

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЉАМИНОВ

АСТРОНОМИЈА

ЗА IV РАЗРЕД ГИМНАЗИЈЕ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ СМЕРА

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЉАМИНОВ

АСТРОНОМИЈА

ЗА IV РАЗРЕД ГИМНАЗИЈЕ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ СМЕРА

ЗАВОД ЗА ИЗДАВАЊЕ УЧБЕНИКА
СОЦИЈАЛИСТИЧКЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
БЕОГРАД

Наслов оригинала
АСТРОНОМИЈА
Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЪЯМИНОВ

Учебник для средней школы
Издательство „Просвещение“
Москва, 1968.

Превели и редиговали
Др БРАНИСЛАВ ШЕВАРЛИЋ и мр СОФИЈА САЏАКОВ

ПРЕДГОВОР

Просветни савет Социјалистичке Републике Србије, правилно оцењујући значај астрономије као наставног предмета у средњим школама донео је одлуку по којој ће се она предавати у IV разреду гимназије природно-математичког смера с једним часом недељно, као обавезни предмет, већ од септембра ове године.

Пошто је та одлука донета 20. маја ове године, нисмо били у могућности да у року од два до три месеца напишемо уџбеник који ће користити ученицима у наредној школској години, већ смо уз сагласност Завода за издавање уџбеника превели овај уџбеник који је доживео 22 издања у Совјетском Савезу, а који је по изложеној материји врло близак нашем наставном плану и програму предвиђеном за овај предмет. Надамо се да ће корисно послужити, уз другу литературу, и ученику и наставнику док не буде написан наш оригинални уџбеник, који ће у свему одговарати и нашем наставном плану и програму и нашим условима.

Изузев местимичних измена, углавном условљених географским положајем наше земље и измене неких слика, које се нису могле узети из оригинала, књига је дословни превод руског уџбеника.

Јуна 1969. године
Београд

Др Бранислав ШЕВАРЛИЋ
мр Софија САЦАКОВ

УВОД

1. ШТА ИЗУЧАВА АСТРОНОМИЈА

Астрономија је наука о небеским телима. Она изучава кретања, састав и развој небеских тела, њихових система и законе које је утврдила примењујући је у практичне потребе човечанства. Астрономија је најстарија наука. Њени су зачеци постојали у старом Египту и у Вавилону.

Већ су први посматрачи неба приметили да се према Сунцу и звездама може одређивати доба дана. У подне, на пример, Сунце заузима највиши положај. По промени Месечева изгледа (срп, пуни котур итд.), по положају Сунца и других небеских тела на небу могу се одређивати дужи временски размаци, тј. састављати календар. Номади и морепловци научили су да по звездама одређују стране хоризонта.

Овим циљевима астрономија служи и у данашње време. Тачно време, које саопштава радио, астрономи добијају на основи посматрања небеских тела. Без посматрања небеских тела не би се могле састављати географске карте. Астрономија је, заједно са другим наукама, створила услове за пуштање космичких бродова и сателита, за освајање космичког простора. На тај начин астрономија је поникла и развија се на основи човекових практичних потреба.

Посматрајући свакодневни излаз и залаз Сунца и Месеца и прилично кретање звезда према хоризонту људи су раније мислили да се сва небеска тела окрећу око непомичне Земље. Земаљски и небески свет стављани су један насупрот другом.

Раније наивне представе о Вациони, засноване на посматрањима из далеке прошлости, нашле су одјека и у верским учењима. Према тим верским учењима, свет је био створен од бога или богова и од тада постоји у непромењеном изгледу. Али наука о грађи Вационе показала је људима да свет није ни приближно такав какав се приказује у свештеним књигама. Показало се да Земља није ништа друго него једно од небеских тела; да као и њој слична небеска тела, планете, Земља обилази око Сунца. Звезде су небеска тела слична Сунцу и састоје се од усијаних гасова. По димензијама су знатно веће од Земље, а у многим случајевима и од Сунца.

Кад су упознали узроке Месечевих и Сунчевих помрачења, појаве комета и других небеских тела, људи су престали да их се плаше. Сујеверја, која се заснивају на непознавању Вационе, сачувала су се сада само међу заосталим људима. Привлачна наука о небеским телима говори нам о томе шта су небеска тела која немају сличности са Зем-

љином лоптом, да није само на Земљи могућ живот, да је Вациона вечна, да никада није била створена и да никада неће престати да постоји. Познавање основа астрономије помаже нам да створимо напредни научни поглед на свет.

Астрономске истине и подаци корисни су и за развој других наука, нарочито физике, хемије и геологије. На пример гас хелијум астрономи су открили на Сунцу пре него на Земљи; у вационском простору откривена су стања материје која се још не могу произвести на Земљи; ми још не можемо сабити гас толико да буде хиљаду пута гушћи од живе, добити у дужем временском размаку температуре од неколико милиона степена. Нама још нису разумљиви узроци радио-зрачења итд.

Помажући се другим наукама астрономи са своје стране користе њихове резултате. Физичари помажу астрономима да израде нове методе посматрања небеских тела: фотографија, спектрална анализа, радио-телескопи постали су моћно средство за изучавање Вационе; математиком наоружани астрономи новим математичким апаратом успели су да дођу до теорема које се не могу избећи у савременој астрономији.

Астрономи могу помоћи историји да утврди када су се десили неки догађаји у прошлости. На пример у Малој Азији за време једне битке (између Миђана и Лигијаца) десио се један редак догађај — помрачење Сунца. Астрономи су израчунали да је помрачење било 28. маја 585. године пре наше ере. Тако је био утврђен датум тог историјског догађаја.

Многе небеске појаве не могу се приметити одмах, оне се откривају само упоређивањем посматрања у разна времена. Донедавно астрономија је била чисто посматрачка наука; све закључке доносила је само на основи посматрања, јер су небеