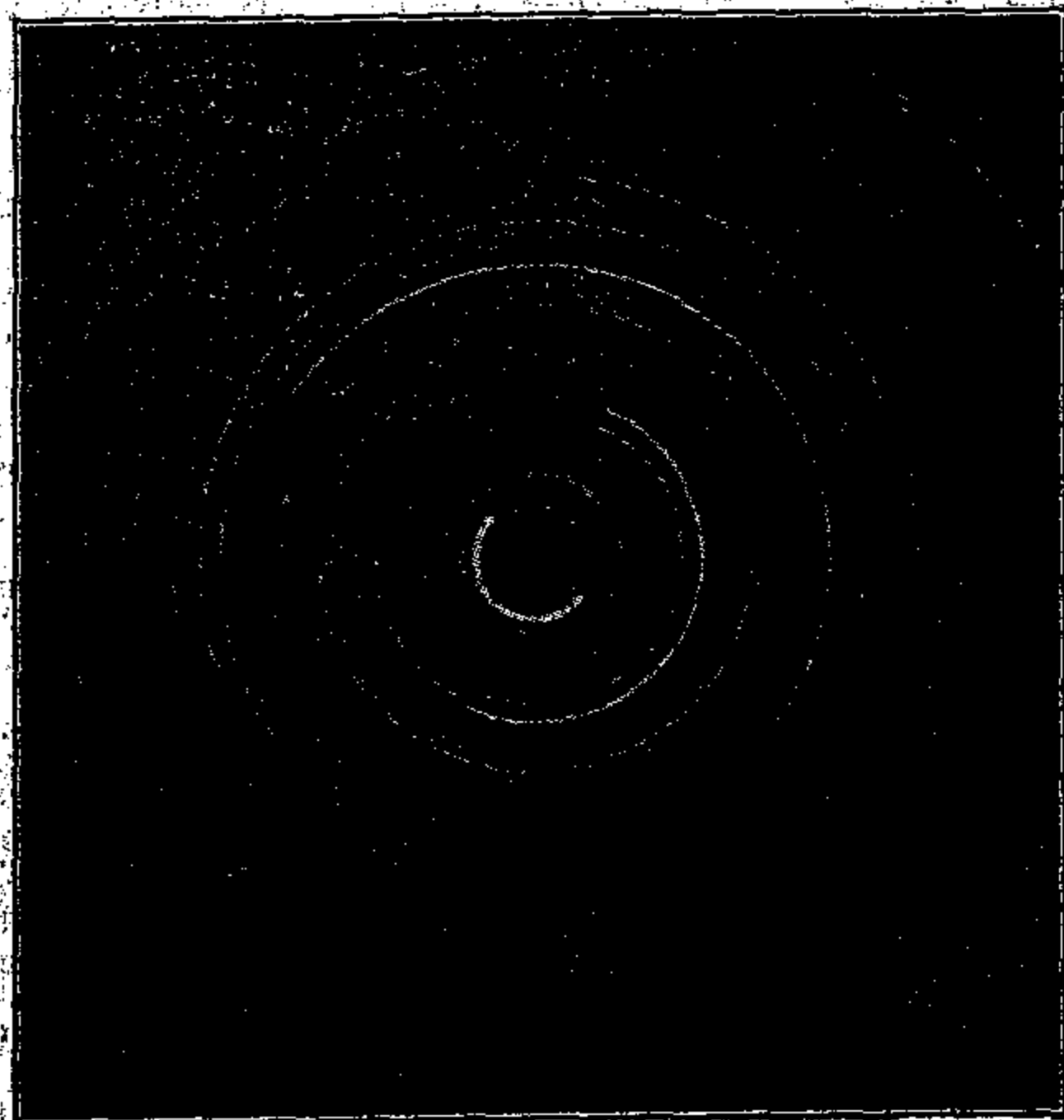
димензија губе се, постају за нас невидљива, ако даљина која их од нас дели пређе извесну границу: за наше око она у том случају и не постоје; предмети мањи од извесних димензија такође за наше голо око не постоје; тренутне појаве човечјем оку промичу неопажене, као да се нису ни догодиле.

Шта више, и у границама до којих око допире, постоје још многе сметње за човечје око које отежавају изучавања разноврсних појава у природи. Око нема, на пример, сабирну моћ док фотографска плоча има ту моћ. Ово треба овако разумети. Замислимо да управимо астрономски дурбин у једном правцу неба, и погледајмо кроз окулар дурбина. Видећемо оно што наше око може да види са тим увећањем. Али ма колико дуго продужили да гледамо, нећемо моћи у пољу вида ништа више видети од онога што смо видели кад смо погледали. Заменимо међутим наше око фотографском плочом (в. сл. 71 и 72) и изложимо је извесно време. Према томе колико времена будемо оставили плочу изложену, добићемо и слику тога дела неба. Ако је оставимо само пола часа добићемо један извештај изглед, ако оставимо цео час изглед ће бити другојачији, потпунији. Још потпунији ће бити, ако плочу оставимо изложену два и три часа. Што је будемо дуже остављали, више ће појединости слика показивати: више ће утисака плоча моћи да прикупи. Звезде, на пример, за које нисмо ни слутили да постоје, на плочи ћемо их видети: доћи ћемо до сазнања да оне постоје.

Довољно је и оволико да се уверимо, да је фотографија и у астрономији, као и у обичном животу, моћно



Сл. 72. Астрограф од 340 мм. опсерваторије Хамбург-Бергедорф.



Сл. 73.

средство за испитивање појава неприступачних оку. Њој дугујемо за многе и многе проналаске нових звезда, маглина, звезданих јата, комета, планета и т. д. Она нам помаже много при изучавању свега што се догађа на површини разних тела: на Сунцу, на Месецу, на планетама.

Ток појава изучавамо такође помоћу фотографије куд и камо тачније и са много више успеха, но што би то само голим оком и инструментима могли учинити. Сл. 73 претставља фотографски снимак привидног дневног кретања звезда око северног пола.

**39. Спектроскопија.** — Мало ко да није видео шта се дешава кад зрак Сунчеве светлости пустимо да прође кроз стаклену призму. Иза призме, на супротној страни од Сунца види се шарена трака у којој јасно распознајемо седам боја: црвену, наранџасту, жуту, зелену, плаву, индиго-плаву, љубичасту. Та се трака зове *Сунчев спектар* (в. Спектралну таблу). Боје се преливају једна у другу, тако да у шаренилу траке има стварно не седам, него безброј боја. Шта је та трака? — Она нам показује, пре свега, да је бела Сунчева светлост сложена светлост из више разних, простих боја које се не могу раставити у друге простије боје. На траци голим оком не видимо ништа више осим побројаних спектралних боја. Али ако загледамо кроз неко сочиво увеличани спектар, опазићемо да је трака спектра испрекидана многобројним, ужим или ширим црним линијама. Ове линије познате су под именом *Фраунхоферове линије*.

Свако усијано тело, т. ј. сваки самосталан извор светлости даје под истим условима исти спектар. Сваки хемијски елемент има свој спектар и обрнуто: по спектру се може закључити из којих се хемијских елемената састоји извор светлости или, бар, каквих елемената има на његовој површини или око њега. Изучавања ове врсте спадају у област *спектроскопије*. *Спектроскоп* зове се апарат који нам омогућује да добијемо спектар тела. Или, спектроскоп је справа којом растварамо светлост у прсте зраке.

Пошто су готово сва небеска тела извори светлости, то можемо добити помоћу спектроскопа њихове спектре. За ово је довољно да у астрономски дурбин, било рефрактор или телескоп, ставимо у жижу спектроскоп место окулара. Добићемо спектар звезде на коју смо управили дурбин. И, упоређујући звездане спектре са спектрима познатих тела на Земљи, долазимо до сазнања о саставу звезда: о томе каквих хемијских елемената има на њима, и о условима који на небеским телима владају. Ако светлост звезде није довољна да произведе видљив спектар, што је случај код свих звезда слабог сјаја, спектроскоп се комбинује са фотографијом: невидљиви спектар

пуштамо да пада на фотографску плочу која, након краћег или дужег времена, најзад успева да прикупи довољно светлости и сними невидљиви спектар звезде. Овакви апарати зову се *спектрографи*.

Спектроскопији дугује наука што је успела да дође до многих нових резултата, а нарочито до ових општих, веома важних чињеница: 1<sup>о</sup> свако чврсто и течно тело у усијаном стању производи непрекидан спектар; 2<sup>о</sup> свако гасовито тело у усијаном стању производи спектар код кога је спектрална трака већим делом црна, а само местимично испрекидана сјајним обојеним линијама које карактеришу то гасовито тело; 3<sup>о</sup> ако зраци светлости течног или чврстог усијаног тела наиђу, пре но што допру до нашег ока, и прођу кроз неко усијано гасовито тело, чија је температура нижа него код првог тела, појавиће се у спектру, место сјајних обојених линија које карактеришу ово гасовито тело, црне Фраунхоферове линије. На основу ових општих чињеница могла је да утврди небеска спектроскопија следеће важне чињенице: 1<sup>о</sup> ако у спектру небеског тела нађемо црну траку са местимичним сјајним обојеним линијама, поуздано се може рећи да је то тело састављено из гасовите масе у усијаном стању (в. Спектралну таблу, бр. 6). А, према положају и изгледу сјајних линија, утврдиће се који хемијски елементи сачињавају ту масу. Ово је случај код маглина. 2<sup>о</sup> Ако се у спектру неког небеског тела нађу све спектралне боје, али без Фраунхоферових линија, може се рећи само толико да се оно састоји из чврстих или течних елемената у усијаном стању, али се не може знати којих. 3<sup>о</sup> Ако у спектру неког небеског тела нађемо потпуни низ спектралних боја који је испрекидан Фраунхоферовим линијама, можемо закључити да је то тело састављено из једног већег или мањег језгра у чврстом или течном усијаном стању, опкољеног једном гасовитом масом, такође у усијаном стању, али ниже температуре од језгра. Ово важи за Сунце и звезде (в. Спектралну таблу бр. 1, 2, 3 и 4).

Спектроскоп се врло успешно искоришћује и при изучавању кретања небеских тела, нарочито звезда и маглина. Методе којима се ово постиже разумећемо, ако се сетимо извесних појава са којима се сретамо у свакодневном животу. Позната је ствар да кад стојимо близу жељезничке пруге при пролазу брзог воза, па се деси да локомотива запишти, примећујемо да се писак спушта, слаби ако је локомотива већ прошла поред нас и удаљује се од нас, а повишава се док нам се локомотива приближује. Објашњење ове појаве треба да нам је познато из акустике.

Слично нешто овом догађа се и код светлости. Јер, зрак светлости није друго до правац којим стижу до нас, брзином од 300000 км. у секунду, таласи невидљивог етра које

производи неки извор светлости. Ако тај извор светлости стоји непомично, очигледно је да ће у наше око стизати, за исто време, стално исти број етерових таласа. Напротив, ако се извор светлости креће, број таласа који до нас стиже за одређено време већи је ако нам се тело приближује, а мањи ако се тело од нас удаљује. Познато је, међутим, да број таласа који до нас стиже за изврстан интервал времена (рецимо 1<sup>с</sup>) одређује боју светлости. Што се тиче броја ових таласа, треба знати да се рачунају у мале бројеве кад достигну 2 до 3 билиона таласа у секунду. Црвеној боји у спектру одговара, на пример, број таласа око 400 билиона, а љубичастој око 800 билиона у секунду.

Претпоставимо сада да смо добили спектар неког небеског тела које се креће. Испод спектра ставимо спектар неког познатог тела, који вештачки произведемо да бисмо могли њиме упоредити горњи спектар небеског тела. Према оном што смо горе рекли, ако приметимо да се спектар звезде помера у односу на наш спектар у правцу љубичастог дела, закључићемо да нам се тело приближује; напротив, ако се помера ка црвеном делу, доказ је да се небеско тело удаљује од нас. Јер, у првом случају стиже до нас за исто време више, у другом случају пак мање таласа но што би их стигло да посматрано тело стоји непомично. Из овог померања спектралних линија, које је, истина, врло незнатно, али ипак довољно да се може измерити, израчунава се брзина у километрима за секунд којом се небеско тело приближује или удаљује од нас. Тако је нађено за најсјаније звезде нашег неба да се овако крећу:

#### Брзине најсјајних звезда на нашем небу.

Име звезде	Сазвежђе	Брзина *)	Име звезде	Сазвежђе	Брзина*)
Алдебаран	Бик	+ 55 km/sec	Регулус	Лав	- 9 km/sec
Капела	Кочијаш	+ 30 "	Спика	Девојка	+ 2 "
Ригел	Орион	+ 23 "	Арктур	Волар	- 4 "
Бетелгез	Орион	+ 21 "	Антарес	Скорпија	- 3 "
Сириус	Вел. Пас	- 7 "	Вега	Лира	- 14 "
Прокион	Мали Пас	- 3 "	Алтаир	Орао	- 33 "
Полукс	Близаици	+ 4 "	Денеб	Лабуд	- 4 "

У новије доба пронађене су спектроскопске методе и за мерење звезданих даљина.

\*) Негативан број значи да нам се звезда приближује, позитиван да се звезда од нас удаљује.

**40. Фотометрија.** — Од јачине светлости коју примамо са небеских тела зависи у великој мери наше знање о њима. Ако та јачина не достиже извесну границу, ми не можемо уопште ни да видимо тело — оно не постоји за нас. Што више светлости можемо да добијемо од једног тела, успешније ћемо моћи и да га испитамо. Очигледно је, дакле, да је количина светлости коју примамо са небеских тела морала постати предмет научних истраживања. Тако је постала *фотометрија* чији је главни задатак што је могуће тачније мерење јачине светлости појединих небеских тела.

Упоређивањем јачине светлости појединачних звезда, још стари посматрачи небеског свода поделили су небеска тела у класе које су назвали *величине звезда*. Међутим добро треба имати на уму, да се под величинама разуме овде јачина сјаја звезде, а не њене димензије. Да би се још боље ово истакло, уобичајено је да се то зове *привидна величина* звезде. Подела звезда на класе по привидним величинама или по јачини њиховог сјаја извршена је тако, што су најсјаније звезде стављене у прву класу и назване звезде 1-ве величине. Од ових нешто мање сјајне стављене су у другу класу, и назване су звезде 2-е величине; и тако редом. Звезде чија је јачина сјаја на граници нашег вида постале су звезде 6-те величине, сачињавају дакле шесту класу привидних величина. У изузетним случајевима, може нарочито оштро око да види још звезде 7-е привидне величине, али слабије од ових остају за голо око неприступачне.

Овом поделом звезда на класе привидних величина постигнуто је да се дође до сазнања о приближном броју звезда на небеском своду. Утврђено је, доиста, да од једне до друге класе број звезда повећава се од прилике за три пута (и нешто више). Ово се види из доње таблице у којој доносимо укупан број звезда привидних величина првих шест класа.

Из овога следује уједно да укупан број звезда на целом небеском своду, које голим оком можемо видети, не достиже ни седам хиљада. Од овог броја, половину само видимо у једном часу над видиком. Осим тога, звезде слабог сјаја тешко се виде кад стоје ниско, близу хоризонта. Тако да се може рећи, да број звезда које бисмо у један мах могли видети на небеском своду не премаша 2000 до 2500.

Фотометријским испитивањима небеских тела утврђено је код великог броја звезда, да се јачина њихове светлости мења у току времена. Овакве звезде зову се *променљиве*. Испитујући ток

Привидна величина звезда	Број звезда
1	14
2	39
3	133
4	446
5	1466
6	4732
Укупно: 6830	

и узроке промена у јачини светлости код појединих звезда откривене су многе важне до тада непознате чињенице. У првом реду утврђено је да су промене у сјају звезда код једних неправилне, код других правилне. Код извесних звезда мења се сјај врло споро, може да прође по више месеци, па и година док поново дођу до првобитног сјаја; код других, опет, те промене трају свега по неколико часова, па звезда поново достиже свој првобитни сјај. Неке, опет, које су видљиве биле, могу при томе толико да изгубе од свог сјаја да за извесно време постану потпуно невидљиве, да се тек касније поново појаве. Свака од ових врста променљивих звезда има своје објашњење, своје законе којима се ток промене покорава. Неке од ових закона успели смо да утврдимо, за другима још и данас трагамо.

Тако, знамо једну врсту променљивих звезда код којих се изврши промена сјаја у току кратког времена, обично за неколико дана: и то за један мали број часова умањи се јачина сјаја звезде, па се одмах затим враћа свом првобитном сјају, да на овом остане неколико дана, па се поново умањи. Ток појаве понавља се код ових звезда са необичном правилношћу, у једнаким временским размацама; цела је појава дакле периодичне природе. Код ове врсте променљивих данас се зна поуздано откуда наступају промене у сјају овакве једне звезде. Наступају отуд, што звезда чији се сјај мења није једна, но у ствари две потпуно засебне звезде: једна, главна, већа и сјајнија — коју видимо — око које кружи у непосредној близини друга мања, тамна звезда. И, кад год овај тамни пратилац наиђе тако да нам заклони главну звезду, њен се сјај мења — променљива звезда потамни. А чим се пратилац уклони, она поново засија својим ранијим сјајем. Најпознатији претставник ове врсте је Алгол или звезда  $\beta$  Персеја, чије промене сјаја могу се и голим оком пратити.

Звезда  $\beta$  Лире такође је променљива звезда. У току 13 дана достиже она у два маха свој најјачи сјај, и исто толико пута спушта се до најмање привидне своје величине (које нису једна другој потпуно једнаке). Комбинујући фотометријске и спектроскопске методе испитивања узрока ових промена, испоставило се да је  $\beta$  Лире такође двојна звезда: да су то две звезде, као близанци истих димензија, истог сјаја, које круже једна око друге. Кад се нађу једна поред друге, сјај  $\beta$  Лире се удвостручава; напротив, кад при кружењу стану једна иза друге јачина сјаја  $\beta$  Лире бива мања.

Али многим променљивим звездама не зна се још прави узрок промене сјаја.

**41. Небеска термометрија.** — Из свега што смо до сада изложили јасно се даје видети да су звезде тела — чврста, течна, или гасовита — у усијаном стању, дакле самостални извори светлости и топлоте. Досадање методе односиле су се искључиво на изучавање њихове светлости без обзира на топлоту коју звезде зраче. Међутим, топлота је толико исто важна за живот, колико и светлост. Ми се не можемо овде упуштати у излагања метода којима наука о небеским телима долази до података о температурама које владају на звездама. Поменућемо само толико да је наука успела, комбинујући спектроскопске са фотометријским методама, и уз помоћ необично осетљивих тер-

моелектричних елемената (справе којима данашње научне лабораторије располажу), да и у овом правцу дође до значајних резултата. Тако су данас приближно познате границе температура које владају на звездама. Прегледа ради скупили смо у доњој табlici податке о температурама најсјајних звезда изражених у степенима Целзијусове скале:

Име звезде	Сазвежђе	Температура
Белатрикс	Орион	15000 <sup>0</sup>
Сириус	Вел. Пас	11000
Алгол	Персеј	10000
Вега	Лира	9400
Алтаир	Орао	8100
Капела	Кочијаш	7100
Сунце	—	6000
Северњача	Мали Медвед	5600
Арктур	Волар	3700
Алдебаран	Бик	3500
Ригел	Орион	3000

Ово су, дакле, у главном методе којима се служи наука о небеским телима при испитивању појава које се на њима и са њима догађају, а у циљу да открије законе који управљају током тих појава. Може на први поглед изгледати да познавање ових закона нема нарочитог значаја за човечји живот. Но не треба губити из вида да је Сунце једна звезда, да наша Земља такође није друго до само једно сићушно небеско тело, за које важе исти закони, које истим животом живи као и сва друга видљива или невидљива тела, које, најзад, чека иста судбина као и сва остала њој слична тела. Према томе, изучавајући појаве и живот на небеским телима, ми једновремено са знајемо нове појединости из давне прошлости и далеке будућности о животу Земље — о животу човека на њој.



## II. ДЕО.

### СУНЧЕВ СИСТЕМ.

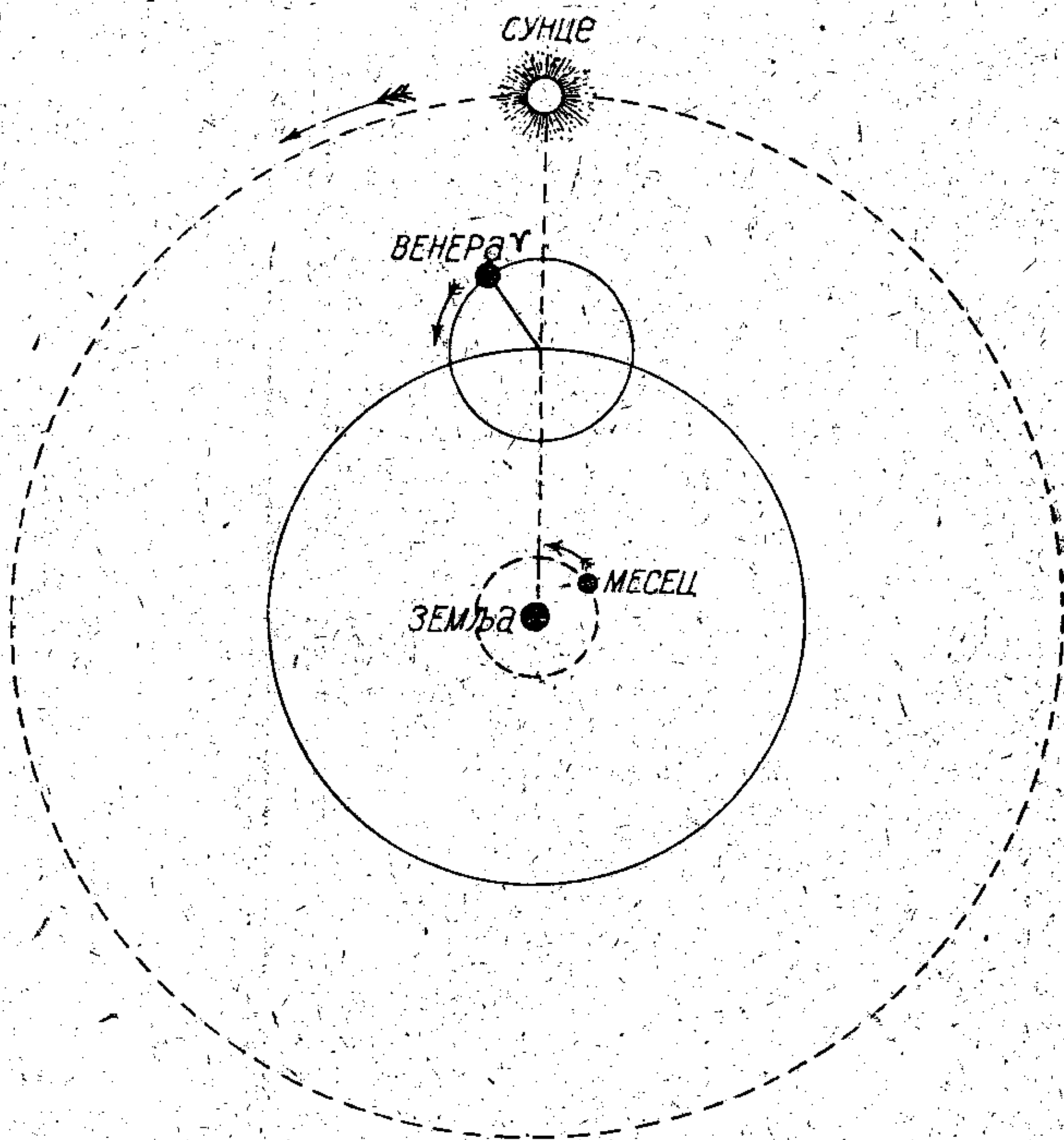
Још у почетку књиге, описујући шта видимо кад погледамо по ведрој ноћи на небески свод, истакли смо разлику која постоји између звезда некретница с једне стране и једног малог броја небеских тела, које смо назвали планете, с друге стране. Слободно око може видети на небу пет оваквих планета. Разликујемо их од звезда, прво, по томе што њихов сјај не трепери и, друго, — што је за нас овде нарочито важно — по томе што се крећу међу звездама. Својим кретањем привлачила су ова тела на себе пажњу људи још од старих времена. У оно доба, кад су природни закони били још тајна за човека, веровало се да је за кретање ових тела по небу везан ток појава, па чак и човечји живот на Земљи. Тако се и тумачи да је било од увек људи који су мотрили њихова кретања по небу и покушавали да продру у суштину ових неколико небеских тела која су још они назвали *планете*.

Пратећи их пажљиво кроз дуги низ векова, људи су успели неке правилности да запазе у њиховом кретању, али неке дуго нису били у стању да утврде, па ни да објасне. Запазили су, на пример, да при свом кретању планете не напуштају никада један појас на небеском своду, који су још ти стари посматрачи назвали зодијак. Али каквог су облика путање што их планете описују, какво је њихово кретање и зашто се уопште крећу, — на та питања дуго човек није био у стању да даде тачан одговор. Требало је много времена да прође док је човек успео да, посматрајући ток небеских појава са Земље, из привидног сазна оно што је стварно.

Вековима је човек веровао само оном што му се чинило да види: да је, на пример, Земља средиште небеског свода; да се цео небески свод једанпут за дан обрне око једне осе; да Сунце за годину дана описује кружну линију око Земље у смислу супротном од дневног обртања небеског свода; да Месец опише за месец дана око Земље кружну линију; да се и планете крећу око Земље, само по нешто замршенијим пута-

њама. На како је човечје око било једини инструменат за посматрање, сасвим разумљиво постаје да су се оваква схватања и тумачења небеских појава могла одржати вековима као тачна. Једино кретање планета стварало је тешкоће, својим неподударањем с оним како их је тадања наука предвиђала. А разумећемо одмах и откуда су наступила ова неслагања између планетских кретања по небу и онога како су их то стари астрономи замишљали.

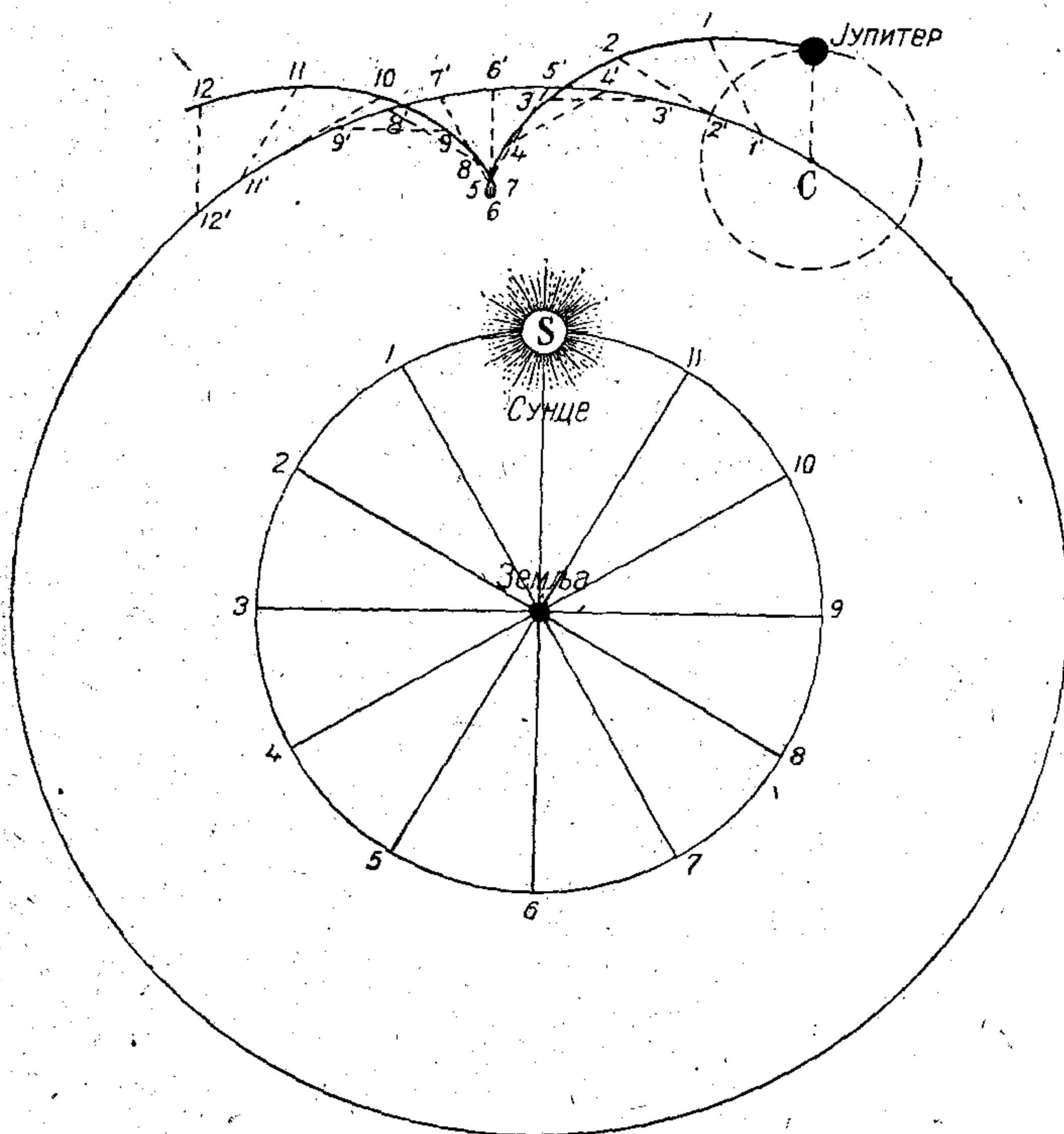
**42. Геоцентрични систем света. Птолемеј.** — У то старо време, мислимо на неколико векова пре Христовог рођења, познато је било поред Сунца и Месеца пет планета:



Сл. 74. Положај Земље треба да буде обележен на слици са  $O$ , Сунца са  $S$ , а средишта малог круга по коме се креће Венера са  $C$ .

Меркур, Венера, Марс, Јупитер и Сатурн. По даљинама од Земље, по тадањем учењу следовале су планете овим редом: Земља у средишту, па Месец, Меркур, Венера, Сунце, Марс, Јупитер и Сатурн. Кретање ових тела око Земље као средишта схватили су стари научњаци овако. Док Сунце за годину дана

и Месец за месец дана описују сталне своје кружне путање, од запада ка истоку, планетама су приписивана двострука кружна кретања. Да покажемо како, узмимо примера ради планету Венеру (исто важи и за планету Меркур). Пovuцимо праву  $SO$  од Сунца до Земље (в. сл. 74); на тој правој постоји, на одређеном одстојању, једна тачка  $C$  која, за годину дана, опише око Земље као средишта, једнаким кретањем, један цео



Сл. 75.

круг. Овај круг зове се *деферент*. А око тачке  $C$ , замишљало се да планета описује, једнаким кретањем, један мали круг (Венера за 225, Меркур за 88 дана), звани *епицикл*, и то тако, да средиште епицикла остаје стално на полупречнику  $OS$ . Раван епицикла узимали су да је нагнута — мање или више — према еклиптици. Однос полупречника деферента и епицикла тачно је одређен за сваку планету.

За планете даље од Сунца, рецимо за планету Јупитер,

узимали су да кретање овако тече. Средиште епицикла  $C$  креће се по деференту једнаким кретањем око Земље, а истовремено креће се планета по епициклу једнаким кретањем и то тако, да полупречник  $CJ$  стално остаје паралелан полупречнику  $OS$ . Ако ово нацртамо, добићемо за Јупитерову годишњу путању криву линију претстављену на слици 75.

Тако је у старој науци било схватано и објашњавано кретање планета. Због тога што је Земља сматрана била као средиште небеског свода, око кога се све креће, зове се ово тумачење *геоцентрично* или још *геоцентрични систем* света. Сачувано је из тога доба и писано дело, у коме су изложени погледи тадање науке, као и тумачења небеских појава и кретања геоцентричним системом света. Дело се зове *Алмагест*, а написао га је грчки научник *Птолемеј*, који је живео у другом веку после Христа. Због овога геоцентрични систем често се зове и *Птолемејев систем*, мада га стварно није Птолемеј створио; он је само сакупио и у једном делу изложио тадање знање о небеским кретањима.

**43. Хелиоцентрични систем света. Коперник.** — Међутим, било је већ у то старо време научника који су веровали и тврдили да планете, па и Земља, круже око Сунца; да се Земља обрће око једне осе, а не цео небески свод; да су звезде сунца као и наше око којих, вероватно, круже такође тела слична планетама, можда и насељена живим бићима, сличним човеку. Овако је објашњавао свет и појаве у њему, на пример, Питагора (шести век пре Христа) и његови следбеници. А било је још и других научника из тога доба који су назирали прави ток небеских појава и наслућивали основне истине о њима. Но, и поред тога, требало је да прође скоро пуних 2000 година, да човек сазна праву истину о небеским кретањима и појавама. Првенство у открићу најглавније међу овим истинама, оне на којој је једино могуће било изградити све што данас постоји у науци о небу, припада несумњиво делу пољског астронома *Коперника* (1473—1543) „*De Revolutionibus Orbium Coelestium*“ (1543). Истакавши два основна става у свом делу, Коперник је положио темеље правој науци о небеским кретањима, и то:

1. дневно обртање небеског свода је привидна појава, последица дневног обртања Земљине лопте око једне сталне осе која пролази кроз њено средиште, и

2. Земља је једна од планета која кружи око непомичног Сунца, заједничког средишта планетских путања.

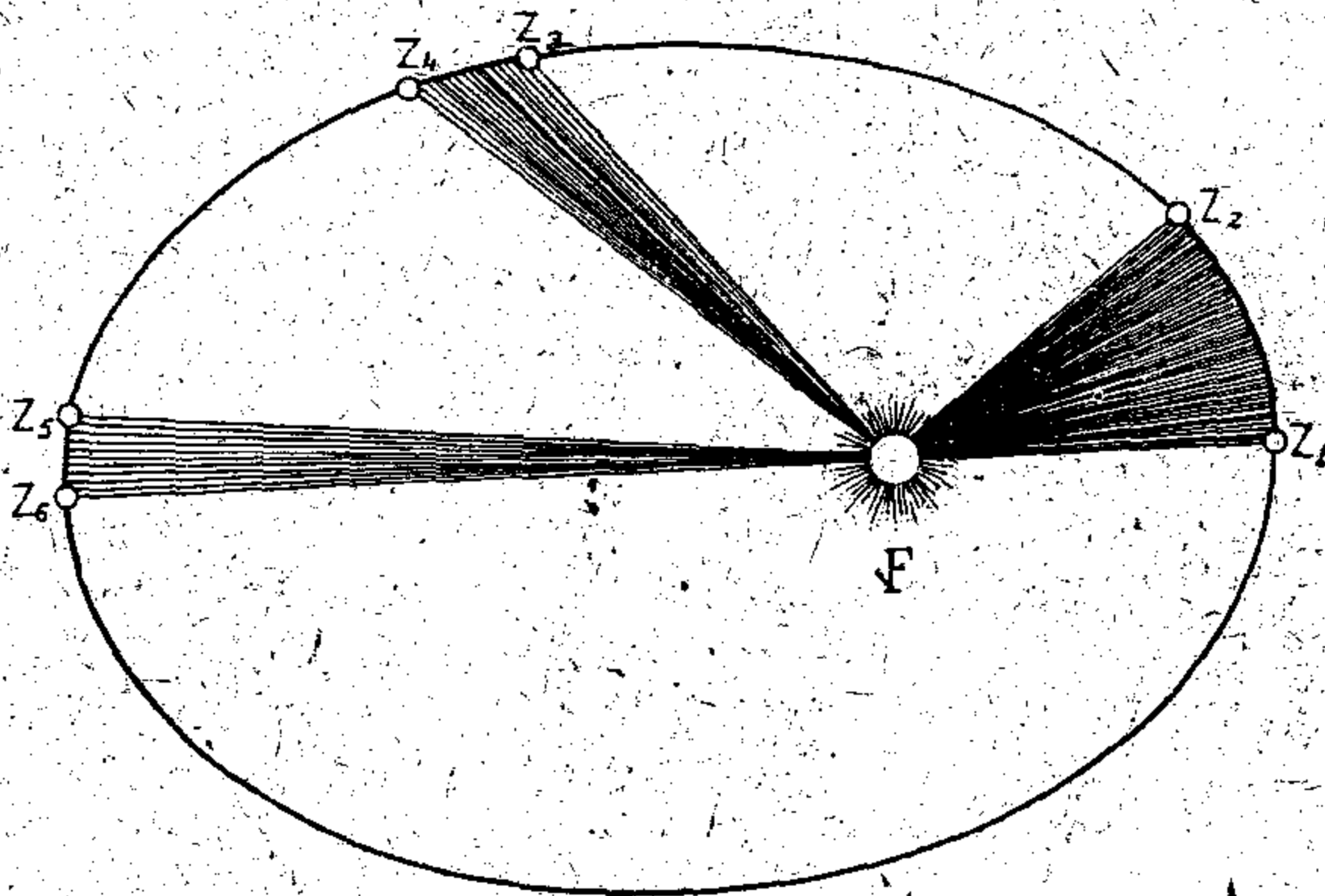
Место Земље, дакле, ставио је Коперник у средиште планетских кретања Сунце; погрешни геоцентрични систем заменио је тачним, *хелиоцентричним системом* света. Тек на овој основи могућ је био даљи развитак науке о кретању планета.

**44. Кеплерови закони планетских кретања.** — Коперник је, међутим, дао о кретањима планета више но што садрже његова два поменута основна става. Истакао је и то да планете круже око Сунца у равнима које затварају са равни еклиптике незнатне углове; да се све планете крећу око Сунца у директном смислу, и то свака планета приближно једнаким кретањем дуж целе путање. Али ово још нису били строги закони, какве наука тражи. До правих закона о кретању планета први је дошао *Кеплер* (1571—1630), искористивши посматрања планете Марса, које је пре тога извршио дански астроном *Тихо Брахе* (1546—1601). После многих узалудних покушаја и дугих рачунања успео је најзад Кеплер да утврди да за планетска кретања важе ова три закона:

1. свака планета описује елипсу чију једну жижу заузима Сунце;

2. потези (радиуси-вектори — праве што спајају Сунце и планете), прелазе за једнака времена једнаке површине;

3. квадрати времена за које планете опишу једанпут целу путању сразмерни су кубовима великих полуса њихових путања.



Сл. 76.

Суштину и значај ових закона објаснићемо поближе. Вратимо се за час годишњем кретању Земље које смо делимично раније већ испитали. Шта више, проверили смо тада већ и први Кеплеров закон (стр. 53) код Земљиног годишњег кретања. Него да видимо значење другог Кеплеровог закона.

На слици 76 означено је са *F* Сунце, у жижи Земљине

годишње путање, са  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  и  $Z_6$  разни Земљини положаји на њеној годишњој путањи.  $FZ_1, FZ_2, FZ_3, FZ_4, FZ_5$  и  $FZ_6$  су одговарајући потези;  $Z_1FZ_6$  је велика оса Земљине путање. Исцртани сектори  $Z_1FZ_2, Z_3FZ_4$  и  $Z_5FZ_6$  претстављају површине које Земљини потези прелазе за исто време. Други Кеплеров закон каже да те површине:  $Z_1FZ_2, Z_3FZ_4$  и  $Z_5FZ_6$  морају бити међу собом једнаке. Са слике видимо међутим да потези  $FZ_1, FZ_2, FZ_3, FZ_4, FZ_5$  и  $FZ_6$  нису међу собом једнаки: најмањи је међу њима  $FZ_1$ , и он одговара тренутку кад се Земља налази у перихелу; највећи је  $FZ_6$  кад Земља стигне у афхел. Али, како сада знамо да су те површине међу собом једнаке, постаје очигледно да углови  $Z_1FZ_2, Z_3FZ_4$  и  $Z_5FZ_6$  не могу бити међу собом једнаки: први мора бити највећи, трећи најмањи, а средњи мора бити мањи од првог, већи од трећег. Другим речима, други Кеплеров закон казује, да је угаона брзина Земље — или, уопште планетâ — већа што су потези мањи, т. ј. што је планета Сунцу ближа, а мања што су потези већи, или што је планета од Сунца даље. Највећа је угаона брзина у перихелу, најмања у афхелу. Тако је нађено било за Земљу (стр. 54), да се у перихелу Земљин потег за дан помери за  $1^\circ 1'$ , а у афхелу за исто време пређе угао од  $0^\circ 57'$ . Разлика у највећој и најмањој угаоној брзини једне планете зависи од ексцентричности њене путање.

Пређимо на значење трећег Кеплеровог закона. Узмимо две планете, рецимо Земљу и Марс. Обележимо полуосе њихових путања са  $a$  и  $a_1$ , а време за које свака од њих опише једанпут своју путању са  $T$  и  $T_1$ . Кеплер је дошао до резултата да је  $T^2 : T_1^2 = a^3 : a_1^3$ . И ово важи за све планете.

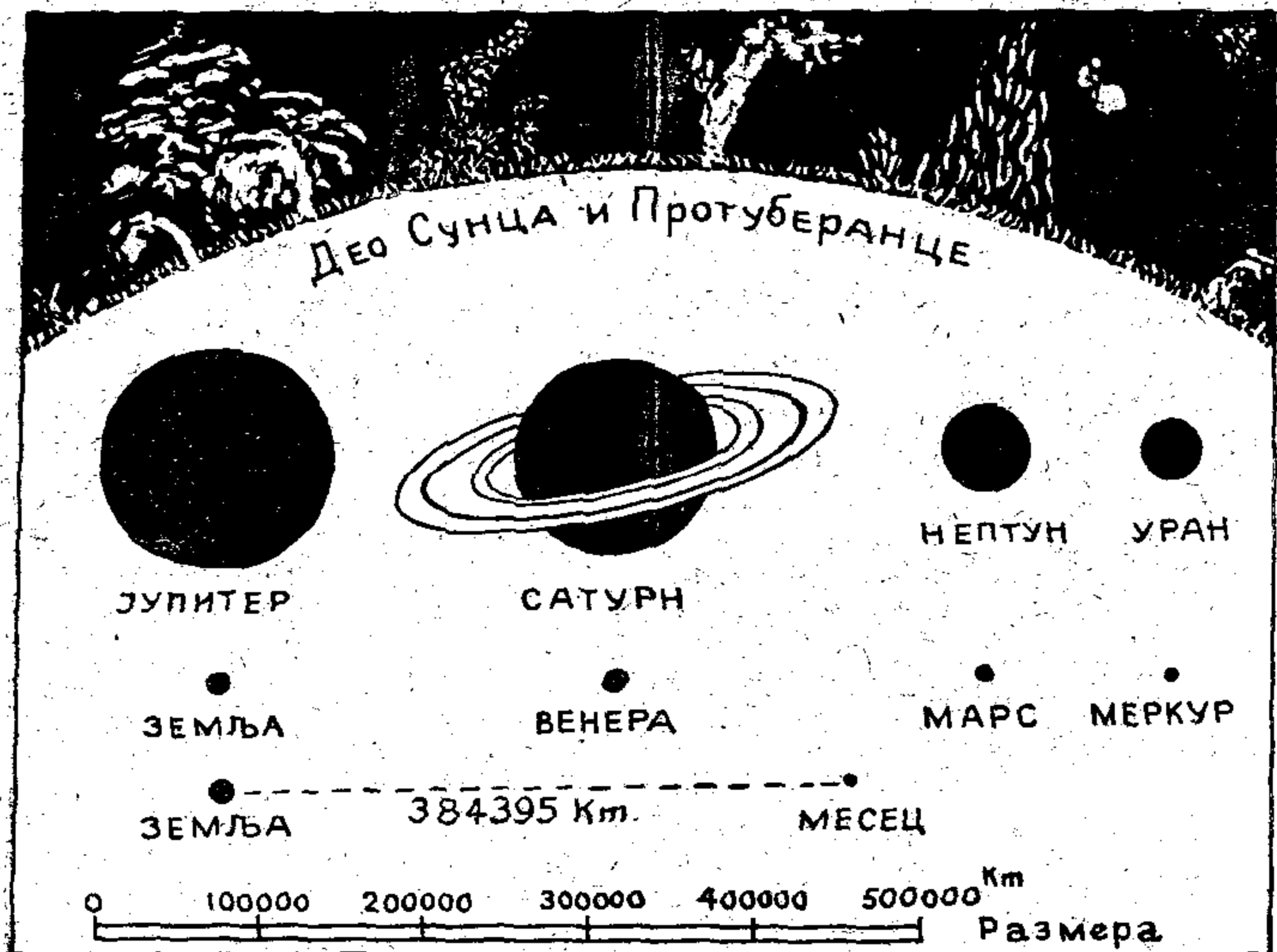
Да смо узели, место Марса, планету Венеру, чија је велика полуоса путање рецимо  $a_2$ , а време једног обиласка око Сунца  $T_2$ , имали бисмо  $T^2 : T_2^2 = a^3 : a_2^3$  или, за Марса и Венеру, каже трећи Кеплеров закон да је  $T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3$ .

Но ако дубље размислимо о овим законима, увидећемо да нам они казују само *како* се планете крећу, из њих не видимо још *зашто* се оне тако крећу. Али пре но што пређемо на излагање тога најважнијег закона, о узроку оваквог кретања планета, зауставићемо се да се упознамо поближе са саставом Сунчевог система и распоредом тела која му припадају.

**45. Сунчев систем.** — Под Сунчевим системом разумемо скуп доста разноврсних небеских тела, разноврсних и у суштини, и по изгледу, по облику, величини, начину кретања, даљини и т. д., која се крећу око Сунца по путањама најчешће елипсаста облика, са једном заједничком жижом у којој непомично стоји Сунце. Ово су све мрачна тела, без сопствене светлости; то више нису, као звезде, самостални извори свет-

лости и топлоте: она добивају и светлост и топлоту од Сунца. Од осталих звезда разликују се, прво, тим што су им одстојања од Земље сразмерно много мања, може се рећи незнатна кад их упоредимо са одстојањима звезда од нас; друго, тиме што нам, баш због своје близине, изгледају доста сјајна, нека од њих чак и сјајнија од најсјајнијих звезда, премда су од ових безбројно пута мања; треће, кад их посматрамо дурбином, ова тела видимо као мање или веће светле котурове, на којима опажамо извесне појединости које с времена на време мењају свој изглед. Из овог скупа разноликих небеских тела која сачињавају Сунчев систем зауставимо се за сад на најважнијима, — на планетама.

46. О планетама. — Данас познајемо девет планета. Ако почнемо са најближим, по удаљењима од Сунца следеју пла-



Сл. 76. Односи димензија појединих планета према Сунцу (Плутон је изостављен због недостатка тачних података о њему).

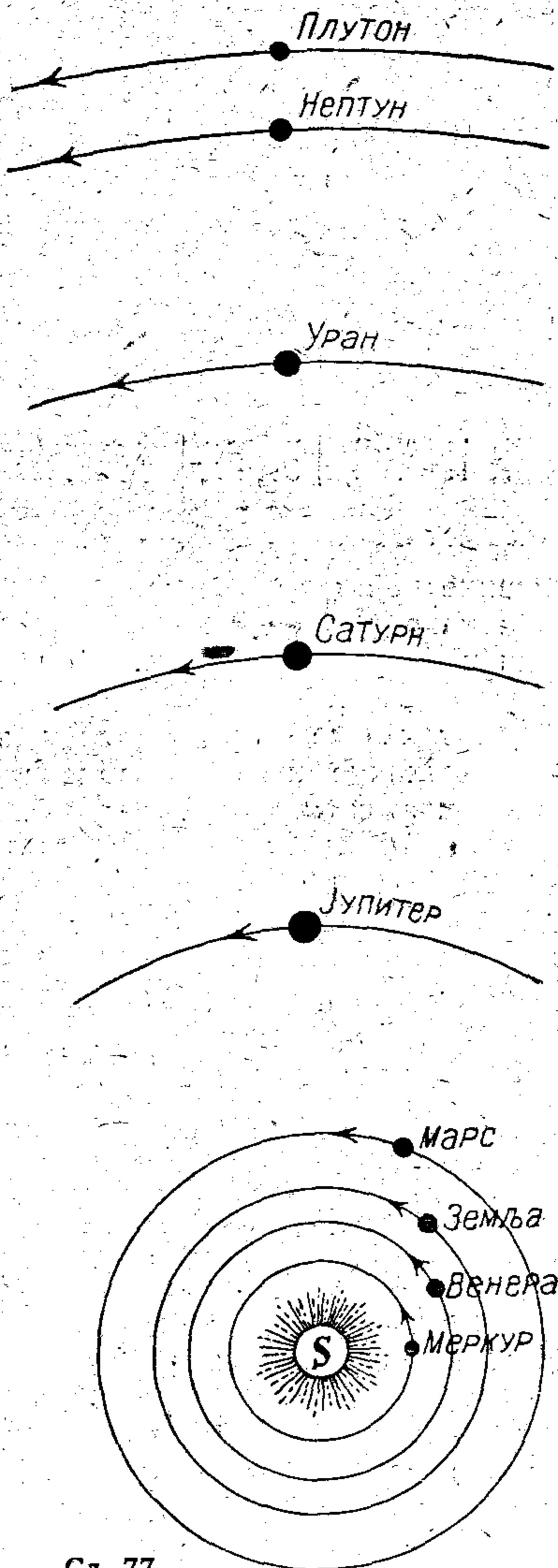
нете овим редом: Меркур, Венера, Земља, Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон (в. сл. 77). Стари су од ових познавали свега пет (не рачунајући Земљу): Меркур, Венеру, Марс, Јупитер и Сатурн — само оне дакле, које се дају голим оком видети. За остале се зато и каже да су телескопска тела, јер се само дурбином могу видети. Да ли осим ових девет по-

стоји још које слично небеско тело, за сада не можемо то знати.

О овима што их данас познајемо утврђено је, поред већ побројаних заједничких особина, да су то небеска тела која описују по Кеплеровим законима око Сунца путање, елипсе, са једном заједничком жижом, у којој се налази Сунце. Равни ових путања одступају врло мало од равни еклиптике; највећи нагиб показују равни Меркурове и Плутонове путање: прва затвара са равни еклиптике угао од  $7^\circ$ , друга угао од  $17^\circ$ . Равни осталих планета затварају сасвим незнатне углове са равни еклиптике. Зато се и кретања ових планета по небу обављају стално у близини еклиптике, у појасу који смо назвали зодијак. У приложеној табlici налазимо скупљене главне податке за свих девет познатих планета.

У односу на Земљу, делимо планете на *доње* и *горње*. Групу доњих сачињавају две планете: Меркур и Венера. Њихове путање око Сунца обухваћене су Земљином путањом. У групу горњих планета долазе Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Разлике између планета ових двеју група долазе поглавито до израза у привидним кретањима њиховим како се она виде са Земље.

Да ово покажемо, узмимо прво једну од доњих планета, рецимо Меркур, и испитајмо њено кретање по небеском своду, кад ово посматрамо са Земље. За ту сврху неће сметати ништа, ако занемаримо нагиб између равни путања планете и Земље, и претпо-



.Сл. 77



Астрономски подаци о планетама и елементи  
њихових путања око Сунца.

Знак и име планете	Средње удаљење од Сунца		Ексцен- тричност путање	Нагиб пута- ње према еклиптици	Средње дневно си- деришно кретање
	у астро- номским јединиц.	у милионима км.			
♿ Меркур	0,387	57,86	0,2056	7° 0' 12''	14732'',4
♀ Венера	0,723	108,13	0,0068	3. 23. 38	5767 ,7
♁ Земља	1,000	149,50	0,0167	— —	3548 ,2
♂ Марс	1,524	227,79	0,0933	1. 51. 0	1886 ,5
♃ Јупитер	5,203	777,82	0,0484	1. 18. 25	299 ,1
♄ Сатурн	9,539	1426,05	0,0558	2. 29. 28	120 ,5
♅ Уран	19,191	2869,05	0,0471	0. 46. 22	42 ,2
♆ Нептун	30,071	4494,57	0,0086	1. 46. 35	21 ,5
♇ Плутон	39,6 ..	5920.	0,24 ..	17. 7.	14 ,2

ставимо да се Земља и Меркур крећу у истој равни. Што се тиче брзине којом се креће планета, можемо из трећег Кеплеровог закона одмах извести однос њен према брзини Земље. Да би рачун био простији, ми ћемо претпоставити да су њихове путање тачне кружне линије, што неће такође изазвати велику грешку кад се само о изгледу кретања ради. И, ако означимо полупречнике путања, времена оптицаја око Сунца и брзине: за Земљу са  $a$ ,  $T$  и  $V$  — а за Меркур са  $a_1$ ,  $T_1$  и  $V_1$  имаћемо

$$V = \frac{2\pi a}{T}, \quad V_1 = \frac{2\pi a_1}{T_1}$$

Дигнимо оба израза на квадрат и добићемо:

$$V^2 = \frac{4\pi^2 a^2}{T^2}, \quad V_1^2 = \frac{4\pi^2 a_1^2}{T_1^2}$$

па поделимо један израз другим

$$\frac{V^2}{V_1^2} = \frac{a^2}{T^2} \cdot \frac{T_1^2}{a_1^2} = \frac{T_1^2}{T^2} \cdot \frac{a^2}{a_1^2}$$

Позовимо се сада на трећи Кеплеров закон који каже

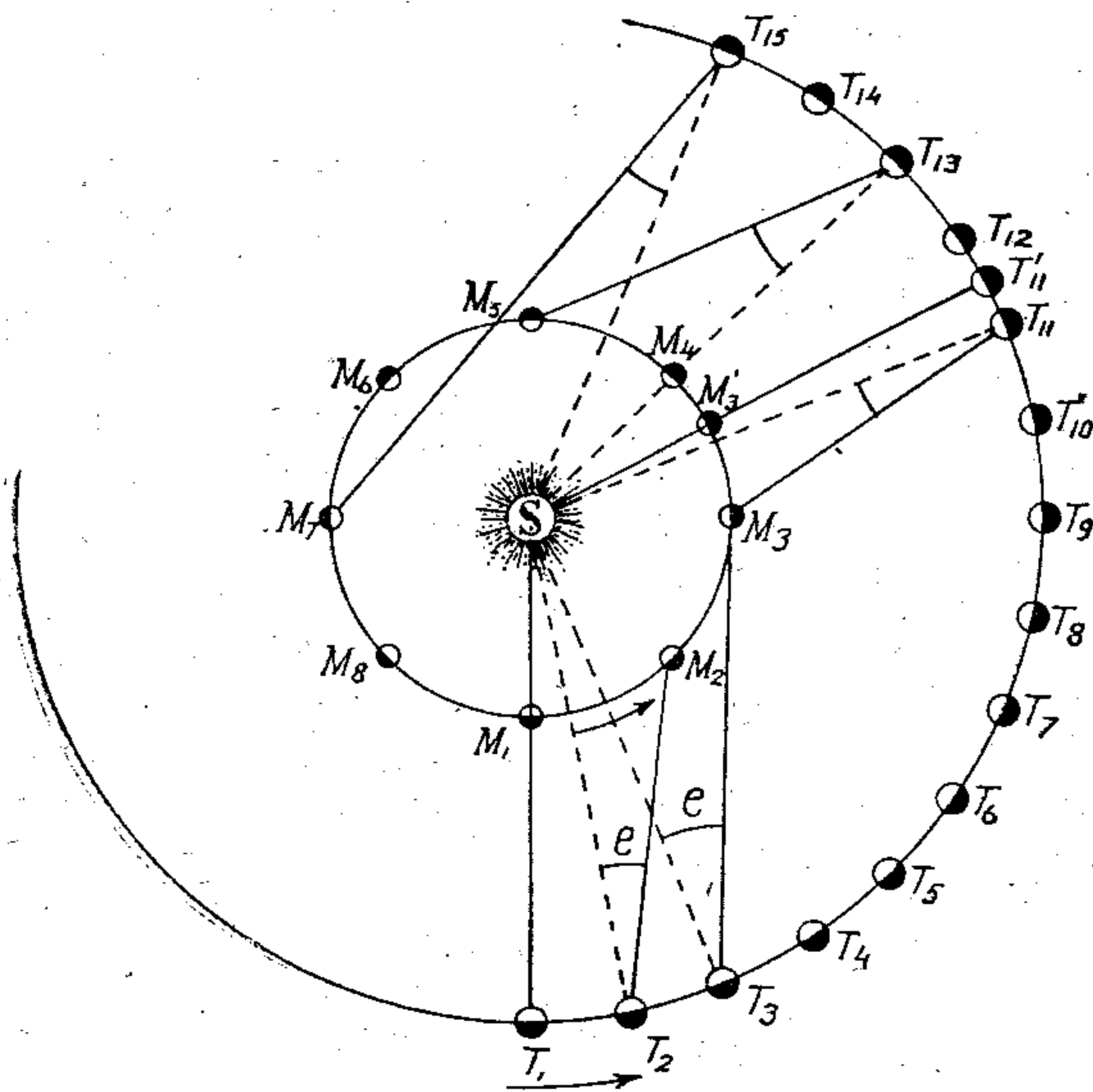
$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{T_1^2}{a_1^3} \quad \text{или} \quad \frac{T_1^2}{T^2} = \frac{a_1^3}{a^3};$$

те ако ово заменимо у израз за однос брзина добићемо да је

$$\frac{V^2}{V_1^2} = \frac{a_1^3}{a^3} \frac{a^2}{a_1^2} = \frac{a_1}{a}$$

што ће рећи да су квадрати средњих брзина двеју планета обрнуто сразмерни полупречницима њихових путања. А то значи, што је планета ближа Сунцу брже се креће, а што је даље спорије.

Вратимо се сада случају Меркура и Земље. Из таблице на стр. 105 сазнајемо да Меркур обиђе око Сунца за 88 дана или у округлом броју за три месеца. Према томе док Земља пређе четвртину еклиптике, Меркур опише целу своју путању око Сунца. Претставимо на слици 78 већим кругом Земљину, мањим кругом Меркурову путању, и обележимо узастопне Земљине положаје са  $T_1, T_2, \dots$ . Ова слика приказује нам кретања Меркура и Земље како се она стварно догађају.



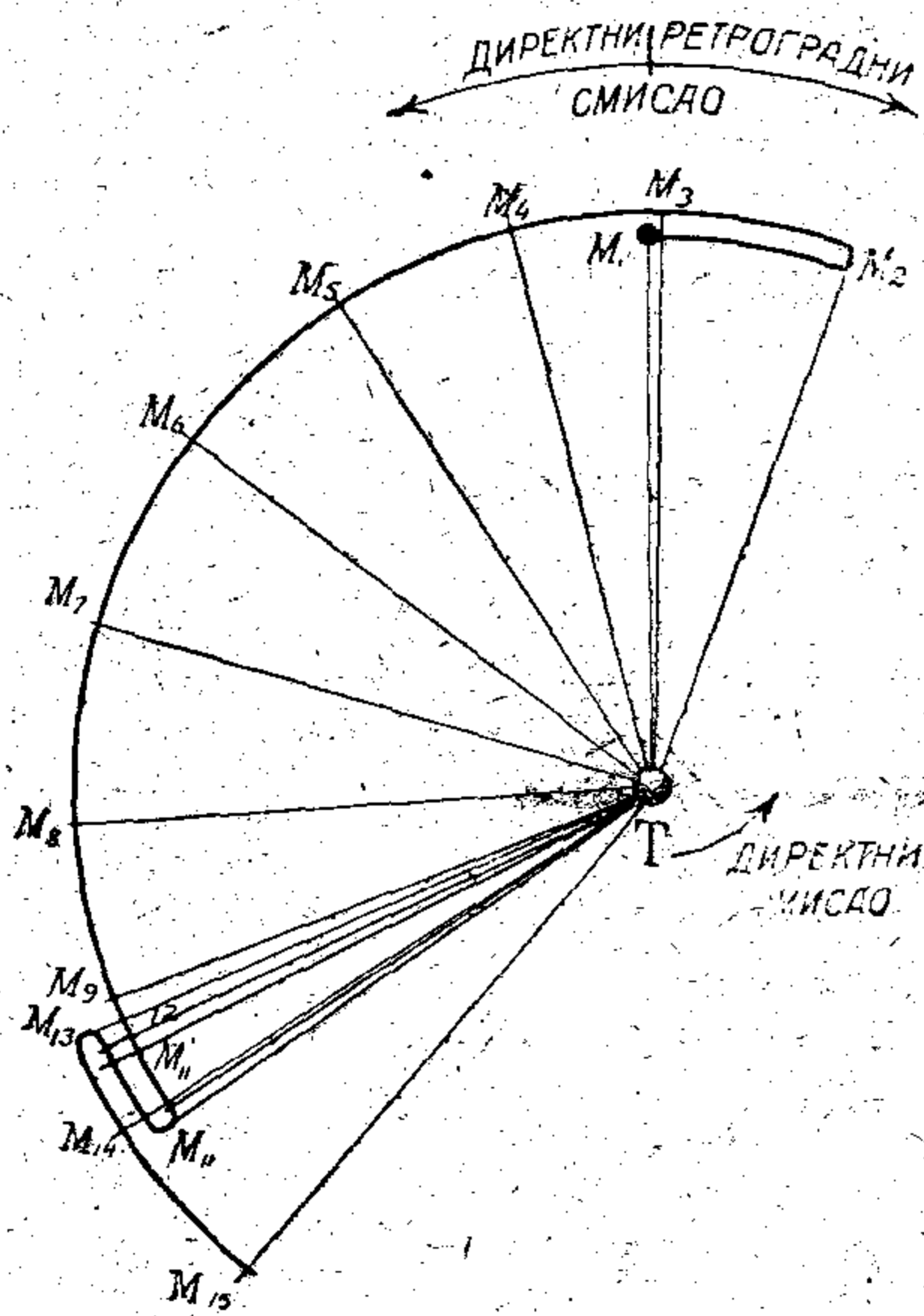
Сл. 78.

Тако видимо да док Земља, полазећи из  $T_1$  стигне у положај  $T_9$ , дакле на четвртину свога пута око Сунца, Меркур опише целу своју путању. Праве  $T_1M_1, T_2M_2, \dots$  претстављају правце који везују ове две планете у одређеним временима.

Узмимо сад да се у једном тренутку Меркур налази у  $M_1$ , Земља у  $T_1$ ; у овом положају каже се да се планета

налази у доњој конјункцији, за разлику од горње конјункције, или положаја кад се Земља и планета нађу у истом правцу али са супротних страна Сунца, као што је положај  $T_6$  и  $M_6$ .

Из положаја  $M_1$  и  $T_1$  крећу се Меркур и Земља у директном



Сл. 79.

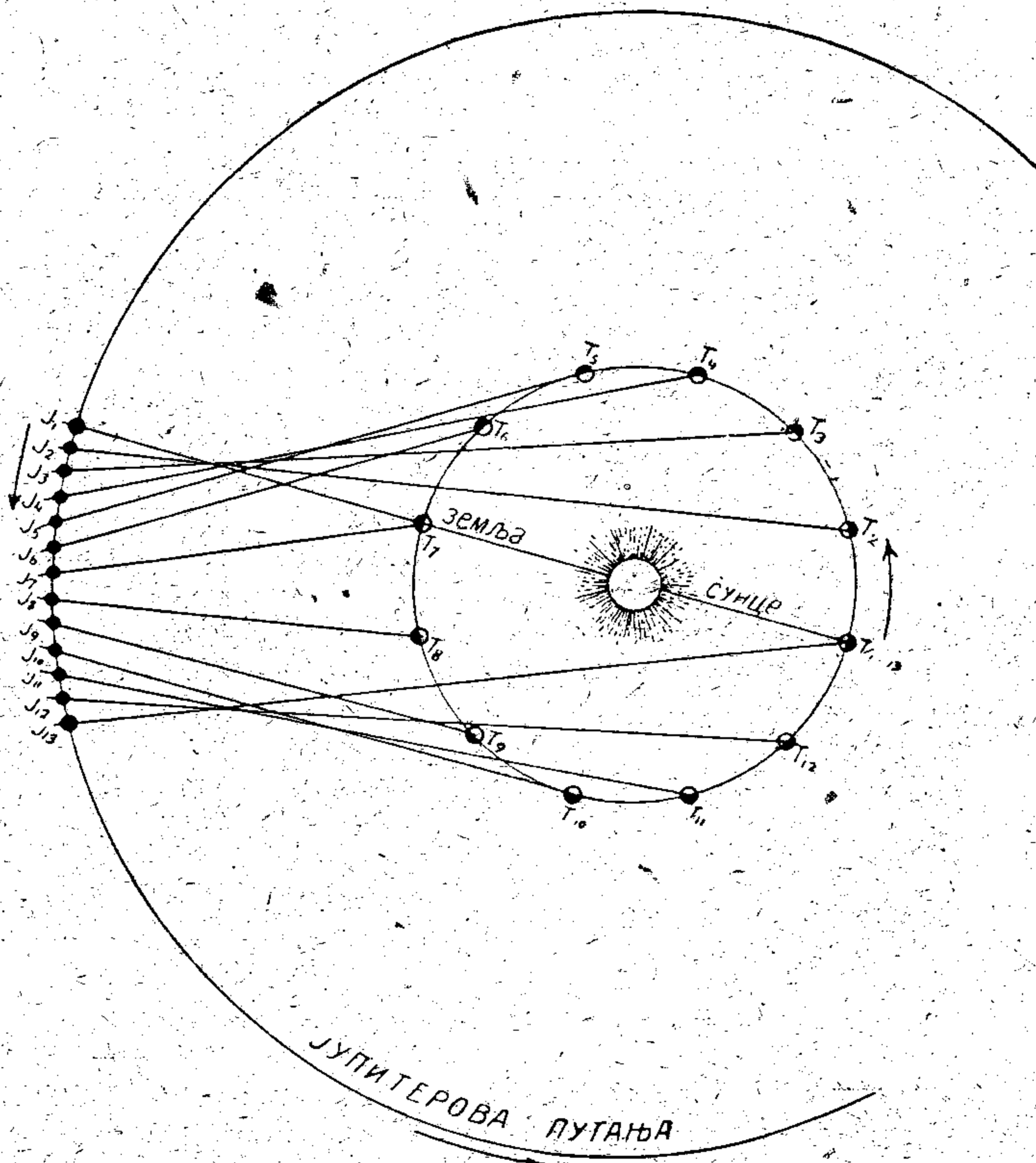
смыслу и доспевају после извесног времена: Меркур у  $M_2$ , Земља у  $T_2$ ; са Земље види се Меркур дакле у правцу  $T_2M_2$ . Кад затим Земља буде доспела у  $T_3$ , Меркур ће на својој путањи стићи у положај  $M_3$  и видећемо га у правцу  $T_3M_3$ . И тако редом, виђаћемо планету Меркур у правцима  $T_4M_4$ ,  $T_5M_5$ ...

Да добијемо слику о овом кретању како се оно види са Земље повуцимо из тачке  $T$  (в. сл. 79), која претставља Земљу као непокретну, редом правце паралелне правцима  $T_1M_1$ ,  $T_2M_2$ ,  $T_3M_3$  и т. д. и уверићемо се о овом. После доње конјункције, за време док Меркур прелази део своје путање од  $M_1$  до  $M_2$ , посматрајући са Земље изгледаће да се он креће у ретроградном смислу. У том свом ретроградном крета-

њу зауставиће се Меркур (11 до 12 дана после доње конјункције) у близини положаја  $M_2$  — каже се да је стигао у тачку *застоја* (*стације*) — одакле се почиње кретати у директном смислу. Овако ће се кретати око 93 дана, све до на неколико дана (11 до 12) пре идуће доње конјункције, која наступа кад Земља и Меркур поново дођу у положај: Земља — Меркур — Сунце, а то ће наступити у  $T_{11}$  односно  $M'_3$ . Ово време које протекне од једне до друге доње конјункције зове се *синодичка револуција* планете. Уопште, синодичка револуција планете зове се време које је потребно да се планета, посматрана са Земље, поново врати у исти положај према Сунцу. Код Меркура износи синодичка револуција 116 дана; код Венере 584 дана.

Ако се вратимо на Меркурово кретање (слика 78) у односу на Сунце, видимо да се угаона одстојања  $e$  Меркура и Сунца

мењају. После доње конјункције угаоно одстојање Меркура од Сунца расте, до извесне највеће вредности коју достиже негде у близини положаја  $T_3M_3$ . За тај положај каже се да је Мер-



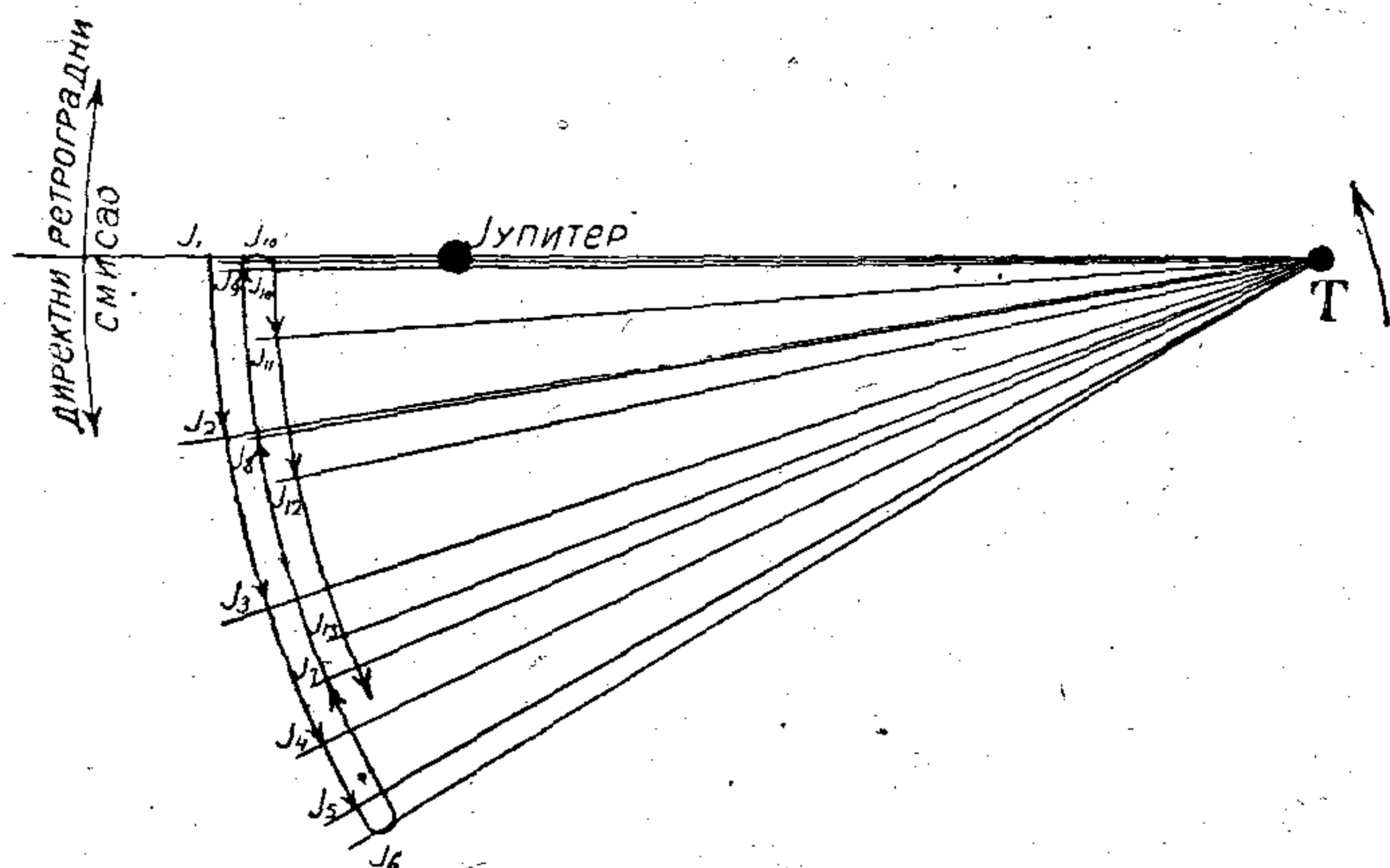
Сл. 80.

кур доспео у највећу елонгацију; и то западну ако је прошао доњу конјункцију, а источну елонгацију ако се приближује доњој конјункцији. Код Меркура износи највећа елонгација  $29^\circ$ ; код Венере пак  $48^\circ$ .

Посматрајмо кретање једне горње планете. Узмимо примера ради планету Јупитер. Из таблице на стр. 105 знамо да Земља обиђе скоро дванаест пута око Сунца док Јупитер опише једанпут своју путању. Како је у овом случају Земљина путања обухваћена Јупитеровом, постаје очигледно да Јупитер не може никад доћи у доњу конјункцију. Његово кретање изучи-

ћемо најбоље са слике 80. Кретање Јупитера и Земље у односу на Сунце, или њихово хелиоцентрично кретање довољно јасно претставља сама слика. Напоменућемо само то, да у положајима као што је на пример  $J_1T_1$ , т. ј. кад се сва три тела нађу у истом правцу и са исте стране Сунца, каже се да се планета налази у *опозицији*; ако пак леже у истом правцу, али на супротним странама од Сунца каже се да је планета у *конјункцији*. Време од једне до друге опозиције или конјункције зове се, као што смо већ рекли, синодичка револуција планете.

Посматрајмо Јупитерово геоцентрично кретање. Земљу у томе случају сматрамо као непокретну и претставимо је тачком  $T$  (слика 81). Да се добије Јупитерово привидно кретање



Сл. 81.

по небеском своду повлачићемо из  $T$ , паралелно стварним правцима нађеним при хелиоцентричном кретању, одговарајуће правце  $T_1J_1, T_2J_2, \dots, T_{12}J_{12}$ . И, ако почнемо од положаја  $T_1J_1$ , Јупитерове опозиције, видећемо да се, одатле почев, Јупитер креће у ретроградном смислу скоро пуна два месеца, до положаја  $J_6$ . Ту ће бити у застоју; потом продужује своје привидно кретање у директном смислу скоро пуних 280 дана. На два месеца пре идуће опозиције долази поново у застој, почиње поново кретање у ретроградном смислу које траје скоро пуна четири месеца. Отприлике на половини ретроградног кретања навршава се време једне синодичке револуције — Јупитер се налази поново у опозицији.

На основу овога што смо изложили за кретање Јупитера није тешко објаснити геоцентрична кретања свих горњих пла-

нета. У приложеној табlici доносимо податке који се на њих односе.

Таблица планетских револуција  
(оптицаја око Сунца)

Име планете	Сидерична револуција у тропским годинама	Синодичка револуција у данима	Трајање кретања		Трајање обртања око сопствене осе
			у директном смислу	у ретроградном смислу	
Меркур	0,24085	116 дана	93 дана	23 дана	(88 дана ?)
Венера	0,61521	584 "	542 "	42 "	(225 дана ?)
Марс	1,88089	780 "	707 "	73 "	24. h 37. m 22 <sup>s</sup> 7
Јупитер	11,86223	399 "	278 "	121 "	9. 50. —
Сатурн	29,45772	378 "	239 "	139 "	10. 14. 24
Уран	84,01529	370 "	219 "	151 "	10. 45. —
Нептун	164,78829	367 "	210 "	158 "	7. 50. —
Плутон	249, ...	366 "	209 "	157 "	?

У врсту планета, поред ових девет, спада и велики број сићушних небеских тела, такозваних *планетоида* (*астероида*, *малих планета*). До сада их је познато око 1400. То су веома ситна небеска тела која се такође крећу око Сунца али, у главном, само у простору између Марса и Јупитера.

У чланове исте заједнице небеских тела рачунају се даље *комете*, затим *метеори* и *болиди*, као и *метеорски ројеви*. Од девет такозваних *великих планета* — како се обично оне зову за разлику од планетоида, или малих планета — све осим Меркура и Венере (за Плутона се још не може знати) имају по једног, два и више *пратиоца* (*сателита*), — као што је Месећ за нашу Земљу — који круже око планета као ове око Сунца. Овај скуп тела сачињавају једну целину коју зовемо *Сунчев систем*.

**47. Њутнов закон гравитације.** — Сва ова небеска тела показују у главном веома слична кретања. Она се сва готово крећу у истом смислу, по путањама чије су равни сразмерно мало нагнуте према еклиптици, и то по истим законима: по познатим Кеплеровим законима. Међутим — као што раније рекосмо — Кеплеровим законима није још решено оно најважније питање: *зашто се ова тела тако крећу*. Овај проблем решио је енглески математичар и астроном *Њутн* (1642—1727) доказавши на основу Кеплерових закона да:

*Где год у природи постоје два тела, међу њима дејствује стално привлачна сила која је сразмерна масама тела, а обрнуто сразмерна квадрату њиховог одстојања.*

Овај закон не изгледа на први поглед тако јасан као што

је једноставан, а то због тога што на Земљи немамо прилике да посматрамо појаве где би се последице овог закона виделе. Нисмо никада могли видети, на пример, да се два обична тела привлаче. Али она се у ствари привлаче, само је сила која међу њима дејствује толико незнатна, да није у стању да савлада отпор који свако тело на Земљи има да свлада, пре но што би се почело кретати. Могли бисмо овако рећи: ми не видимо на Земљи дејства гравитације, зато што тела нису слободна. Но чим узмемо да су тела слободна, или једно бар од њих слободно — случај који наступа кад предмет пустимо са извесне висине да слободно пада — можемо посматрати дејство силе коју Њутнов закон предвиђа.

Сва небеска тела су слободна тела. То су масе, и то огромне масе које слободно лебде у простору. И мада су даљине између појединих тела огромне, привлачна сила међу њима је осетна, а Њутнов закон довољан да нам објасни да се, услед узајамних привлачних сила, небеска тела морају кретати по Кеплеровим законима. Стога се с правом може рећи, да је проналазак овога закона један од највећих триумфа човечјег духа у изучавању природе. Јер, ово је једини закон који важи не само за Земљу, него у целој природи. По њему се креће не само камен који пустимо да слободно пада; не само Месец око Земље, и сателити око својих планета; не само планете, планетоиди, комете и остала тела у Сунчевом систему око Сунца, — него и сви они невидљиви спектроскопски парови звезда, и двојне и тројне и многоструке звезде, — сва тела уопште где год их има и колико год их има у природи. Зато се Њутнов закон зове *закон опште гравитације*.

Било би међутим сасвим погрешно сматрати, да после овог закона ничег непознатог више не преостаје у природи, бар у колико се ради о кретању тела уопште, па и небеских тела. Нема сумње да три Кеплерова закона омогућују да одредимо и облик и димензије путање, као и начин како се тело по њој креће. Њутнов закон казује нам опет зашто се оно тако креће, и да се тако мора кретати, — али ипак под једном само претпоставком, коју у брзини човек лако превиђа, а то је: да при кретању које посматрамо не буде више од два тела која једно на друго дејствују. Где их има више од два, као што је то случај у Сунчевом систему, ту Њутнов закон престаје бити онако једноставно решење као што је то случај за два тела. Да око Сунца кружи, на пример, само једна планета, Кеплеровим и Њутновим законима казано би било одједном све што се односи на кретање овога система од два тела. У ствари ми смо видели да око Сунца кружи девет (можда и више) великих планета у пратњи својих сателита, знатан број планетоида, комета, затим огроман број мрачних тела, као што су метеори и метеорски ројеви, — где свако од њих подлежи у сваком часу дејству свих осталих, као што обрнуто она дејствују стално на сва остала тела у систему. Постаје дакле очигледно, или бар наслућујемо да ће у овом случају место једноставног кретања и решења као што је нађено за проблем два тела, кретање тела бити веома замршено.

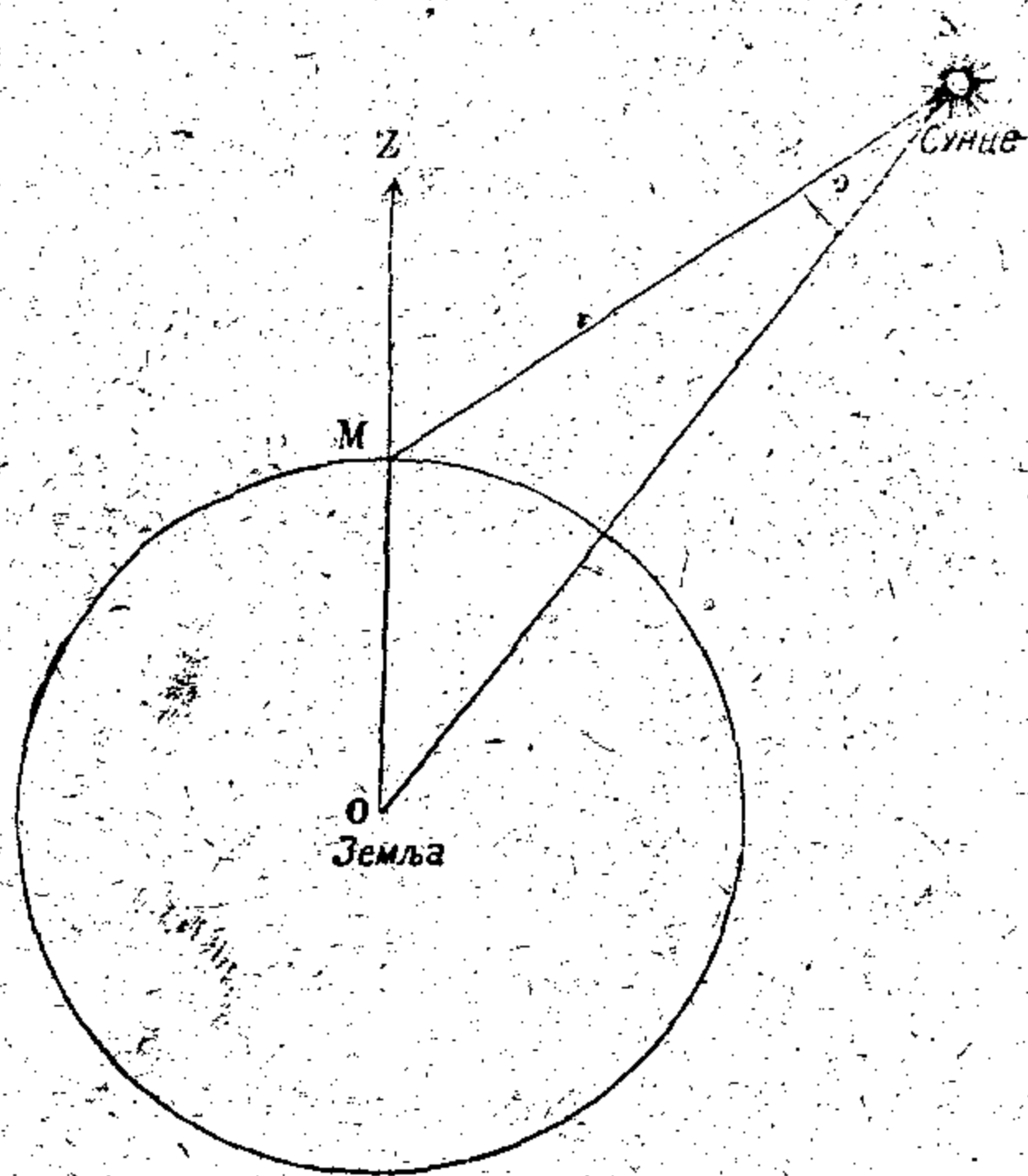
Што је наука о небеским телима била ипак у стању да створи теорију кретања тела Сунчевог система, има да се благодари у првом

реду тој околности, што је Сунчева маса према маси ма кога било другог тела у систему, па чак и у односу свих тела скупа, огромно пута већа. Према томе и њено дејство небројено пута је претежније од дејства ма кога или свих осталих тела скупа.

На основу тога, кад се изучава кретање некога тела у Сунчевом систему, редовно се полази од претпоставке да је оно једино тело на које Сунце дејствује, као и да на њега дејствује само Сунчева привлачна сила по закону опште гравитације. Па пошто одредимо путању и начин кретања под овом претпоставком, приступамо изучавању кретања тога тела под дејством осталих тела. Ово дејство показује се у малим одступањима посматраног тела од путање којом би се оно кретало, кад у систему не би било других тела осим Сунца. Ова одступања зову се *пертурбације*. И на тај начин успева наука да одржава под сталним надзором и ова замршена кретања небеских тела, и да у сваком тренутку зна тачно где се које тело налази у простору.

## ПОЈЕДИНОСТИ О ТЕЛИМА СУНЧЕВОГ СИСТЕМА.

Пређимо на опис и поближе упознавање појединих чланова ове небеске породице коју смо назвали Сунчев систем. Али, пре но што стварно пређемо на та излагања, ваља напоменути да се извесне раније чињенице и дефиниције имају нешто друкчије узети кад се ради о звездама, а друкчије кад се говори о телима која припадају Сунчевом систему. Тако, можемо се сетити да смо раније рекли да се, у односу на димензије небеског свода, Земља може сматрати као тачка у средишту небеске сфере: Земљин полупречник био је дакле занемариван према одстојањима звезда, посматрачев хоризонт сматран је да пролази кроз средиште Земље и небеске сфере. Међутим ове претпоставке морају се напустити кад се посматрају тела која припадају Сунчевом систему. Јер, мада су за наше земаљске димензије даљине и ових тела огромне, погрешно би било сматрати да су и димензије Земљине сфере занемарљиве количине према тим даљинама; о овом се можемо лако уверити.



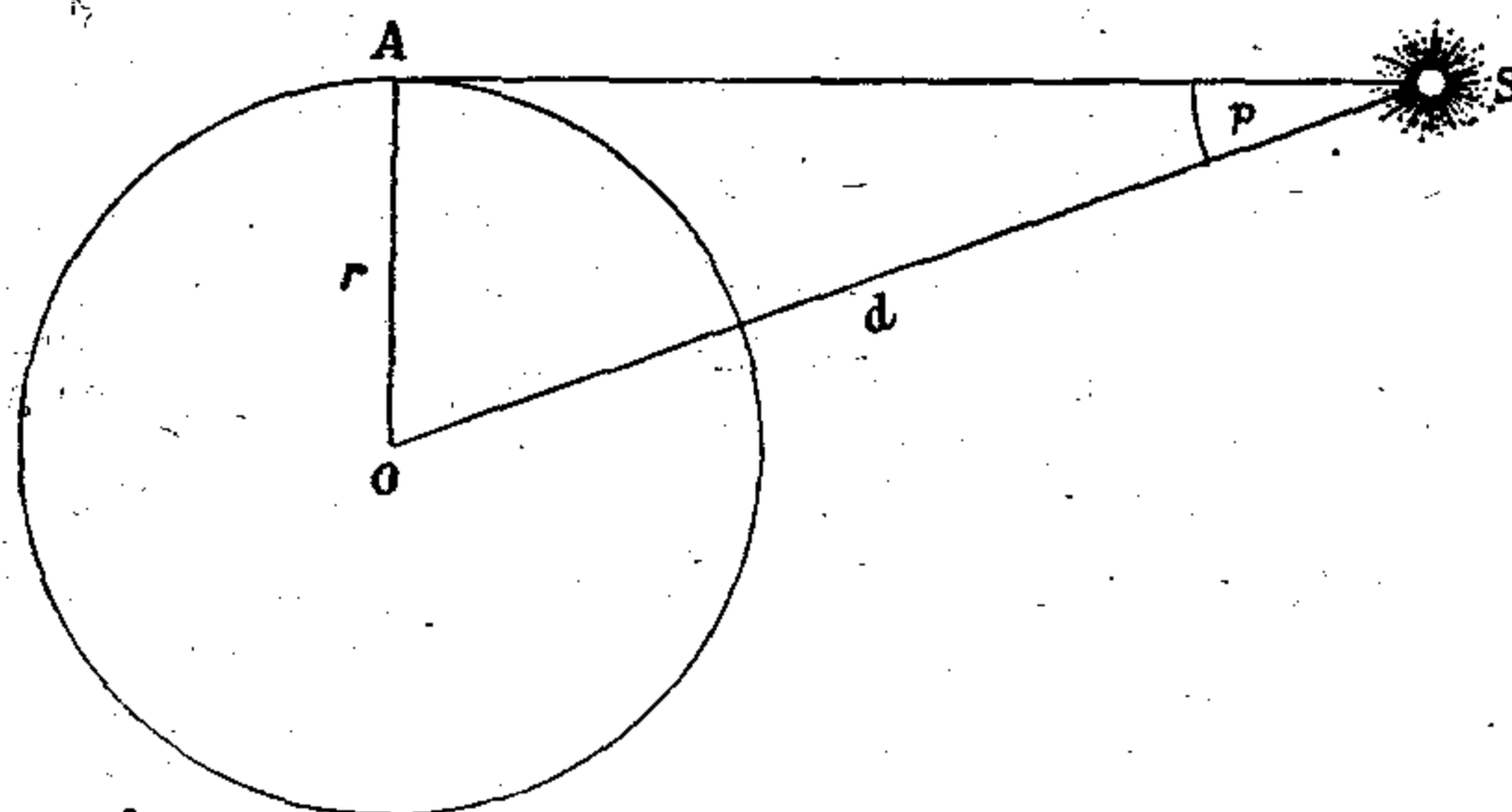
Сл. 82.

се посматрају тела која припадају Сунчевом систему. Јер, мада су за наше земаљске димензије даљине и ових тела огромне, погрешно би било сматрати да су и димензије Земљине сфере занемарљиве количине према тим даљинама; о овом се можемо лако уверити.

Претпоставимо да смо измерили са извесног места на Земљи  $M$  (в. сл. 82), чији је зенит престављен са  $Z$ , Сунчеву зе-



нитну даљину у одређеном часу дана. Узмимо да је та зенитна даљина  $ZMS = z$ . У истом часу зенитна даљина Сунчева из тачке  $O$ , т. ј. из Земљиног средишта била би  $z_0 = ZOS$ . А са слике видимо да је  $z = z_0 + p$ .



Сл. 83.

Дакле ове две зенитне даљине разликују се међу собом за угао под којим се види са Сунца у том часу полупречник Земљине лопте. Тај угао није велики: његова највећа вредност не достиже ни  $9''$ ; средња вредност његова износи  $8'',8$  и зове се *Сунчева паралакса*. Уопште, *паралакса*, тачније *дневна паралакса* небеског тела зове се угао под којим би се из његовог средишта видео полупречник Земљине лопте.

Ако знамо паралаксу неког тела, није тешко показати да се у том случају може одредити његово одстојање од Земље. Доиста нека претстаља на сл. 83.  $A$  посматрача на Земљиним екватору, а  $S$  Сунце на хоризонту. Узме ли се да је Земљин полупречник познат, даљина  $d$  Сунца од Земље може се одредити, ако нам је дата Сунчева такозвана *екваторска хоризонтална паралакса*  $p$ . Јер видимо да је  $r = d \sin p$ , одакле је

$$d = \frac{r}{\sin p}$$

И, ако усвојимо за  $p$  поменути вредност  $8'',8$ , а за екваторски полупречник — као што смо раније навели —  $6378$  км., налазимо да одстојање Сунца од Земље износи  $150.000.000$  км. у округлом броју. Тачна вредност средњег одстојања Земље од Сунца равна је  $149.500.000$  км.

Ова дужина усвојена је у астрономији као јединица за мерење одстојања небеских тела која припадају Сунчевом систему, а зове се *астрономска јединица*. Оно што је метар на Земљи, за Сунчев систем је одстојање Земље од Сунца. Ако се опоменемо да светлост прелази у секунду  $300.000$  км., видимо да простор од Сунца до Земље зрак светлости прелази за  $8^m 18^s$ .

БИБЛИОТЕКА

АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

У ствари паралаксе служе за поправке и свођења посматрања, извршених на разним тачкама Земље, на оно што би посматрања требала да буду, да смо их извршили из Земљиног средишта.

**48. Сунце.** — Из свега што смо до сад рекли излази јасно да је Сунце централно тело Сунчевог система. Оно својом огромном масом одржава поредак у кретањима чланова Сунчевог система. Својом обилатом светлошћу обасјава их и снабдева топлотом — одржава потребне услове за живот на Земљи. Наслућујемо да Сунце мора свакако бити огромно тело, облика такође скоро правилне лопте, на чијој површини, а још више у унутрашњости материја мора бити на врло високој температури. Шта је Сунце, изложићемо овде у најглавнијим потезима.

Сунце је огромна лопта чији пречник износи око 1.390.000 км.; дакле, у округлом броју 110 пута је већи од пречника Земљине лопте. Кад погледамо Сунце кроз мрко обојено стакло, видимо његову сјајну, бљештећу, глатку површину, тако звану *фотосферу* од које добијамо светлост дана. Фотосфера је спољни омотач Сунчеве лопте, на коме влада температура око  $6000^{\circ}$ . Фотосфера је уједно онај део на Сунцу који производи познати низ боја у Сунчевом спектру. На основу онога што смо рекли о спектру, закључујемо да фотосфера мора бити састављена из чврстих или течних делића усијане материје.

Ако управимо дурбин ка Сунцу, уверићемо се да фотосфера, прво, није глатка површина и, друго, није у чврстом стању. Она даје утисак житке (в. сл. 84), зрнасте масе усијаних честица које пливају по површини Сунчеве лопте. У средини Сунчевог котура фотосфера изгледа више сјајна, на периферији сразмерно тамнија.

Али често можемо приметити, чак и голим оком, да површина фотосфере није глатка и једнако сјајна; с времена на време могу се видети на њој мања или већа црна места; то су Сунчеве *пеге* (в. сл. 85). Дурбином се Сунчеве пеге нарочито лепо виде. Тада се даје лако и то приметити да се пеге крећу по фотосфери. Ако уочимо једну групу пеге, у средини Сунчевог котура, па ову пратимо дуже времена, уверићемо се



Сл. 84.

да она ишчезава после шест дана са Сунчеве површине, на западној ивици фотосфере. Али две недеље касније појављује се поново иста група пега на источном рубу Сунчевог котура.



Сл. 85.

На основу овог померања Сунчевих пега закључено је да се Сунчева лопта обрће око једне осе једанпут сваких 26 дана.

Значајно је да време обртања није исто за све делове Сунчеве лопте: изгледа да се средњи појас (око Сунчевог екватора) обрће брже од делова изнад и испод њега, што не би могло наступити да је Сунце чврсто тело. Ово је несумњив доказ да Сунчева лопта мора бити тело у течном или гасовитом стању. Она замишљена оса око које се обрће Сунчева лопта одређује на њој две супротне тачке: *Сунчеве половине*, а велики круг на површени лопте, чија ра-

ван стоји управно на поларној оси, зове се *Сунчев екватор*. Раван Сунчева екватора затвара са равни еклиптике угао од  $7^\circ$ .

О Сунчевим пегама знамо данас да се оне појављују само у једном одређеном делу Сунчеве лопте, наиме на једном појасу од  $25^\circ$ — $30^\circ$  са обе стране Сунчева екватора. Врло ретко се појављују на самом екватору и ван овога појаса. Пеге су појаве периодичне природе. Истина, нити њихов изглед, ни облик, а ни време трајања, ако се узму појединачно, не показују неки правилан ток, нити подлеже икаквим тачним законима. Утврђен је само општи ток њихове појаве. Пеге се појављују на Сунцу изненада; затим, две до три године, број и величина пега постепено расту; годину или две дана затим остаје све без већих промена да се, после шест година опадања и смањивања, ове пеге потпуно изгубе са Сунчеве површине, али уступе своје место новим пегама, да ове, после једанаестогодишњег живота, такође нестану.

На Сунчевој површини постоје поред пега и тако зване *факуле* (*буктиње*) (в. сл. 84). Супротно од пега, ово су сјајна

места на фотосфери (као сјајне пеге), сјајнија но што је сама фотосфера, а доказано је да зраче и више топлоте од ове. Факуле и пеге стоје у вези. Факуле су испупчења на фотосфери која наступају услед дејства еруптивних сила у Сунчевој гасовитој унутрашњости. Под јаким притиском ова испупчења фотосфере морају да попусте, цепају се на Сунчевој површини настају услед тога отвори — појављују се Сунчеве пеге. Кроз пеге опажамо, као кроз отворе на Сунчевој површини, унутрашње прве слојеве Сунчевог језгра. То је све у главном што се даје видети на Сунчевој површини. Чегга има испод тога спољашњег омотача поуздано се не може знати. Напротив, о појавама и о оном што је изнад фотосфере и око Сунчеве лопте, успела је наука помоћу спектроскопије и фотографије да утврди знатан број важних чињеница.

Слично оном што имамо на Земљи, и Сунчева лопта обавијена је гасовитом материјом, дакле једном врстом атмосфере. Ова атмосфера има свој сјај; наравно овај је кудикамо слабији од сјаја фотосфере. Састав Сунчеве атмосфере овакав је отприлике. Прво, разликујемо један најнижи слој који плива по самој фотосфери, а састављен је из разних врста згуснутих пара, које показују извесне сличности са воденом паром. То је онај слој који производи Фраунхоферове линије у Сунчевом спектру. Изнад овог долази слој лаких гасова, састављених највећим делом од хидрогена, нешто хелиума а, у мањој количини, још из великог броја других елемената. Ово је такозвана *хромосфера*. Та два слоја претстављају за Сунце оно што и атмосфера за нашу Земљу. С времена на време, избијају кроз ова

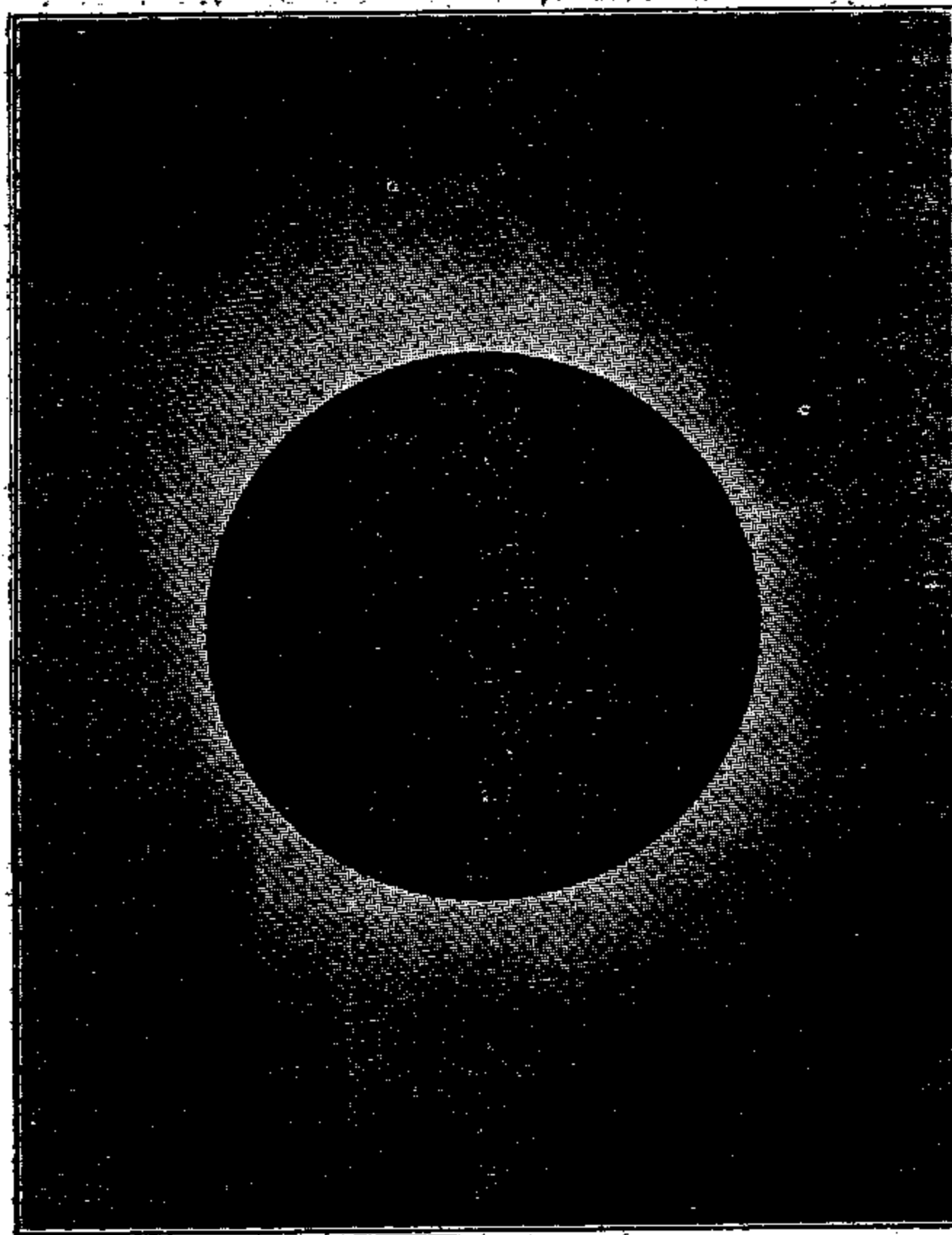


Сл. 86.

два слоја, врло вероватно кроз отворе Сунчевих пеге, необично велики усијани млазеви гасовитих честица који се пењу, невероватним брзинама, врло високо изнад Сунчеве површине: то су такозване *протуберанце* (в. сл. 86). Осим ових еруптивних протуберанца које, и по изгледу и по боји, доиста личе на

праве пламенове, опажају се и мирне претуберанце које лебде, као облаци у ваздуху, над самом фотосфером.

Цела Сунчева лопта, заједно са ова два слоја своје атмосфере, увијена је још у један слој гасовите материје, чија висина може да достигне дужину Сунчевог пречника: зове се *корона*. Корона је састављена делом из нарочите материје, познате под именом корониум, распоређене око целе Сунчеве лопте, која има и свој сопствени сјај (по јачини приближно раван сјају пуног Месеца), а делом из течних и гасовитих млазева усијане материје. Она се види најбоље за време потпуних Сунчевих помрачења (в. сл. 87 и 88). Утврђено је испитивањем да како састав, тако и изглед короне стоје у вези са Сунчевим пегама. У годинама кад је на Сунцу много пега «зраци» короне достижу знатно веће висине изнад фотосфере, и много су сјајнији но у време кад је пега мало; у оваквим случајевима, може



Сл. 87.

чак да се деси, да се корона уопште и не види.

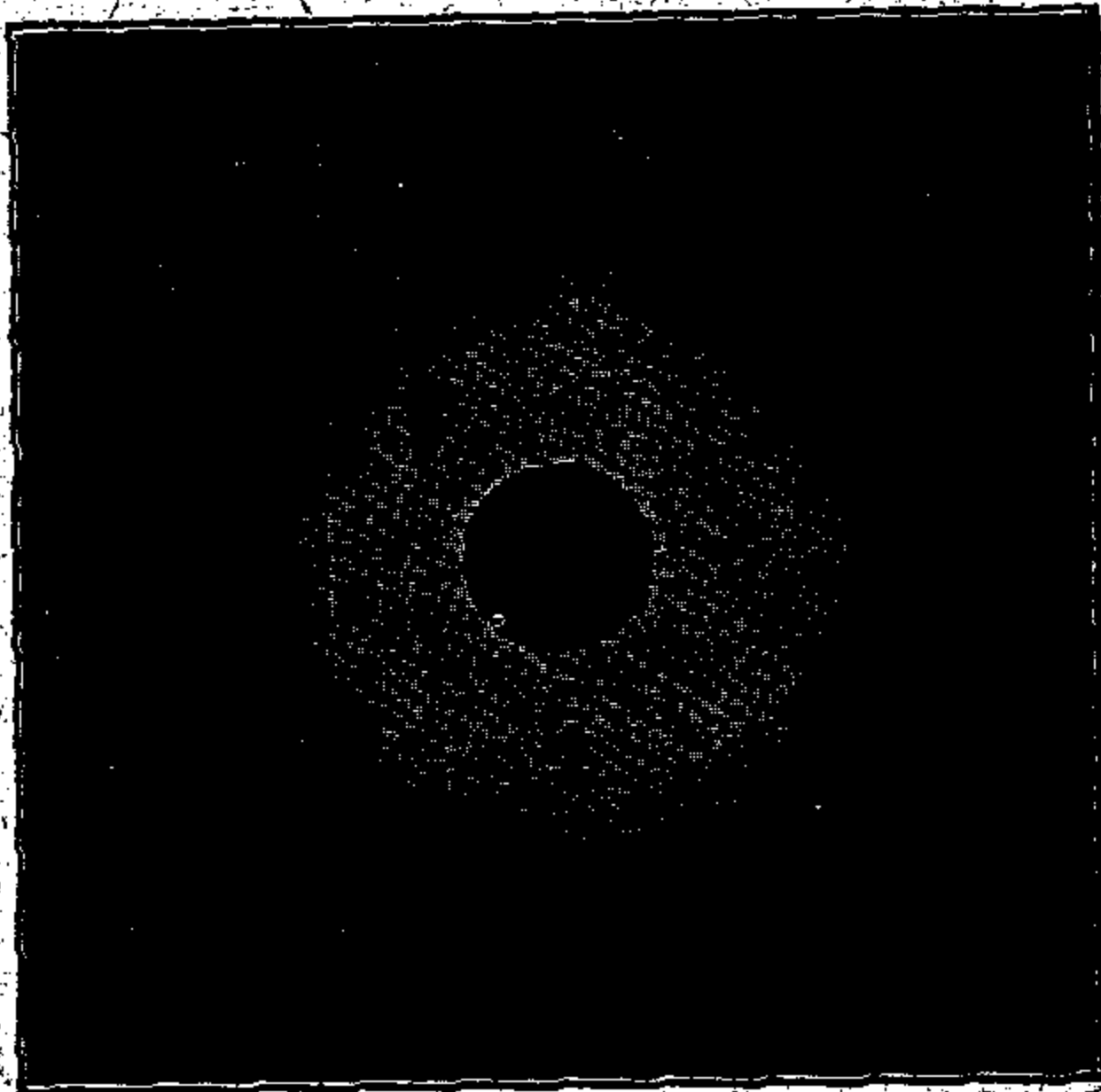
По свему изгледа да је корона материја која се одржава на висинама Сунчеве атмосфере, и то онде где се уравнотежују дејства, с једне стране, струјања и ерупција честица са фотосфере на више и, с друге стране, привлачене Сунчеве силе на ове честице на ниже.

Какав је састав саме Сунчеве лопте? Да Сунце не може бити чврсто тело о томе смо се могли уверити говорећи о обртању Сунчеве лопте око њене поларне осе. Унутрашњост Сунчева мора, дакле, бити испуњена гасовитом масом на невероватно високој

температури, коју притисак спољних слојева одржава у стању сличном житкој течности. Средња температура у унутрашњости Сунчевој узима се да износи око  $10.000^{\circ}$ . Средња густина материје која сачињава Сунчеву лопту достиже приближно четвртину Земљине густине, или 1,4 густине воде. Маса Сунчева већа је 333.000 пута од Земљине масе. На Сунчевој површини, према томе, грам материје подлежи привлачној сили која је 28 пута

јача од привлачне силе која дејствује на Земљиној површини. Примера ради навешћемо да би човек, који тежи 70 кг. на Земљи, тежио на Сунцу скоро 2000 кгр.!

Значај Сунчеве топлоте за живот на Земљи подстакао је научнике да испитују чиме се одржава Сунчева топлота. Јер, са овим у вези стоји и питање, да ли се Сунчева топлота троши и, ако је ово случај, за које се време може она потпуно истрошити? Данас се о том важном питању овако мисли. Једним великим делом надокнађује Сунце своју топлоту спорим, постепеним смањивањем своје запремине, под дејством гравитационе силе сопствене масе. Уз то, сталним струјањем из унутрашњости на више, доспева усидана Сунчева материја до површине, ту зрачи у простор своју топлоту, хлади се,



Сл. 88.

и охлађена спушта се поново у унутрашњост. Али при овом спуштању ствара се нов извор за надокнађивање Сунчеве топлоте. Што се тиче смањивања Сунчеве запремине она је толико спора, да се смањивање пречника његове лопте не би могло приметити са Земље ни после више хиљада година. Колико ће времена ово смањивање трајати, то се ни приближно не може рећи, али свакако још неки милион година.

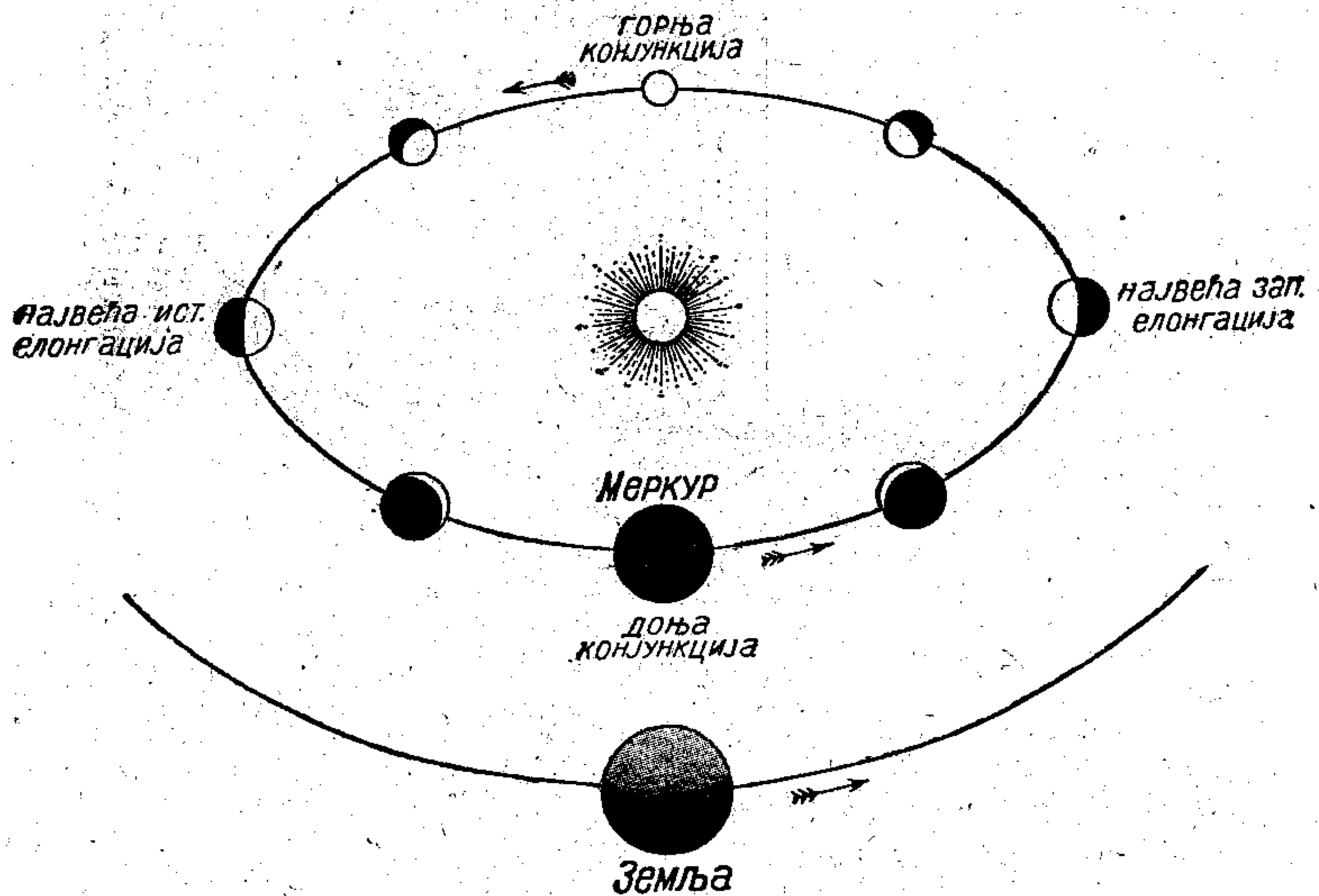
У вези са Сунцем, споменућемо појаву оне беличасте светлости која се даје видети (ретко код нас, чешће у тропским пределима) на небеском своду нарочито у време равнодневица, пре изласка или после заласка Сунчевог; то је такозвана *зодијакална светлост*. У виду дугуљасте елипсе простире се ова светлост у правцу еклиптике, у висину над хоризонтом до  $50^\circ$ , у ширину око  $20^\circ$ . Њена појава објашњава се осветљењем Сунчевим зрацима космичке прашине, која се шири далеко у простор у продужењу равни Сунчевог екватора. Међутим, треба напоменути да у овој појави игра улогу и атмосферски електрицитет.

## ПЛАНЕТЕ. ЊИХОВ ОБЛИК, ВЕЛИЧИНА, ДАЉИНА, СASTAV И ФИЗИЧКА ПРИРОДА.

**49. Меркур.** — Најближа и најмања од девет великих планета је Меркур. Због велике ексцентричности путање по којој се креће око Сунца, границе Меркурових одстојања од Сунца

доста су велике: у перихелу приближује се Меркур Сунцу на 46.000.000 км., у афхелу далеко је од њега 69.000.000 км. Кад је Земљи најближи, удаљен је од нас 79.000.000 км., а кад је најдаљи стоји на 220.000.000 км. Привидни пречник Меркуров, т. ј. угао под којим се види пречник његовог котура са

| *Вечерње небо* | *Јутарње небо* |



Сл. 89.

Земље мења се према одстојању од Земље између 4'' и 12''. Пречник његове лопте износи око 4500 км.; запремина му је свега  $\frac{1}{12}$  Земљине запремине. Меркур има облик елипсоида, код кога је спљоштеност знатно већа од Земљине: она износи око  $\frac{1}{116}$ .

О Меркуровом кретању било је речи напред (стр. 102). Том приликом утврђено је да, због близине Сунчеве и релативно велике брзине којом се креће по својој путањи, Меркурово угаоно одстојање од Сунца не може премашити  $29^\circ$ . А то значи, да планету Меркур не можемо посматрати дуже од свега  $1\frac{1}{2}$  час после Сунчева заласка, или толико исто пре Сунчева изласка. Меркур се може видети, дакле, само на малој висини при хоризонту, што знатно отежава посматрања.

Ако га дурбином гледамо приметимо да мења изглед, као и наш Месећ: Меркур показује мене. Изглед мена овако се мења.

После горње конјункције (в. сл. 89), кад се Меркур почне виђати на западу, одмах по Сунчеву заласку, види се дурбином скоро цео његов сјајни котур. Али већ наредних дана може се приметити како леви руб котура тамни; види се да се сјајни део котура смањује постепено, из дана у дан док се тамни део котура не изједначи са сјајним делом. Затим, како се буде смањивало Меркурово угаоно одстојање од Сунца, тако ће и сјајни део бивати све мањи у односу према тамном делу његова котура и добиваће облик све ужег српа да, у часу доње конјункције, пређе у црн, невидљив котур. После доње конјункције, ако потражимо Меркура на јутарњем небу, видећемо да се његове мене показују обрнутим редом: почињући са уским српом, сјајни део котура повећава се постепено, достиже после извесног времена тачно половину котура, затим и даље расте док, у часу горње конјункције, не обухвати понова цео Меркуров котур.

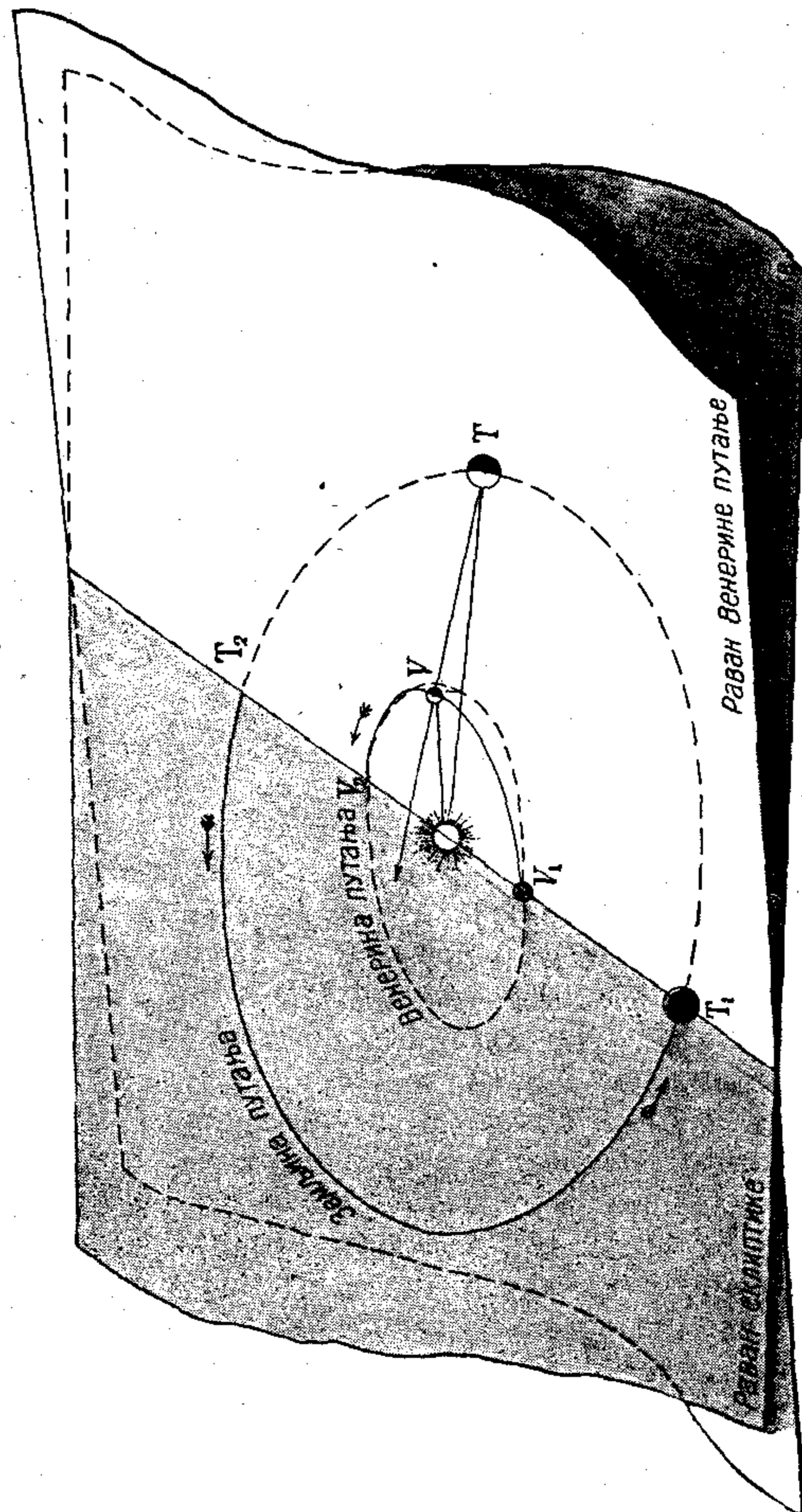
Појаве мена доказују јасно да су планете тамна тела, која видимо само уколико су обасјана зрацима Сунчеве светлости. Облик мена зависи — као што смо видели — од посматрачева положаја према Сунцу и планети.

О физичкој природи планете Меркура мало је шта поуздано утврђено. Бледи, нејасне црте на његовој површини и незнатне промене које се више наслућују, но што се могу са сигурношћу утврдити, наводиле су једно време посматраче да поверују, да се Меркур обрне око своје поларне осе приближно за исто време као и Земља: за  $24^h 5^m$ . Касније је било напуштено ово мишљење, јер је вероватније изгледало да се Меркур обрне око своје осе за исто време, за које једанпут обиђе око Сунца: дакле за 88 дана. Ово би значило да је Меркур стално окренут Сунцу истом површином своје лопте, док на другој, супротној половини влада вечна тама и хладноћа. О Меркуровој атмосфери поуздано се такође не зна много. — Кеплеровим и Њутновим законима одређена је Меркурова маса и нађено је да износи шестину Земљине масе. Човек тежак 70 кг. на Земљиној површини, не би имао на Меркуру ни пуних 30 кгр.

**50. Венера.** — Друга планета по реду даљина од Сунца је Венера. Ово је после Сунца и Месеца најсјајније небеско тело на нашем небу. Ексцентричност Венерине путање око Сунца је врло незнатна, због тога је разлика у њеним одстојањима у перихелу и афхелу сразмерно мала: око 700.0000 км. Средње одстојање Венере од Сунца износи у округлом броју 108,000.000 км. Од Земље је далеко 42,000.000 км. у најближем, а 250,000.000 км. у најдаљем свом положају. Привидни пречник Венере мења се од 10'' до 66''. По својим димензијама Венера је од свих планета најсличнија Земљи: њен пречник је свега



за 40 км. мањи од пречника Земљине лопте; њена запремина је  $\frac{9}{10}$  Земљине запремине; маса јој је равна 0,82 Земљине масе, а тежа на површини Венере достиже 0,9 Земљине теже.



Сл. 90.

Човек од 70 кг. на Земљи тежио би на површини Венере нешто више од 60 кг.

За кретање Венере важи све оно што смо раније утврдили код Меркура. Има да се дода само то да, услед веће удаљености од Сунца, највеће угаоно одстојање Венере од Сунца

износи  $48^\circ$ . То ће рећи, да се планета може видети на западном небу три пуна часа после Сунчева заласка, или изјутра толико исто времена пре Сунчева изласка. Због тога Венера и има код нас у народу два назива: *Вечерњача* и *Зорњача*.

Као доња планета и Венера, слично Меркуру, мења свој изглед, показује мене које можемо опазити и у малим дурбинама. Једно због повољнијих положаја које Венера заузима на небу приликом највећих елонгација а, друго, због веће близине Венере Земљи, утврђено је да је Венерина лопта опкољена атмосфером која је, вероватно, веће густине од Земљине атмосфере. Услед знатно више температуре на површини Венере, због веће близине Сунчеве, стварају се у њеној атмосфери слојеви густих облака који нам заклањају саму површину планете. Стога је и код Венере, као и код Меркура, питање обртања планете око њене осовине још и данас нерешен проблем.

**51. Пролази Меркура и Венере испред Сунца.** — Кад би путање доњих планета лежале у самој равни еклиптике, при свакој доњој конјункцији налазиле би се оне на правој повученој кроз средиште Сунчеве и Земљине лопте. При свакој доњој конјункцији, како Меркура тако и Венере, виђали бисмо ове планете као мале црне котурове како се крећу испред сјајног Сунчевог котура. Како се међутим равни путања ових планета не поклапају са равни еклиптике, но са овом затварају извештан угао — Меркур од  $7^\circ$ , Венера од  $3^\circ,5$ , — то у тренутцима доњих конјункција пролазе обично ове планете или изнад, или испод праве која спаја средишта Сунца и Земље. На слици 90 приказани су положаји равни и путања Венере и Земље. Са ње се даје јасно видети да ће при доњој конјункцији, која буде наступила кад се Земља нађе у  $T$  а Венера у  $V$ , планета проћи изнад Сунца, а у супротном положају испод Сунца. Само при оним доњим конјункцијама које буду наступале кад се Земља и планета буду нашле у положајима  $T_1$  односно  $V_1$ , или  $T_2$  односно  $V_2$  — другим речима, на правој дуж које се секу равни њихових путања — моћи ћемо посматрати пролаз планете испред Сунчевог котура.

Ови пролази важни су нарочито због тога, што се помоћу њих одређује одстојање Сунчево од Земље, т. ј. што се том приликом мери Сунчева паралакса. Ови пролази нису тако честе појаве као што би човек у први мах могао помислити. Код Меркура наступа шест оваквих пролаза испред Сунчевог котура за 46 година. Последњи је био 1927 године 10 новембра, први идући догодиће се 11 маја 1937 године, а за њим 11 новембра 1940 године. Код Венере су ови пролази још ређи: у току од 243 године догоди се четири пролаза Венере испред Сунца. И то следе у неједнаким размацама: од последњег до првог наредног пролаза Венере прође 8 година, од овог до сле-

дећег има затим да прође 121,5 година; трећи наступа 8 година касније, а четврти следује за овим после 105,5 година. Тако је један Венерин пролаз био 1874 године 9 децембра, за њим је следовао други 9 децембра 1882; ово је последњи који је могао бити посматран. Први идући догодиће се 8 јуна 2004 године, а за овим први биће 6 јуна 2012 године.

**52. Земља.** — Трећа планета по реду одстојања од Сунца је наша Земља. О Земљи као небеском телу знамо да је њен екваторски пречник 12.756,8 км., а поларни 12.713,8 км.; средње њено одстојање од Сунца износи 149.500.000 км. Ексцентричност њене путање равна је 0,068; у перихелу је Земљино одстојање од Сунца 147.000.000 км., у афхелу 152.000.000 км. Средња густина Земље једнака је 5,5.

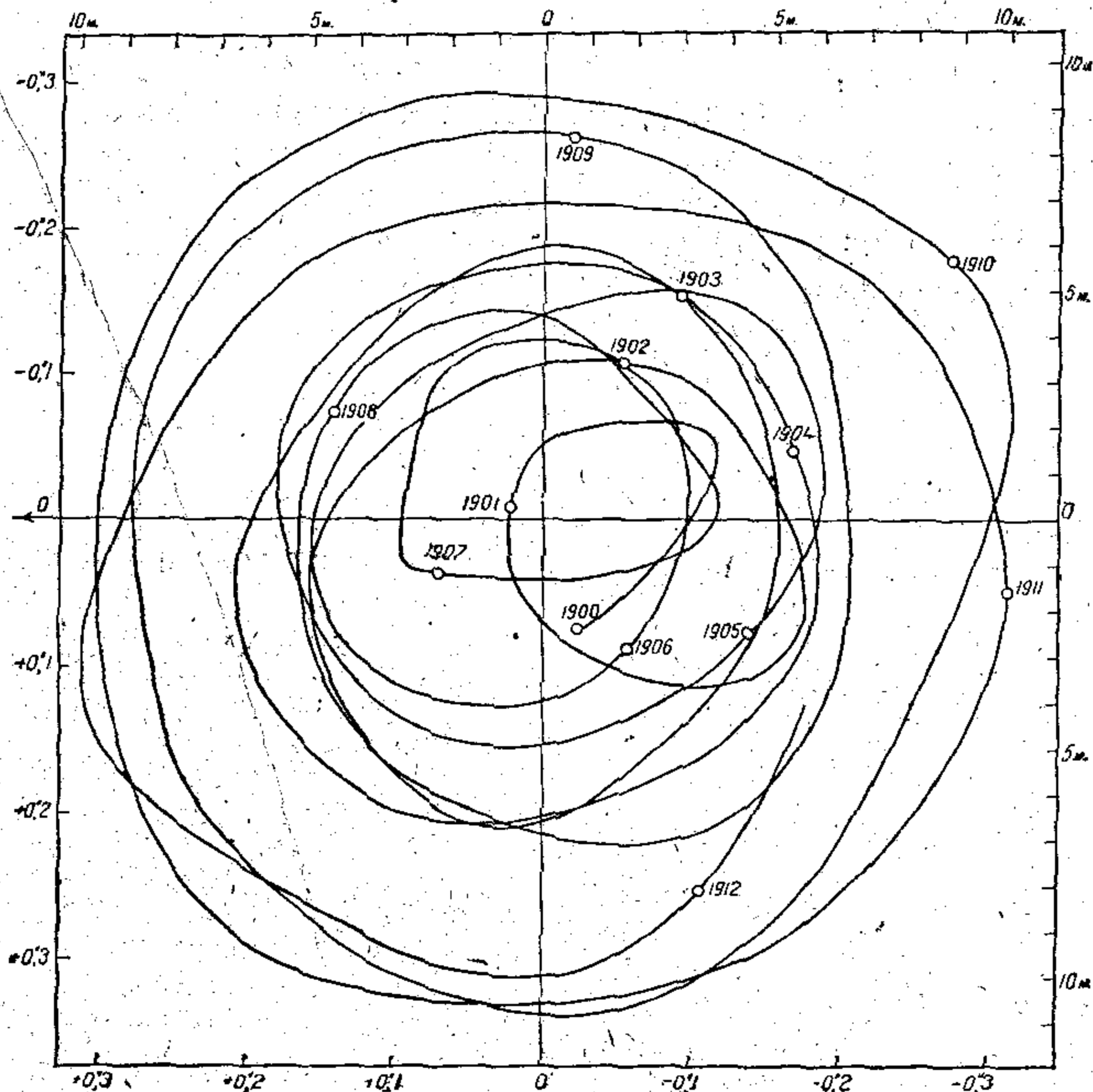
Земљина лопта опкољена је одасвуда слојем ваздуха који зовемо *атмосфера*. У животу човека на Земљи игра атмосфера веома важну улогу. Из ње се снабдевамо ваздухом који удишемо и без кога би био немогућ живот на Земљи. Висина овог слоја у коме је могућ живот цени се на 10, до 13 км. највише изнад Земљине површине. Изнад ове границе простиру се слојеви атмосфере и даље, али су мање и све мање густине што је висина изнад Земљине површине већа. Тачно одређена граница не постоји, нити се може утврдити докле се простиру слојеви атмосфере; поуздано се зна да је на висини од 80 до 100 км. изнад Земљине површине још има; изнад ове висине, у колико се налазе њени трагови, и густина слојева и њихов састав знатно се разликују од доњих слојева.

Многе појаве које ми са Земље опажамо воде порекло од састава и својства атмосфере. Својство атмосфере да расипа зраке омогућује нам да видимо предмете и кад нису непосредно осветљени. И плаветнило небеског свода последица је овог својства атмосфере. Постепени прелази дана у ноћи и ноћи у дане такође се објашњавају присуством атмосфере, о чије се високе слојеве одбијају Сунчеви зраци и стижу на површину Земље, изјутра, пре но што се још Сунце појави над хоризонт, предвече, пошто се оно већ спусти испод хоризонта. Атмосфера и ломи зраке; отуда настаје појава *рефракције*, услед које нам сва небеска тела изгледају на већој висини над хоризонтом но што су она у ствари. Услед рефракције котури Сунца и Месеца изгледају већи кад су близу хоризонта, него кад су високо над хоризонтом.

Као небеско тело Земља подлежи дејству не само Сунца него, у исти мах, свих осталих тела Сунчевог система. Последице овог дејства необично су сложене природе и врло их је тешко оделити једну од друге, тим теже што су многе сасвим незнатне. Ко би поверовао, на пример, да Земљина лопта оба-

вља у исто време неких дванаест разних врста кретања? Ми ћемо нека од ових кретања поближе описати.

Раније смо већ изучили два најглавнија, наиме, Земљино годишње кретање по еклиптици, и њено дневно обртање око поларне осе. Међутим данас је познато да се географске ши-



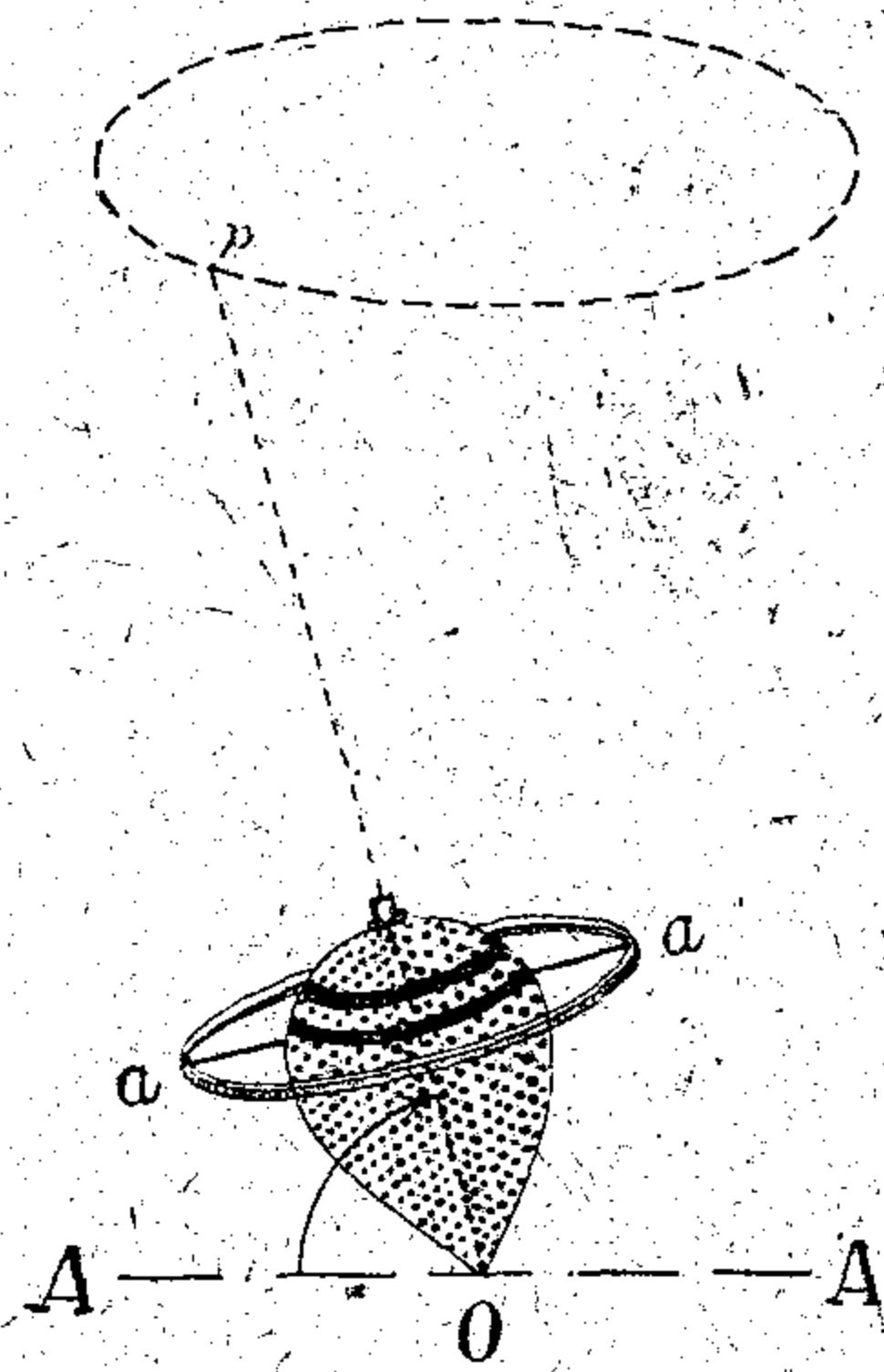
Сл. 91.

Сл. 45-

рине тачака на Земљи мењају у току времена. Истина ове промене су неприметне, али оне постоје и о њима се мора водити рачуна. Промене у географским ширинама наступају услед тога, што Земљини полови непрекидно мењају свој положај померајући се, у средњу руку, око 7 до 8 цм. отприлике за дан, описујући при томе неправилне криве путање око једне средишне тачке, од које се Земљин пол ипак није до сада удаљио за више од 10 м. Слика 91 приказује путању којом је ишао северни пол Земљин у времену од 1900—1912 године.

Земљина оса обавља, осим овог, још једно кретање, много веће размере и од много већег значаја за живот: мислимо на прецесионо кретање Земљине осе. Прво, што Земља није пра-

вилна лопта, него тело спљоштено на половима а испупчено на екватору; друго, што оса око које се она обрће не стоји управно на равни еклиптике, у којој се Земља креће око Сунца; треће, што Земља није усамљено тело већ има једног сталног пратиоца, Месец, који такође дејствује својом привлачном силом на Земљу — дакле, све ове чињенице дејствујући једновремено и комбинујући се са Сунчевом привлачном силом, производе непрекидно, кружно кретање Земљине осе око пола еклиптике у ретроградном смислу; и то тако да за 26.000 година отприлике опише Земљина оса цео круг. Ово кретање зове се прецесионо кретање Земљине осе. Једна од важних, непосредних последица прецесионог кретања осе је *прецесија тачака равнодневица*, коју ћемо најбоље разумети ако Земљино кретање упоредимо са кретањем чигре у месту.



Сл. 92.

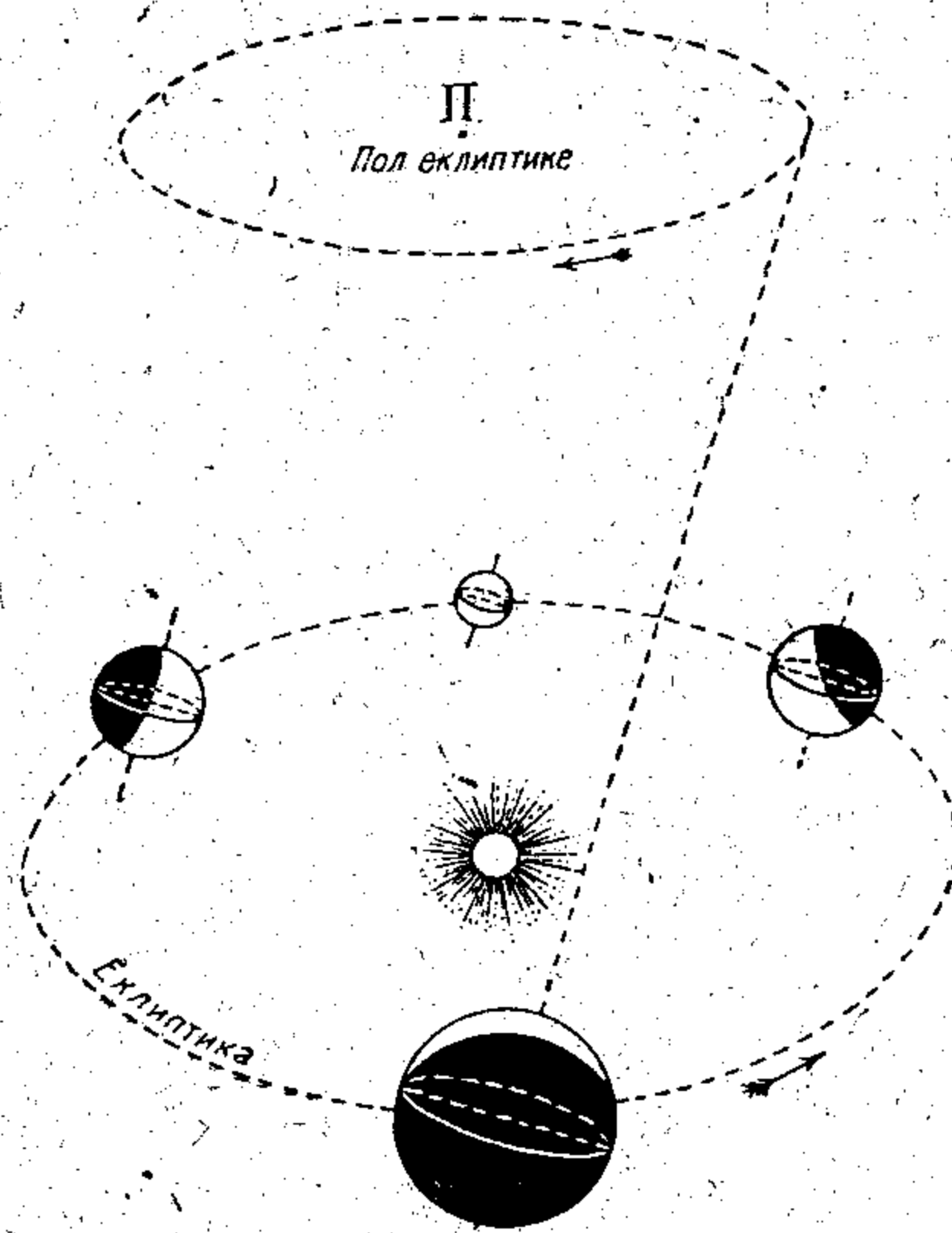
Позната је ствар да се чигра коју ставимо у кретање врти око једне тачке  $O$ , тако да врх  $p$  њене замишљене осе  $Op$  описује тачкасто извучену кружну линију, приказану на слици 92. При томе нагиб између осе  $Op$  и равни  $AA$  на којој стоји чигра остаје непроменљив. Из овога следује да мора остајати и нагиб ма које управне равни на чигриној оси, као што је  $aa$ , такође сталан према равни  $AA$ . Врло слично овоме обавља се и кретање Земљине лопте. Услед прецесионог кретања остаје нагиб Земљине поларне осе према равни еклиптике (од  $66^{\circ} 33'$ ) непроменљив, а такође и нагиб од  $23^{\circ} 27'$  између екваторске и еклиптичке равни. Према томе, последица прецесионог кретања појављује се у померању праве дуж које се секу равни екватора и еклиптике, т. ј. у померању тачака пролетње и јесење равнодневице дуж еклиптике, у ретроградном смислу. Ово померање износи годишње око  $50''$ , пошто целу еклиптику тачка равнодневице обиђе за 26.000 година.

На небеском своду, последице прецесионог кретања поларне осе показују се у померању пола (в. сл. 93) кроз разна сазвежђа. За сада је — као што знамо — северни небески пол у непосредној близини Северњаче, отприлике на  $1^{\circ}$  од ње. За наредних 200 година пол ће се још више приближавати овој звезди тако да ће, око 2100 године, пол бити свега  $27'$  удаљен од Северњаче. Потом ће се постепено почети удаљавати све више од Северњаче, тако да се кроз 12000 година  $\alpha$  Малог Медведа неће моћи више називати Северњача, пошто ће северни небески пол у то време бити знатно ближе сјајној Веги ( $\alpha$  Лире) но данашњој Северњачи.

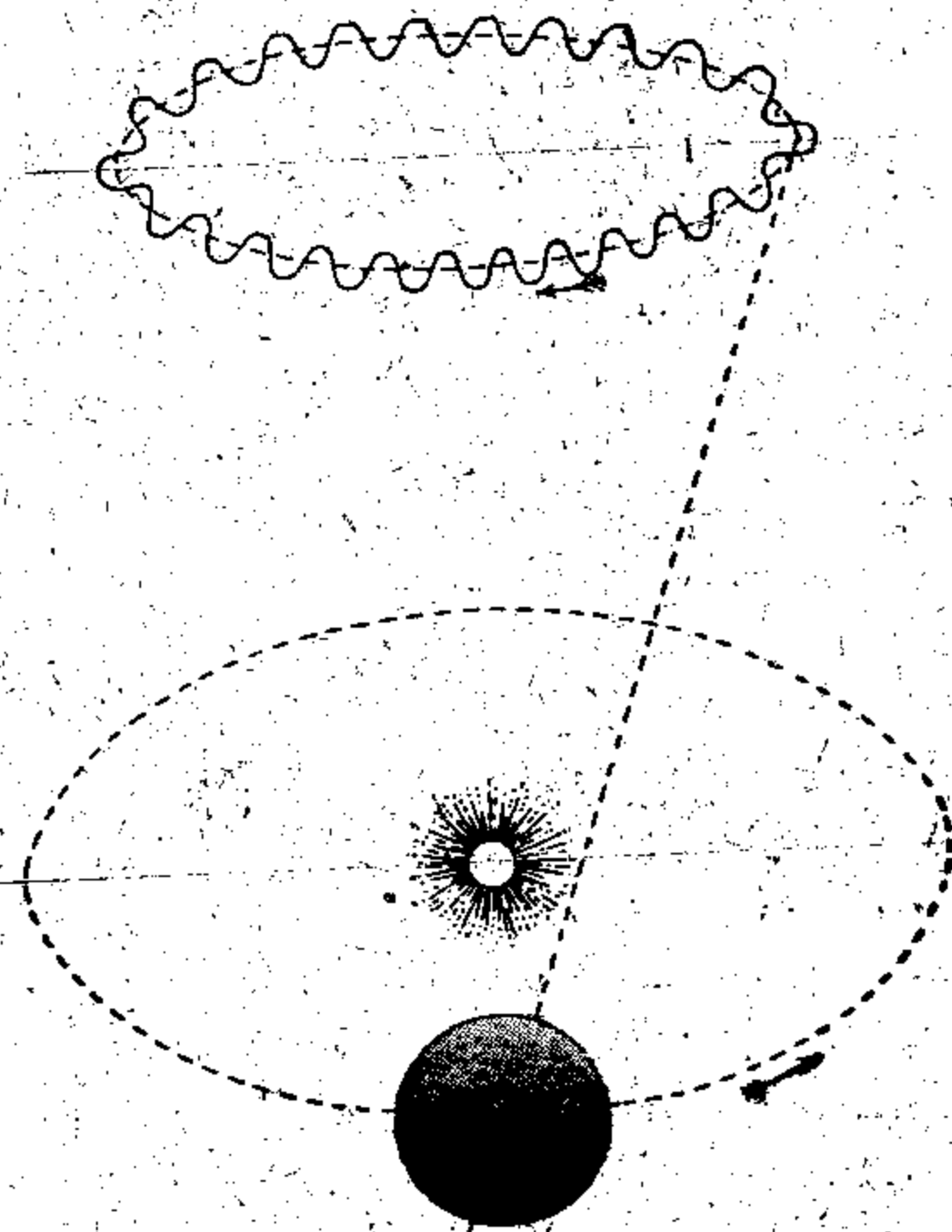
Али, у исто време обавља Земљина поларна оса, услед Месечева дејства на Земљину лопту, и једно таласасто кретање дуж путање, коју би она описивала да постоји само прецесионо кретање. На слици 94 приказано је како се према томе стварно креће Земљина поларна оса. Ово друго таласасто кретање зове се *нутационо кретање*.

Довде смо побројали већ пет врста Земљиних кретања. Кад бисмо узели у обзир још и дејства осталих планета, на Земљину лопту, пронашли бисмо и друге врсте кретања којима подлежи Земљина лопта. Али ми се не можемо овде упуштати у та излагања. Напротив морамо на овом месту споменути једну појаву, сасвим друге врсте, која игра важну улогу у животу на Земљи; то је појава *плиме и осеке*.

Познато је да ниво мора подлежи правилним променама у току дана. За  $6\frac{1}{4}$  часа отприлике диже се постепено ниво мора, вода надлази све више до извесне висине (каже се до високог мора): ово се зове *плима*; задржава се на тој висини свега мали број минута, иза којих ниво мора почиње падати, док се не заустави на извесној висини (каже се до ниског мора): ово је *осека*. Подизање и спуштање морске површине догађа се периодично: у размаку од  $24^h$  и  $50^m$  достиже море двапут највишу, двапут најнижу висину воде. Утврђено је, ипак, да плима обично траје нешто



Сл. 93.

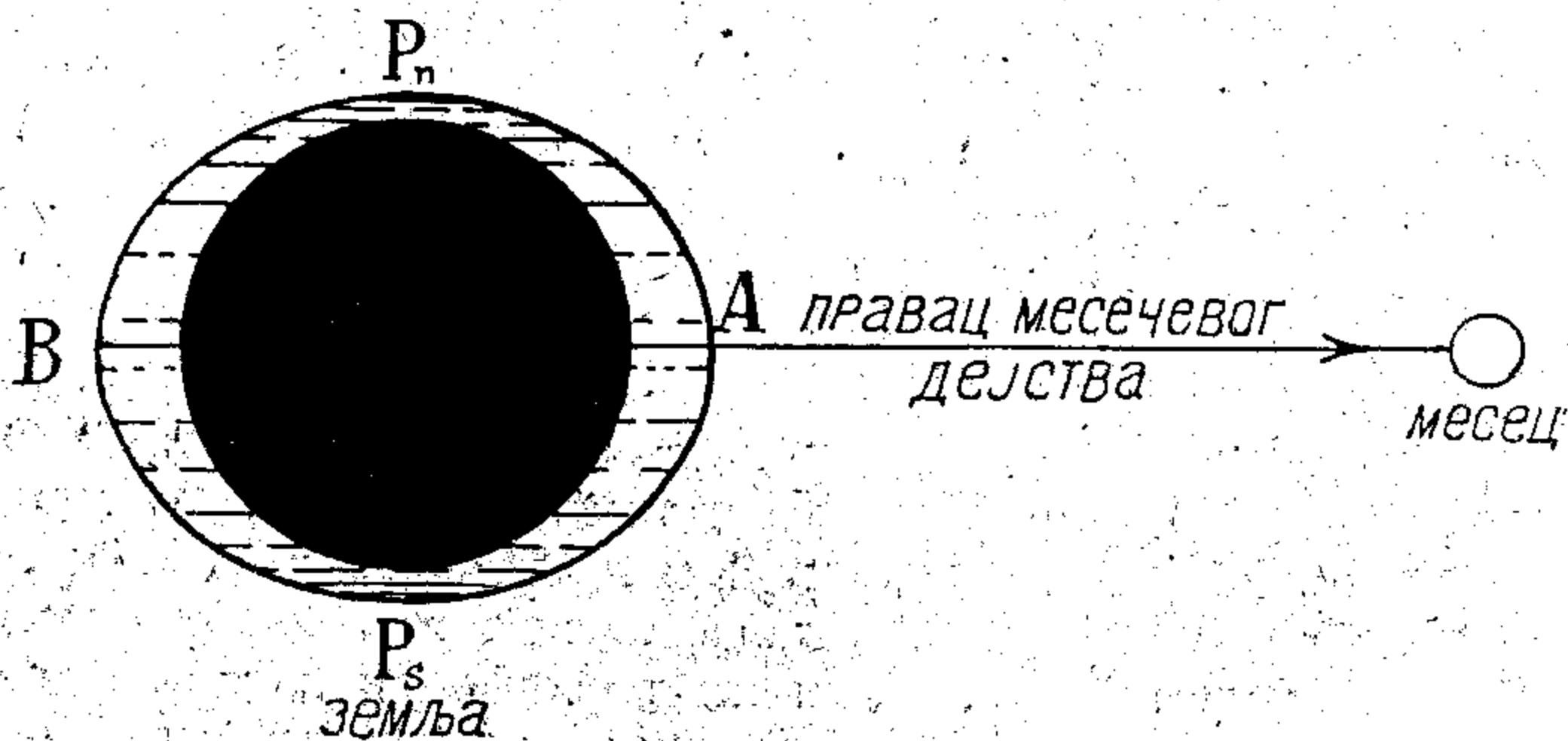


Сл. 94.

сл. 10,

мање времена од осеке, али ово зависи и од места. Правилна периодичност ове појаве с једне стране, а нарочито временски размак од  $24^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  у коме се понавља, с друге стране, послужили су као несумњиви знаци да су плима и осека последице Месечева дејства на Земљу. Јер, интервал од  $24^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  тачно одговара времену које протекне између два узастопна Месечева горња пролаза кроз меридијан неког места. Још очигледнија постаје веза између Месечевог кретања око Земље и појаве плиме и осеке, ако напоменемо да висина морског нивоа при плинама опада постепено од новог Месеца до прве четврти, затим расте од прве четврти до пуног Месеца, да поново почне опадати до последње четврти, а потом расти до новог Месеца, и тако редом. Појава плиме и осеке објашњава се овако.

Узмимо да се Земља и Месец налазе једно према другом како је то претстављено на слици 95. Јасно је да ће у том случају дејство Месечеве привлачне силе бити на делу  $A$  јаче него у средишту Земље  $O$ , или на супротном делу  $B$ . Код течних честица на делу  $A$  оно ће изазвати тежњу да се приближе Месецу: честице течности удаљаваће се дакле од средишта  $O$ , ниво мора ће се уздизати на делу окренутом Месецу — на



Сл. 95.

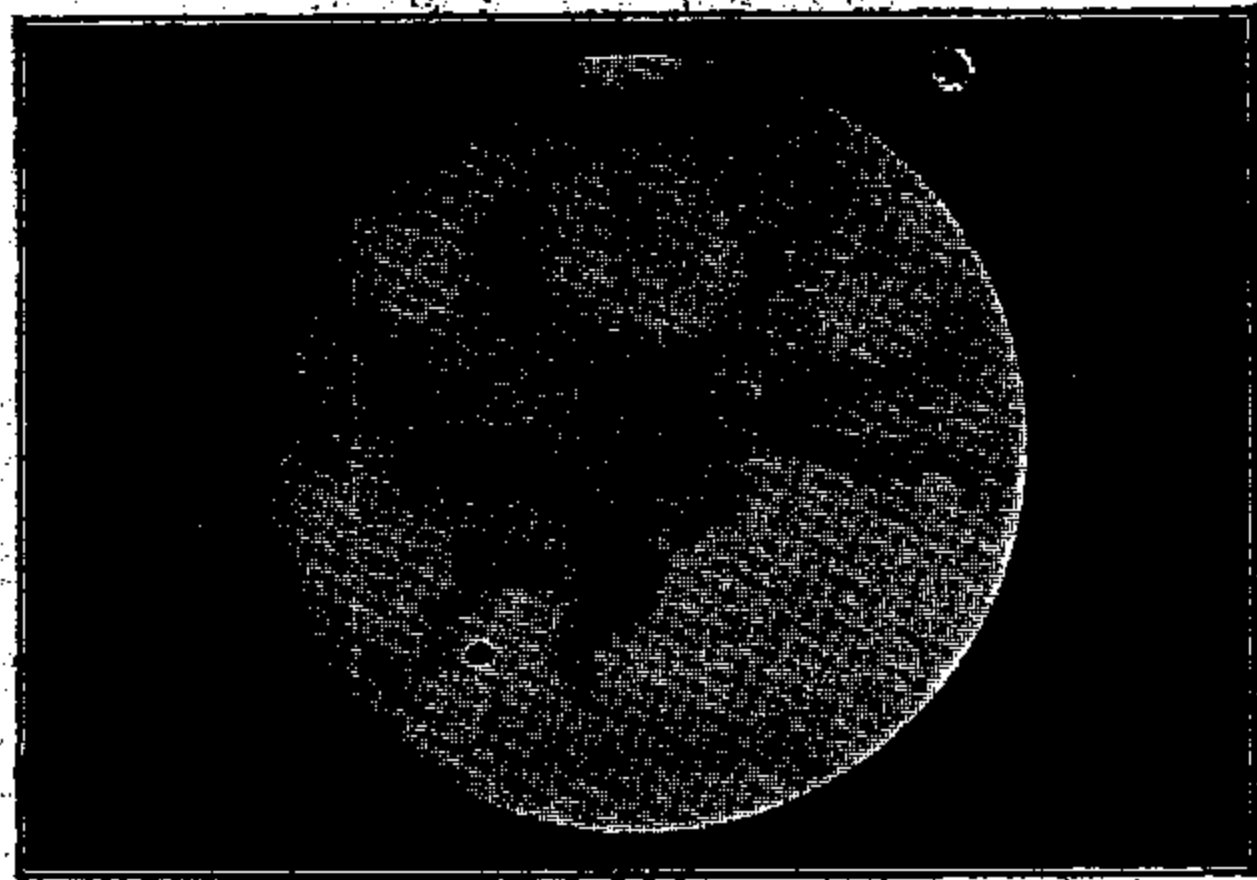
тој страни наступиће плима. На супротном делу Земљине површине; код  $B$  — човек би био склон да поверује да ће онде у исто време наступити осека. У ствари наступа и код  $B$  такође плима. Јер, као што честице течности код  $A$  теже да се примакну Месецу, зато што су му ближе од делића  $O$ , исто тако делићи у средишту  $O$ , као Месецу ближи од честица у  $B$ , биће јаче привучене но честице течности код  $B$ ; ове ће последње, услед тога, — могло би се рећи — заостати иза чврсте подлоге на томе крају, што ће се показати у издизању водене површине над чврстом обалом. Ваља напоменути ипак да је плима код  $B$  редовно слабија од оне на делу  $A$ . Из свега овога следује, да ће,

на тачкама Земљине површине које леже у истој меридијанској равни, наступити плима при сваком Месечевом пролазу кроз меридијан. У исто време наступиће осека на меридијану чија раван стоји управно на претходној меридијанској равни.  $6\frac{1}{4}$  часова касније, кад Месец буде прешао на небо лук од  $90^\circ$ , и стигао у меридијанску раван управну на претходној, овде ће бити плима, а тамо осека.

Једно питање ипак може нам се чинити мало нејасно. А то је, како да се при пролазу Сунца кроз меридијанску раван не појављује плима, кад се зна да је дејство његове привлачне силе кудикамо јаче од Месечеве. Сунце доиста има удела у појавама плиме и осеке, али је његово дејство знатно слабије од Месечевог, због разлике у даљини, која је за Сунце 400 пута већа. Поред свега тога, примећује се да су појаве плиме и осеке јаче, кад се Сунце и Месец нађу у истом правцу — што се дешава при новом и пуном Месецу — јер се тада њихова дејства сабирају, а слабије у време прве и последње четврти, јер су дејства Месеца и Сунца једно другом супротна, дакле одузимају се.

**53. Марс.** — По реду даљина од Сунца долази после Земље планета Марс. Ово је, несумњиво, планета која је највише била изучавана и — можемо рећи — о којој имамо највише и најтачнијих података, Сразмерна близина и повољни положаји ове планете омогућили су да се испитају не само кретања, већ и површина планете и услови који на њој владају.

Средња даљина Марса од Сунца је 227,7 милиона км.; ексцентричност путање је 0,093; -одстојање Марсово од Сунца у перихелу износи 206 милиона километара, у афхелу 248 милиона километара. Од Земље Марс је далеко 57 милиона километара кад јој је најближи, а достиже скоро 400 милиона кад је од ње најдаље. Марсов привидни пречник мења се у границама од  $4''$  до  $26''$ . Преч-



Сл. 96.

ник Марсове лопте износи 6.888 км., нешто је дакле већи од половине Земљиног екваторског пречника. Запремина планете износи 0,26 Земљине запремине, маса је само  $\frac{1}{10}$  Земљине масе; средња густина износи око 0,7 Земљине или 3,8 густине воде. Тежа на Марсовој површини знатно је мања, износи око 0,37 Земљине теже. Човек од 70 кг. имао би на Марсу 25 кг.



Марсово привидно или геоцентрично кретање по небеском своду догађа се у главном на сличан начин као и код Јупитера. Разликује се од овог само у толико, у колико је Марс од Јупитера ближи Сунцу и, према томе, његова брзина већа. На основу података датих у табlici на страни 105, а према упутствима о кретању планета, није тешко претставити ток Марсовог привидног кретања на небеском своду.

Ако посматрамо Марс после конјункције, дакле на јутарњем небу, видећемо да се помера међу звездама, у директном смислу, скоро пуну годину дана, испочетка брже, а што ближе тренутку застоја све спорије. Од тренутка застоја почиње Марс своје ретроградно кретање, које траје пуна два месеца: прво споро, а што ближе опозицији све брже, да поново успори пре но што ће да стигне у тачку застоја; затим почиње поново кретање у директном смислу. Према положајима у односу на Сунце и Земљу и Марс показује мене, само су ове знатно слабије но што је то случај код доњих планета.

Сразмерна близина планете Земљи омогућила је да се поближе испитају изглед и појединости Марсове површини. Тако се зна да се Марс обрне око своје поларне осе приближно за исто време као и Земља: за  $24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 23^{\text{s}}$ . Ван сваке сумње је и то да на Марсовој површини постоје светли и тамни делови; прве узимају посматрачи као чврсте делове или континенте, друге као водом покривене површине. Упадају нарочито у очи, својом белом бојом, делови око Марсових полова. Утврђено је да се површине ових смањују око оног пола који је окренут Сунцу, а повећавају кад се исти окрене од Сунца. Отуда је изведен закључак, да то морају бити Марсови ледени крајеви који се делимично топе у лето, а јаче залеђују у зиму.

О Марсу је много писано али, нажалост, много више погрешних и нетачних но истинитих ствари. Тако се дуго времена одржавало мишљење да на Марсовој површини постоје неки «канални»; тврдило се даље, да се мрежа тих канала приметно мења, разграђава и, на основу тога, измишљене су најчудноватије приче о Марсовим становницима. Данас се зна поуздано да ти «канални» не одговарају стварности, а још мање да су они «доказ» о високој култури Марсових становника који, опет по причању поборника тих измишљених теорија, овим каналима надокнађују несташицу воде на Марсовој површини. За опстанак живих бића потребан је ваздух, а трагови атмосфере око Марсове лопте доста су слаби и тешко приметни. Тако да, ако је и има, њена густина мора бити прилично незнатна.

Кад се скупи све што се у науци зна данас о Марсу, види се да је то још мало да се задовољи наша радозналост, а нарочито да нам се каже има ли на Марсу становника, или бар живих бића? По свему изгледа да је више разлога против, а мање за могућности живота каквог га ми на Земљи замишљамо.

**54. Планетоиди.** — Ако изразимо удаљења планета од Сунца Земљиним средњим одстојањем као јединицом (в. табл. на стр. 105), добићемо за првих шест планета ове бројеве: Меркур 0,4, Венера 0,7, Земља 1,0, Марс 1,5, Јупитер 5,2, Сатурн 9,5. Мада на први поглед овај низ бројева не одаје никакву правилност, уверићемо се одмах да међу њима постоји ипак један закон. У ту сврху напишимо следећи низ бројева:

0 3 6 12 24 48 96 . . . . ,

где је, ако изузмемо први број, сваки следећи члан постао множењем претходног са 2. Додајмо сада сваком од бројева у овом низу 4. Добићемо нов низ

4 7 10 16 28 52 100 . . . .

Поделимо сада сваки од ових бројева са 10 и добићемо до новог низа

0,4 0,7 1,0 1,6 2,8 5,2 10,0 . . . .

И кад упоредимо бројеве овог низа са удаљењима првих шест великих планета од Сунца, налазимо да се необично подударaju — осим једног: 2,8, коме међу великим планетама нема заступника.

Овај начин претстављања планетских даљина познат је под именом *Тициус-Бодовог закона*. Стварно ово није никакав закон; о томе ћемо се касније уверити, али га ипак спомињемо зато што је, захваљујући њему, у своје време пронађено било на даљини 2,8 од Сунца једно небеско тело, и на тај начин попуњена Бодова празнина између Марса и Јупитера у Сунчевом систему.

Сматрајући, наиме, Тициус-Бодов низ бројева као закон који претставља удаљења планета од Сунца, дуго се времена наслућивало да мора и на даљини 2,8 од Сунца постојати једна планета. И, доиста, у ноћи 1 јануара 1801 године наишао је талијански астроном Пиаци, посматрајући дурбином небо, на једно мало небеско тело за које је утврдио, после неколико дана посматрања, да мења свој положај међу звездама. Убрзо затим испоставило се да је то доиста нова планета Сунчевог система и названа је *Церес*. Али није прошла ни година дана, а пронађена је, приближно на истом одстојању од Сунца, и друга, слична мала планета, којој је дато име *Палас*. Касније је нађена и трећа *Јуно*, па и четврта *Веста*, све четири приближно на истом одстојању од Сунца.

Од то доба посматрачи су пажљиво мотрили зодијакова сазвежђа и заиста почели наилазити на све већи број ових малих планета у простору између Марса и Јупитера. Нарочито нагло почео је расти број њихових проналазака од како је употребљена небеска фотографија. Број познатих планетоида достиже данас око 1.400, и увећава се редовно, сваке године,

за 20 до 30. Тако је, дакле, попуњена Бодова празнина између Марса и Јупитера — али не једном, великом, планетом, него читавом групом малих планета, — планетоида.

Ово су сразмерно веома мала небеска тела. Највеће међу њима, Веста, има пречник од свега 400 км., Церес има у пречнику 350 км., а Палас нешто мање од 300 км. Остала су кудикамо мања; већина их нема у пречнику више од свега неколико километара. Зато планетоиди спадају искључиво у телескопска тела.

Важно је питање од куда они ту између Марса и Јупитера — како су постали планетоиди? Једно време, нарочито у почетку, док се о њиховом броју није ни приближно знало ово што се данас зна, помишљало се као на највероватнију могућност да су планетоиди остаци једне велике планете. Претпостављало се, наиме, да се са том планетом морала вероватно догодити, пре много и много милиона година, нека космичка катастрофа, услед које се она распала на комаде, које сада видимо као планетоиде. Међутим данас је познато да се ово тумачење не слаже са чињеницама прикупљеним о планетоидима.

**55. Јупитер.** — Највећа међу великим планетама је Јупитер који, по даљини од Сунца, долази иза Марса, односно иза групе планетоида. Пречник Јупитерове лопте већи је 11 пута од пречника Земљине лопте; запремина му је 1295 пута већа од Земљине; но како средња густина његова износи четвртину Земљине густине, Јупитерова маса свега је 318 пута већа од Земљине масе: човек од 70 кгр. имао би на Јупитеру близу 180 кгр. Средње одстојање Јупитера од Сунца износи 775 милиона километара. Како је ексцентричност његове путање 0,048, у перихелу његова даљина износи 732 милиона км. Кад је најближе Земљи износи његова даљина 589, а кад је најдаље 966 милиона км.; Јупитеров привидни пречник креће се према томе између 30" и 50".

Ако погледамо Јупитер дурбином видећемо округло котур, на чијој се површини разазнају извесне појединости, као јаснији и тамнији паралелни појасеви, веће или мање пеге које мењају временом свој изглед. Дешава се да се ове промене често изврше од једног до другог дана, но обично требају дуже времена. Ослањајући се на ове шаре по Јупитеровој површини, утврђено је да се Јупитер обрне око своје поларне осе за  $9^{\text{h}} 55^{\text{m}}$ . Значајно је да се и код Јупитера, слично оном што смо и код Сунца нашли, не обрћу сви делови једнаком брзином: делови ближе екватору обрћу се брже за неких  $5^{\text{m}}$  (за  $9^{\text{h}} 50^{\text{m}},5$ ); а делови изнад и испод екватора спорије (за  $9^{\text{h}} 55^{\text{m}},5$ ). Последнице овог необично брзог обртања Јупитерове лопте показују се у јакој спљоштености његове лопте која лако пада у очи

при пажљивим посматрањима: спљоштеност износи  $\frac{1}{16}$ . Отуда долази да је екваторски пречник 143.000 км., а поларни само 132.000 км.

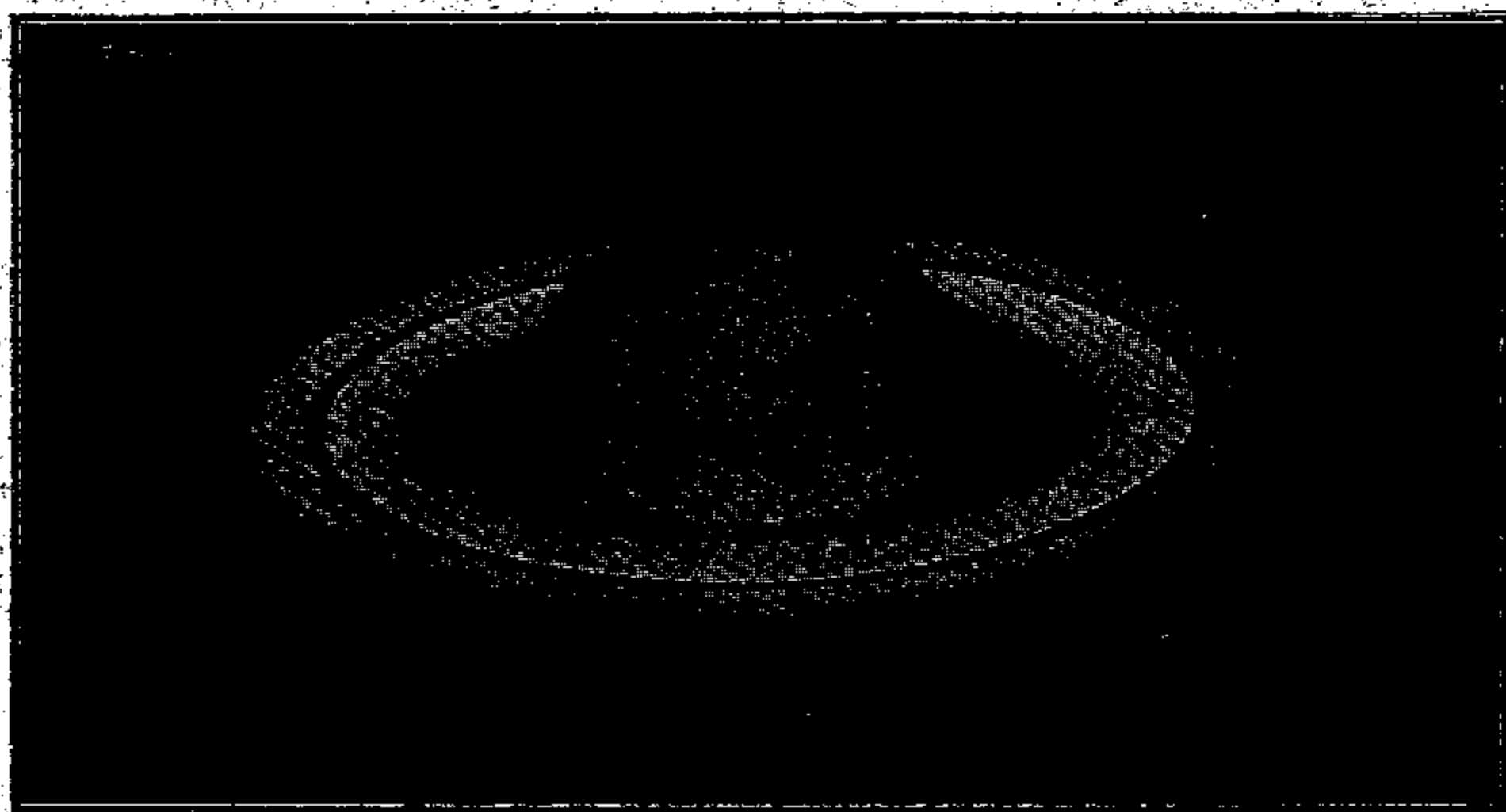
Нагиб Јупитерове поларне осе на раван његове путање сасвим је незнатан: износи свега око  $3^\circ$ . Поларна оса Јупитерова стоји скоро управно на равни путање, и услед тога су на Јупитеровој површини дани скоро тачно равни ноћима, а разлике у годишњим добима скоро и не постоје.

И Јупитерова лопта обавијена је гасовитим, сразмерно густим атмосферским слојем. Многе од шара које посматрамо нису у ствари друго до појаве које, и изгледом и бојом, потсећају доста на облаке у нашој атмосфери. Слично Марсу, делови Јупитерове површине око полова виде се такођер као округле, сјајне беле пеге. Од нарочитог је интереса на Јупитеру његова т. зв. *црвена пег*. Први пут била је опажена 1878 године на јужној Јупитеровој полулопти: појавила се у средини једног дугуљастог белог облака, затим постепено развијала и, ево, већ 50 година како постоји на истом месту где се и појавила. У једно време примећене су биле на њој извесне промене, нарочито у боји, а за последњих 20 година знатно је потамнила. Ван сваке је сумње да је црвена пег појава на самој површини лопте, а не у Јупитеровој атмосфери. — О физичкој природи ове планете тешко је ишта поуздано изнети. Ако се ослонимо на сличност у обртању око поларне осе која постоји између Сунца и Јупитера, и узмемо да је Јупитерова лопта још усијана маса у житком стању, у том случају би Јупитер морао да буде у извесној мери самосталан извор светлости, са сопственом топлотом и сјајем. Ово међутим није случај; или, ако планета и зрачи нешто своје сопствене светлости, ово је толико слабо да се са Земље не даје приметити.

**56. Сатурн.** — Од великих планета приступачних голом оку најдаља је од Сунца Сатурн. Нешто мања од Јупитерове, Сатурнова лопта има пречник отприлике 9 пута већи од Земљиног пречника, дакле око 120.000 км.; њена запремина већа је 745 пута од Земљине, али пошто је густина 8 пута мања, то је Сатурнова маса свега 95 пута већа од Земљине. Сатурново средње одстојање од Сунца износи 1428 милиона километара; ексцентричност његове путање нешто је већа од Јупитерове 0,056, зато је његова даљина од Сунца у перихелу 1330 милиона км., а у афхелу 1490 милиона км. Сатурнова даљина од Земље мења се између 1190 милиона км. кад је најближи, до 1630 милиона км. кад је најдаљи. Привидни пречник његов мења се према томе од  $15''$  до  $20''$ .

Ако погледамо Сатурн дурбином, опазићемо на њему једну необичну појаву коју не показује ни једна друга планета, то је *Сатурнов прстен* (в. сл. 97). Сатурнова лопта опкољена је,

у продужењу његове екваторске равни, једним танким пљоснатим прстеном (у виду обода). Стварно није то један, већ више засебних концентричних прстенова. Спољашњи, највећи, састоји



Сл. 97.

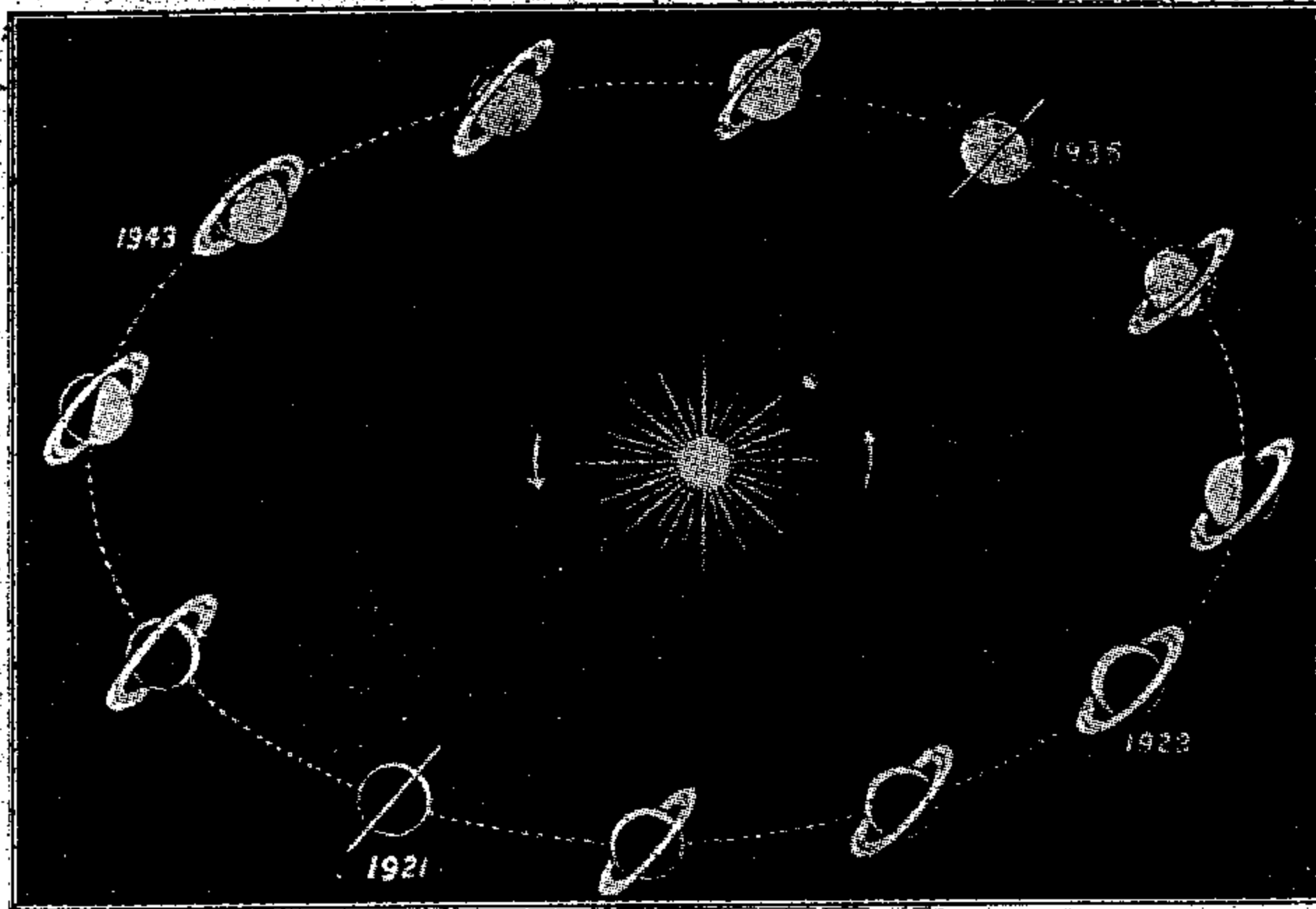
се из два дела, одељена један од другог доста видном црном пругом. Од овога је још јасније одвојен црном, широком пругом други, унутрашњи, мањи прстен. Затим долази трећи прстен, најближе планети који се од прва два разликује тиме, што је знатно тамнији и због тога мање упадљив. Овај је још и прозиран, тако да се кроз њега могу видети појединости на површини планете.

Опажају се и на Сатурновој површини мање или више тамне пруге, пеге и линије паралелне планетином екватору; и њихов изглед и положај подлеже сталним променама. Нарочито су честе изненадне појаве пеге које трају извесно време, па затим изненада опет ишчезавају са површине. На основу ових појединости на површини одређено је време за које се једанпут обрне Сатурнова лопта око своје поларне осе, и нађено је да се ово догоди за  $10^h 1/4$ . И за Сатурнову лопту утврђено је да се не обрће као једна целина: делови на екватору имају већу, а изнад и испод екватора мању обртну брзину; слично, дакле, ономе што је утврђено и код Сунца и код Јупитера. Сплештеност Сатурнове лопте износи  $1/10$ ; због тога и разлика између екваторског и поларног пречника износи око 12000 км. Поларна оса Сатурнова затвара са равни путање угао од  $62^\circ$ , нешто дакле већи од нагиба Земљине поларне осе према еклиптици.

Физичка природа Сатурнова потсећа у многим на Јупитерову. По свему изгледа да је Сатурн тело састављено из малог језгра, у усијаном стању, увијеног у житку материју незнатне густине, опкољеног одашуда густом атмосфером, кроз коју наш

поглед не може готово никада да продре до површине саме планете. Покретне беле пеге које се на планети виђају морају бити појаве сличне облацима у нашој атмосфери.

Раван Сатурнова прстена лежи у продужењу екваторске равни, затвара дакле угао од  $28^\circ$  са равни путање. Положај прстена остаје сам себи паралелан за време док Сатурн обилази око Сунца. Услед тога, кад га са Земље посматрамо, показује прстен на једној половини путање горњу, на другој своју доњу површину (в. сл. 98). У два маха постаје невидљив за не-



Сл. 98.

колико дана: претвара се у уску пругу, широку тачно колико је дебео прстен, тако да пресеца Сатурнов котур готово тачно на две половине. Ово се догађа приближно сваких  $14\frac{3}{4}$  године, и то у доба кад: или раван прстена (продужена у мислима) пролази кроз Сунчево средиште, те тако бива осветљена само прстенова ивица, — или Земља прође кроз раван прстена, тако да видимо само његов профил. Последњи пут био је невидљив прстен 1921 године; поново ће ишчезнути у 1935—1936 години.

Шта је Сатурнов прстен? Овакав, каква га видимо, не би могао прстен постојати као целина ни у чврстом, ни у течном, нити у гасовитом стању. Сатурнов прстен састављен је из небројено много телешаца, сличних планетоидима, само кудикамо мањих од ових: немају у пречнику више од по неколико метара или десетина метара. Овако збијена група ситних тела креће се око Сатурна онако исто, као што то чине планетоиди око Сунца: брже што су ближе Сатурну, а спорије што су од њега даље. За унутрашњи прстен, чија је средња даљина 177.000 км.,

нађено је да се обрне око Сатурна за  $7^h$ , док спољашњем, чији средњи пречник износи 277.000 км., треба за то нешто више од 10 часова.

**57. Уран.** — Све до пред крај осамнаестог века био је Сатурн најдаља позната планета у Сунчевом систему. 1781 године, посматрајући телескопом, који је сам конструисао, околину сазвезђа Близанаца пало је у очи енглеском астроному, Уилиаму Хершелу, једно небеско тело чији је изглед мање лично обичној звезди, а више показивао облик малог котура. Кад се још уз то уверио, након неколико дана посматрања, да се оно помера међу звездама, јасно му је било да пред собом има галаксије које припада Сунчевом систему. Тако је пронађена нова, седма, велика планета Сунчевог система, још даље од Сатурна, која је названа *Уран*.

Иако знатно мањи од Јупитера и Сатурна, Уран има пречник који је четири и нешто више пута већи од Земљиног пречника: износи око 58.000 км.; запремина његова већа је око 63 пута од Земљине; густина износи једва  $\frac{1}{4}$  Земљине густине, а маса Уранова већа је 15 пута од Земљине масе. Средње удаљење Урана од Сунца износи 2840 милиона км.; ексцентричност путање равна је 0,046, према томе у перихелу Уран је удаљен од Сунца 2700 милиона км, а у афхелу 2970 милиона км. Привидни пречник Уранов износи свега око  $4''$ ; због тога се и у најповољнијим случајевима види само као звезда 6-е величине, те га је тешко голим оком наћи на небу.

Из истога разлога оскудно је и наше знање о појединостима и појавама на Урановој површини. И на његовој површини опажене су слабе пеге паралелне екватору; и његова лопта спљоштена је на половима, али ово није могло бити измерено. Доста дуго је требало док је најзад утврђено, да се Уран обрне око своје поларне осе за време од  $10^h 45^m$ . Код ове планете је ишло то нарочито тешко, из разлога што је нађено, противно сваком очекивању, да се њено обртање обавља не у директном смислу, као код свих дотле познатих планета, него у ретроградном смислу. Уранова поларна оса лежи скоро у самој равни његове путање.

**58. Нептун.** — Није прошло ни 40 година од проналаска Уранова, а астрономи су почели примећивати да се његово кретање по небеском своду не подудара са Њутновим и Кеплеровим законима онако тачно, како су то налазили за све остале планете. Према оном што је предвиђено законима о небеском кретању и како је планета требала да се креће, Уран је, место тога, једно време предњачио, па онда једно време заостајао на својој путањи. Почело се наслућивати, због тога, да узрок овим изузетним одступањима Урановим од закона не-

беске механике мора бити дејство неке непознате планете, иза Урана, која својом привлачном силом производи пертурбације у Урановом кретању око Сунца. — Требало је непознату планету наћи. Али изгледи су били веома слаби да ће се ово моћи постићи посматрајући и испитујући дурбином небеска тела. Због тога је један млади француски астроном, Леверје, одлучио да овај проблем реши на сасвим нов начин — рачуном.

Полазећи од претпоставке да непозната планета мора бити слична, бар у најглавнијим појединостима, осталим великим планетама: да и она мора кружити око Сунца у равни која мало одступа од равни еклиптике, по скоро кружној путањи, да се маса нове планете не разликује много од Уранове масе, — створио је, тако рећи, Леверје нову планету, чије је дејство требало да испита на планети Урану. За ово му је, међутим, неопходно потребан био још један податак, а то је да зна на коме се одстојању од Сунца може налазити нова планета. За ту сврху искористио је Леверје Тициус-Бодов закон.

Доиста, ако продужимо низ бројева са стр. 125, који нам даје средња планетска одстојања од Сунца, добићемо ове бројеве

полазни низ:	0	3	6	12	24	48	96	192	384:
чланови повећани за 4:	4	7	10	16	28	52	100	196	388:
Тициус-Бодов низ:	0,4	0,7	1,0	1,6	2,8	5,2	10,0	19,6	38,8:

Одавде видимо да је нова планета иза Урана требала да има за средње одстојање од Сунца 38,8 астрономских јединица. Леверје је ову вредност и усвојио.

Са овим претпоставкама, а ослањајући се на Њутн-Кеплерове законе, дошао је Леверје чисто рачунским путем, после дугог и напорног рада, до резултата: да има само један део на небу где се могла налазити у то време планета, чије је дејство одговарало ономе што је Уран показивао. Упутио је одмах писмо (18 септембра 1846 године) немачком астроному Гале-у, у Берлину, умоливши га да помоћу својих нових небеских карата претражи означени крај неба и покуша да пронађе нову планету. И, доиста, пет дана касније нашао је Гале небеско тело осме величине, за које је већ сутрадан утврдио да мења свој положај међу звездама да, према томе, ово тело припада Сунчевом систему. Тако је била пронађена осма велика планета којој је дато име *Нептун*.

Изглед и физичка природа Нептуна мало су познати, што постаје разумљиво кад се зна да привидни пречник износи око 1'', и да се Нептун даје опазити само дурбином, као врло мален котур. Његово средње одстојање од Сунца износи 4600 милиона км. Разлика у даљинама Нептуновим од Сунца кад се налази у перихелу (4400 милиона км.) или у афхелу (4788 милиона км.) сразмерно је незнатна, пошто ексцентричност његове путање износи свега 0,009. Пречник Нептунове лопте



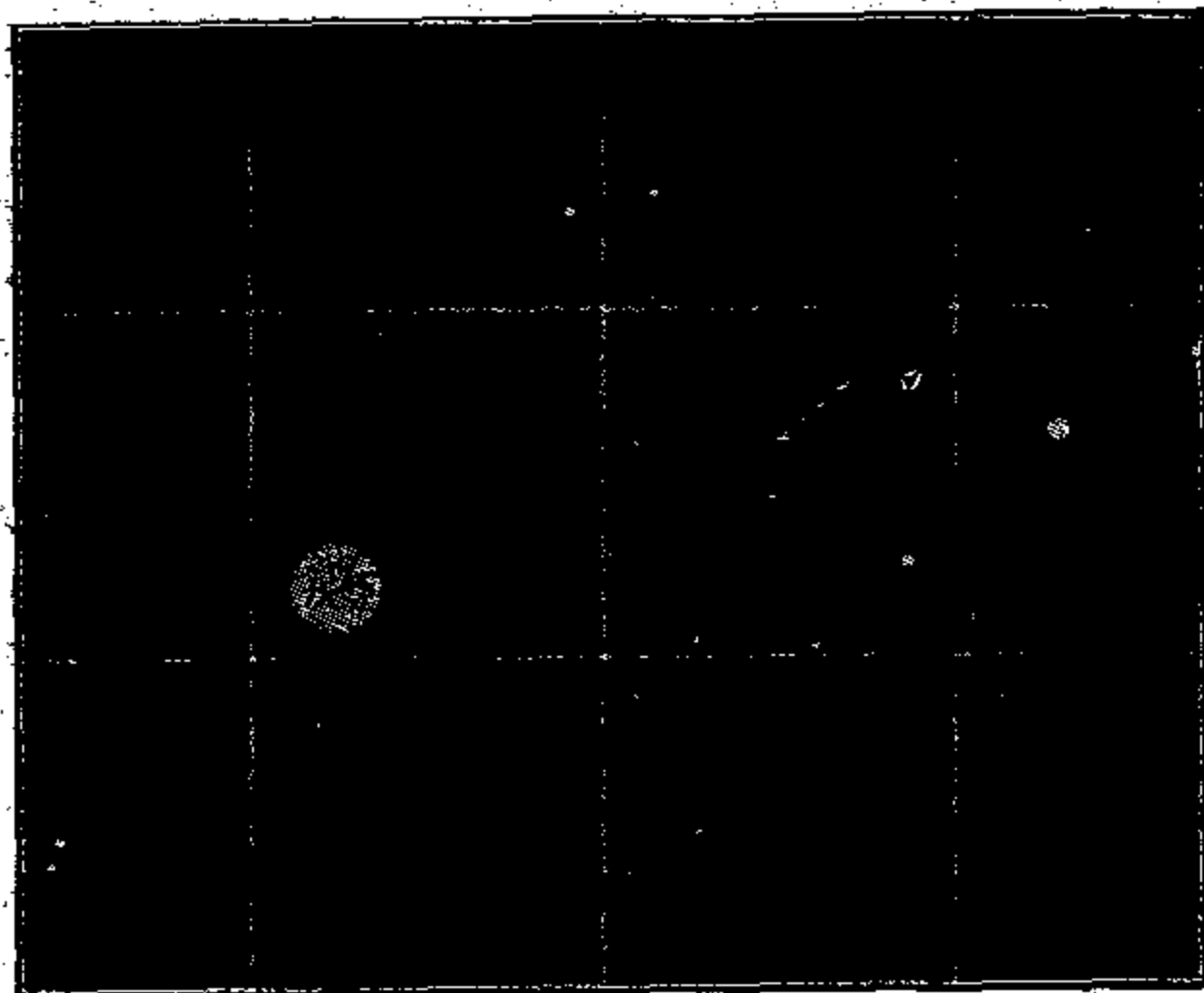
већи је скоро четири пута од пречника Земљиног. Запремина је 55, а маса 16 пута већа од Земљине. По свему изгледа да је и Нептун обавијен густом атмосфером.

**59. Плутон.** Због велике удаљености од Сунца Нептун треба 165 година да опише пун круг. Значи, од дана када је пронађен до данас, дакле за ових 85 година, прешао је Нептун нешто више од половине своје путање. За ово време доста добро се придржавао Нептун путање која му је одређена била Њутн-Кеплеровим законима. Ово је било у толико лакше проверити, што је Леверје био израдио опширне таблице Нептуновог кретања, помоћу којих су га могли посматрачи стално пратити.

Међутим у најновије време почела су се појављивати и код Нептуна, прво, сасвим незнатна а, затим, што даље, све више несумњива неслагања између посматраних и унапред израчунатих положаја. Шта је могло бити природније после проналаска Нептуна, но да се ова одступања припишу дејству девете, још непознате велике планете Сунчевог система, даље и од Нептуна? Требало је само изабрати пут којим би се дала пронаћи нова планета. Али тешкоће су биле овог пута још веће но раније, код Нептуна, и то из више разлога. Прво, могли смо се уверити да је осми члан Тициус-Бодовог низа знатно пребацио право одстојање осме планете и, сасвим природно, услед тога изгубио много од свог значаја за даљу примену. Друго, судећи по привидној величини Нептуна, могло се с правом очекивати, да непозната планета мора бити знатно слабијег сјаја, и да ће се тешко моћи препознати као планета у огромној броју звезда сличног сјаја. Треће, Нептунова одступања не беху још (па чак ни данас нису) достигла онај размер, који би био потребан, да би се могло из дејства непознате планете поуздано закључити где се она налази на небу. Поред свега тога, нашло се научника који су, сваки на свој начин, трагали упорно за непознатом планетом. У Америци је чак један добротвор и љубитељ науке, Персивал Лоуел, подигао и опсерваторију с циљем да се у њој ради на проналаску транснептунске планете.

Преко 50 година бавили су се астрономи проблемом транснептунске планете. Покушавано је и рачунским и посматрачким методама, а у новије време употребљена је и небеска фотографија да се нова планета пронађе. На Лоуеловој опсерваторији проводио је своје време, сваке ведре ноћи, по један астроном на фотографском рефрактору тражећи нову планету. — 1929 године примио је ову дужност најмлађи асистент, Клајд Томбау, који је почетком те године и био примљен на опсерваторију, и предузео је мотрење сазвезђа око еклиптике и кретања небеских тела у њима. Срећа га је послужила да, ни пуну годину

дана касније, снимајући сазвежђе Близанаца примети, у близини сјајне звезде  $\delta$  (в. сл. 99), ситно небеско тело, 15-е привидне величине, за које је утврђено да је на ранијим фотографским снимцима заузимало други положај. Ово је довољно било да се на «сумњиво» тело обрати велика пажња. Следећих дана фотографисан је поново део неба у коме се налазило ово ново тело. И пошто је савесно проверено да се ново тело креће, а нарочито да се његово кретање поклапа са кретањем транснептунске планете, обавештене су све светске опсерваторије, да је пронађена девета велика планета у Сунчевом систему којој је дато име *Плутон*.



Сл. 99. Бели котур је звезда  $\delta$ , а стрелица показује место где је нађена планета Плутон.

Разумљиво је да о физичкој природи Плутона немамо још никаквих података. Зна се толико само да Плутонова путања има ексцентричност 0,246, већу дакле од свих познатих планета; средње одстојање његово од Сунца износи 39,6 астрономских јединица, или 5920 милиона км. Око Сунца обиђе једанпут своју путању за 249 година. О Плутоновој маси тешко је такође ишта поуздано рећи; према досадањим подацима изгледа да се она креће око  $\frac{2}{3}$  Земљине масе.

Постоји ли иза ове још нека, дакле трансплутонска планета, и да ли ће човек бити у стању да је наслути и пронађе, да ли ће успети да још даље прошири наше границе знања о Сунчевом систему? — То треба оставити да нам каже будућност.

## САТЕЛИТИ ПЛАНЕТА. ЊИХОВ БРОЈ, ВЕЛИЧИНЕ, ДАЉИНЕ ОД ПЛАНЕТА И ФИЗИЧКА ПРИРОДА.

Земља и све горње планете имају бар по једног, а редовно више *пратиоца* — *сателита*. Ово су небеска тела незнатних димензија, која се крећу око својих планета као планете око Сунца: у елипсастим путањама, по Њутн-Кеплеровим законима.

**60. Месец.** — Земљин сателит је Месец, за који можемо рећи да је, после Земље, најбоље познато небеско тело. О

њему знамо да се креће око Земље по путањи елипсаста облика, чију једну жижу заузима Земља. Но како се Земља истовремено креће око Сунца, прави облик Месечеве путање у простору изгледа друкчије, но што би то човек могао замислити. Пре но што то покажемо, објаснићемо другу, познатију појаву на Месецу: појаву Месечевих мена.

Опште је познато да у току од месец дана Месечев котур остаје кратко време невидљив: то се време зове *нов месец*. Ускоро потом појављује се, одмах по Сунчевом заласку, на западном делу хоризонта, у виду танког српа чији се сјајни део повећава из дана у дан.  $7\frac{1}{2}$  дана после новог месеца сјајни део обухвати тачно половину Месечевог котура, то је *прва четврт*. У току наредних  $7\frac{1}{2}$  дана повећава се још више сјајни део Месечевог котура тако, да  $7\frac{1}{2}$  дана после прве четврти видимо осветљен цео Месечев котур: то је време *пуног месеца*. Следећих  $7\frac{1}{2}$  дана смањује се обасјани део котура све док, 22 дана после новог месеца, не остане само половина обасјана; ово је време *последње четврти*. Идућих  $7\frac{1}{2}$  дана смањује се сјајни део котура и даље; Месец видимо на небу у виду све тањег и тањег српа да, 29 дана после новог месеца, потпуно опет ишчезне: наступи други нов месец и, затим, отпочне нови низ ових мена.

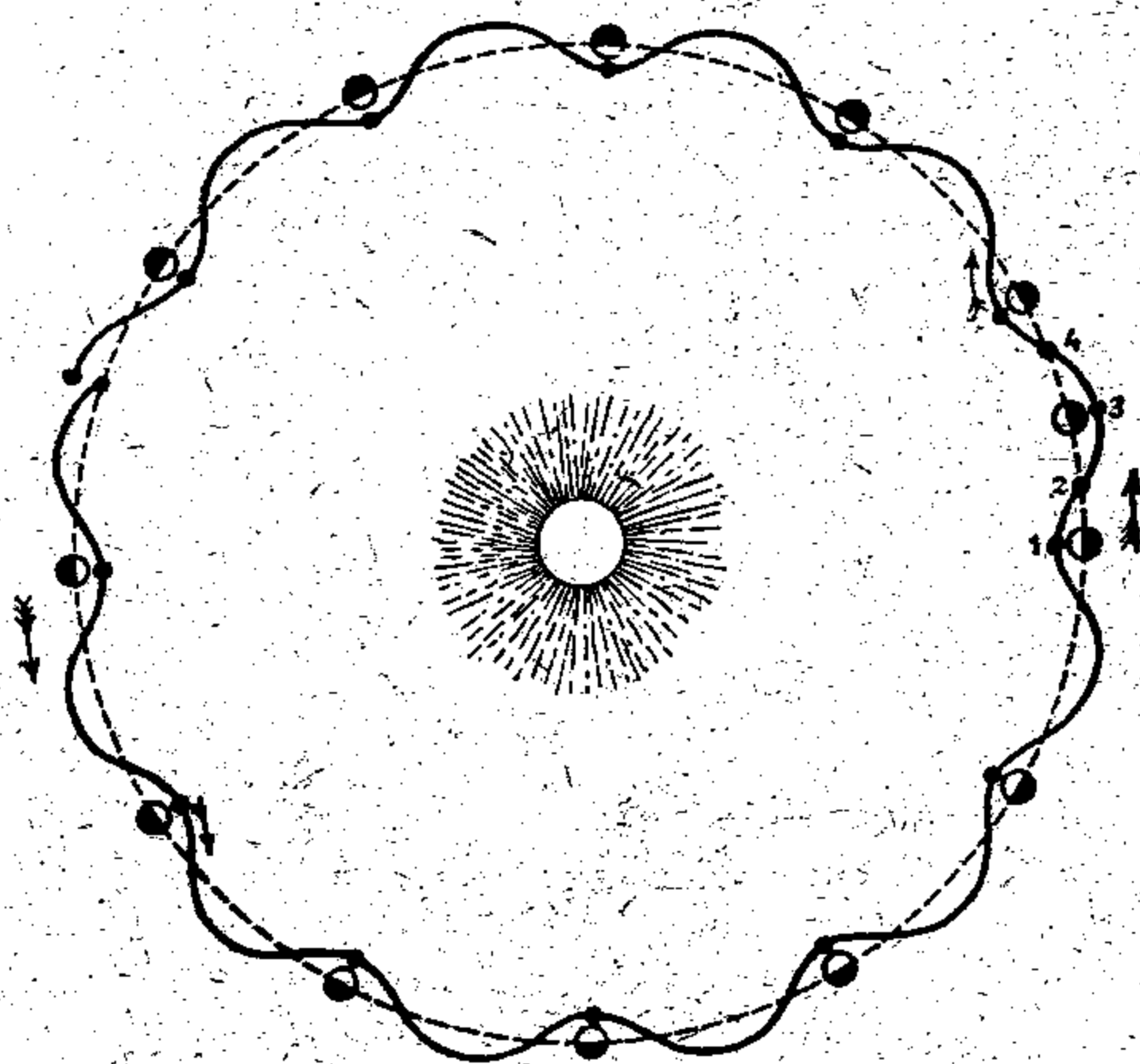
Сл. 100.



Ова врста појава није нам непозната, посматрали смо је и код доњих планета. Истакли смо већ тада да оне наступају услед тога, што су небеска тела Сунчевог система, па дакле и Месец, мрачна тела која само одбијају Сунчеву светлост. Према положају који ова тела заузимају у односу на Сунце и Земљу мења се видљиви део осветљене површине, т. ј. изглед мене. Тек појединих Месечевих мена најлакше ћемо објаснити на слици 100. На њој ћемо објаснити истовремено и облик Месечеве путање око Земље и Сунца. Напоменућемо стога, прво, да раван Месечеве путање око Земље затвара са равни еклиптике угао од  $5^{\circ} 9'$  и, друго, да је Сунце отприлике 400 пута од Земље даље но Месец; услед тога је дејство Сунчеве привлачне силе на Месец двапут само веће од дејства Земљине привлачне силе.

Да нема Земље, јасно је да би Месец описивао, крећући се у директном смислу као и све планете, приближно кружну путању око Сунца као средишта. Међутим, пошто Земља постоји и дејствује на Месец, његово кретање не може остати исто као и у првом случају: и облик

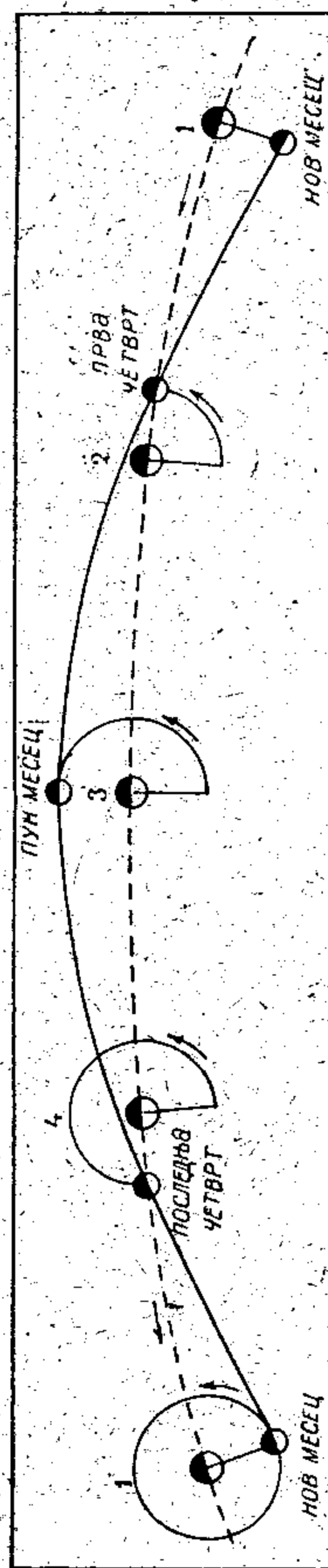
путање и брзина морају се изменити — али се не мења смисао кретања око Сунца. То значи ово. Док се Земља креће по својој годишњој путањи око Сунца, Месец обилази око Земље, једанпут сваких  $29\frac{1}{2}$  дана, али тако да, посматрана са Сунца, Месечева путања остаје стално својом издубљеном (конкавном)



Сл. 101.

страном окренута Сунцу. Никада, дакле, не може бити испупчена страна Месечеве путање окренута Сунцу. Погрешно би било, дакле, претставити Месечево кретање око Сунца и Земље као што је то учињено на слици 101. Правилно претставља ово кретање слика 100: тачкастом линијом Земљину, извученом линијом Месечеву путању у односу на Сунце.

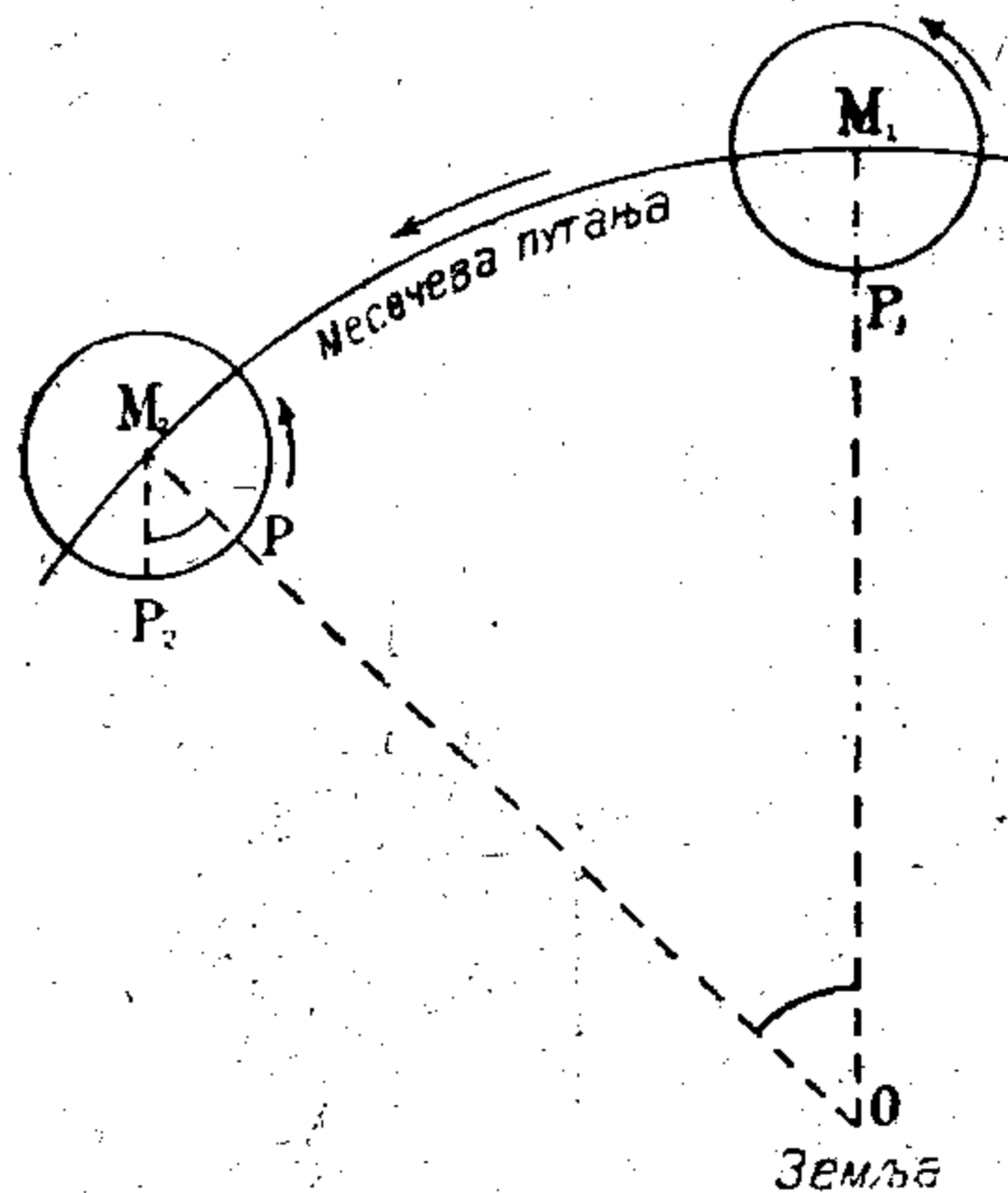
Да би смо могли лакше објаснити појаве Месечевих мена, увеличајмо размере сл. 100, као што је урађено на слици 102. Већи кружић који се креће по тачкастој кружној линији претставља Земљу, а мањи Месец. Бела половина ових кружића показује Сунчевим зрацима осветљену Земљину, одн. Месечеву површину. У положају 1 Месец се налази између Земље и Сунца, дакле у конјункцији; осветљена површина Месечеве лопте окренута је Сунцу, мрачна површина Земљи: Месец не видимо у том положају са Земље — то је време новог месеца.  $7\frac{1}{2}$  дана касније Земља стиже у положј 2; Месец је прешао четвр-



Сл. 102.

тину своје путање и стигао је — каже се — у *квадратуру*. Од његове осветљене површине видимо са Земље половину; то је време прве четврти. За идућих  $7\frac{1}{2}$  дана стиже Земља у положај 3, Месец је тада обишао половину своје путање; Земља се налази између Сунца и Месеца, каже се да је Месец у *опозицији*; видимо осветљен цео Месечев котур — тада имамо пун месец. У положају 4, Месец је обишао три четвртине своје путање, доспео је поново у *квадратуру*; од његове осветљене површине видимо половину — то је време последње четврти.  $7\frac{1}{2}$  дана касније налазимо га опет у конјункцији, и почиње поново исти низ појава.

Карактеристично је за Месец да се он, за исто време док обиђе једанпут око Земље, обрне једанпут и око своје поларне осе. Другим речима, брзина Месечевог кретања око Земље и Месечевог обртања око његове поларне осе једнаке су међу собом. Какве су последице тога? — Посматрајмо за тренутак Месечево кретање око Земље  $O$  (в. сл. 103), и уочимо на Месе-



Сл. 103.

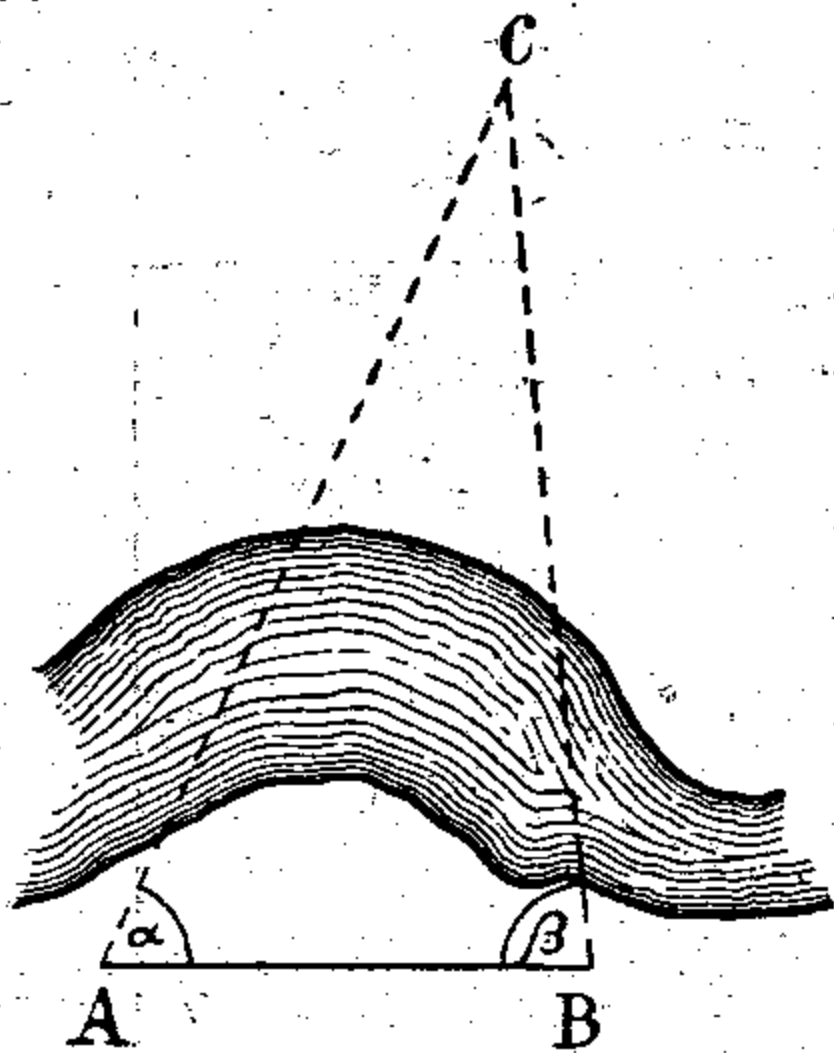
чевој површини тачку  $P_1$  кад се он налази у положају, рецимо,  $M_1$ . Да се Месец уопште не обрне око своје поларне осе, видели бисмо исту тачку, у положају  $M_2$ , у правцу паралелном са  $OP_1$ , дакле у  $P_2$ . У ствари је ми видимо у  $P$ . Значи, док Месец опише око Земље угао  $M_1OM_2$ , он се обрне око своје осе, у истом смислу, за угао  $P_2M_2P = M_1OM_2$ . Из овога слеђује да ће тачка  $P$  на Месечевој површини остати непромењено управљена стално ка Земљи. Последица тога што се Месец обрне око своје осе за исто време за које опише путању своју око Земље, показује се у томе, што нам је Ме-

сец окренут стално истом површином своје лопте, док супротни део њен никада не можемо да видимо.

Месечево средње одстојање од Земље износи 384.400 км.; значи да зрак светлости стиже са Месеца до нас за  $1\frac{1}{4}$  секунда. Показаћемо како се мери даљина Месечевог одстојања.

Употребљује се слична метода којом меримо на Земљи одстојање неког неприступачног предмета. Узмимо да треба да измеримо даљину предмета  $C$  од места  $A$  (в. сл. 104). Тога ради изbere се и измери дужина  $AB$  и ова се узме као основа, па се са њених крајева измере углови  $\alpha$  и  $\beta$ . Како је са ова три податка потпуно одређен троугао  $ABC$ , то се може

израчунати тражено одстојање предмета  $C$  од  $A$ . Применимо ову методу на одређивање Месечевог одстојања од Земље.

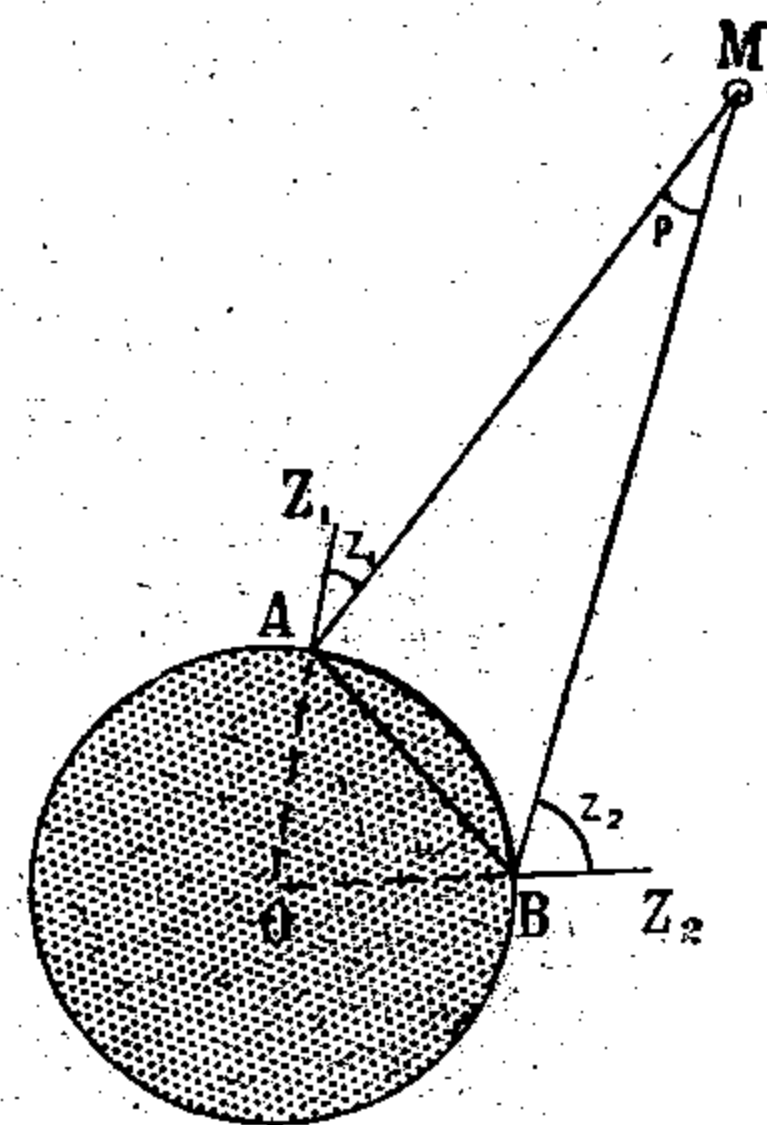


Сл. 104.

Замислимо, дакле, да изаберемо на Земљиној површини два места  $A$  и  $B$ , на истом меридијану, удаљена једно од друго тачно колико је дужина полупречника Земљине лопте. Па измеримо у датом тренутку, са сваког од ових места, Месечеву зенитну даљину. Познавајући углове  $z_1$  и  $z_2$ , лако ће се израчунати углови  $MAB$  и  $MBA$ . А како нам је познат Земљин полупречник, моћи ћемо одредити дуж  $AM$  или  $BM$ , па и  $OM$  — т. ј. Месечево одстојање од Земље, које смо и-тражили. Ако се сетимо да смо назвали паралаксом небеског тела угао под којим се из његовог средишта види полупречник Земљине лопте, горњим начином одређена је у исто време и Месечева паралакса  $p$ . Њена вредност мења се у границама од  $54'$  до  $61'$ , због ексцентричности Месечеве путање која износи  $0,055$ ; због ове мењају се и Месечева одстојања од Земље: у најближем положају далеко је Месец  $356.700$  км., у најдаљем око  $407.000$  км. Месечева лопта има пречник од  $3470$  км; њена запремина износи свега  $1/50$  Земљине запремине; средња густина Месечева износи  $3/5$  Земљине густине, а маса свега  $1/81$  Земљине масе.

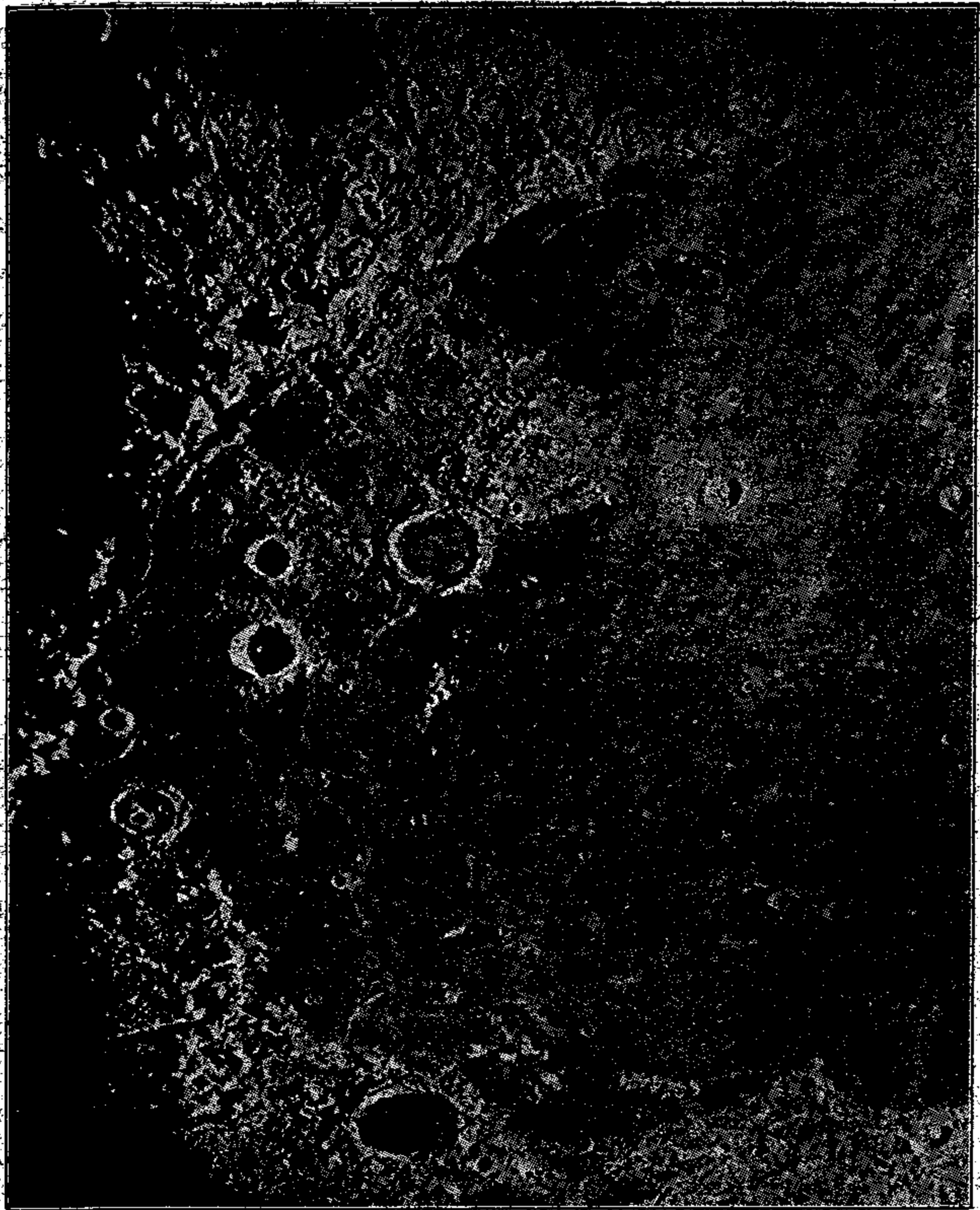
Кад посматрамо Месец опажамо и слободним оком на његовој површини сјајније и мање сјајне делове, наслућујемо да она није глатка, да на њој мора бити узвишења и удубљења различитих размера. О овом се можемо уверити ако Месец посматрамо дурбином (в. сл. 106). Видећемо тада да је Месечева површина доиста неравна: местимично изгледа као разривена дубоким, стрмим провалијама и удубљењима; час наилазимо на узвишења слична нашим планинским гребенима, час опет на велике равне површине, чији је сјај обично тамнији.

— На њој постоји и велики број округлих, мањих и већих, црних, дубоких отвора, окружених сјајним ивицама: то су такозвани *Месечеви циркови*. Мислило се једно време да су ово кратери Месечевих вулкана, чак су их тако и звали. Међутим



Сл. 105.

данас се зна да Месечеви циркови немају никакве везе са кратерима: то су као пространи амфитеатри израђени у Месечеву тлу, чије димензије досежу више десетина, па и коју стотину



Сл. 106. Фотографски снимак једног дела Месечеве површине.

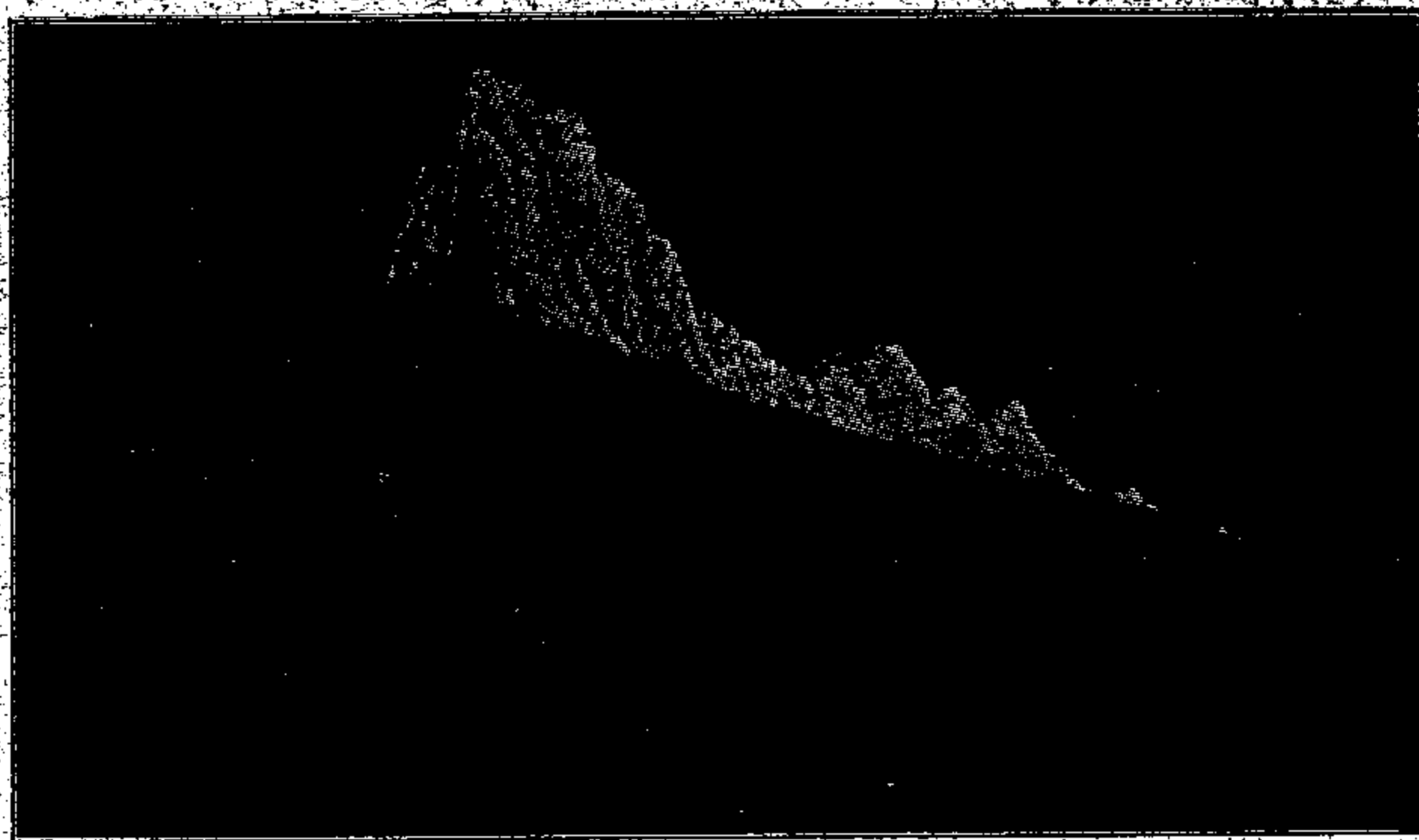
километара у пречнику. Слика 107 претставља једну лепу научну репродукцију Месечевих циркова.

Даље, на Месецу постоје дуга, висока узвишења тла, слична у многим планинским ланцима на Земљиној површини; њихове висине достижу по 7, па и 8 км.; названи су: Алпи, Апенини (в. сл. 108), Пиренеји, Карпати. — Пространи делови на Месечевој површини, чији је сјај нешто тамнији, личе на огромне пољане; названи су *Месечева мора* (в. сл. 106), иако не постоји у њима ни трага о води, нити се може знати да ли је у њима било икада воде.

Доста је тешко објаснити узроке и начин како је Месечева површина добила овај облик. Неки сматрају да су то трагови падања на Месечеву површину метеора и болида, који су се



Сл. 107. Изглед Месечевог цирка \*)



Сл. 108. Изглед Месечевих Апенина \*)

при томе — као гранате из топова — заривали дубоко у унутрашњост тла, остављајући за собом видне трагове експлозије у његовим цирковима. Покушано је да се објасне и узвишења и удубљења на његовој површини, дакле постанак Месечевих брда и мора, померањем Месечевог тла услед ових експлозија. Како је стварно било, кад се то могло догодити; да ли је доиста Месец у својој давној прошлости претрпео овакво бомбардо-

\*) Научна репродукција Л. Ридо-а.



вање метеорима, или је, можда, напротив, само Месечево тело претрпело низ експлозија, чије су последице данашњи Месечеви циркови, наука није у стању да се коначно о томе изјасни.

О Месечевој физичкој природи знамо поуздано, поред наведених података, да око Месечеве лопте не постоји никаква трага о некој гасовитој атмосфери. Ако је и има, густина њена мора бити толико незнатна, да је немогуће са Земље утврдити да она постоји. Из овога закључујемо да на Месечевој површини не може бити ни воде: на њој, дакле, не постоје два најнеопходнија елемента, услова за живот, — те се може тврдити са потпуном извесношћу, да је Месец мртво тело.

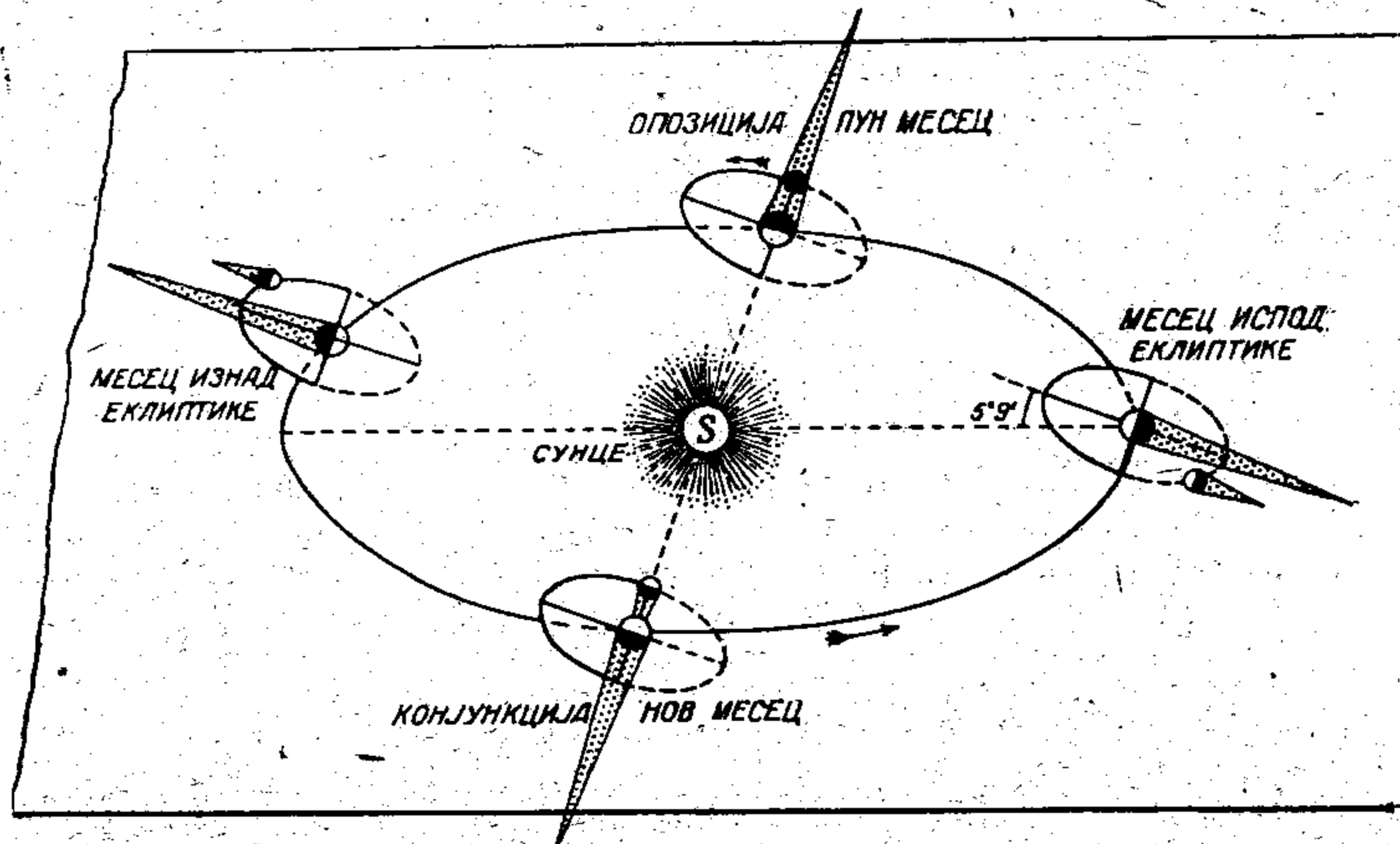
Због тога што Месец нема своје атмосфере, многе обичне појаве на његовој површини имају сасма други изглед но што смо ми то навикли. Месечеви становници, кад би их било, или *Селенити* — како их наука зове — не би знали ни за облаке, ни за муњу, ни за дугу, нити за сутон, ни за зору; уопште ни за једну од оних појава где ваздух и водене капљице играју улогу: ломе, расипају или одбијају зраке Сунчеве светлости. Али као накнаду имали би други један приказ, који је нама непознат: видели би на своме небу сјајан котур, 13 пута већи но што је Месечев котур за нас — котур наше Земље. Као и ми са Земље што видимо Месечеве мене, његови становници гледали би Земљине мене. У доба када је за нас нов месец, за Селените би била «пуна земља» и обрнуто. Кад би још имали добро око, овако бар као што је наше, били би у могућности чак и да распознају на површини Земљиног котура континенте од мора. При новом месецу, када је код нас подне, имали би Селенити пред очима Европу и Африку, а потом и Азију; 12 часова касније имали би пред очима Америку.

## О ПОМРАЧЕЊИМА.

**61. Помрачење Месеца.** — Свако мрачно тело на које падају зраци неког извора светлости оставља за собом сенку на супротној страни од оне где се налази извор светлости. Према томе, сва небеска тела у Сунчевом систему па, дакле, и Земљу и Месец као мрачна тела која Сунце осветљава, прате кроз простор њихове сенке.

Кад Месец, описујући своју путању око Земље, наиђе на њену сенку његова површина престаје, делимично или потпуно, да буде осветљена Сунчевим зрацима: каже се да наступа Месечево, делимично или потпуно, помрачење. Да може уопште наступити Месечево помрачење мора се, дакле, налазити Месец у односу на Земљу на супротној страни од Сунца — или

у опозицији; то је — као што знамо — положај за време пуног месеца. Ово је први услов. Но познато је да помрачење Месеца не наступа сваког пуног месеца. Да се разуме зашто, треба имати на уму да се Месец креће око Земље на даљини од неких 60 Земљиних полупречника, по путањи чија раван не



Сл. 109.

лежи у равни еклиптике, већ са овом затвара угао од  $5^{\circ} 9'$ . Услед тога, у времена пуног месеца обично се налази Месец или изнад или испод равни еклиптике, пролази дакле или изнад или испод Земљине сенке (в. сл. 109 положаји лево и десно). Да може наступити Месечево помрачење, други је услов да се, у тренутку опозиције, т. ј. у време пуног месеца нађе уједно Месец и у близини равни еклиптике (сл. 109 горњи положај). Ово се дешава само онда, кад Месец стигне у непосредну близину праве дуж које се секу равни његове путање и еклиптике.

Колики ће део Месечеве површине бити тада помрачен зависи, прво, од даљине на којој се налази Месец од Земље у том часу и, друго, од тога колико је Месец изнад или испод равни еклиптике.

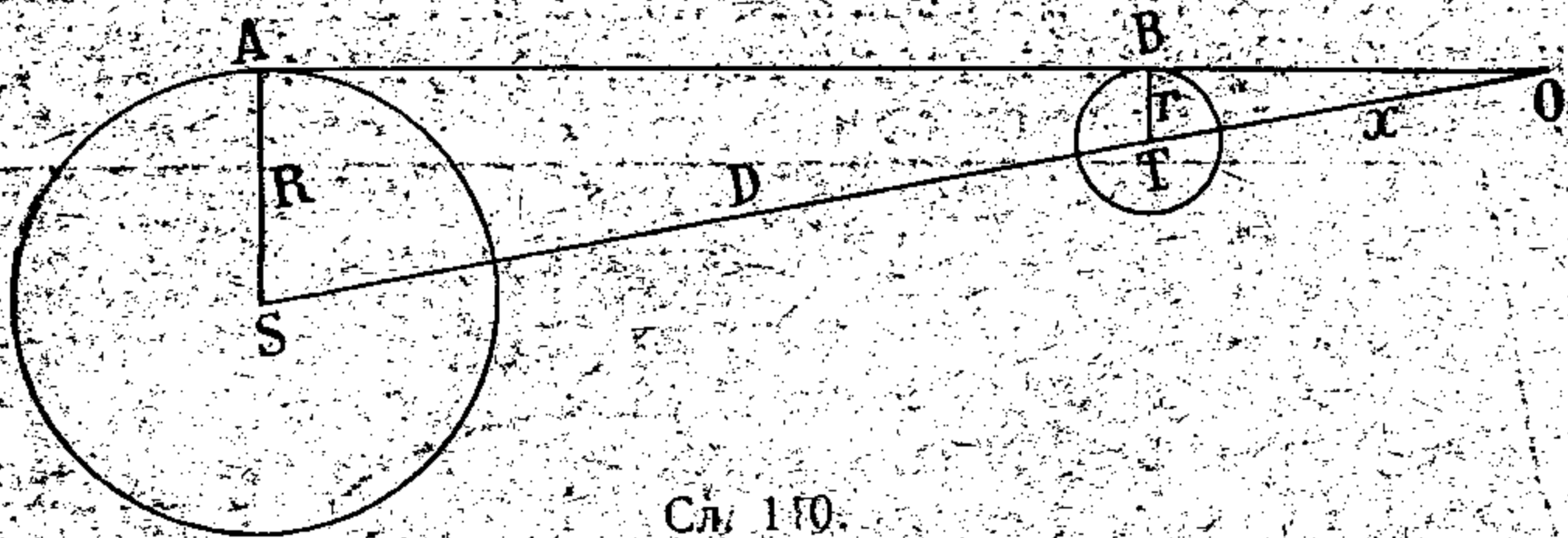
Испитајмо, прво, у коликој мери зависи помрачење од Месчевог удаљења од Земље. Зато ћемо израчунати дужину Земљине сенке. Нека на слици 110 претставља већи круг Сунце, мањи круг Земљу, и означимо полупречник Земљине лопте  $BT = r$ . Из раније је познато да је

$$\text{Сунчев полупречник } SA = R = 109 r,$$

$$\text{као и да је даљина } ST = D = 23440 r$$

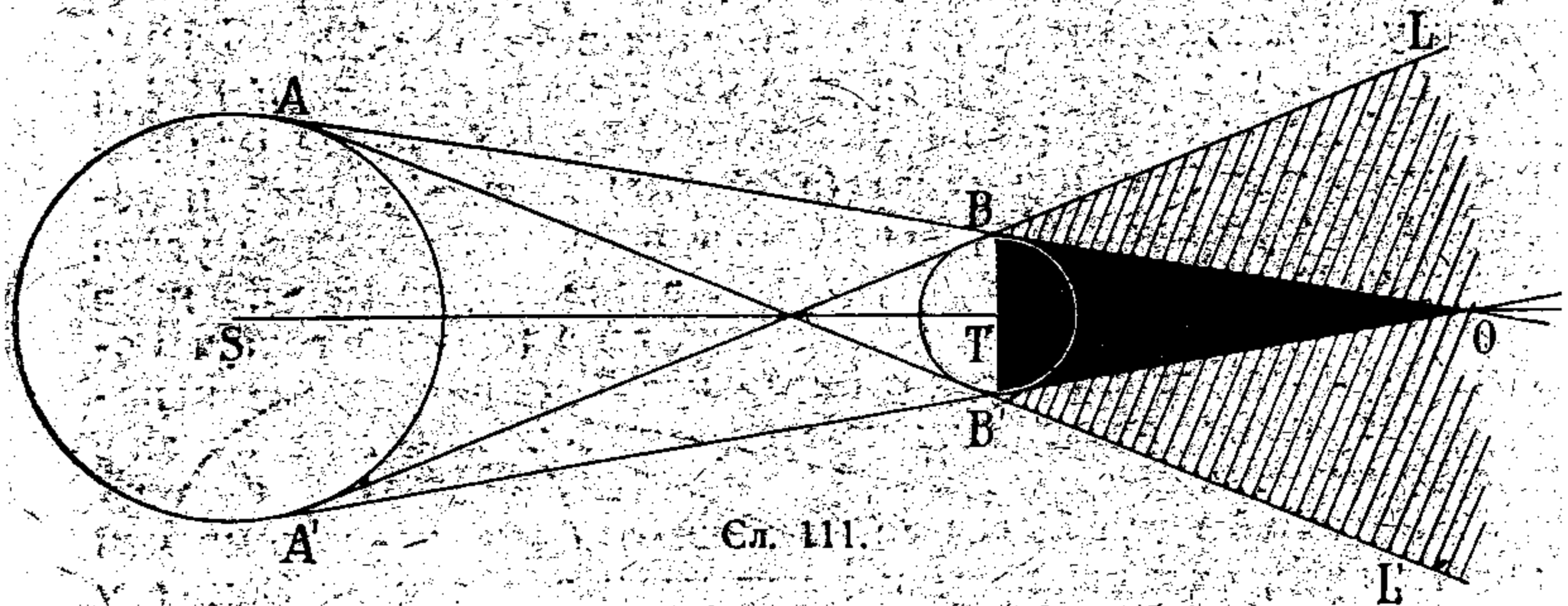
На основу ових података није тешко израчунати дужину сенке  $OT = x$ . Дойста, из сличности троуглова  $OTB$  и  $OSA$  имамо да је

$$\frac{x}{R} = \frac{x+D}{R-r} = \frac{D}{R-r} \quad \text{т. ј. } x = \frac{rD}{R-r} = \frac{23440r}{108} = 217r$$



Сл. 110.

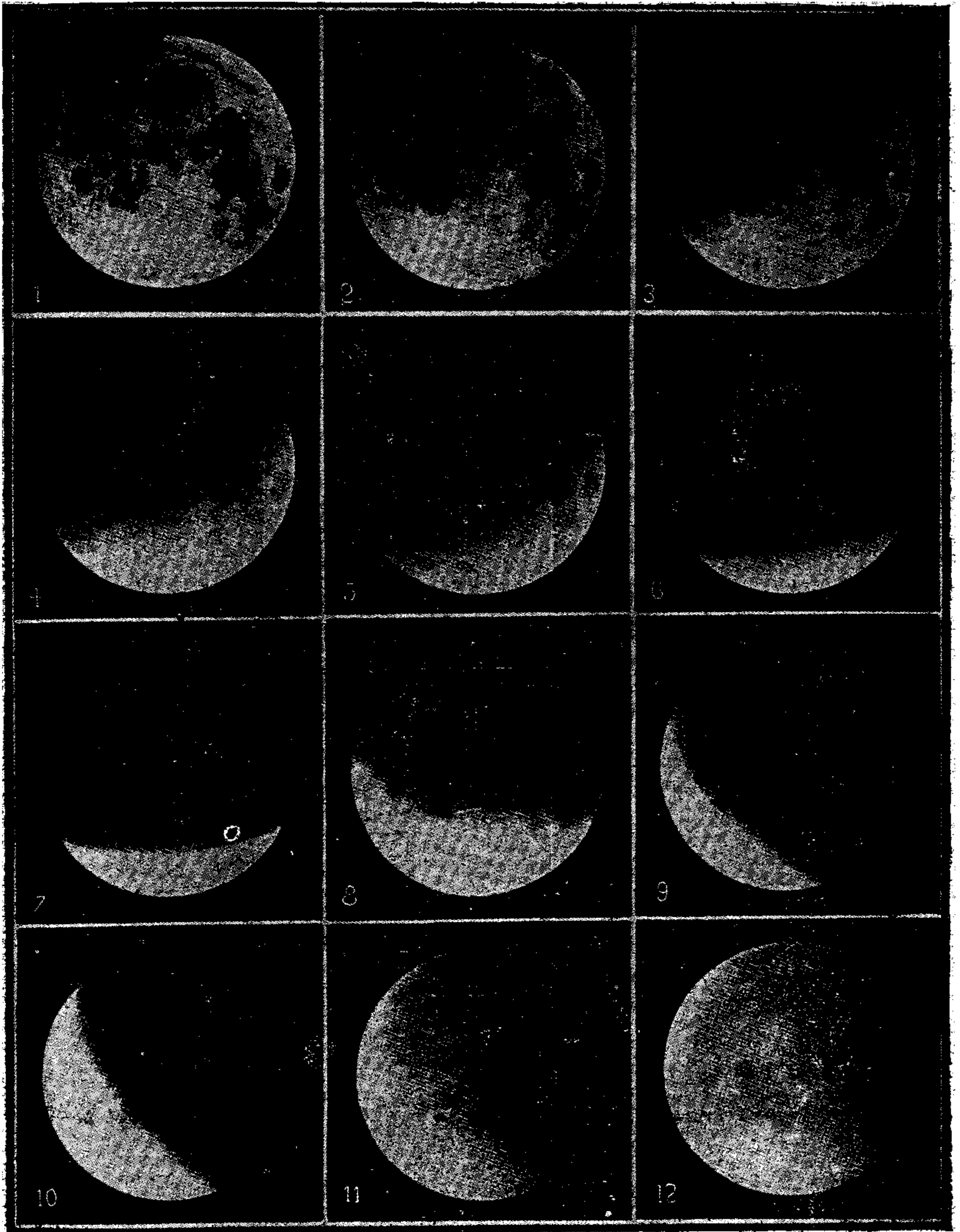
Дужина Земљине сенке износи дакле 217 Земљиних полупречника. За Месец знамо да се налази на одстојању од 60 Земљиних полупречника, дакле скоро  $3\frac{1}{2}$  пута ближе Земљи но што је њена сенка дуга. Очигледно је према томе да помрачења Месеца зависе само од тога, за колико је Месец изнад или испод равни еклиптике, т. ј. од његове латитуде. Пошто је нагиб равни у којој се Месец креће  $5^{\circ} 9'$ , његова латитуда креће се између граница  $+5^{\circ} 9'$  (кад је изнад) и  $-5^{\circ} 9'$ , кад је Месец испод равни еклиптике. Месечево помрачење може наступити само ако је, у време опозиције, Месечева латитуда мања од једне извесне вредности, која се креће између  $52'$  и  $63'$ . И то: ако је латитуда мања од  $60 21'$  наступа потпуно помрачење; ако је латитуда између  $60 31'$  и  $60 52'$  наступа делимично помрачење. Све ово није тешко рачунски проверити, ако се дода слици 110 да се Месец налази на даљини од 60 r



Сл. 111.

Познато је тако исто да Земљина лопта даје и такозвану полусенку коју на слици 111 претставља површина иза Земљине лопте, ограничена унутрашњим тангентама  $AB'$  и  $A'B$  Сунчевог и Земљиног круга, т. ј. делови  $LBO$  односно  $OB'L'$ . Тачке у тим деловима примају само један део Сунчеве светлости.

Како се види Месечево помрачење. Ако су испуњени сви услови за наступање помрачења, видећемо од једног извесног часа како Месечев сјајни котур почиње да се крњи (в. сл. 112); то значи да је



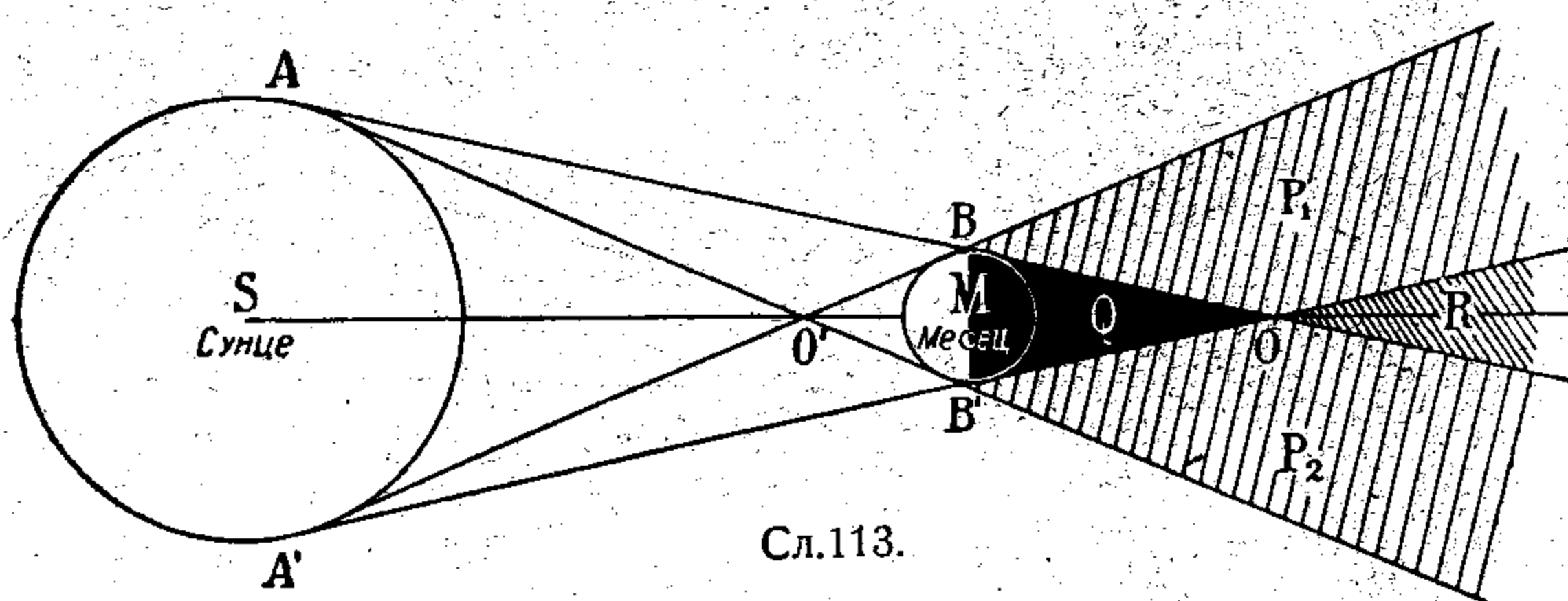
Сл. 112.

Месец почео тонути у тамну Земљину сенку. Улазак у полусенку, пре тога, редовно пролази неопажен. А и сам почетак помрачења, т. ј. онај тренутак кад Месец својом ивицом додирне сенку, тешко се даје голим оком опазити и тачно оценити. Ако је помрачење делимично потамни само један део Месечевог котура, док други остаје непромењен. Код потпуног помрачења потамни цео Месечев котур и добија тада мрко ружичасту боју за све време док појава траје; а може да траје најдуже око два часа. — Ток целе појаве показује сл. 112.

**62. Помрачење Сунца.** — Кад Месец, описујући своју месечну путању око Земље, доспе између Земље и Сунца — у положај конјункције, а то је доба новог месеца — дешава се да нам заклони један део или цео Сунчев котур; каже се да наступа делимично, односно потпуно помрачење Сунца. Ово не наступа сваког новог месеца, из истог разлога из кога и Месечева помрачења не наступају сваког пуног месеца. Појава се објашњава овако.

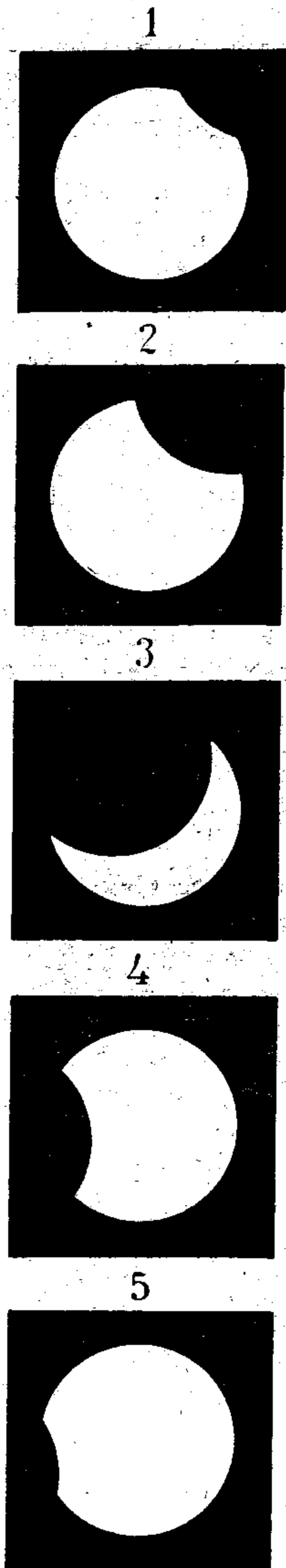
Месец, као тамно тело, стално прати сенку на његовом путу кроз простор, која се пружа у супротном правцу од Сунца. Дужина сенке зависи од даљине Месечеве од Сунца, а није тешко показати да она достиже дужину од 57 до 59 Земљиних полупречника, према томе колико је Месец у том часу далеко од Сунца. Уз то, треба имати на уму да је Месечева путања око Земље елипса, да се, услед тога, мењају његове даљине од Земље и то у границама од 56 до 64 Земљиних полупречника. Одатле следује, да са једне извесне даљине Месечеве од Земље његова сенка не допире до Земљине површине: у том случају не може наступити потпуно помрачење Сунца, ма и били остали услови испуњени.

Како ће изгледати помрачење зависи од узајамног положаја Сунца, Месеца и Земље. На слици 113 претстављени су



Сл.113.

сви могући случајеви Сунчевог помрачења. Велики круг претставља Сунчев, мали круг Месечев котур; површина означена са  $Q$  претставља праву сенку,  $MO$  дужину Месечеве праве сенке,  $P_1$  и  $P_2$  полусенку. За посматрача који би се налазио у



Сл. 114

делу  $Q$ , био би Сунчев котур потпуно заклоњен Месечевом лоптом — он ће видети потпуно Сунчево помрачење; за посматрача који се буде налазио негде у деловима  $P_1$  или  $P_2$ , дакле у полусенци, и то ван праве сенке (изван дела  $Q$ ), биће помрачен само један део Сунчевог котура, т. ј. видеће се само делимично помрачење Сунца; ако се посматрач налази негде у делу  $R$ , дакле тачно у правцу Месеца и Сунца, али даље но што је права сенка дуга, видеће посматрач такозвано прстенасто помрачење Сунца: око црног-Месечевог котура, који у овом положају није довољан да заклони цео Сунчев котур, видеће се један део бљештећег Сунчевог котура у облику прстена.

Услови за наступање Сунчевог помрачења исти су, у главном, као и код Месечевог помрачења, с том разликом само што у овом случају треба Месец да буде у конјункцији (доњи положај у сл. 109 на стр. 141); уз то, потребно је још и да Месечева латитуда буде мања од  $1^\circ 22'$ ; другим речима, да Месец не буде преко одређене границе изнад или испод еклиптике. Због тога што је дужина Месечеве сенке сразмерно мала, мала је и површина коју она на Земљиној лопти покрива — помрачује. Може се рачуном показати да ова површина не износи, при потпуном помрачењу Сунца, ни  $\frac{1}{12000}$ -ти део Земљине површине. Због Месечевог кретања око Земље помера се и сенка његова по Земљиној површини, те се услед тога постепено помрачава читав једна зона на Земљиној лопти.

Како се види Сунчево помрачење. Са једног места на Земљи види се ток целе појаве обично овако. Кад дође време помрачењу, примећујемо како одједном почиње Сунчев сјајни котур на једном крају да се крњи (в. сл. 114); значи да је Месец почео да наилази испред Сунца. Пошто се Месец креће, захватаће постепено све већу површину Сунчевог котура; тренутак кад средишта Месечевог и Сунчевог котура стигну најближе једно другом зове се сре-

дина помрачења; Месец нам тада заклања највећи део Сунчевог котура — ако је помрачење делимично или прстенасто. Затим, истим редом, смањује се помрачена површина Сунчевог котура, да се помрачење заврши кад се Месец потпуно уклони испред Сунчевог котура. (Сл. 114 претставља ток Сунчевог помрачења од 29 јуна 1927 године, како се оно видело у Београду од 5<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> до 7<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> изјутра).

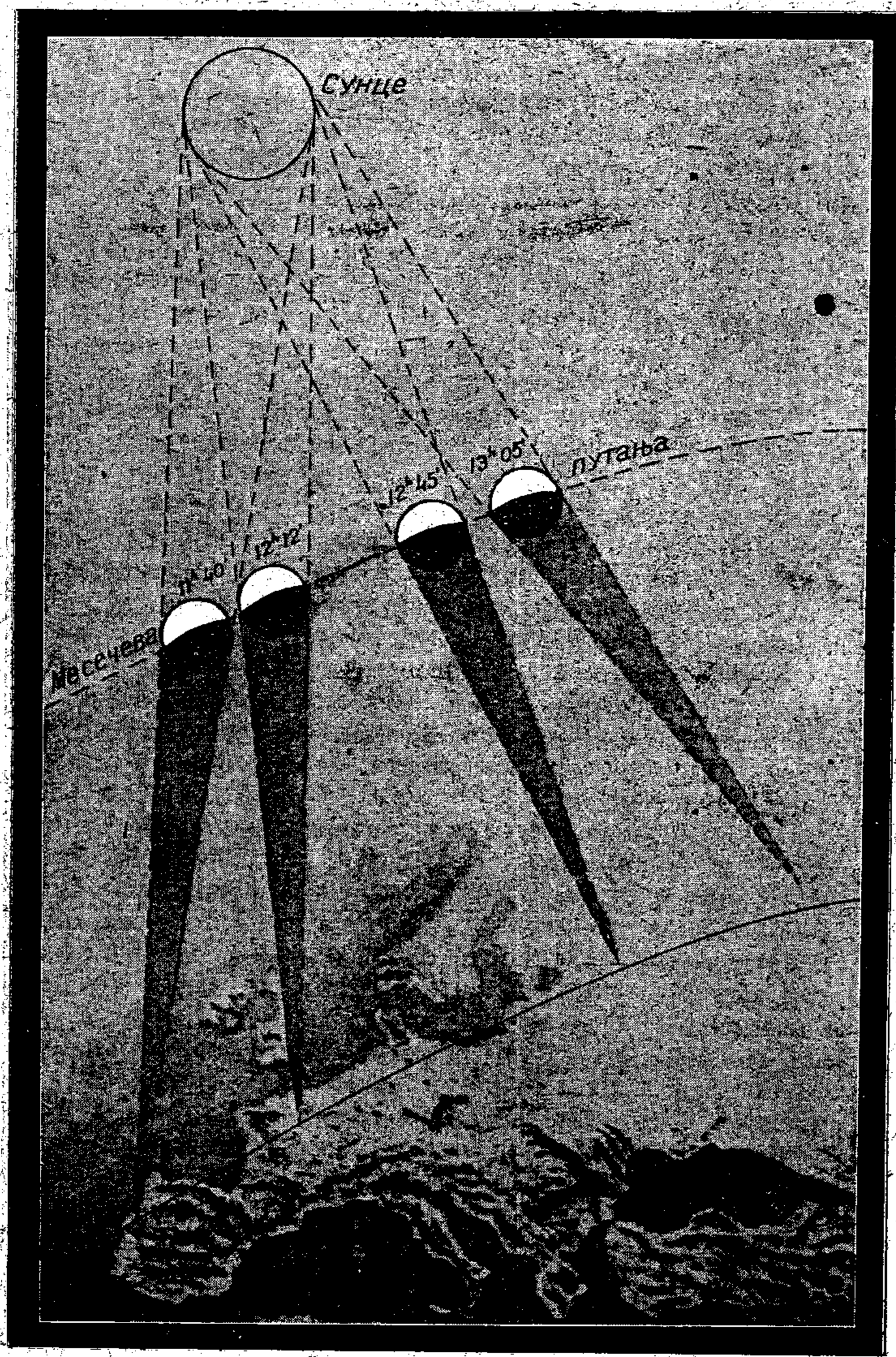
Она места на Земљиној површини која се налазе дуж зоне којом пролази права сенка видеће потпуно или прстенасто помрачење према томе, да ли сенка допире или не до Земљине површине. Места око те зоне видеће само делимично Сунчево помрачење. Трајање потпуног помрачења није исто за сва места на Земљи: најдуже је на екватору и може да траје до 8<sup>m</sup>; код нас траје свега око 6<sup>m</sup>. Делимично помрачење на екватору може да траје до 4<sup>1/2</sup> часа, код нас нешто мање од 4 часа. На слици 115 приказан је изглед потпуног Сунчевог помрачења које је посматрано априла 1912 године.

Ако упоредимо Месечево и Сунчево помрачење видимо ово. Месечево помрачење наступа кад Месец утоне у Земљину сенку, то је, дакле, појава која не зависи од посматрача и места на Земљи са кога се посматра, због тога се Месечева помрачења виде на исти начин и у исти мах са свих тачака Земљине површине, која у то време имају Месец над хоризонтом. Сунчева помрачења, међутим, наступају кад наиђе сам посматрач на Месечеву сенку. У истом том часу друга места на Земљи налазе се, делимично или потпуно, ван Месечеве праве сенке и виде према томе само делимично Сунчево помрачење, или га уопште и не виде. Изглед Сунчевог помрачења је дакле дејство перспективе те, према томе, са разних тачака Земље разно се види.

Још су стари Халдејци запазили правилност у понављању Сунчевих и Месечевих помрачења, и нашли су да за време од 18 година и 11 дана — звали су то један *сарос* — наступа укупно 70: од којих 41 Сунчевих, а 29 Месечевих помрачења. У току једне године догоди се најмање два помрачења, и у том случају оба су Сунчева; а највише може се догодити 7 помрачења (4 Сунчева, 3 Месечева; или 5 Сунчевих, 2 Месечева). Но ипак, ма са ког места на Земљиној површини (рецимо за Београд) види се трипут мање Сунчевих но Месечевих помрачења. Јер, док свако Месечево помрачење све тачке на Земљи подједнако виде (ако се Месец уопште може са њих видети у то доба), дотле помрачење Сунца види се са разних места различито, и то само са једног уског дела Земљине површине, а са осталих не, ма и било Сунце над хоризонтом.

**63. Сателити планета.** — Марс прате на његовом путу око Сунца два сателита, који око њега круже по елипсастим, врло мало ексцентричним путањама, онако исто као и планете око Сунца: по Њутн-Кеплеровим законима. Пронађени су тек

1877 године и дата су им имена Фобос и Деимос. Оба су сави-  
мале лопте: Фобос има око 10 км., Деимос 12 до 15 км.



Сл. 115.



у пречнику. Необично је код Марсових сателита то да су врло мало удаљени од планете: Фобос, који је ближи, налази се на средњем одстојању од Марсове површине од 6.000 км. отприлике, и обиђе једанпут планету за  $7^h 39^m$ ; Деимос је нешто даљи, он кружи на одстојању од неких 20.000 км. и опише цео круг за  $30^h 18^m$ . Оба се крећу скоро у самој равни Марсовог екватора. Фобос изгледа са Марсове површине готово исте привидне величине као и Месец са Земљине, само је нешто слабије сјајан. А пошто је његова брзина три и нешто више пута већа од брзине којом се Марс обрће око своје поларне осовине, то посматран са планете види се Фобос као да излази на западној, а залази на источној страни Марсовог хоризонта,

Око Јупитера кружи девет сателита. Четири, велика пронађена су још 1610 год., када је први пут Галилеј управио астрономски дурбин на Јупитера. Значајан је то био догађај за човечанство и за науку о небеским појавама. Тада је први пут човеку било дато да види оно у што је дотле само веровао: да, у једном систему небеских тела, мања стварно, описују кружне путање око централног тела. Проналаском Јупитерових сателита — може се рећи — ударен је био најчвршћи темељ Коперниковом хелоцентричном систему.

Податке о Јупитеровим сателитима наћи ћемо у овој табlici. Као што видимо, прва четири имају и нарочита имена.

#### Астрономски подаци и елементи Јупитерових сателита.

ИМЕ САТЕЛИТА	Сидерична револуција у данима	Удаљење од планете		Ексцен- тричност	Нагиб путање
		у полу- пречни- цима планете	у хиљадама кило- метара		
Ио . . . . .	1,769137	5,91	421,50	—	2,16
Европа . . . . .	3,551180	9,40	671,00	—	2,51
Ганимед . . . . .	7,154548	14,99	1070,00	—	2,33
Калисто . . . . .	16,688988	24,36	1881,00	—	2,36
V . . . . .	0,498179	2,53	184,00	—	2,00
VI . . . . .	250,611	160,00	11446,00	0,1550	28,93
VII . . . . .	260,06	164,00	11884,00	0,2073	31,00
VIII . . . . .	738,9	329,00	25610,00	0,38 . .	151,11
IX . . . . .	1745	351,00	27000,00	0,248 . .	156,19

Прва четири сателита виде се и у најмањим дурбинима, и дуго су била позната само ова четири. Тек 1892 пронађен је пети, а касније, фотографијом, и остали; девети је пронађен 1914 године. Јупитерови сателити имају велики значај како за историју науке, тако и за теориска изучавања небеских тела. Познато је из физике да су прва четири послужила Ремеру да одреди брзину светлости. Уопште, Јупитер са својим

сателитима претставља верну слику у малом целог Сунчевог система распоред сателита око планете, облик њихових путања, нагиб равни у којима се они крећу, смисао и начин кретања — у свима овим поједино-стима наилазимо на велику сличност са целим Сунчевим системом. На њима можемо проверити најлакше све што је до сада било изнесено о кретањима великих планета око Сунца. Можемо са подацима из горње таблице проверити одмах, на пример, трећи Кеплеров закон.

Узмимо сателите, Ганимед и Калисто. По закону гравитације трећи Кеплеров закон каже, да односи квадрата времена за које они обиђу око планете и кубова њихових средњих одстојања од планете имају бити међу собом једнаки. Стога, ако узмемо времена њихових сидеричних револуција и одстојања (у хиљадама км.) добићемо податке које садржи ова таблица:

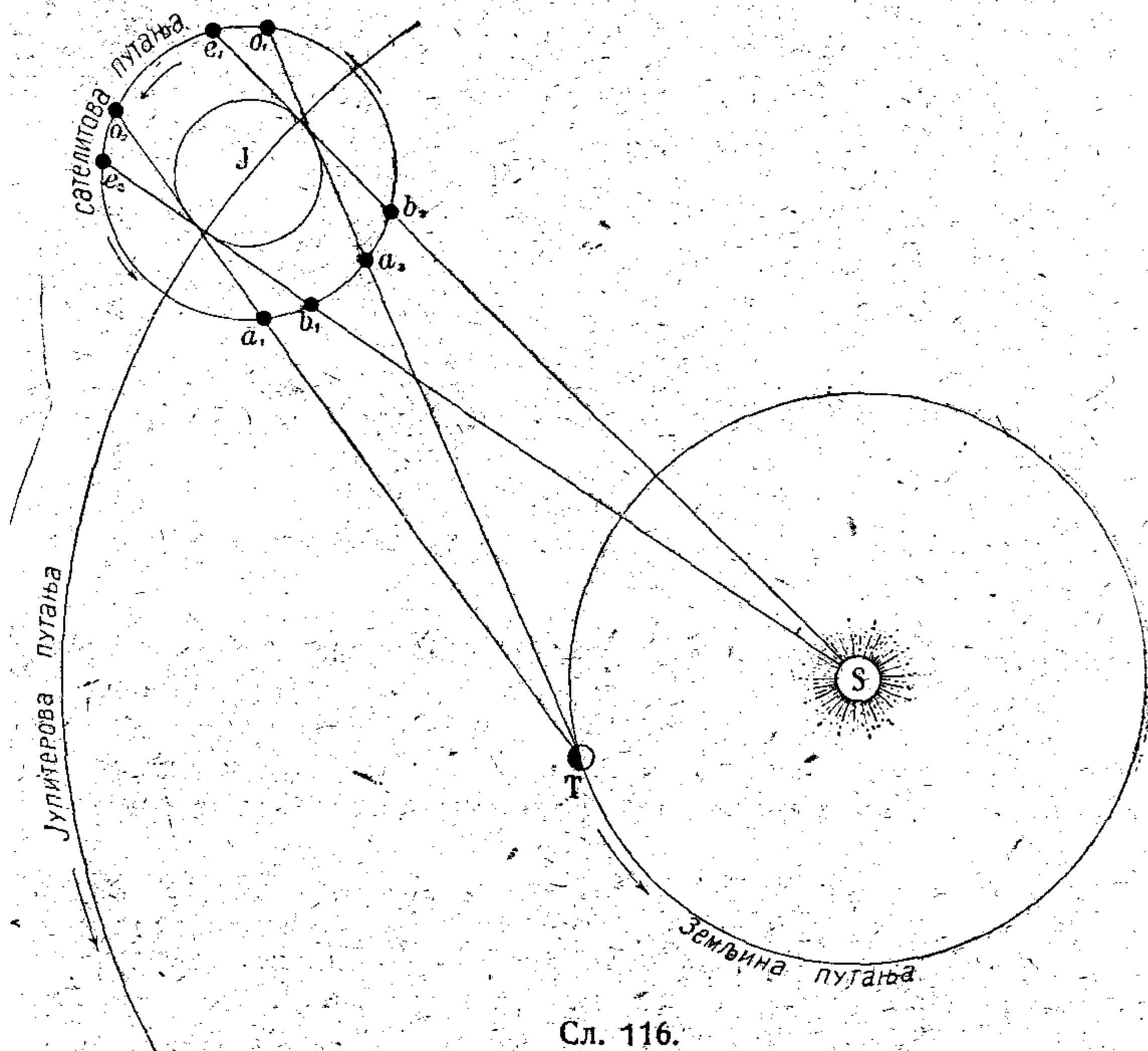
Име сателита	Време обиласка у данима	Квадрати ових времена	Однос квадрата	Даљине од планете у мил. км.	Кубови ових даљина	Односи кубова
Ганимед	7,15	51,12	0,183	1,067	1,215	0,183
Калисто	16,69	278,89		1,877	6,613	

и видимо, да доиста важи трећи Кеплеров закон и за сателите.

Кретање Јупитерових сателита, а нарочито кретање прва четири пружа нам низ појава од велике важности, те ћемо се стога зауставити да те појаве укратко опишемо. Пошто знамо да сателити описују око Јупитера скоро кружне путање, чије су равни врло мало нагнуте на раван Јупитеровог екватора, дакле, и на раван еклиптике, постаје јасно да ће те мале небеске лопте пролазити час испред, час иза Јупитерове лопте у односу на Земљу. Ток и изглед појава најбоље ће се разумети са слике 116, пратећи кретање једног од сателита из положаја Земље  $T$ , према Сунцу  $S$  и Јупитеру  $J$ .

Кад, при кружењу око Јупитера, сателит наиђе на положај  $a_1$ , видимо да почиње његов пролаз испред Јупитеровог котура; тада постаје сателит обично невидљив, јер му се сјај губи у сјају планетиног котура; каткад ипак може да се види, нарочито кад наиђе на неки тамнији део, рецимо на неку пегу на Јупитеровој површини. У тачки  $b_1$  почиње сателит бацати за собом сенку (за Јупитера почиње помрачење Сунца); ова се види као црна тачка која се помера по сјајном Јупитеровом котуру. У положају  $a_2$  завршава се пролаз сателита испред Јупитеровог котура, али се види и даље његова сенка, која ишчезава тек кад сателит стигне у  $b_2$ . Кад затим сателит доспе у  $a_1$ , почиње такозвана *окултација* његова: заклања се иза планете и постаје невидљив. Почев од положаја  $e_1$  улази сателит у Јупитерову сенку, наступа помрачење сателита. Како су ово мрачна тела, која Сунце снабдева светлошћу, то она за све време трајања помрачења остају невидљива. Зато кад се, нешто

касније, окултација стварно заврши у тачки  $o_2$ , ми сателит ипак још не видимо, јер траје његово помрачење, које се свр-



Сл. 116.

шава тек у положају  $e_2$  и тек тада постаје видљив. Само четврти сателит може, због своје доста велике даљине од Јупитера, да прође изнад или испод његове сенке. — Некада су ове појаве Јупитерових сателита искоришћаване, биле за одређивање разлике у лонгитудама тачака на Земљиној површини.

Око Сатурна кружи, осим прстена, 10 сателита различите величине и сјаја и на разним одстојањима од планете. За првих осам знало се одавно да постоје; последња два пронађена су недавно, фотографском методом. По даљинама од планете следе сателити редом како се то види из таблице, у којој доносимо и друге појединости о њима.

Пада у очи несразмерни распоред сателита око планете. Првих пет чине засебну групу планети блиских пратиоца, па онда наступа велика празнина у којој — изгледа — нема ни једног сателита; иза ове долази друга група од три сателита; затим нова, још већа празнина дели ову групу од претпослед-

**Астрономски подаци и елементи Сатурнових сателита.**

ИМЕ САТЕЛИТА	Сидерична револуција у данима	Удаљење од планете		Ексцен- тричност	Нагиб путање
		у полу- пречни- цима планете	у хиљадама км.		
Мимас . . . . .	0,942422	3,07	181,00	0,0190	27,49
Енцеладус . . . . .	1,370218	3,94	233,00	0,0046	28,07
Тетис . . . . .	1,887802	4,88	287,00	0,0000	28,68
Дионе . . . . .	2,736915	6,24	369,00	0,0020	28,07
Рео . . . . .	4,517500	8,72	515,00	0,0009	28,38
Титан . . . . .	15,945425	20,22	1193,00	0,0289	27,47
Темис . . . . .	20,85	24,17	1426,00	0,23	39,10
Хиперион . . . . .	21,276617	24,46	1445,00	0,119	27,35
Јапегус . . . . .	79,33015	58,91	3476,00	0,029	18,47
Фебе . . . . .	550,48	214,4	12650,00	0,1659	175,08

њег, иза кога, после још трипут веће празнине од претходне, долази најдаљи Фебе. Осим Фебе, који има ретроградно кретање, остали Сатурнови сателити круже у директном смислу око планете; првих пет у равнима које се скоро поклапају са равни Сатурновог прстена, по сразмерно мало ексцентричним путањама.

Праве величине ових сателита тешко се дају одредити: највећи међу њима, Титан, има пречник отприлике до 4000 км., за њим долазе по величини Јапег, Тетис и Диане; најмањи су Фебе и Темис, који се могу само на фотографским плочама видети.

Око Урана круже четири сателита; о њима имамо ове податке.

**Астрономски подаци и елементи Уранових сателита.**

ИМЕ САТЕЛИТА	Сидерична револуција у данима	Удаљење од планете		Ексцен- тричност	Нагиб путање
		у полу- пречни- цима планете	у хиљадама км.		
Ариел . . . . .	2,520383	7,71	177,00	—	97,97
Умбриел . . . . .	4,144181	10,75	249,00	—	98,35
Титаниа . . . . .	8,705868	17,63	405,00	—	98,02
Оберон . . . . .	13,463243	23,3	542,00	—	98,28

Сва четири ова сателита описују око планете путање у

ретроградном смислу. О њиховим величинама подаци су непо-  
уздани; највећи, Титанија има у пречнику 900 км., Оберон око  
870 км.

Нептун има једног пратиоца, који обиђе око планете за 5  
дана и 1 час; креће се такође у ретроградном смислу.

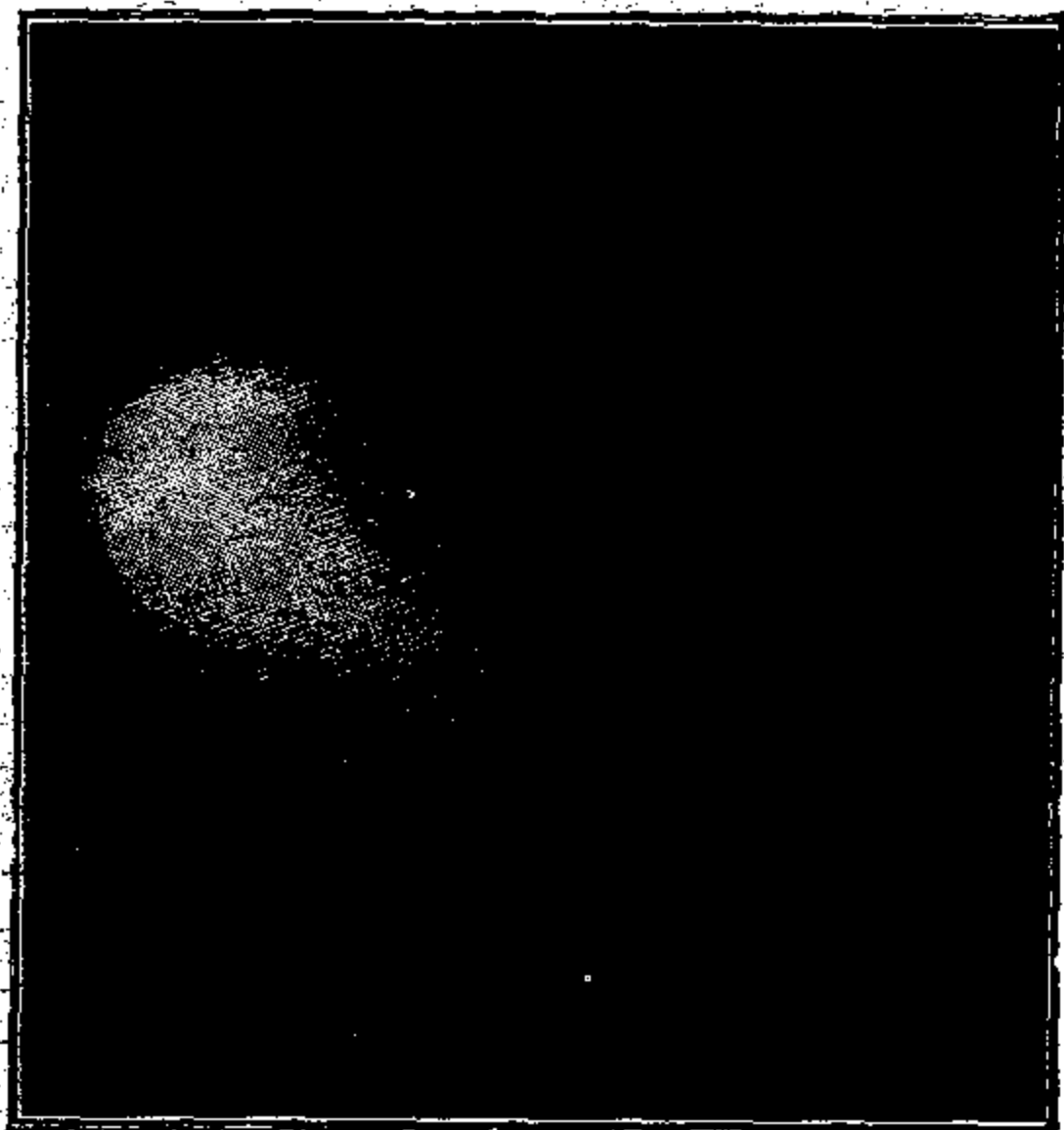
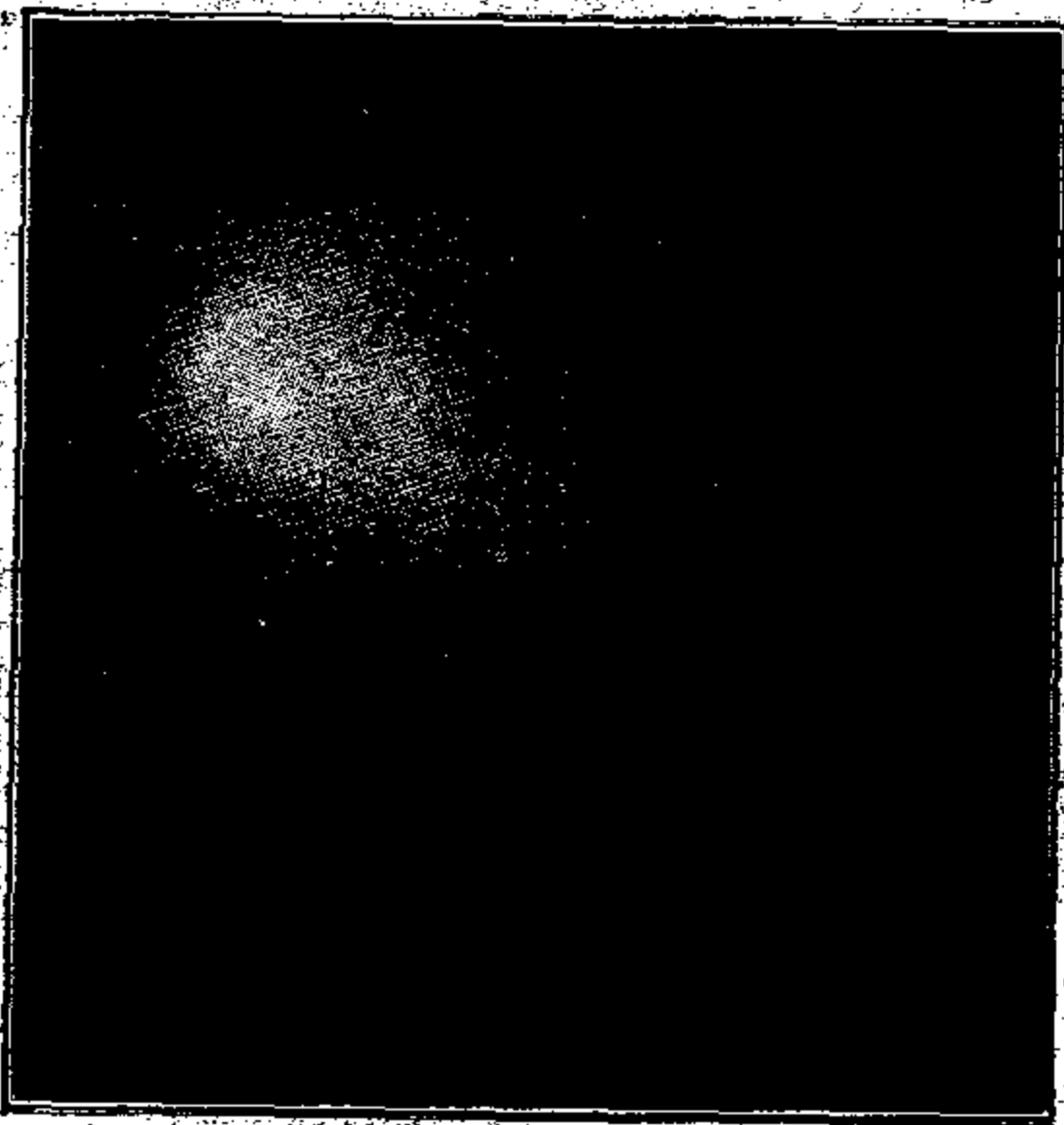
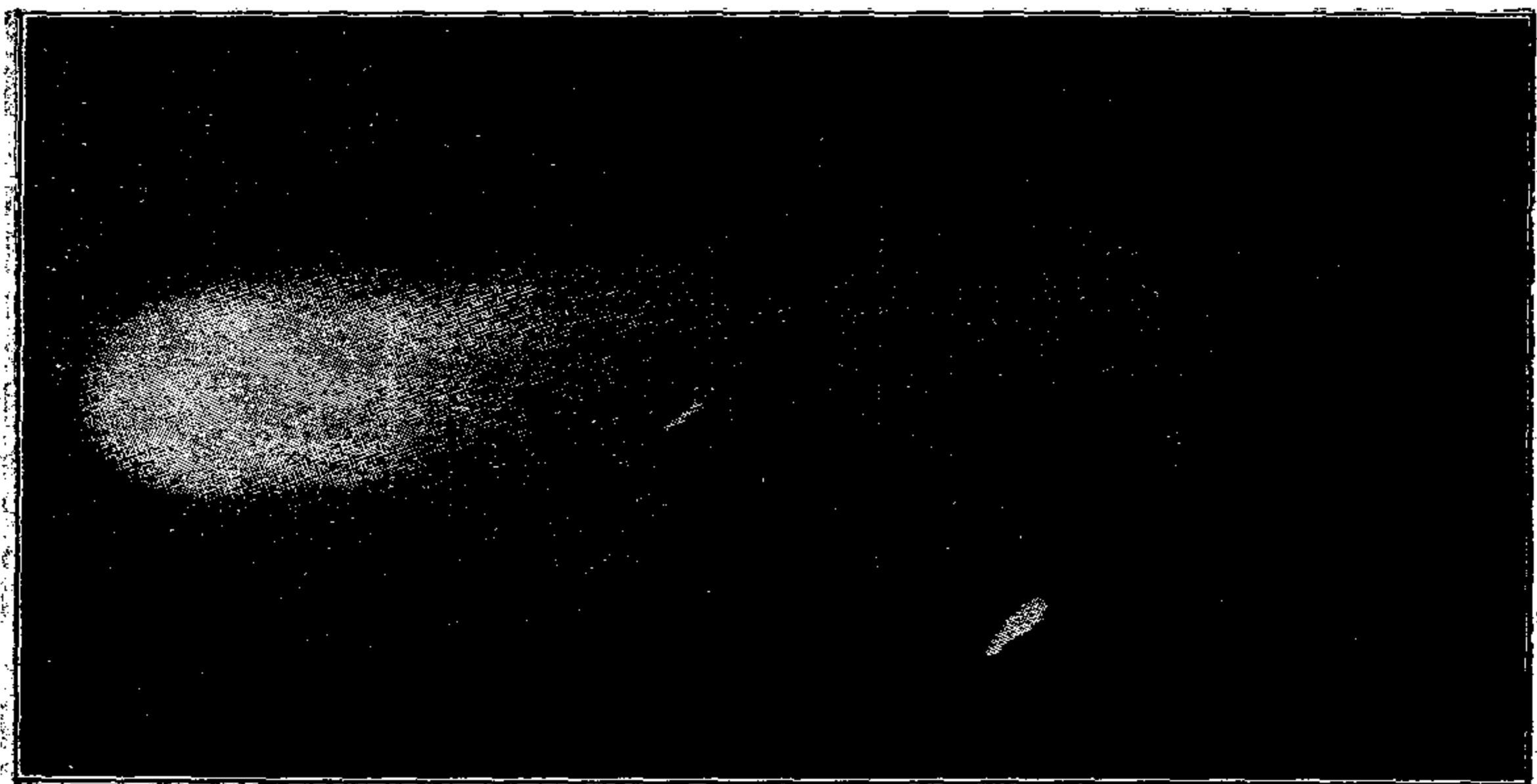
## КОМЕТЕ. МЕТЕОРИ И БОЛИДИ. МЕТЕОРСКИ РОЈЕВИ.

Сва до сада побројана небеска тела из Сунчевог система  
могла би се назвати стални чланови, пошто, доиста, образују  
групу тела чија су кретања потпуно и стално одређена: на  
основу познатих закона, у стању смо не само да кажемо где  
се кад налазе на небу, већ да и унапред одредимо где ће се  
кад налазити, или израчунати где су се некад налазила. Из по-  
датака које о њима имамо можемо извући низ општих осо-  
бина, заједничких за целу ову групу: она се крећу, готово сва,  
само у једном одређеном делу неба, сва у истом смислу; то су  
тела правилна и непроменљива облика, обрћу се око једне осе,  
и т. д. и т. д.

Но поред ових сталних чланова постоји у Сунчевом си-  
стему и друга група тела која се од првих знатно разликују.  
У ову долазе на првом месту *комете (репатице)*.

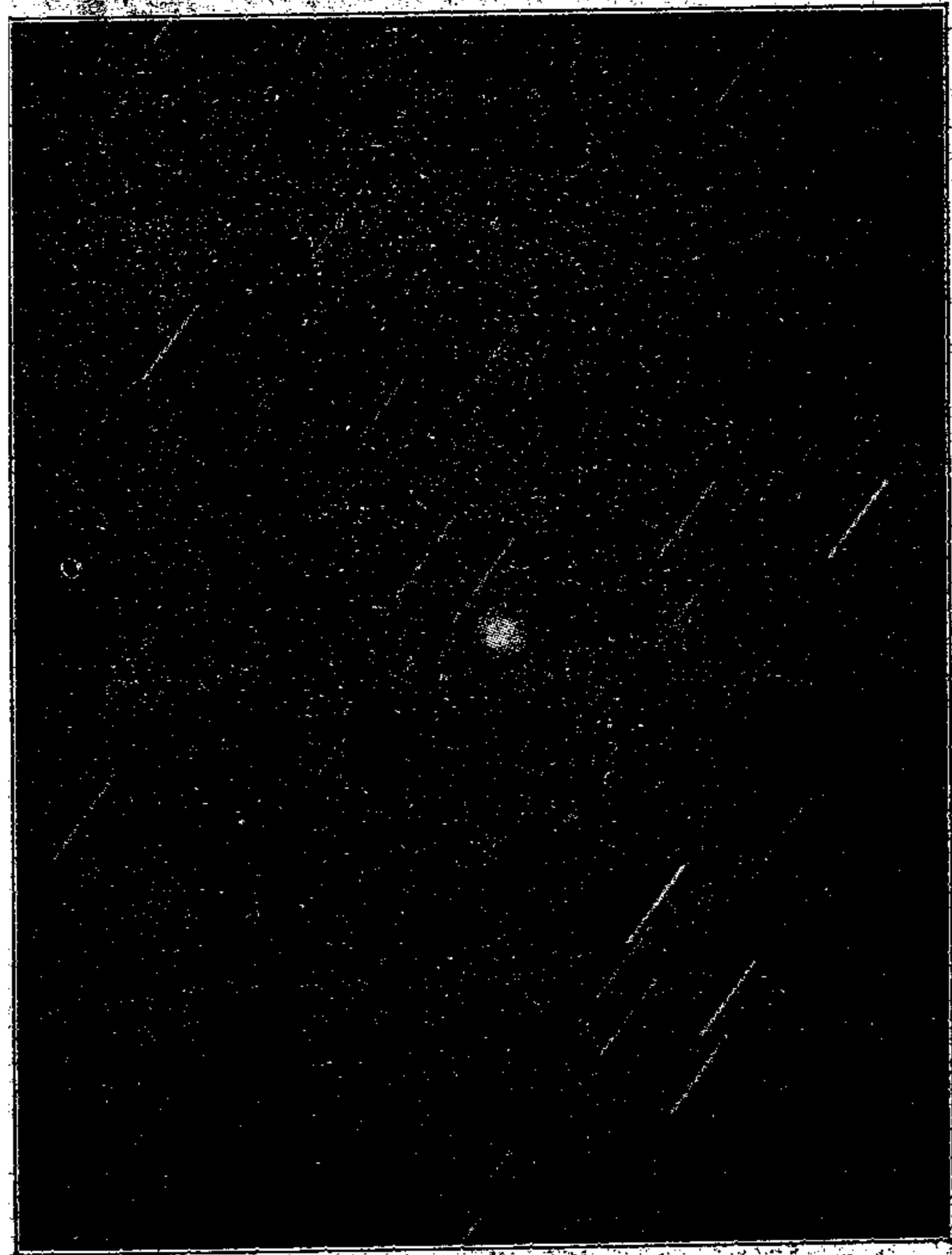
**64. О кометама.** — Премда су комете несумњиво чла-  
нови Сунчевог система, оне се разликују знатно од планета  
како по изгледу, облику и општој природи својој, тако и по  
начину кретања око Сунца. Оне се обично појављују неочеки-  
вано, изненада. Њихово кретање није ограничено само на од-  
ређени део неба; ток кретања, истина, следује општем закону  
гравитације, али и облик путања, и положај равни у којима се  
крећу, и смисао кретања разликују се у многим и од планет-  
ских путања и међу собом. Комете су махом телескопска тела;  
само мали број комета достигао је сјај да су се могле видети  
слободним оком. Било је, међутим, примера да је сјај комета  
достигао и необичну јачину, толику чак да су се оне могле  
посматрати и по дану. Како су уз то њихове димензије, па и  
општи изглед бивали необични, произвођила је њихова појава  
на небу најчудноватије утиске на свет, и приписивана су им  
била најразноврснија дејства; обично кобна по Земљу и живот  
на њој, бар у старо време.

Комета (репатица) изгледа обично као светла тачка,  
или врло мала лопта — ова се зове *језгро* комете; то је нај-  
сјајнији део комете и окренут је стално ка Сунцу. Овај главни  
део увијен је у мање сјајан, плавичаст облачак, округла или



Сл. 117.

овална облика — то се зове *кома*, ми га можемо звати *омотач*. Оба ова дела заједно сачињавају *главу* комете. Иза главе, у правцу супротном од Сунца пружа се краћи или дужи *реп*; то је слабије сјајна магличаста материја, чији сјај почев од главе нагло слаби. Но овај опис не треба сматрати као правило. Јер не само да се изгледи комета знатно разликују, често сасвим одступају од овог правила, него и код исте комете изглед и облик подлеже сталним, каткад наглим променама. Није редак случај ни то да комете немају уопште репа (в. сл. 118), овакве су обично телескопске комете; а има примера да је реп комета био састављен из више праменова.



Сл. 118.

Комете се јављају обично као мале округле маглине, слабог сјаја које се могу само дурбинима видети, а извесно време ни дурбинима, но их једино на фотографским плочама наилазимо. Што се више приближује комета Сунцу повећава се њен сјај, језгро и глава оцртавају се јасније, а затим почиње се постепено појављивати и реп — ако га комета уопште има. Глава

комете окренута је редовно Сунцу, реп у супротном правцу од Сунца. Густина материје из које се комета састоји мора бити веома незнатна. О овоме можемо се уверити кад се деси да комета прође испред неке звезде. Ни слабог сјаја звезда не промени свој сјај за време док комета пролази између нас и звезде. Било је случајева да комета прође испред Сунца, али није се могла ни том приликом приметити икаква промена у изгледу или сјају Сунчевом.

Комете достижу највећи сјај у перихелу; после пролаза кроз перихел опада њихов сјај доста нагло, комета се све теже даје посматрати, а после краћег или дужег времена постаје потпуно невидљива. Отуда закључујемо да сјај комета зависи од Сунчеве светлости: да и материја комета одбија Сунчеве зраке као и сва небеска тела у Сунчевом систему. Време за које се сие могу видети са Земље различито је за разне комете: неке се виде само неколико дана; но редовно остају видљиве више недеља, па и месеци, а само у изузетно ретким случајевима дешавало, да смо комете могли посматрати и дуже од годину дана.

Димензије комета су веома разнолике. Језгро њихово може имати у пречнику по више стотина, па и хиљада км. Глава комете може достићи и више стотина хиљада км. у пречнику: позната Халејева комета имала је главу, при последњој појави 1910 г., чији је пречник премашао 500.000 км. Још невероватније размере могу достићи репови комета. Реп познате Донатијеве комете из 1858 г. пружао се на неких 80.000.000 км.; а има примера где је реп премашао дужину од више стотина милиона км.

Као и њихов изгледе, неправилна су и кретања комета. Оне описују путање око Сунца, које и у овом случају заузима положај жиге. Само, док се планете све крећу у истом смислу и по елипсама, дакле по затвореним путањама, чије равни леже врло близу равни еклиптике, комете се крећу и у директном и у ретроградном смислу — дакле и у супротном смислу од планетског кретања. Њихове путање могу бити елипсо, а могу бити и параболе и хиперболе, т. ј. незатворене криве линије. Равни у којима се комете крећу такође не показују никаква ограничења: оне заузимају све могуће положаје према равни еклиптике. Па и кад су путање комета елипсо, њихов облик знатно се разликује од елипса по којима се планете крећу: димензије су обично много веће, а нарочито пада у очи велика ексцентричност њихових путања.

Према облику путања деле се комете на две класе: у прву долазе комете које се крећу по елипсама, дакле по затвореним путањама, и зову се *периодичне* комете, јер се ове после извесног, краћег или дужег времена поново (периодично) појављују; у другу долазе комете које се крећу по незатвореним кривим линијама, параболама или хиперболама, и зову се



непериодичне, пошто се није могло утврдити да нам се оне правилно враћају. Ово је био разлог да се дуго веровало, да комете нису чланови Сунчевог система, већ да нам долазе из далеких крајева васионе, да пробављају у нашој близини само кратко време и потом нас напуштају, да нам се више никада не врате. Међутим данас је познато да су комете све без разлике чланови Сунчевог система, да описују затворене путање око Сунца, само, због огромних димензија тих путања и прекратког времена које оне пробаве у нашој близини, ми нисмо у стању да одредимо довољно тачно облик њихових путања.

#### Периодичне комете.

Редни број	Име комете и година последње појаве	Трајање си- деричне ре- вол. у год.	Удаљење	Удаљење	Ексцентрич- ност путање	Нагиб путање	Година прве појаве	Посматраних повратака
			перихела	афхела				
1	Encke, 1928-II	3,286	0,333	4,097	0,846	12 32	1786	35
2	Grig-Skjellerup, 1927-V	4,987	0,893	—	0,692	17 29	1902	3
3	Tempel-II, 1925-IV	5,162	1,313	4,660	0,566	12 47	1873	8
4	Neujmin, 1927-I	5,430	1,338	4,827	0,566	10 38	1916	2
5	Brorsen-I, 1879-I	5,456	0,588	5,510	0,810	29 24	1846	4
6	Tempel-L. Swift, 1908-II	5,681	1,153	5,214	0,638	5 27	1869	3
7	Pons Winnecke, 1927-VII	5,987	1,039	5,572	0,686	18 56	1819	11
8	De Vico-E. Swift, 1894-IV	6,400	1,670	5,225	0,516	3 35	1678	2
9	Tempel-I, 1879-III	6,538	2,091	4,902	0,402	10 47	1896	1
10	Giacobini-Zinner, 1926-V	6,573	0,994	6,024	0,717	30 43	1873	7
11	Kopff, 1926-III	6,579	1,698	5,321	0,514	8 42	1900	2
12	Perrine, 1909-III	6,582	1,194	5,707	0,644	15 44	1906	1
13	D'Arrest, 1923-II	6,635	1,336	5,619	0,616	18 4	1851	7
14	Biela, 1852-III (1)	6,673	0,866	6,158	0,754	12 22	1772	5
14	Biela, 1852-III (2)	6,693	0,879	6,224	0,752	12 22	1772	5
15	Finlay, 1926-IV	6,844	1,058	6,152	0,706	3 26	1886	4
16	Borrelly, 1925-VI	6,885	1,388	5,850	0,616	30 31	1892	2
17	Brooks, 1921-VI	6,913	1,862	5,405	0,485	5 33	1904	3
18	Faye, 1925-VIII	7,318	1,615	5,924	0,572	10 37	1889	4
19	Holmes, 1906-III	7,346	2,344	5,097	0,412	19 34	1843	9
20	Schaumasse, 1927-VIII	7,950	1,170	6,879	0,709	14 43	1911	2
21	Wolf, 1925-V	8,286	2,435	5,755	0,405	27 18	1884	—
22	Tuttle, 1926-I	13,536	1,031	10,329	0,819	54 57	1790	6
23	Forbes, 1928-III	26,033	0,745	—	—	28 56	1818	3
24	Westphal, 1913-VI	61,73	1,254	29,985	0,920	40 52	1852	1
25	Pons-Brooks, 1884-I	71,56	0,776	33,698	0,955	74 3	1812	1
26	Brors.-Metcalf, 1919-III	72,07	0,485	34,150	0,972	19 13	1847	1
27	Olbers, 1887-V	72,65	1,199	33,624	0,931	44 34	1815	1
28	Halley, 1910-II	76,02	0,587	35,303	0,967	162 13	—240	23

Комете се називају обично по имену астронома који их је први видео, на пример: комета Донати, комета Борели, комета Де Вико. Често се обележава комета само годином кад је пронађена и редним бројем проналаска, комета у тој години, на пример: комета 1862 III, комета 1906 IV. Каткад комета носи два имена, на пример: комета Понс-Винке.

Ову комету први је приметио 1819 г. познати истраживач комета Понс, зато је назвата комета Понс. Тада је било утврђено да ова спада у групу периодичних комета, и да ће се моћи виђати отприлике сваких 6 година. Међутим, од тада, за пуних 39 година, није се Понсова комета појављивала. Тек 1858 г., у комети коју је Винеке први опазио те године препозната је — али на основу астрономских рачуна — Понсова комета од 1819 г., која се тада по шести пут враћала у близину Земље. Због тога јој је дато двоструко име: комета Понс-Винеке.

У приложеној табlici скупљени су подаци о појавама и путањама најпознатијих периодичних комета.

**65. Халејева комета.** — Од свих комета најбоље је позната и широкој публици Халејева комета, последња већа комета која је могла бити посматрана слободним оком \*). Изнећемо овде историју Халејеве комете. Августа 1682 г. опажена је била на небу једна доста сјајна комета, која је убрзо ишчезла, после непуних месец дана. На основу података који су за тај месец дана посматрања могли бити прикупљени о овој комети, предузео је Њутнов ученик Халеј, 1705 г., да за ову комету израчуна — као што је то учинио и за неке комете из ранијих времена — путању којом се она креће око Сунца. И дошао је до неочекиваног резултата: наиме, путања коју је нашао за комету из 1682 г. необично се подударала са путањама друге две комете: једне из 1607 г., друге још раније, из 1531 г. Халеју је чудновато изгледало да се три разне комете крећу око Сунца по истој путањи! И посумњао је одмах да то мора бити једна иста комета, која се враћа сваких 75 година у близину Земље. Тачност ове претпоставке постала је још вероватнија, када је Халеј утврдио сличну појаву и за комету из 1456 г.

Ослањајући се на ове чињенице и своје рачуне, објавио је Халеј, да ће се комета поново морати појавити у близини Земље крајем 1758 и почетком 1759 године. Није имао срећу да ово доживи, и сâм се увери о тачности онога што је предсказао. Али крајем 1758 године опажена је доиста Халејева комета, и од то доба редовно се појављује сваких 75 година. Последњи пут посетила нас је 1910 године, а следећа њена појава може се очекивати 1985 године.

**66. Шта су комете и каква је њихова физичка природа?** Поред свих прикупљених података из посматрања знатног броја комета, наше знање о кометама још је непотпуно. Много разлога има да се верује да комете нису чврста тела: прозирност материје како у репу и омотачу, тако и у самом језгру комете, затим непрекидне промене у изгледу и облику говоре јасно у прилог томе, да комете морају бити састављене из засебних одвојених честица и делова материје, разних величина,

\*) Сл. 117 претставља промене у изгледу Халејеве комете од 5—14 маја 1910 г.

од ситних зрнаца до великих масивних комада који, мада образују једну целину, доста су удаљени један од другог.

Уколико је могуће било испитати спектре комета, нађено је да њихова материја има и свој сопствени сјај. Јер, доиста, појављују се у спектру комета, поред непрекидног дела који без сумње производи кометска материја одбијајући и дифузујући Сунчеву светлост, још и нарочите сјајне линије и пруге, сличне линијама угљоводника, цианогена, азота и других елемената у мањој количини.

Промене у изгледу комета, које се опажају пре и после њихова пролаза кроз перихел потврђују да кометска материја подлежи у доста јакој мери и топлотном дејству Сунчеве светлости. Изгледа да се у Сунчевој близини развијају у кометској материји гасови који и сами зраче светлост. Још очигледније постаје дејство Сунчево на материју комета, ако се узму у обзир изглед и промене које се виде у репу комета. Доста вероватно изгледа да реп није битни саставни део комете, него последица Сунчевог дејства на материју комете. Доиста, кад узмемо да комете, док су далеко од Сунца, ретко кад показују трагове репа, да се ови почињу појављивати тек кад се комета довољно приближи Сунцу, затим, да се и изглед и правац репа стално мењају према положају и даљини Сунца — постаје јасно да овде главну улогу мора имати дејство Сунчеве топлоте и зрачења на кометску материју.

**О судару Земље и комете.** — Често се свет пита, може ли се Земља сударити са неком кометом, и шта би могло у том случају наступити. По себи се разуме да би исход једног оваког догађаја зависио у првом реду од величине комете. Што се тиче сусрета Земље са репом комете, може се рећи готово са извесношћу да нам од њега не прети никаква опасност. Његова густина је сувише незнатна а да би могле наступити икакве кобне последице по живот на Земљи. Уосталом, изгледа по свему да је Земља прошла 1861 године кроз реп једне комете; и 1910 године позната Халејева комета додирнула нас је својим репом, а да смо ишта необично приметили. Судар Земље са омотачем или језгром комете имао би свакако виднијих последица, али то ипак не значи да би оне морале бити опасне по живот. Наравно требало би познавати тачну природу и састав језгра да би се о овом могло поуздано говорити. Највероватније је да би при оваком судару имала Земља да издржи једно јаче бомбардовање метеорским комадима и камењем о којима ћемо одмах говорити. Међутим изгледи за могућност оваког судара врло су слаби. Рачуном вероватноће може се показати, да за овакав судар постоји отприлике толико исто изгледа, колико има човек који би се кладио да ће одједном извући, из кутије у којој има 280 милиона белих и само једна црна куглица, баш ту једину црну куглицу.

### **67. Метеори, болиди (метеорити, аеролити).** —

Преко целе године, скоро сваке ведре ноћи, и то понајвише у августу и новембру може човек видети како у више махова небом пројури понеко дотле невиђено небеско тело. Као да се отргло са свога места на своду, прелети нечујно, муњевитом

брзином, изнад наших глава и ишчезне за трен ока, не остављајући за собом ништа више од онога што је могло око да ухвати. (в. сл. 119). С времена на време дешава се, међутим, да бивамо сведоци таквих призора који на себе привлаче нашу пажњу и својим сјајем и бојом трага који за собом остављају, па и обликом тела које се над нама креће. Неке од ових прати каткад и нарочити шум који може, у извесним ретким случајевима, пошто сама појава за око већ ишчезне, да се заврши



Сл. 119. Случајни фотографски снимак једног болида.

далеком потмулом тутњавом. А бива да такво тело, док га још видимо, уз врло јак прасак експлодира и претвори се у падање усијаног камења на Земљу.

Из прошлости имамо безброј забележака о појавама ове врсте. Тако је, на пример, у ноћи 14 маја 1864 године, становништво из околине места Оргеј, у Француској, било изненађено појавом оваквог небеског тела. Облика је било једне лопте, величине Месечева котура; кад је за-сјало било је црвене боје, а затим је постепено прелазило у белу боју.

Јурило је по небу од северо-запада ка југо-истоку, правцем скоро водоравним, брзином од 20 км. у секунду (приближно). На висини процењеној на 300 метара над Земљином површином наступила је одједном експлозија тела, праћена страшном детонацијом, која се поновила у три маха; блесак експлозије могао је бити опажен са даљине од 600 км., а прасак се чуо на 300 км. унаоколо око места где се ово збило. Један од очевидаца призора, који је стигао први на место пада, изгорео је руке при покушају да узме један комад. Траг који је за собом оставила ова појава у ваздуху био је толико густ, да је могао и сутрадан бити примећен у виду црне прашине дуж целог пута којим је тело прошло. Површина тла засутог распршталим комадима достигала је 20 км. у дужину и 4 км. у ширину.

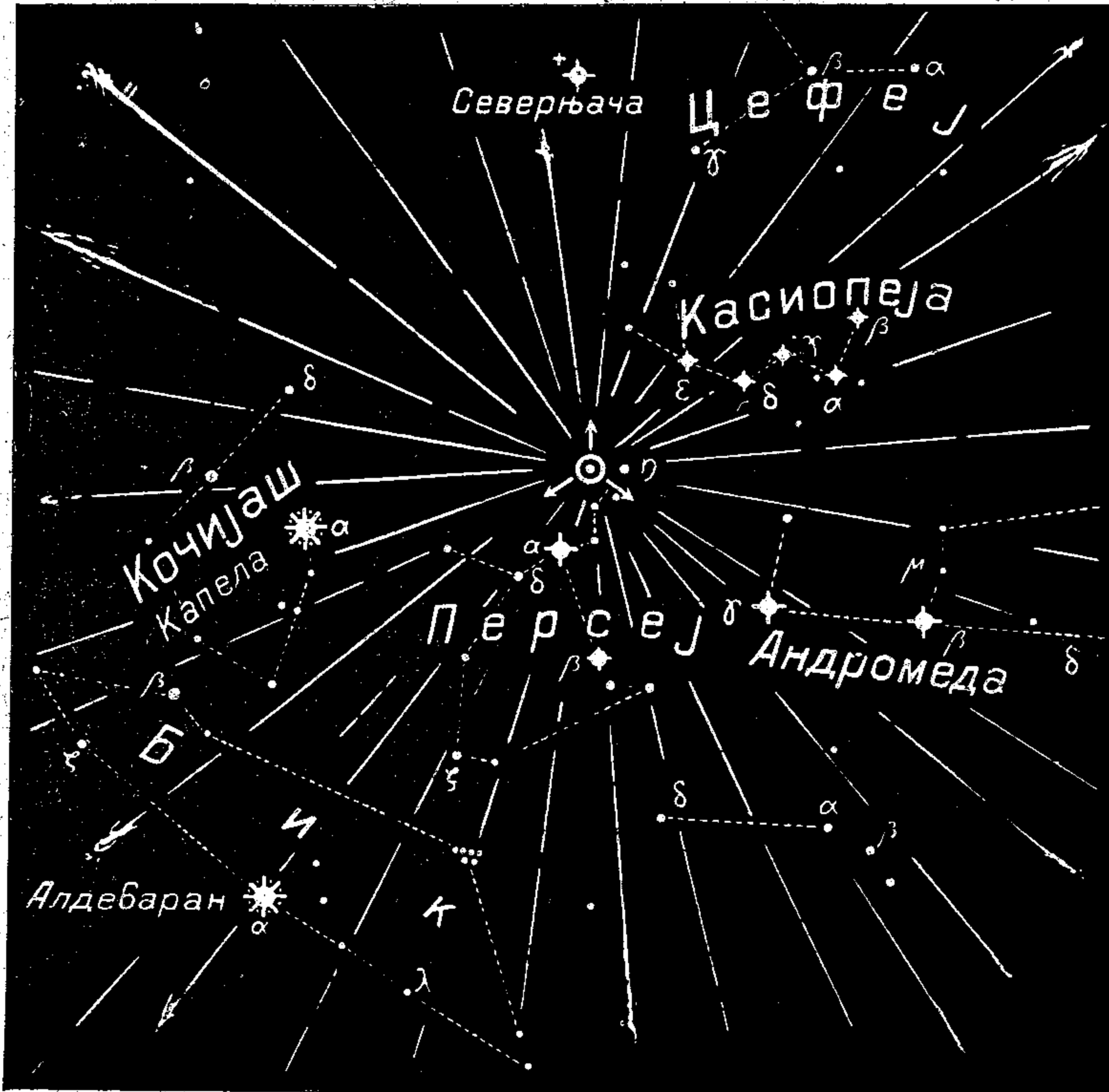
Откуда долазе и шта су ова небеска тела? Кроз хладни простор између Сунца и планета јуре стално, у свима правцима, небројена тамна тела, разних величина: од ситних зрнаца и камичака до огромних делова од више стотина, па и хиљада килограма. Нека су од њих усамљена, нека у мањим или већим групама. Кад овако јурећи кроз небески простор стигну довољно близу Земље, услед огромне брзине и отпора ваздушне атмосфере, која окружује Земљину куглу, она се загревају и усијају: догле невиђена мрачна тела постају видљива, и остају сјајна све док кроз ваздух јуре. Гасе се тек пошто изађу из Земљине атмосфере, или пошто се у њој истопе — ако су малих димензија, или пошто падну на Земљу. Овима последњима има да се благодари што је наука могла да утврди да су и ова тела састављена, у главном, из исте материје као и наша Земља.

Усамљене појаве ових небеских тела, које скоро сваке ведре вечери можемо посматрати, зову се обично *метеори*; *болиди* су сјајнији метеори. Ко би пажљиво мотрио небо набројао би просечно за сат 4 до 8, па и 10 оваких појава; толико за једног посматрача. Да се добије просечни број метеора видљивих на целом небу у току једног часа, горње бројеве треба помножити бар са 5, дакле око 40—50. Повећамо ли полупречник атмосферине кугле око Земље, рецимо на 125 км., број видљивих метеора, пење се на хиљаде у једном часу. То је што се само слободним оком даје видети. Узму ли се у обзир и телескопски метеори, број њихов достиже стотине хиљада — на сат.

Измерене су приближно и висине над Земљином површином на којима се метеори појављују. Оне су разне: од 90—120 и 150 км. у моменту кад засијају, па до 60 и 50 км. у моменту кад се угасе. Брзине којима се крећу варирају од 12—70 км. у секунду.

**68. Метеорски ројеви.** — Поред ових усамљених тела појављује се у извесна доба године и друга, слична врста ових тела-луталица, и то у много већој множини. Ове ћемо звати

метеорски ројеви или метеорски потоци. Јер, не само да се појављују у великом броју, но изгледа и да долазе из истог правца, као да извиру из једне тачке; осим тога, јављају се редовно и у одређено доба. Оно место на небу одакле изгледа да извиру зове се *радиант*. Према сазвежђу где лежи радиант,



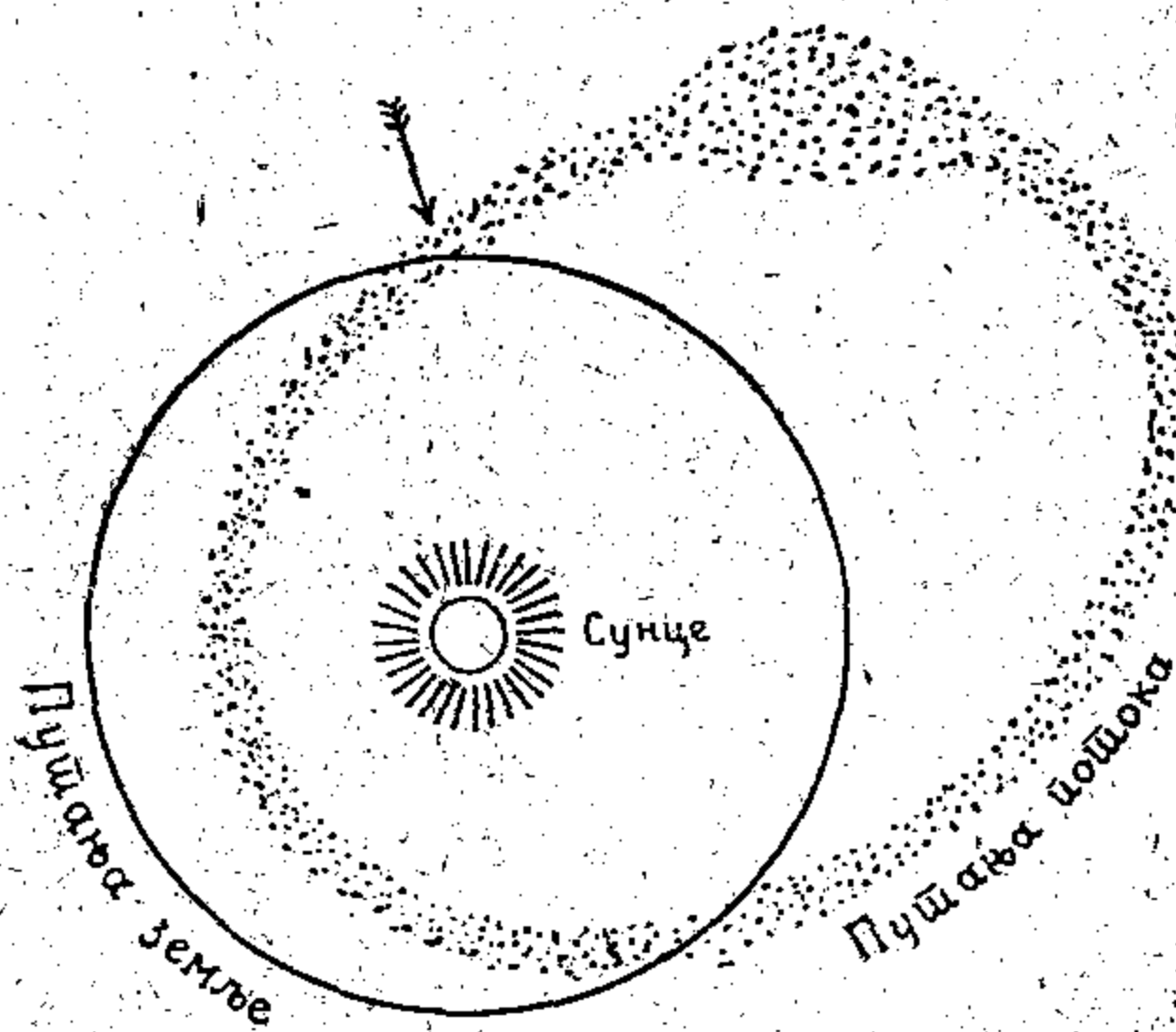
Сл. 120. Радиант метеорског роја Персеиди.

добивају метеорски потоци своја имена; први новембарски (рој) поток (појављује се од 8—15 новембра) носи име *Леониди*, јер му је радиант у сазвежђу Лава; други новембарски (крајем новембра) зове се *Андромедиди*; летњи, у августу, *Персеиди* (в. сл. 120).

Како се објашњава појава метеорских потока? — Са сл. 121 ћемо то најлепше видети. Кружна линија претставља путању по којој Земља обилази око Сунца за годину дана. Елипсаста линија претставља пут (могло би се рећи корито) потока. Стре-

лица нам показује тачку где се ове две путање укрштају, или место где Земља има да прође кроз «поток». Тако постаје јасно да ћемо сваке године, при пролазу Земље кроз тај крај неба, бити «попрскани» капљицама метеорског потока. Постаје уједно јасно и то, да оне долазе из једног правца. Метеорски потоци нису свугде једнако широки; обично су на једном месту знатно шири. И зато имамо, готово код свих потока, обичних и великих појава. Код Леонида догађају се велике појаве приближно сваке 33 године. Отуда се закључује да Леониди обиђу своју стазу око Сунца за 33 године,

Како постају метеорски потоци? Пре сто и више година, утврдио је италијански астроном Бјела да су комете из 1772, 1806 и 1826 у ствари три разне појаве једне исте комете, која



Сл. 121

обиђе око Сунца своју путању за нешто мање од 7 година. Доказ да су Бјелини рачуни били тачни дала је појава комете у октобру, 1832 године. Зашто 1839 године није могла бити поново виђена, не зна се. Али крајем 1845, срећом није прошла неопажена. Те године, наиме, догодило се Бијелиној комети нешто неочекивано. У један мах комета поче да се све више издужује, да добија изглед крушке

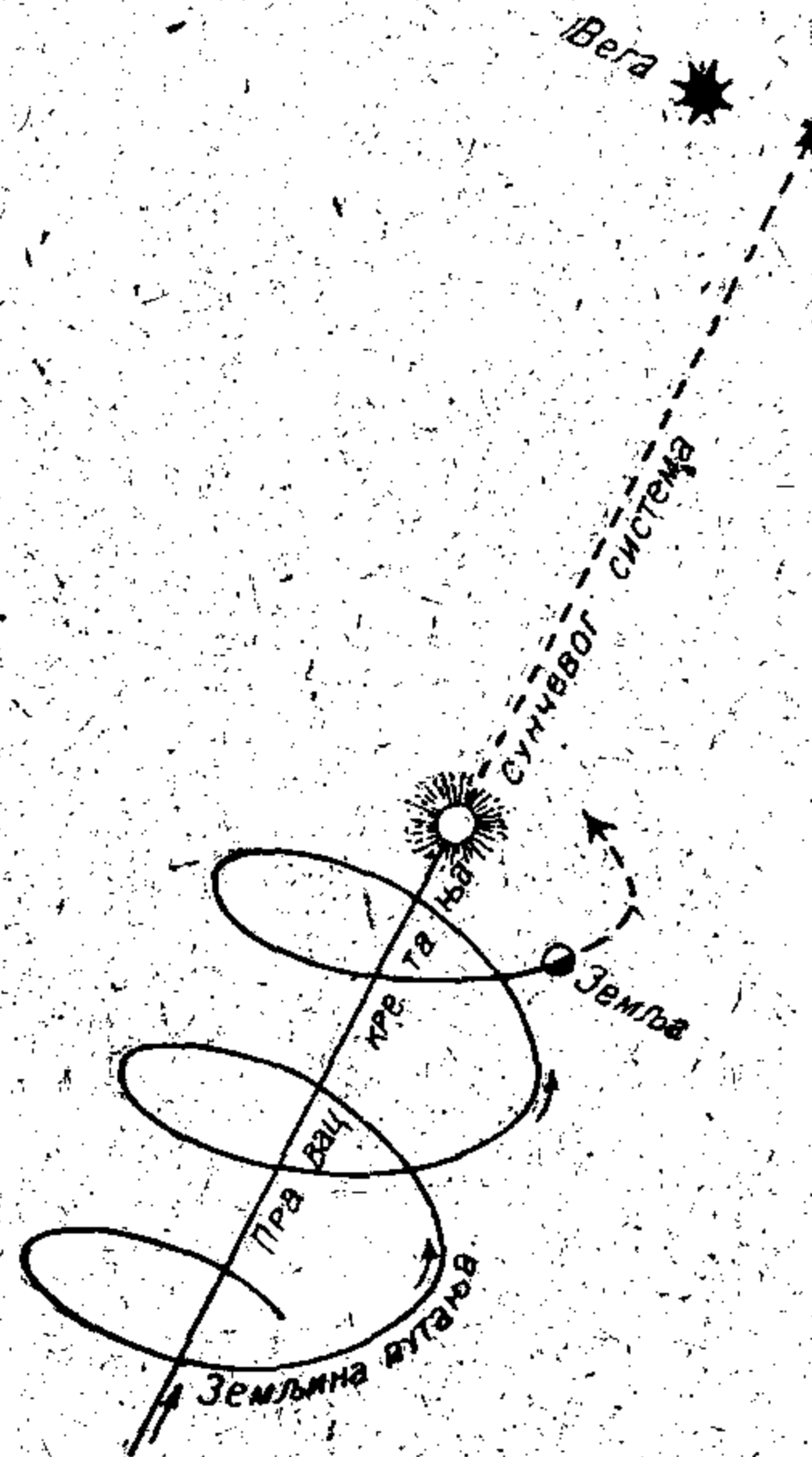
и, десет дана касније, раздвоји се у два засебна дела: небом су путовале, једна поред друге, две комете.

1852 године видеће их астрономи понова; 1859 исто тако, али беху много слабије. Седам година касније очекиваху их астрономи понова, али узалуд. 27 новембра 1872, двострука комета је требала да прође врло близу Земље. Очекивали су је и астрономи и публика са великом радозналешћу. Али, место комете, те вечери по небу се просу безброј капљица једног новог метеорског потока, коме дадоше име *Бјелиди*. — Изгледа, дакле, да метеорски ројеви постају распадањем комета.

Сва ова небеска тела која смо напред описали и чију смо природу испитали, дакле: девет великих планета са њиховим сателитима, група планетоида, све комете, метеори, болиди и метеорски ројеви чине једну целину, један засебни систем небеских тела, који смо назвали *Сунчев систем*. Напред смо до-

вољно указали на везу и заједничке особине ових тела, тако да се не морамо више на то враћати. Овде ћемо истаћи још једну важну заједничку особину овога система тела, наиме: Сунчев систем није непокретан, он се креће кроз простор као једно тело. Позната је и брзина и правац овога кретања. Тачка према којој је управљено кретање Сунчевог система зове се *апекс* и налази се између сазвезђа Лире и Херкула; (в. сл. 122) а брзина кретања износи приближно 20 км. у секунду.

Као што нам се чини, кад се брзо крећемо кроз неку шуму, да се дрвета разилазе, удаљују једно од другог на оној страни којој јуримо, а приближују на делу који за собом остављамо, — тако се и звезде на небу, услед кретања Сунчевог система кроз простор, привидно једна од друге удаљују на оном крају где се апекс налази, а приближују на супротном делу неба, у правцу *антиапекса*. Ова привидна померања звезда омогућила су да се одреди правац и брзина кретања Сунчевог система кроз небески простор.



Сл. 122.



### III. ДЕО.

#### ВАСИОНА

Сада тек, пошто смо прешли толико хиљада милиона км. небеског простора и доспели на границу до које се простире дејство Сунчеве привлачне силе, видимо колико је сићушно биће човек, како је у ствари малена наша Земља. А погледамо ли преко тих граница даље у небески простор, тада нам тек постаје јасно, колико су незнатне и димензије Сунчевог система, како се оне губе у несхватљивим даљинама осталих небеских тела! Па ипак човечји дух није се зауставио, већ је продужио свој пут кроз небески простор, ка недогледним границама васионе, с циљем да испита и сазна: шта су та-недостижна небеска тела, колико су она далеко од нас, из чега су састављена, да ли су доиста непокретна, или се крећу и по којим законима; како уопште постају и колико живе? — Овим питањима бави се наука небеских тела већ скоро пуних 150 година, а колико је у том раду имала успеха и до каквих је резултата дошла, то ћемо изложити у овом делу.

Откако човек живи на Земљи питао се и желео је да сазна шта су звезде? Према оном што смо још у почетку ове књиге научили, знамо на која то тела мислимо под називом звезда. То су небеска тела која распознајемо по ова три знака: 1<sup>о</sup> по том што њихова светлост трепери; 2<sup>о</sup> што се показују само као светле тачке, па било да их посматрамо голим оком било и највећим дурбином; 3<sup>о</sup> што не мењају свој узајамни положај. Мислимо, дакле, у првом реду, на оних око 3000 светлих тачака што сваке ведре вечери видимо да прођу небеским сводом изнад наших глава. Али мислимо у исти мах и на оне стотине и хиљаде милиона њима сличних невидљивих небеских тела, за које без дурбина не бисмо знали ни да постоје; па, шта више, подразумевамо и мислимо уједно и на сва остала најразноликија тела што, расута свуда унаоколо око Сунчевог система, по најудаљенијим крајевима небеског свода, испуњавају бескрајну васиону. Јер — као што ћемо видети — све су то најзад зве-

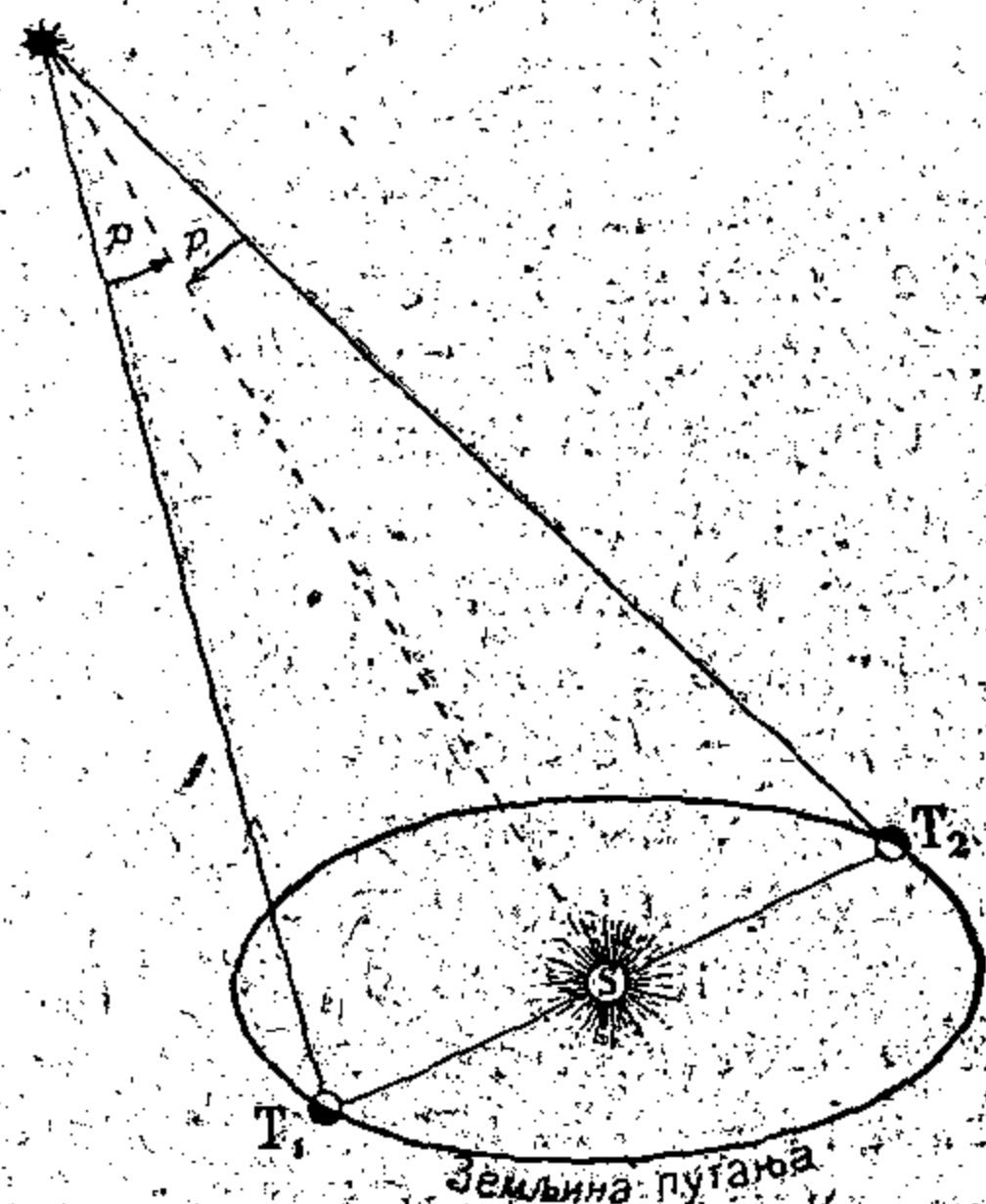
зде, само у разним облицима и етапама њиховог развитка, њиховог васионског живота.

**69. О звездама:** — Поменули смо већ у почетку првога дела да су још стари посматрачи неба, у циљу лакшег сналажења у изучавању кретања и појава међу звездама, а и ради лакшег оријентисања на Земљи помоћу звезда, груписали звезде у сазвежђа и дали овима посебне називе (в. стр. 5); шта више обележавали су и поједине звезде: сјајније нарочитим именима, а слабије сјајне словима и бројевима. Затим су их поделили још и у класе по јачини сјаја, или по њиховим привидним величинама; и то у прво време у 6 класа, оне само што се виде слободним оком; а у новије доба, по истом правилу, распоређене су у класе и остале звезде — за сада у 14 даљих класа, тако да имамо 20 класа привидних величина. Али наглашено је било већ тада, кад смо говорили први пут о овој подели звезда по сјају, да привидне величине звезда немају никакве везе са димензијама звезда као небеских тела. — Како да се објасни ова разлика у сјају звезда?

Два начина изгледају могућа да разлике у јачини сјаја објаснимо. Или су звезде тела сва једнаких димензија и подједнако светла, и у том случају њихов сјај је јачи ако су нам оне ближе, а слабији кад су од нас даље. Или су звезде небеска тела разних и димензија и јачина сјаја, тако да нам привидна величина ништа не може рећи о даљини њиховој од нас: јер звезда, стварно и већа и сјајнија од друге неке звезде, изгледаће нам од ове слабија ако је од ње довољно даља, и обратно. У сваком случају видимо да даљина звезде игра овде важну улогу. Ради тога ћемо се задржати да покажемо како се одређују даљине звезда.

**70. О даљинама звезда. Паралакса.** — Покушамо ли да и на звезде применимо исту методу којом смо одредили даљину Сунца и Месеца од Земље, уверићемо се да то не иде. Земљина лопта посматрана са звезданих даљина претвара се у невидљиву тачку, тако да се њен полупречник не може више узети за основу, са чијих би се крајева могли мерити углови праваца ка звезди. Место Земљиног полупречника узима се за основу полупречник Земљине годишње путање, па се са његових крајева мере углови, под којима се види звезда чија се даљина одређује. Мерењем тих углова, у два разна тренутка у току године, израчунава се угао под којим се са те звезде види полупречник Земљине годишње путање. Тај угао зове се *паралакса* звезде. За разлику од угла под којим се види са Сунца или Месеца (уопште са неког тела Сунчевог система) полупречник Земљине лопте, за који смо казали такође да се зове *паралакса* (Сунчева, односно Месечева, односно тог тела), треба

звати ову дневна паралакса, а угао под којим се са неке звезде види полупречник Земљине годишње путање зове се годишња паралакса те звезде.



Сл. 123.

Да добијемо јаснији појам о вези која постоји између годишње паралаксе и даљине звезде изражене у километрима, узмимо као пример звезду која би имала годишњу паралаксу  $1''$ . Обележимо даљину звезде  $E$  са  $d = ET$ ; и ако узмемо на сл. 123 пречник  $T_1T_2 = 2R$  Земљине путање као тетиву лука од  $2''$  на кругу са полупречником  $d$ , и ставимо да је дужина тог лука равна  $2R$ , а дужина лука од  $1''$  равна  $R$ , имамо

$$2\pi d = 360 \cdot 60 \cdot 60 \cdot R = 1.296.000 R,$$

$$\text{т. ј. } d = 206.265 R.$$

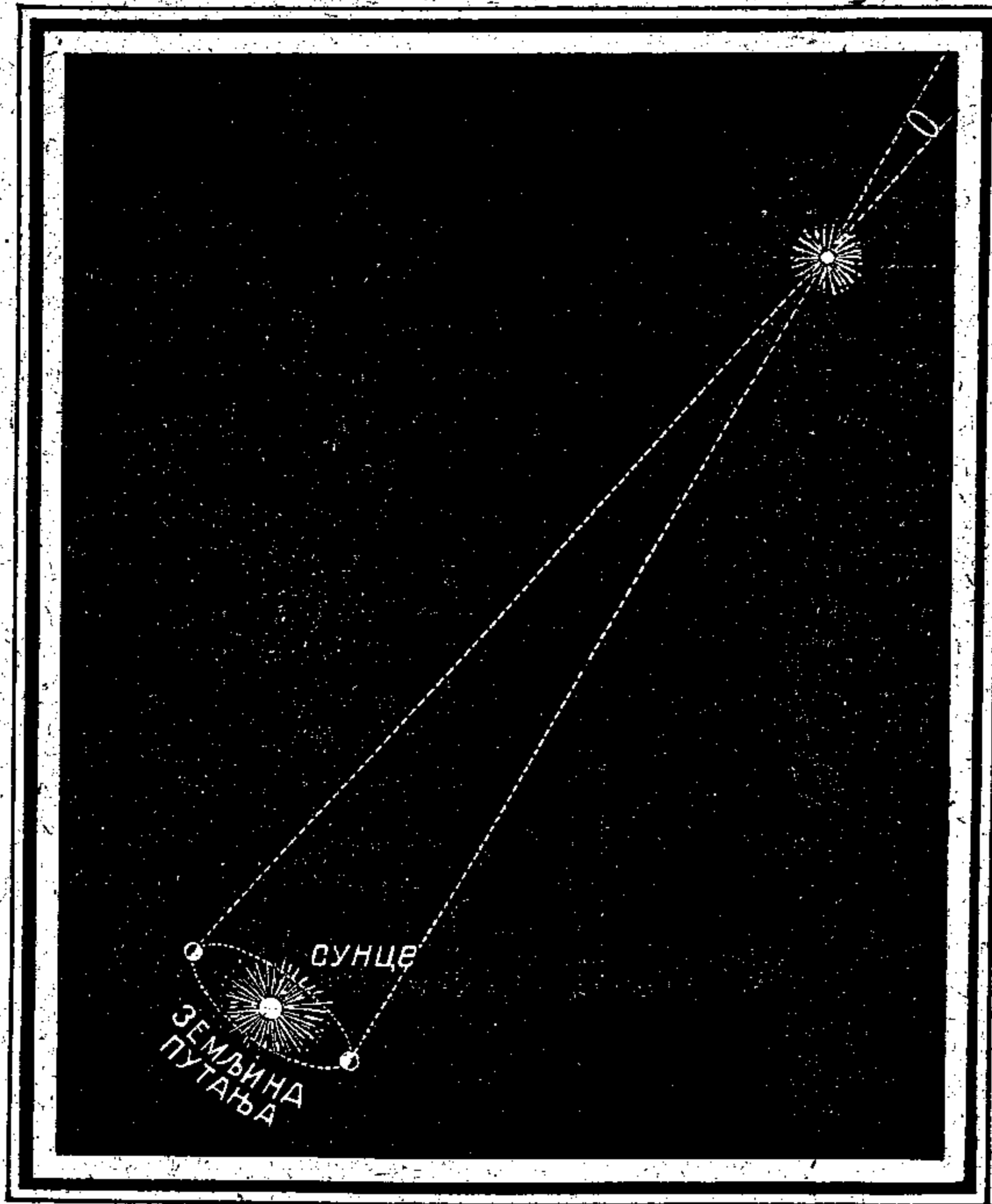
Знамо, међутим, да је  $R = 149.500.000$  км., те тако добијамо да је  $d = 206.265 \times 149.500.000$  км.  $\approx$  у округлом броју 31.000.000 милиона км. Колико би била удаљена од Земље звезда чија би годишња паралакса износила  $1''$ ? Али таква звезда, чија би годишња паралакса износила  $1''$ , није до данас још нађена: најближа од познатих звезда је проксима Centauri, звезда 10-те привидне величине, чија годишња паралакса износи  $0,89''$ . — Из овога се јасно види да је одстојање звезде одређено, ако знамо њену годишњу паралаксу. Што је звезда даље од Земље мања је њена паралакса, и обрнуто. Другим речима, паралакса звезде и удаљење њено од Земље стоје у обрнутом односу.

Ако се звезда налази на таквој даљини од нас, да се њена паралакса може овом методом измерити, лако се даје утврдити (в. сл. 124) да ће она у току године мењати свој положај на небеском своду. Наравно да су ове промене врло незнатне, али ипак могу се мерити. Но — што је још важније — оне су само привидне. У ствари звезда не мења свој положај: мења се правац од нашег ока ка звезди — услед Земљиног кружења око Сунца. Тако у паралаксама звезда видимо најнепосреднији доказ да Земља описује кружну путању у току године дана око Сунца.

Даљине звезда изражавају се још и годинама светлости. Познато је из раније да зрак светлости, који се шири брзином од 300.000 км. у секунду, превали једну астрономску даљину за  $498^s,3$  секунда. Према томе, удаљење које одговара паралакси од  $1''$ , прећи ће зрак за

$$206265 \times 498^s,3 = 3,26$$

година. Стога се каже: паралакси од 1" одговара даљина од 3,26 година свешлости, што значи да светлост треба 3,26 година да стигне са звезде до нас.



сл. 9  
Сл. 124. Привидне промене у положају звезде услед Земљиног годишњег кретања.

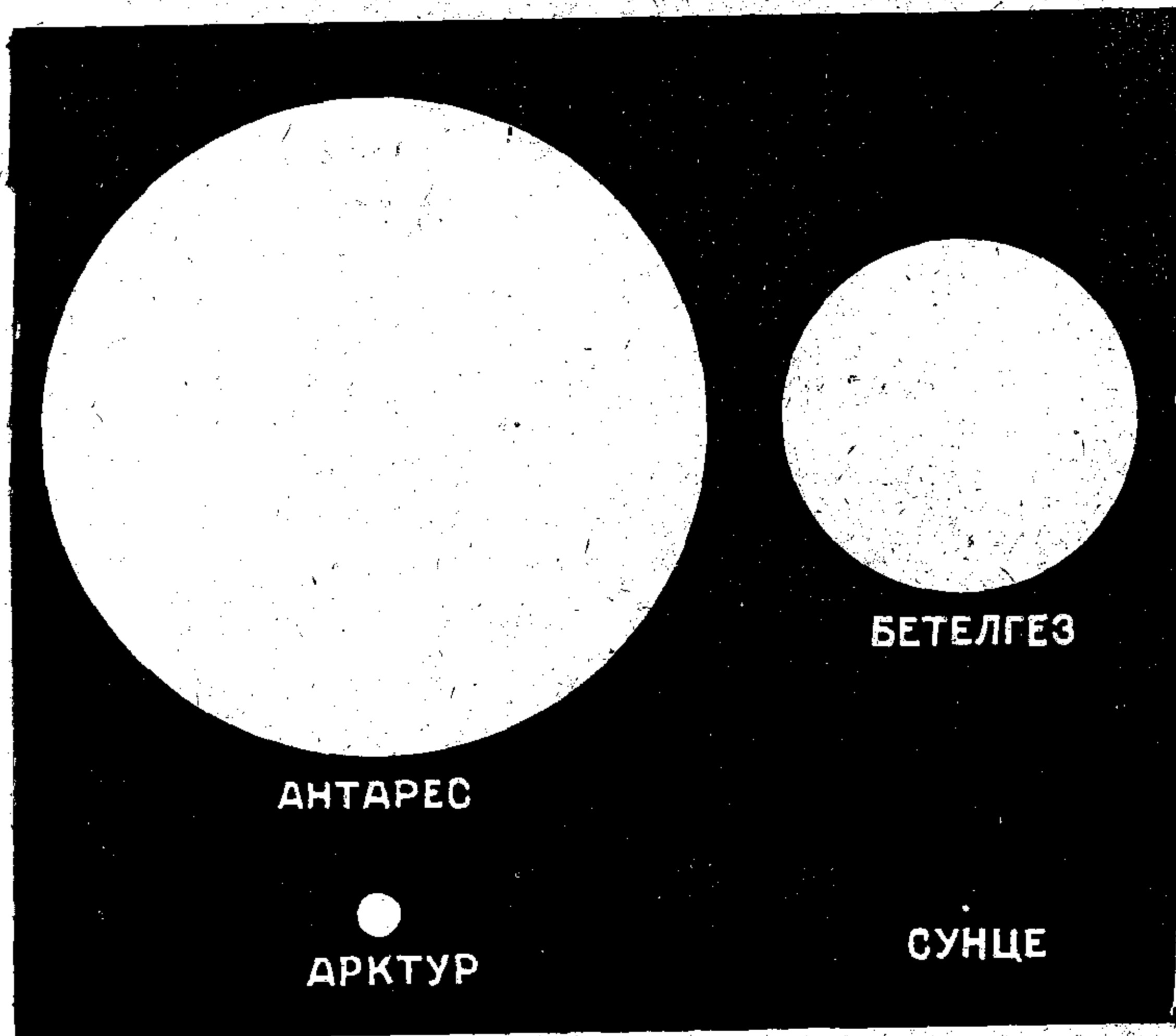
Од најновије доба употребљује се као јединица за мерење звезданих даљина *парсек*: то је даљина којој одговара паралакса од 1" (назив парсек скована је реч од почетних слогова пар(алакса) и сек(унд)).

Али, осим даљине звезде, играју и друге чињенице важну улогу у разликама које видимо да постоје у њиховом сјају. Требало би моћи ставити све звезде на исто одстојање од нашег ока, па би јасно постало да у привидним величинама играју улогу, у првом реду, прави сјај звезде, затим боја, температура и, најзад, димензије звезде.

На овој последњој особини хтели смо да се задржимо један тренутак, и да споменемо да се по запремнини звезде могу знатно разликовати једне од других. Напротив, њихове масе

Удаљења најближих звезда.

Име звезде	Сазвежђе	Годишња паралакса	Даљина од Земље		
			у милионима астроном. јединица	у трилионима км.	у годинама светлости
Проксима	Центаур	0,89	0,23	34,6	3,66
$\alpha$	"	0,75	0,28	41,1	4,75
* Барнар	Офијух	0,42	0,49	73,4	7,76
21185 Лал.	Вел. Медвед	0,40	0,52	77,1	8,15
Сириус	Вел. Пас	0,38	0,54	81,8	8,58
36	Офијух	0,36	0,57	85,7	8,05
61	Лабуд	0,33	0,63	93,4	9,88
Прокион	Мали Пас	0,32	0,65	96,4	10,18
$\tau$	Кит	0,31	0,67	99,5	19,51
97	Једнорог	0,25	0,83	123,3	13,04



Сл. 125. Однос димензија сјајнијих звезда према Сунцу.

одступају сразмерно врло мало једне од других. Значи, густине звезда морају се такође знатно разликовати међу собом. Пре-

ма овоме деле се звезде у «велике» и «мале». Кад кажемо «велике» звезде, замишљамо гасовите лопте веома мале густине и огромних димензија, чији пречници премашају Сунчев пречник по више стотина пута. У ову групу звезда спада напр. Бетелгез у сазвежђу Ориона; његов пречник већи је 300 пута од Сунчева пречника; или Антарес у сазвежђу Скорпије, чији је пречник већи око 500 пута од Сунчева. — «Мале» звезде карактеришу опет мале димензије и сразмерно велика густина; Сунце спада у групу «малих» звезда.

**71. Кретање звезда.** — Одређивањем положаја звезда које оне заузимају у разна времена, утврђено је да ови не остају непромењени. Мада, дакле, звезде носе назив некретнице, оне се стварно крећу. Што их ипак зовемо некретнице то долази отуда, што су њихова кретања сасвим незнатна, за слободно око потпуно неприметна. Кретања звезда показују се у угаоној разлици између праваца у којима се оне виде са Земље у разна времена; а имају два узрока. Први је у томе што Земља није непомицна, него се креће заједно са целим Сунчевим системом. Услед тога наступа — као што смо већ рекли — привидно померање праваца у којима са Земље видимо звезде чак и ако су (или кад би биле) оне непокретне, и то: оне којима се приближује Сунчев систем привидно се разилазе (дивергирају), а оне од којих се удаљује привидно се приближују (конвергирају). Ове, само привидне промене у положајима зовемо *паралактично кретање* звезда; помоћу њега одређују се брзина и правац кретања целог Сунчевог система.

Али звезде имају и такозвано *сопствено кретање*. Код овога померања разликујемо опет две врсте: 1<sup>о</sup> *бочно сопствено кретање* које се изражава угаоном мером, а односи се на померање које звезда учини за годину дана у равни управној на правац вида (т. ј. на праву повучену у мислима од посматрача до звезде); и 2<sup>о</sup> *радијално кретање*, или померање дуж праве повучене у мислима од посматрача до звезде; ово померање изражава се у километрима за секунду, и то: са негативним знаком ако нам се звезда приближује, а позитивним знаком, ако се звезда удаљује од нас.

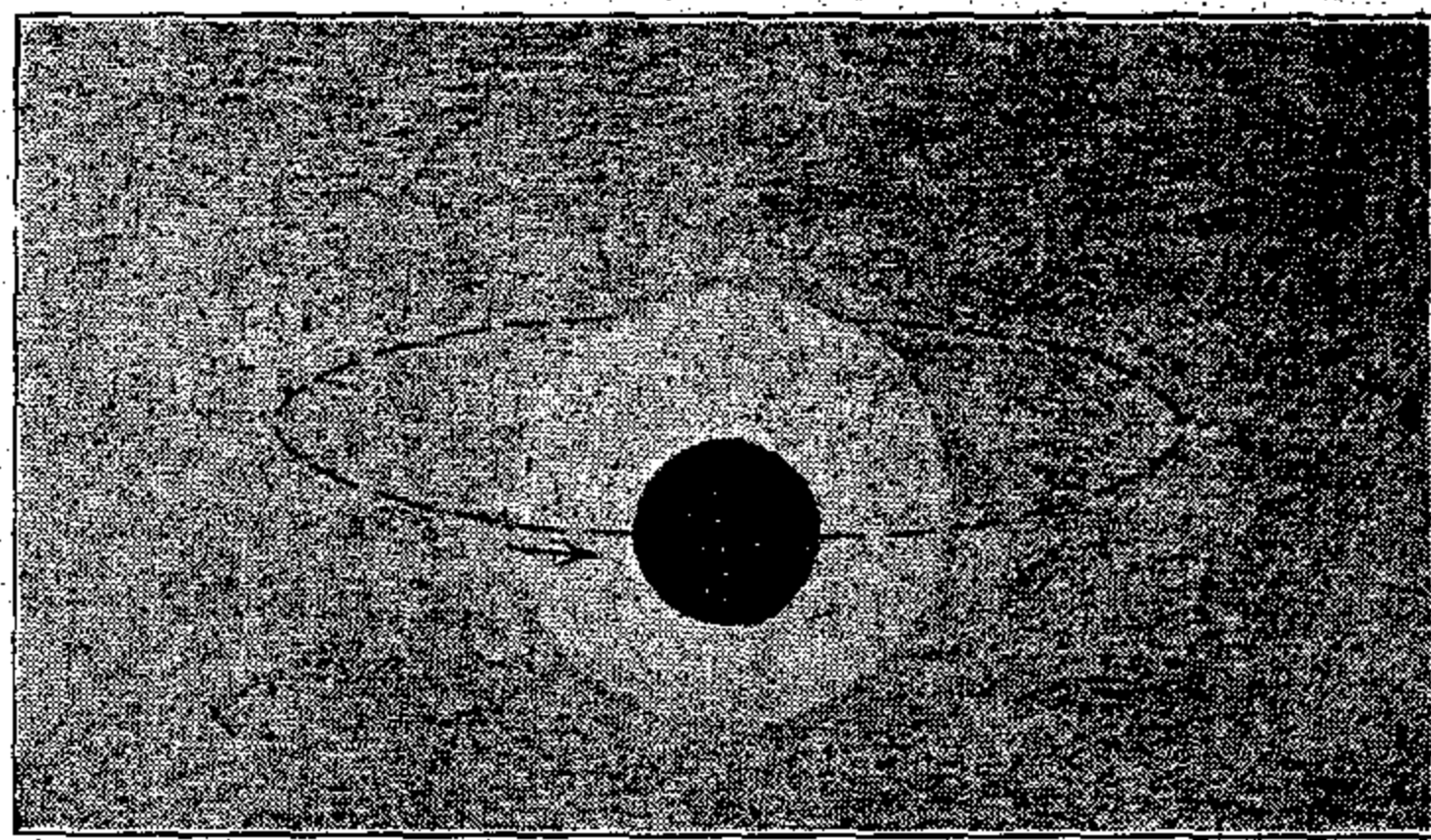
Највећа досада позната брзина бочног сопственог кретања (Барнарова звезда у Офијуху) износи 10'' за годину, а највећа позната радијална брзина звезде износи 380 км. у секунду.

**72. Двојне и многоструке звезде.** — Многе од звезда које видимо слободним оком као појединачне звезде, у дурбину видимо да нису усамљене. Као што наше Сунце прати читав рој небеских тела, тако налазимо и код многих звезда да имају по једну, две или више сталних, ближих или даљих звезда — пра-

тиоца. Посматрањима је утврђено да се, у оваквим случајевима, та тела крећу око заједничког тежишта, по путањама и законима потпуно истим онима, које смо нашли да важе и за тела Сунчевог система: по елипсама, и по закону опште гравитације. У своје време веровало се, да су овакви парови или заједнице звезда само случај перспективе: да их са Земље само видимо једну поред друге, да су то само оптичке појаве, а да су у простору оне далеко једне од других, и да међу њима не постоји никаква веза. Међутим, данас се зна да постоји велики број правих *двојних*, или *бинарних*, *тројних* и *многоструких* звезда које сачињавају засебне системе од два, три и више тела, везаних једно за друго општим законом гравитације.

Путање двојних звезда су елипсе, редовно са сразмерно великом ексцентричношћу: око 0,5. Времена за која овакве звезде описују своје путање различита су за разне звезде: могу износити само неколико година, а за неке достижу и по више десетина, па и стотина година. Земљи најближа звезда,  $\alpha$  Центаура, двојна је звезда; време обиласка овог пара звезда износи 81 годину.

Има и таквих звезда за које поуздано знамо да имају пратиоца, али овај не даје се опазити ни највећим дурбином, било стога што су оне толико близу једна другој, да их са Земље никад и нећемо моћи видети раздвојене, или стога што је једна само од њих сјајна, а друга скоро потпуно мрачно тело. Може се само или спектроскопски утврдити да су то два тела, која се једно око другог крећу — или по привидној промени сјаја звезде утврдити да се ради о периодичном помрачавању сјајне од стране једне или две мрачне звезде (в. сл. 126). Значај



Сл. 126. Двојна звезда из групе променљивих Алголова типа.

но је да је чак и у овим случајевима, где друго тело не може уопште да видимо, наука о небеским телима успела да одредимо не само облик и димензије путање по којој се ове звезде крећу једна око друге но, шта више, и величину и масу обе звезде — опет на основу, закона опште гравитације.

**73. Променљиве звезде.** — Велики број звезда мења свој сјај: час су јаче, час слабије сјајне. Период за који се обави ово мењање сјаја може бити свега од неколико часова, а може се протезати и на више месеци, па и година. Ово су такозване *променљиве звезде*. Данас их има познатих преко 5.000, а проназимо нове готово сваког дана. Према узроку променљивости сјаја, или начину како се овај мења, деле се променљиве звезде на више група:

1° *Променљиве Алголова типа*; око 18% свих променљивих звезда долазе у ову групу. О узроку промене сјаја код ових звезда било је речи раније (в. стр. 90). Карактеристично је за звезде ове групе да је ток промена необично правилан; периоди за које се обаве промене у сјају ових звезда мењају се у границама од 6 сати до, обично, 10—15 дана; ретки су случајеви где промене сјаја дуже трају.

2° *Цефеиди*; прави узрок променама сјаја ове групе променљивих није још довољно испитан и утврђен. Промене сјаја код звезда ове групе карактеришу у главном три ствари: доста правилан ток промене; сразмерно кратки период промене (од неколико часова до месец дана; редак је случај дужег периода); сразмерно брже појачавање сјаја, а спорије опадање. У ову групу долази око 18% свих променљивих звезда.

3° *Дугопериодичне променљиве звезде*, код којих је ток промена мање правилан и периоди знатно дужи, но што је то случај код звезда прве две групе. Периоди променљивости протежу се од 120 до 500 и 600 дана, а размере у променама достижу по неколико привидних величина. Има примера где промене у сјају звезда иду толико далеко, да звезда која се извесно време види као сјајна, постаје неко време потпуно невидљива, да се тек касније поново појави и засија опет својим првобитним сјајем. Ни код ове групе звезда није још довољно утврђен узрок променама њиховог сјаја. 25—33% свих променљивих спадају у ову групу.

4° *Неправилно променљиве звезде*, код којих је утврђено да мењају сјај, често у доста великим размерама, али без икакве правилности како у току, тако и трајању промена. 30—40% од свих променљивих звезда спадају у неправилно променљиве звезде.

**74. Нове звезде.** — У исту групу могли бисмо убројати још једну, нарочиту врсту, само донекле променљивих звезда, такозване «нове». Досада је забележено у историји око 40 појава оваквих «нових» звезда. Дешава се, наиме, с времена на време да изненада засија на небу, често врло јаким сјајем, звезда коју никад дотле нисмо видели на оном месту где је видимо. Али редовно, после кратког времена, њен сјај почиње



опадати да, убрзо затим, звезда ишчезне за око и врати се у онај невидљиви свет из кога је и изашла. Међу последњим појавама ове врсте, које су се дале посматрати слободним оком, можемо навести «нову» у сазвежђу Лабуда која је изненада засијала 20 августа 1920 године као звезда друге величине.

Пошто смо изређали у главном какве све врсте звезда налазимо у васиони, вратимо се сад на оно прво питање што смо у почетку поставили: шта су звезде? Каква је њихова природа? — Одговор на ова питања у стању је само спектроскопија да нам да. Ма колико била звезда слабог сјаја, ако само успемо да добијемо њен спектар, моћи ћемо испитати и њен састав и физичко стање. Све, дакле, што ћемо овде изнети о звездама почива на закључцима, које је наука извела из спектралне анализе звезда.

**75. О спектрима звезда.** — Ако упоредимо једне с другима спектре разних звезда уверићемо се, да се готово никад не подударају: скоро је немогуће наћи две звезде које би давале потпуно једнаке спектре. Те, тако, премда нам је спектроскопија показала да су звезде самостални извори светлости и топлоте, као и наше Сунце, обвијени гасовитим атмосферама, оне се ипак разликују, мање или више, једне од других. Од значаја је, међутим, да поред све разноликости звезданих спектра, готово свима линијама у њиховим спектрима нађени су одговарајући хемијски елементи на Земљи. Тако нам је, дакле, спектрална анализа открила ту важну чињеницу, да су и звезде у васиони састављени из сличне материје као и наша Земља.

По спектрима звезде се данас деле на 11 главних *спектралних типова*:

*Тип P* и *Q*: у које спадају гасовите маглине, са нарочито сјајним линијама непознатог порекла, «небулијума» (в. спектралну таблу, бр. 6).

*Тип O* или (Волф-Раје): доста ретке звезде; овамо спадају и «нове» са линијама хидрогена и хелијума.

*Тип B*: звездеса хелијумом; у ову класу долази 12% свих звезда сјајнијих од 8<sup>e</sup> величине; представник је  $\beta$  Орион (Ригел).

*Тип A*: (око 22%), беле звезде са широким, црним линијама хидрогеновим, хелијум је ишчезао — Сириус, Вега (в. спектралну таблу, бр. 3).

*Тип F*: (око 20%) звезде са све мање хидрогена, а појављују се линије калцијума и метала — Прокион.

*Тип G*: жуте звезде Сунчеве групе (око 16%), линије хидрогена се све више губе, јачају линије калцијума и разних метала — Сунце, Капела (в. спектралну таблу, бр. 1).

*Тип K*: мрке-жуте звезде (око 27%), све обилатија појава метала — Арктур, Алдебаран.

*Тип M*: црвенкасте звезде (око 3%), линије се још виде: старије звезде — Бетелгез, Антарес (в. спектралну таблу, бр. 2).

*Тип N*: мрко-црвене звезде (око 1%), линија скоро нема; карбон доминира — звезде слабог сјаја и малих димензија.

*Тип R:* у ову класу долази око 50 звезда врло слабог, затворено-жутог сјаја.

Постепени прелаз од једног ка другом типу обележава се индексима 0—9; на пример, *G5K* или само *G<sub>5</sub>* означаје спектрални тип на средини између типова *G* и *K*. — Главна карактеристика подела на спектралне типове је постепено опадање температуре звезде: највиша је код типова *O* и *B*, најнижа код звезда типа *N* и *Q*.

Али кад знамо да су звезде саграђене од сличне материје, морамо се запитати чему одговара подела звезда по спектралним типовима? Да ли њој одговарају битне неке разлике у самим звездама? И постоји ли нека веза између звезда разних типова?

Звезде су доиста небеска тела не само састављена из исте материје, него и сличних физичких и хемијских особина. Разлике уколико и постоје не дотичу суштину. Што се једне зову звезде са хелијумом, друге за водородом, или калцијумом, не значи то да у првима нема ничег више осим хелијума, нити да у звездама са водородом нема калцијума, и обратно. У свима тим телима има хелијума, водородна, калцијума, металних пара, и т. д.; и т. д. Само услови који владају у унутрашњости, на површини ових тела и у атмосфери која их опкољава не допуштају подједнако свима саставним елементима да у истој мери испоље своје присуство.

Звездани спектри дају нам обавештења, у првом реду, о температури која влада на звезди и око ње, о притиску у атмосфери, о густини  $\rho$ , посредно, и о хемијском саставу. Звездани спектри су слике појединих етапа у развоју звезда; јасније речено, спектар нам одаје доба старости звезда.

Пред овом множином звезда ми стојимо као пред огромном прашумом са стабљикама најразноликијих доба старости: од витких младица до огромних, столетних, снажних храстова. И мада је човечји живот кратак да би их могао пратити у целом развоју, ми их можемо ипак, према садањем изгледу, поређати по добу старости. — Тако је и са звездама; према њиховом садањем стању и изгледу, које нам показује спектар, у стању смо да звезде поређамо по добу старости њиховог другог васионског живота. Подела звезда по спектралним типовима одговара, дакле, подели њиховој по степену развоја, по добу старости; поједини типови су као стране књиге у којој је исписана дуга историја живота ових васионских светова. Из ње смо прочитали шта су звезде, како оне постају, колико живе и шта се с њима после догађа.

**76. О развоју звезда.** — Звезде су изоловане гасовите масе, округла облика, на необично високим температурама. Прво што ваља приметити код тих маса, то је да се оне морају налазити у приближно стабилној унутрашњој равнотежи, под утицајем једино својих сопствених сила: притиска

слојева, који је управљен ка средишту и отпорне силе гаса у противном смислу. Прва од ових сила расте од површине ка центру, друга опет, услед све више температуре што ближе средишту, расте од средишта ка површини. У овом ће правцу, дакле, и моћи наступити струјање топлоте: од средишта ка површини.

Стални губитак топлоте услед зрачења, дакле постепено опадање отпорне снаге управљене из средишта ка површини, после извесног времена почеће да повлачи за собом скупљање, смањивање звезде, а ово опет згушњавање у њеној унутрашњости. Али са повећањем густине наступа смањивање удаљења међу гасовитим делићима, значи и повећавање међусобне привлачне снаге, т. ј. повећавање притиска са површине ка средишту. У томе процесу опет долази звезда до новог извора топлоте.

Можда ће нам цео овај основни процес јаснији бити ако га поновимо на једном примеру и послужимо се бројевима.

Замислимо нешто слично тој огромној гасовитој кугли, и претпоставимо да јој је пречник скупљањем сведен на половину његове првобитне дужине. Средња густина ће, као што знамо, бити у том случају осам пута већа од почетне њене вредности. Да видимо шта ће с притиском бити. После скупљања, сви су делићи дошли двапут ближе средишту но што су то у почетку били. Привлачење међу њима биће четири пута јаче, т. ј. притисак споља ка средишту кугле биће четири пута већи. Али, не заборавимо, сад је површина на коју тај притисак делује четири пута мањи. Опште стање наше гасовите кугле биће, према томе, овако: притисак од површине ка средишту, на јединицу површине, биће шеснаест пута већи, густина осам пута, а температура двапут већа но што је у почетку била. И тако долазимо до закључка, да се овакво једно тело загрева трошећи своју топлоту. Али мада на први поглед невероватан изгледа овај закључак, ми знамо да он важи за *просте* гасове (јасније речено, за гасове врло мале густине).

Овај процес скупљања звезде и повећавање њене температуре настављаће се и трајати док гасовита кугла не буде достигла једну извесну густину. Чим се њена густина буде довољно приближила густини воде, мада ће се скупљање и даље продужити, све ће већи и већи притисак бити потребан за тај процес. Температура гаса ће се још неко кратко време повишавати, али све спорије и спорије, да се најзад заустави на једном максимуму. Звезда је тада достигла своје зрело доба.

Одатле почев, цео овај процес мења изглед, а његов ток смисао. Даље скупљање звезде могуће је само на штету топлоте. Први знаци опадања почињу да се јављају: сјај звезде почиње да слаби, гасовита маса да се хлади. Некада сјајна небеска светиљка — звезда — почиње да се гаси.

Даљи ток овог развитка допунићемо мало касније, пошто се упознамо још и са другим небеским телима у васиони.

**77. Звездана јата.** — Колико нам је од своје лепоте скрила Природа видели смо тек кад смо, у тамним дубинама ноћног неба, наишли на збијене скупове многих хиљада звезда, толико збијене да их човек тешко разликује од плавих облака; то су *звездана јата*. У главном има их две врсте: у прву долазе *растурена (отворена) јата*, као што је на пример јато Плејада, које слободним оком видимо као групу од седам звезда (Влашићи), а дурбином може се пребројати у њему више стотина звездица. То су мањи скупови (насеобине), не много али ипак довољно густе да човек може одмах да констатује карактер звезданог јата.

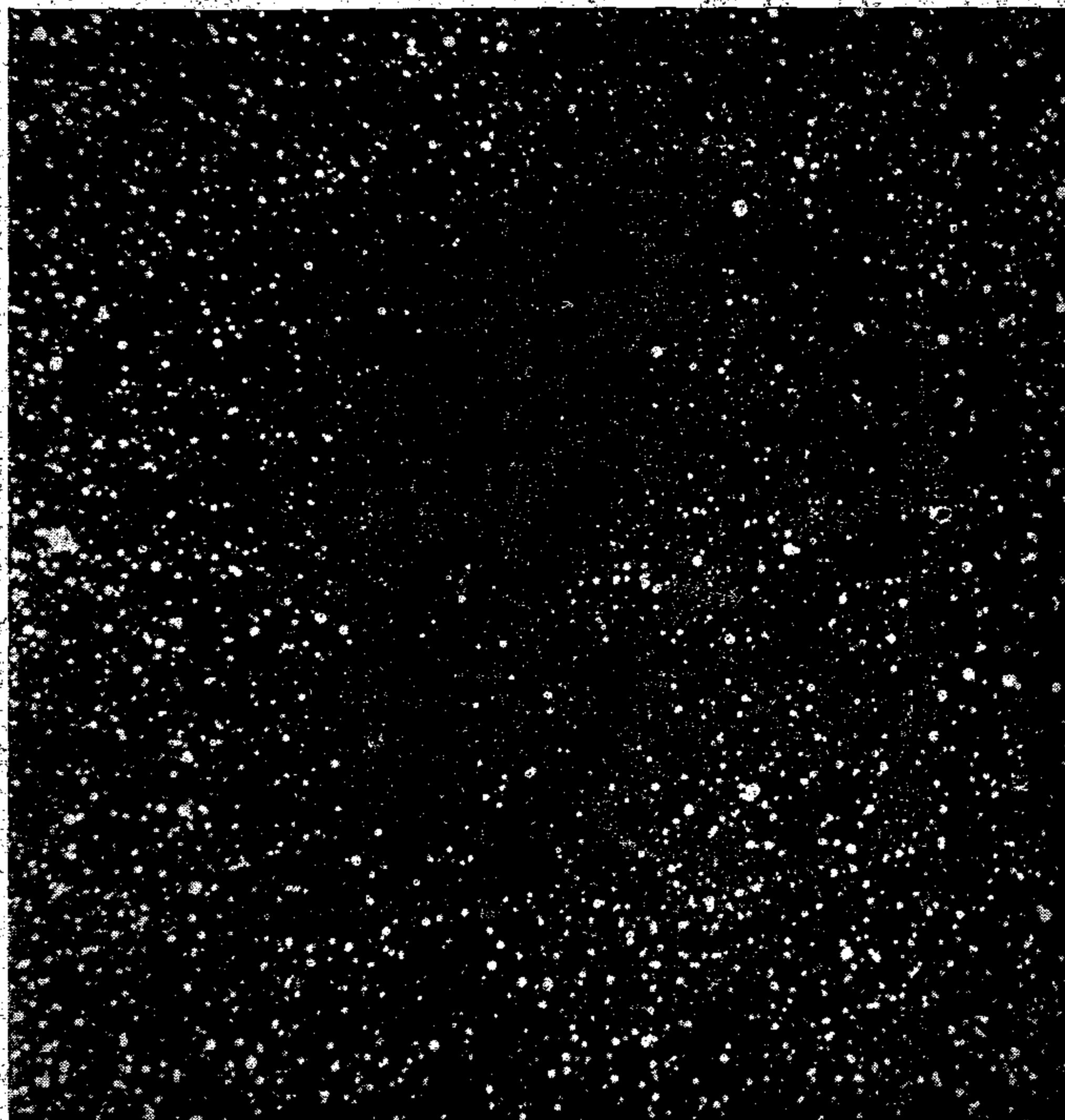
У другу врсту долазе *збијена (глобуларна) јата*, са најтипичнијим (в. сл. 1) представником у сазвежђу Херкула. Главна њихова карактеристика је необична збијеност, невероватно великог броја звезда у једну целину, потпуно правилног округлог облика. Око самог средишта јата звезде су толико густо збијене да личи на маглину; тек даље од средишта почиње се примећивати да је то скуп звезда, а што ближе ивици јата то се све јасније виде поједине звезде. Слободно око није у стању да преброји звезде у оваквом јату, али на фотографској плочи избројено је, на пример, у јату Херкула око 60.000 звезда. Ово јато могло је бити премерено: нађено је да оно има у пречнику око 140 година светлости. Има их још и већих, која се простиру до 400, па и 500 година светлости. — Тражећи да одреди њихове даљине од нас, астрономија је дошла до исто тако несхватљиво великих бројева: на пример, од Херкулова јата до нас зрак светлости путује пуних 40.000 година. Оваквих јата данас познајемо 86.

Интересантно је то, да звездана јата нису расута по целом небу, њихово «зборно место» је претежно у сазвежђима Скорпије и Стрелца; и крећу се кроз васиону релативно врло великом брзином, 100 километара у секунду, — ка нама (тачније ка галактичкој равни в. стр. 178).

**78. Маглине.** — Поред звезда наилазимо у васиони на мале плавичасте облачке, слабијег сјаја, најразноликијих изгледа и облика: то су *маглине*. Две овакве маглине могу се видети и најмањим дурбинима — у Андромеди и Ориону — остале су телескопска тела; има их на хиљаде. Некада се веровало да су и ово само далеке, збијене групе врло великог броја звезда.

Маглине су подељене у две главне класе. У прву класу долазе такозване *дифузне* или *неправилне маглине*. Позната маглина у Ориону (в. сл. 2) спада у ову класу. Оне су посве неправилна облика; њихове димензије могу бити неочекивано

затим *F*, па све спорије према типу *A*, да се најзад заустави у типу *B*. У то време достиже звезда своју највећу температуру — најлепше доба свога живота. Одатле, после, почиње постепено спуштање. Запремина звезде наставља да се смањује, температура почиње да пада, а сјај звезде да слаби. Спектар њен



Сл. 128. Мрачна маглина у сазвежђу Лабуда.

се враћа, преко истих типова, само у противном смислу, од *B* и *A* преко *F*, *G* и *K* до *M*, да заврши свој живот на другој граници, у типу *N*, као «мала» црвена звезда.

У том смислу и тим током, ето, протичу звездани животи. Коликог ће века бити једна звезда, зависи од услова под којима је почела своју улогу на великој позорници васионе. Нити морају, нити стварно прелазе све звезде целу ову скалу развитака. Оне могу да се зауставе, и заустављају се на разним њеним тачкама.

И док неке у типу *A*, још пуне снага, настављају пењање, друге га у *F* већ успоравају, а неке се и као *G* звезде сасвим

заустављају, да отпочну силажење по степеницама скале спектралних типова.

Тако је, ето, и милионима огромних звезда — сунаца, без којих нема живота, неумитни законодавац природе одредио исту стазу кроз живот као и свима живим бићима: *и она постају, живе и нестају.*

**80. Галактички систем.** — Сва до сада побројана небеска тела са којима смо покушати овде да се упознамо, дакле све звезде без разлике, и појединачне и бинарне, променљиве, сва звездана јата, маглине и дифузне, и планетарне, и мрачне — кад би човек био у стању да сав овај скуп тела обухвати једним погледом, уверио би се да је тај огромни скуп распоређен скоро симетрично с обе стране око једне равни, да сачињава једну целину — један засебни звездани систем. Готово у средини, нешто мало северније изнад те централне равни, налазимо на наше Сунце са целом његовом свитом планета, планетоида, комета, метеора и метеорских потоца. — Обликом својим потсећа нас овај систем, као целина, на једно сочиво: у средини — дакле у оном делу где ми боравимо, — знатно је испупченији, а што даље према ивици звезда је све мање, оне се све више прибијају уз централну раван. *Млечни пут* или *Кумовска слама* нам обележава правац на небеском своду који заузима централна раван — нашег *галактичког (звезданог) система*, јер се тако он данас зове у астрономији. Димензије су му процењене на 40—60.000 година светлости у правцу централне равни, а на 5—10.000 у правцу управном на њу.

**81. Спиралне маглине.** — Остаје да опишемо још једну врсту тела са којима се срећемо у васиони, *то су спиралне маглине*. (сл. 119, на десном крају, види се спирална маглина у сазвежђу Андромеде; в. и сл. 128) Као што смо могли приметити — ове нису поменуте при набрајању чланова нашег галактичког система.

Кад човек посматра једну спиралну маглину, чини му се као да из сјајног језгра у средишту маглине види како се одмотавају у истом правцу два колута (спирале, в. сл. 128), у почетку сјајнија, а што даље од језгра све блеђа и тања, док се најзад не изгубе у тамнини простора. Неке од ових маглина окренуте су нам својом ивицом, те тако можемо да видимо колико су им колотови танки, а цела маглина заједно са језгром сплостена у виду сочива. Њихова удаљења од нас премашају чак и оне несхватљиво велике цифре о којима смо до сада говорили: милион година светлости растављају нас од најближих. Димензије су им тако исто огромне: простиру се на десетине хиљада година светлости. А у унутрашњости ових маглина — којих има у васиони на хиљаде — констатована су ротациона

кретања са брзинама до 300, па и више км. у секунду. Једна важна чињеница још и данас остаје нерасветљена, а то је да се утврди, да ли су спиралне маглине доиста маглине или скупови звезда. На растварање њихових језгра у звезде не може се помишљати; оно и у највећим астрономским дурбинима задржава изглед маглина; сјајни делови колутова задржавају исто



Сл. 129. Спирална маглина у сазвежђу Ловачких Паса.

тако гасовити изглед маглина; пошло је за руком у најновије доба, да се у изданцима колутова назру по нека «нова» или цефеид-звезда.

Насупрот овоме, по спектру спиралне маглине немају сличности са спектрима маглина, већ са спектрима звезда, и то из класа блиских Сунчевој класи. Додајмо још и то, да се спиралне маглине држе на великим одстојањима од галактичке

равни; па се запитајмо, какве би закључке требало извести на основу ових података? Поуздан одговор немогуће је још дати на ово питање, али све више присталица добива и све вероватнија изгледа хипотеза, по којој се спиралне маглине имају сматрати као засебни звездани системи, други галактички системи, за које је наш галактички систем само једна међу милионима спиралних маглина у васиони.

**82. Космогонија.** — Сад пошто смо сазнали каквих светла има у недостижним даљинама небеског простора; пошто смо се приближно упознали са саставом и животом појединачних тела и разних скупова тела у васиони; пошто смо се коначно уверили да је природа и у разноликости сачувала јединство — човек се пита: како је све то постало? Каква судбина очекује ове васионске светове?

Оно, ако размислимо дубље о овоме што смо до сада изложили, и опоменемо се колико смо необјашњених, нерасветљених кутова морали оставити у безграничном простору васионе који смо додје прешли, није тешко схватити да ће тешкоће морати још веће бити, кад се будемо упустили у истраживања неограничених дужина прошлих и будућих времена. И можда бисмо боље урадили били да смо сачекали, да претходно прикупимо више потребних научних података, пре него што се упустимо у решавање овако замашних проблема! «Али, да смо били само радознали, а не и нестрпљиви — рекао је један велики научник — вероватно је да не бисмо створили науку». Човечји дух није могао да чека, покушавао је да наслути, да погоди оно што није могао докучити, да утврди: из овога што је сазнао, оно како је било и како ће бити.

Резултати ових покушаја да се човек приближи истини о постанку, току живота и судбини многобројних васионских тела и система тела у васиони, изложени су у разним космогоничким хипотезама. Од многобројних ових хипотеза, ми ћемо се овде зауставити само на једној, на оној која више од осталих заслужује и данас нашу пажњу: на такозваној небуларној хипотези. Створила су је два чувена научника: немачки филозоф Кант и француски астроном и математичар Лаплас; зато се ова зове још и Кант-Лапласова космогоничка хипотеза.

Међутим овај двоструки назив не треба разумети као деобу заслуге за *исти* проналазак, него више као неку врсту допуњавања у сличном покушају: да се научно објасни постанак Сунчевог система. Јер, као што ћемо ниже видети, Кантова и Лапласова хипотеза знатно се разликују одмах у почетку једна од друге. Изложићемо овде њихове основне идеје.

Посматрајући састав Сунчевог система, падале су у очи многе заједничке црте — црте од битног значаја — у саставу,



начину кретања и облику ових тела. Пре свега кретања шест (тада познатих) планета у истом смислу и равнима; затим кретање њихових сателита, такође у истом смислу и у равнима врло блиским еклиптици; даље, облик ових тела и обртање њихово око поларне осе, у истом смислу у коме се догађа и кружење око Сунца; кружење планета и сателита по путањама врло мало ексцентричним — све ове заједничке особине, код тела која се налазе на огромним узајамним даљинама, чиниле су утисак на оба ова научника као чињенице које је тешко било приписати случајном стицају околности. И један и други су поверовали, и пошли од претпоставке да је то последица једног, истог узрока — заједничког порекла. Требало је само на основу природних закона објаснити прелаз од узрока ка последицама: образложити ток и развитак система од почетка до данас. А у овоме се Кант и Лаплас знатно размимоилазе.

**83. Кантова космогонија.** — По Канту је, у почетку, цео простор који данас заузима Сунчев систем па, чак, и много даље изван тих граница, морао бити испуњен честицама гасовите космичке материје, неком врстом прамаглине — небуле (отуда је и добила ова хипотеза назив небуларна хипотеза). За Кантову хипотезу веома је важно то, да он не претпоставља никакво кретање код честица ове прамаглине. Кант је рекао: «Дајте ми материју (дакле само материју, без кретања) и начинићу од ње свет». Него узима да су се, услед разлика међу самим честицама (нарочито у густини) и њиховим узајамним положајима у односу на целину, морали образовати поједини привлачни центри у прамаглини. Испочетка не приметно, постепено, отпочело је кретање честица у правцу појединих гравитационих центара, који су одасвуда скупљали око себе све више других, ситнијих гасовитих честица. Нарочито је морало бити јако ово струјање честица ка средишту прамаглине, најјачој привлачној тачки, од које је доцније постало Сунце. Крећући се овако честице су, пролазећи и сударајући се на свом путу са другим честицама, и тражећи у овом хаосу путању најмањег отпора, морале скретати са праволинијских путања и описивати разне криве линије на свом путу око централног тела. Ова скретања честица ка путањама најмањег отпора морала су се постепено претварати у заједничка кружења, у истом смислу и приближно у истом делу прамаглине — у равни Сунчева екватора. А падајући у Сунце морале су, најзад, ове честице изазвати код њега обртно (ротационо) кретање, у смислу заједничког кружења. Ово хаотично кретање честица у свима правцима, ка разним центрима трајало је док се у прамаглини није на овај начин образовало: главно, централно тело — Сунце, у средишту прамаглине, са неколико споредних мањих привлачних центара — планета око њега.

Све што смо овде рекли за централно тело прамаглине поновиће се, само у малом, код сваког од осталих, споредних, привлачних центара, према његовој даљини од централног и осталих тела и условима који су владали у том делу прамаглине. Тако су постале планете, опет са обртним кретањем око себе и кружним кретањем око Сунца: у истом смислу, приближно у истој равни, по сличним путањама. А око појединих планета образовала су се, на сличан начин, још ситнија тела — сателити, са истим особинама.

Кант је у свом излагању обухватио још и многе друге појаве и особине Сунчевог система и покушао да их објасни са космогоничке тачке гледишта, на основу познатих природних закона. Тако се, на пример, зауставио на питању: зашто је Месец стално окренут Земљи истом својом површином? По Канту је вероватно да се Месец некада много брже обртао око своје осе но данас, али се појавио неки узрок који је брзину тог кретања постепено смањивао. А занимљиво је и од значаја да је Кант први покушао да докаже, да појава плиме и осеке успорава брзину Земљиног обртног кретања, — чиме је Лаплас, касније, објаснио и постепено успоравање Месечеве ротације и одговорио на питање које је поставио Кант. — Покушао је Кант, даље, да објасни и разлике у нагибима између равни екватора и равни у којима планете круже око Сунца, па и начин како је могао постати Сатурнов прстен.

Нарочито је значајно излагање његово о постанку комета. По Канту, комете су се стварале у најудаљенијим деловима прамаглине. Због тога нису могле бити увучене у обртно кретање гасовитих делова ближих средишту, у којима су се образовале планете са обртним и кружним кретањем око Сунца у истом смислу и приближно у истим равнима. Тако је наступио да путање комета (непериодичних) буду знатно ексцентричне и у разним равнима, а њихово кретање у различитом смислу. Изузетак чине, међутим, оне комете које су се стварале у унутрашњости прамаглине; то је група периодичних комета, чија су кретања много сличнија планетским кретањима.

Али Кант се није задржао само на испитивању начина постанка Сунчевог система. У његовом делу «О теорији неба или о склопу и механичком постанку света на основи Њутнових закона» (које је Кант израдио у 25-ој години) обухваћен је и постанак целог галактичког система. Ми се овде не можемо упуштати у излагање ове теорије, јер би нас то и сувише далеко одвело. Можемо толико само нагласити, да је Кант доиста са ретком проницљивошћу продро и први расветлио многе скривене делове замршеног небеског механизма.

**84. Лапласова небуларна хипотеза о постанку Сунчевог система.** — Полазећи од истих чињеница које су, четр-

десет година пре тога, послужиле Канту да изради своју космогонију, Лаплас узима да је у почетку Сунчева атмосфера испуњавала сав простор данашњег Сунчевог система. Но Лаплас не полази од хаоса: за њега Сунце и Сунчева атмосфера, као једна целина, имају већ од почетка ротационо кретање и то исте брзине.

Зрачењем топлоте у хладни небески простор ова гасовита маса хладила се и згушњавала: њена брзина обртања повећавала се, центрифугална сила на екватору расла је, док није достигла јачину привлачне силе ка средишту маглине. У том тренутку честице на екватору постају слободне, одвајају се од прамаглине, и настављају своје обртање у истом смислу, у екваторској равни маглине као засебни, концентрични прстени.

Прамаглина је за то време настављала своје обртање, док се поново није изједначила центрифугална сила код честица дуж екватора са привлачном силом ка средишту, — док се није одвојио од прамаглине други прстен, и т. д. Тако се, после извесног низа милиона и милиона година, Сунчева атмосфера претворила у једно централно тело — Сунце, у средишту некадање прамаглине, и неколико концентричних, гасовитих прстенова који су се обртали, у истом смислу и приближно у истој равни, као и Сунце.

Сваки опет од ових прстенова хладио се постепено и згушњавао. На местима где се ово згушњавање пре извршило, образовали су се засебни привлачни центри: обично по један, већи, који је око себе скупљао остале мање масе. Овако су постале поједине планете са својим сателитима. Где се догодило да је број оваквих делова био велики, да се нису могли образовати већи привлачни центри, створила се група малих планета — астероида, као што су планетоиди између Марса и Јупитера.

Ово је у најглавнијим потезима Лапласова хипотеза о постанку нашег Сунчевог система. Али мада на први поглед она објашњава опште особине и начин кретања тела у систему, познато је да је ова хипотеза наишла на извесне тешкоће, којима није могла да нађе задовољавајуће тумачење. Тако, на пр., данас знамо да сателити Урана и Нептуна круже око својих планета по путањама са знатно већим нагибима но што то Лапласова хипотеза предочава. Затим, знамо за четири горње планете да имају по једног, па и више сателита који око својих планета круже у ретроградном смислу — противном дакле од смисла који Лапласова хипотеза налази. Исто тако још необјашњена остаје у овој хипотези чињеница да Марсов ближи сателит, Фобос, може имати брже обртање око планете но што је планетино обртање око сопствене осе.

## КРАТКИ ПРЕГЛЕД развитка науке о небеским телима и појавама.

### Старо доба.

*Кинези*: 2000 и више година пре Христа, израђују свој календар, предвиђају помрачења Сунца и Месеца.

*Халдејци*: 1000 и више година пре Христа, први подижу нарочите зграде за посматрање неба; проналазе *сарос*, период од 18 година и 11 дана после кога се помрачења враћају истим редом; први посматрају (720 и 719 г. пре Хр.) Месечева помрачења; познају гномон за одређивање доба дана помоћу Сунчевог кретања.

*Египћани*: посматрају велики број помрачења Сунца и Месеца и објашњавају узроке овим појавама; одређују дужину грађанске године на 365 дана и деле је на дванаест месеци; по њиховим пирамидама види се да одређују тачно четири основна правца света; по зидовима њихових храмова налазе се зодијакови знаци.

*Грци — Талес*: (6 век пре Хр.) зна да Земља има облик лопте; зна за нагиб еклиптике; први предсказује тачно помрачење Сунца од 28. маја 585 год. пре Хр.

*Пишагора*: (5 век пре Хр.) објашњава Месечеве менс; учи да Земља има облик лопте и да је изолована у простору, да се планете крећу око Сунца, да су звезде сунца; сматра да се Земља обрће око једног свог пречника као око осе.

*Аристарх са Самоса*: (3 век пре Хр.) покушава да одреди однос даљина и пречника Земље, Сунца и Месеца; сматра да је Сунце у средишту света а да око њега круже планете и Земља.

*Ератосџен*: (276—194 г. пре Хр.) израђује прву справу (армилар) помоћу које мери координате небеских тела и нагиб еклиптике; први мери обим Земљине лопте.

*Хипарх*: (2 век пре Хр.), највећи астроном старог доба, одређује трајање Месечева обиласка око Земље, ексцентричност и нагиб његове путање према еклиптици; изнаходи тачну дужину тропске године и неједнакости годишњих доба; проналази појаву прецесије тачака равнодневица; израчунава Месечеву паралаксу; израђује први каталог звезда.

*Птоlemeј*: (2 век после Хр.) пише Алмагест у коме излаже целокупно знање ондашњих научника о небеским појавама.

Од Птоlemeја до Коперника наука о небеским појавама остаје такође на истом ступњу.

### Ново доба.

*Коперник*: (1472—1543) излаже хелиоцентрични систем света; објашњава неједнакости у дужинама годишњих доба и неједнакости дана; прецесију тачака равнодневица објашњава помоћу малог померања Земљине поларне осе.

*Тихо Брахе*: (1546—1601) први систематски посматра небо, израђује каталог звезда и врши најтачнија посматрања планетских кретања; даје теорију комета и покушава одређивање њихових путања.

*Галилеј*: (1564—1642) служи се први астрономским дурбином и резултатима својих посматрања знатно доприноси учвршћивању у науци

хелиоцентричног система света; потврђује посматрањима Коперникову тврдњу да Венера мора показивати мене као и Месец; проналази четири Јупитерова сателита и утврђује њихово обртање око планете; проналази Сунчеве пеге и, помоћу њих, одређује време Сунчевог обртања око сопствене поларне осе.

*Кеплер*: (1571—1630) проналази законе по којима се планете крећу око Сунца; први тачно израчунава време пролаза Меркура и Венере испред Сунца и израђује теорију о помрачењима.

*Ремер*: (1644—1710) проналази меридијански инструменат; први одређује брзину светлости помоћу Јупитерових сателита.

*Њуџн*: (1642—1727), један од највећих научних духова човечанства, долази до закона опште гравитације — најопштијег природног закона до кога је људска наука успела да дође; објашњава појаву плиме и осеке, затим неједначине у Месечевим кретањима, као и кретања апсидних линија планетских путања; појаву прецесије објашњава дејством Сунца и Месеца на Земљу; израчунава параболичке путање комета; проналази Сунчев спектар; проналази секстант.

*Халеј*: (1656—1742) први посматра Меркуров пролаз испред Сунца (28 окт. 1677 г.) налази методу за одређивање Сунчеве паралаксе помоћу пролаза доњих планета испред Сунца; наговештава да звезде имају сопствено кретање; израчунава путање великог броја комета.

*Брадлеј*: (1692—1762) открива и објашњава појаву аберације светлости; проналази нутационо кретање Земљине осе.

*Клеро* (1713—1765), *Даламбер* (1717—1783) и *Ајлер* (1707—1783): дају теорију о облику Земље на основу општег закона гравитације, затим теорију о кретању Месеца, планета и комета.

*Лагранж*: (1736—1813) први даје строгу математичку методу за израчунавање пертурбација планетских кретања и решава један део проблема о стабилитету Сунчевог система.

*Хершел*: (1738—1822) израђује сам телескопе великих димензија; проналази планету Уран и њена два сателита, као и два Сатурнова сателита; изучава распоред звезда у односу на раван Млечног Пута и одређује кретање целог Сунчевог система кроз простор.

*Лаплас*: (1749—1827) ствара Небеску Механику; израђује потпуну теорију пертурбација планетских кретања; допуњује Лагранжово решење проблема о стабилитету Сунчевог система; изналази рачунским путем време обртања Сатурновог прстена; објашњава постанак Сунчевог система.

*Пиаци*: проналази 1 јануара 1801 г. прву малу планету, Церес.

*Гаус*: (1777—1855) израчунава путању прве мале планете и омогућује да је следеће године поново нађу на небу.

*Бесел*: (1784—1846) први успева да измери паралаксу звезде  $\beta$  у сазвежђу Лабуда.

*Леверје*: (1811—1877) рачунским путем проналази осму велику планету, Нептун.

*Фраунхофер* (1823), *Кирхоф* и *Бунзен* (око 1860) и *Фогел* (око 1870) својим проналасцима и радовима ударају темеље небеској спектроскопији и први изучавају физичку природу и хемијски састав Сунца, звезда и маглина.

*Доилер* и *Фишо* дају методу за одређивање радијалних кретања звезда спектроскопским путем.

*Рушерфорд* и *Причар* (око 1875) први у астрономији примењују фотографију.

*Јансен* и *Локиер* први посматрају спектроскопски Сунчеве протуберанце.

*Волф* (1892) први проналази, фотографским путем, малу планету 323 Брусија.

## КАРТА НЕБА

са сазвежђима која се виде из наших крајева.

Као прилог, на крају ове књиге, дата је карта неба са сазвежђима која се могу посматрати из наших крајева у току године дана. Карта се састоји из два дела: 1<sup>о</sup> права карта звезданог небеског свода, 2<sup>о</sup> помоћна карта са координатном мрежом и називима сазвежђа (на провидној хартији).

Права карта садржи:

- 1<sup>о</sup> све звезде првих пет привидних величина.
- 2<sup>о</sup> границе (извучене ситним тачкастим линијама) у којима се налазе звезде до 5-е привидне величине сваког од сазвежђа.
- 3<sup>о</sup> пуним линијама спојене најсјајније звезде у познатијим сазвежђима (испрекиданим линијама везане су неке сјајније звезде суседних сазвежђа, ради њиховог лакшег упознавања).
- 4<sup>о</sup> два попречна пречника који одговарају ректасцензијама 0<sup>h</sup>, 6<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup> и 18<sup>h</sup>.
- 5<sup>о</sup> као оквир, два издељена круга: унутрашњи даје поделу неба на часове ректасцензије, спољашњи даје поделу на месеце и датуме.
- 6<sup>о</sup> траг Млечног Пута.

Помоћна карта (на провидној хартији) садржи:

- 1<sup>о</sup> у средишту, где се секу сви повучени пречници, северни небески пол.
- 2<sup>о</sup> 24 пречника који одговарају деклинационим круговима, односно подели периферије екватора на 24<sup>h</sup> ректасцензије.
- 3<sup>о</sup> 13 концентричних кругова — небеских паралела на сваких 10<sup>о</sup> деклинације: од екватора до 80<sup>о</sup> северне и до 40<sup>о</sup> јужне деклинације.
- 4<sup>о</sup> извучен круг небеског екватора.
- 5<sup>о</sup> цртицама извучен траг еклиптике на небеском своду.
- 6<sup>о</sup> имена свих сазвежђа.

### Исправке у тексту.

- тр. 24 на сл. 25 реч Екватор треба избрисати
- » 45 „ „ 46 тачкама на источној страни:  $I_1, I_2, \dots, I_n$  одговарају, на западној страни хоризонта, тачке  $K_1, K_2, \dots, K_n$  — које треба на сл. назначити.
- » 51 15 ред озго: место речи еклиптика треба да стоји: Сунчева привидна годишња путања.

### Штампарске грешке:

Стр.	Ред	стоји	треба да стоји
6	6 оздо	звезда	звезде
7	сл. 7	Близнаци	Близанци
21	6 озго	часовии	часовни
32	6 оздо	13	13 bis
39	6 „	14	14 bis
70	13 „	довело	довела
71	7 „	584	585
79	4 оздо	Однос	Односом
173	7 озго	$N$ и $Q$	$N$ и $R$





# САДРЖАЈ

## I ДЕО

### Привидно дневно кретање небеског свода.

Задатак космографије . . . . .	1
1. Небо. Хоризонт . . . . .	2
2. Небеска тела . . . . .	2
3. Сазвежђа . . . . .	5
4. Привидно дневно кретање неба. Стране света . . . . .	7
5. Привидно дневно кретање Сунца . . . . .	11
6. Пол. Поларна оса. Небески екватор . . . . .	13

### Небески координатни системи.

7. Координатни систем хоризонта. Азимут и висина звезде . . . . .	15
8. Месни координатни систем екватора. Часовни угао и деклинација звезде . . . . .	18
9. Звездани дан . . . . .	20
10. Одређивање правца поларне осе помоћу висине пола . . . . .	21
11. Небески систем екватора. Ректасцензија и деклинација звезде . . . . .	24

### Земљино дневно кретање. Облик Земље.

#### Географске координате.

12. Дневно обртање Земље . . . . .	26
13. Облик Земље. Географске координате . . . . .	27
13 <sup>bis</sup> Димензије Земље . . . . .	32

### Сунчева привидна кретања по небеском своду и њихове последице.

14. Промене у Сунчевим тачкама излаза и залаза и висинама . . . . .	35
14 <sup>bis</sup> Промене у Сунчевим деклинацијама и ректасцензијама . . . . .	39
15. Координатни систем еклиптике. Лонгитуда и латитуда звезде . . . . .	41

16. Еклиптика и паралели на небеској сфери . . . . .	43
17. Последице Сунчевог привидног годишњег кретања . . . . .	44
18. Сунчево привидно годишње кретање посматрано са разних тачака Земљине површине . . . . .	47
19. Облик Сунчеве привидне годишње путање . . . . .	51
20. Последице Сунчевог привидног кретања по елипси . . . . .	54
21. Објашњење Сунчевог привидног годишњег кретања око Земље . . . . .	54

### О времену.

22. Јединица за мерење времена. Звездани дан . . . . .	59
23. Разне врсте јединица за мерење времена. Прави сун- чани дан . . . . .	60
24. Средњи сунчани дан . . . . .	61
25. Месно време . . . . .	63
26. Часовне зоне . . . . .	64
27. Датумска граница . . . . .	67
28. Друге јединице за мерење времена. Година . . . . .	68
29. Календар . . . . .	69
30. Хронологија . . . . .	71

### Примене и користи првог дела.

31. Наука о небеским појавама и морепловство . . . . .	72
32. Астрономија и израда географских карата . . . . .	73
33. Астрономија и одржавање часовника за тачно време . . . . .	74
34. Астрономија и израда календара . . . . .	77
35. Подела науке о небеским телима . . . . .	77

### Методe за изучавање кретања и испитивање природе небеских тела.

36. Астрономски дурбин. Рефрактор . . . . .	78
37. Телескоп . . . . .	82
38. Фотографија у изучавању неба . . . . .	84
39. Спектроскопија . . . . .	86
40. Фотометрија . . . . .	89
41. Небеска термометрија . . . . .	90

## II. ДЕО.

### Сунчев систем.

42. Геоцентрични систем света. Птолемеј . . . . .	93
43. Хелиоцентрични систем света. Коперник, . . . . .	95

44. Кеплерови закони планетских кретања . . . . .	96
45. Сунчев систем . . . . .	97
46. О планетама . . . . .	98
47. Њутнов закон гравитације . . . . .	105

**Појединости о телима Сунчевог система.**

48. Сунце . . . . .	109
---------------------	-----

**Планете. Њихов облик, величина, даљина, састав физичка природа.**

49. Меркур . . . . .	113
50. Венера . . . . .	115
51. Пролази Меркура и Венере испред Сунца . . . . .	117
52. Земља . . . . .	118
53. Марс . . . . .	123
54. Планетоиди . . . . .	125
55. Јупитер . . . . .	126
56. Сатурн . . . . .	127
57. Уран . . . . .	130
58. Нептун . . . . .	130
59. Плутон . . . . .	132

**Сателити планета. Њихов број, величина, даљине од планета и физичка природа.**

60. Месец . . . . .	133
61. О помрачењима. Помрачење Месеца . . . . .	140
62. Помрачење Сунца . . . . .	144
63. Сателити планета . . . . .	146

**Комете. Метеори и болиди. Метеорски ројеви.**

64. О кометама . . . . .	152
65. Халејева комета . . . . .	157
66. Шта су комете и каква је њихова физичка природа . . . . .	157
67. Метеори, болиди (метеорити, аеролити) . . . . .	158
68. Метеорски ројеви . . . . .	160

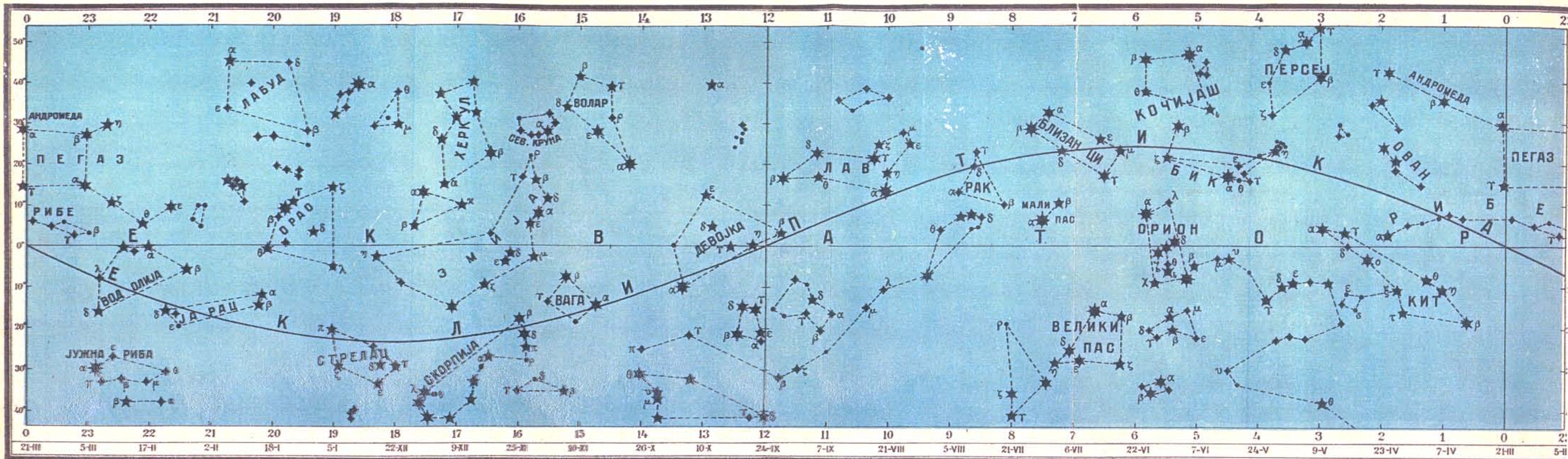
**III. ДЕО.**

**Васиона.**

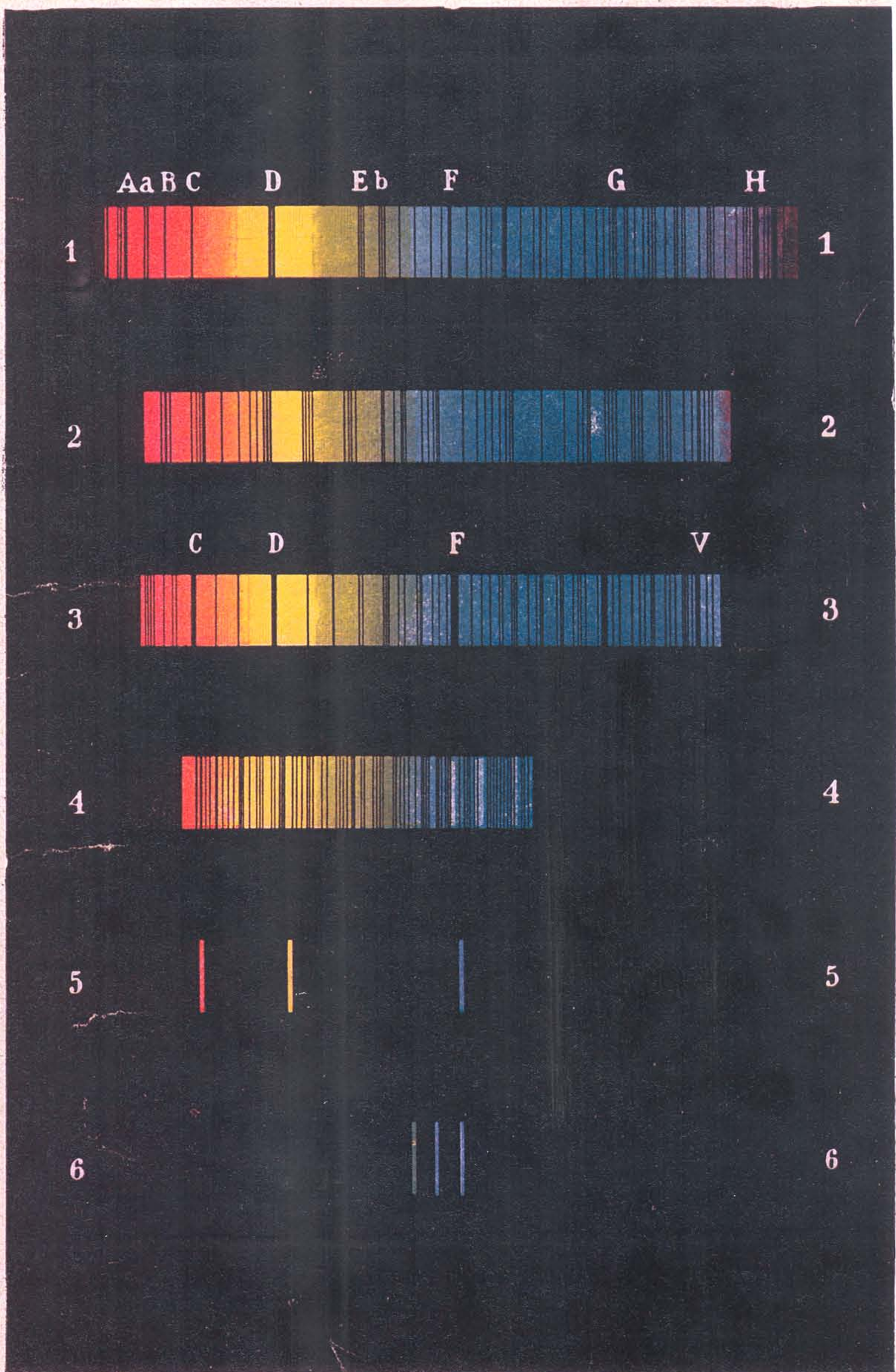
69. О звездама . . . . .	165
70. О даљинама звезда. Паралакса . . . . .	165

71. Кретање звезда . . . . .	169
72. Двојне и многоструке звезде . . . . .	169
73. Променљиве звезде . . . . .	171
74. Нове звезде . . . . .	171
75. О спектрима звезда . . . . .	172
76. О развитуку звезда . . . . .	173
77. Звездана јата . . . . .	175
78. Маглине . . . . .	175
79. Постанак и живот звезда . . . . .	176
80. Галактички систем . . . . .	178
81. Спиралне маглине . . . . .	178
82. Космогонија . . . . .	180
83. Кантова космогонија . . . . .	181
84. Лапласова небуларна хипотеза о постанку Сунчевог система . . . . .	182
<b>Кратки преглед развитука науке о небеским телима и појавама . . . . .</b>	<b>184</b>
<b>Карта неба . . . . .</b>	<b>186</b>

# ЗОДИЈАКОВА САЗВЕЖЂА



ВЕЛИЧИНА ЗВЕЗДА 1 2 3 4 5



## СПЕКТРАЛНА ТАБЛА

- 1) Сунчев спектар — 2) Спектар звезде  $\alpha$  Орион — 3) Спектар звезде  $\alpha$  Великог Пса — 4) Спектар звезде  $\Gamma$  Сев. Круне — 5) Главне линије у спектру Сунчевих протуберанца — 6) Спектар једне маглине.

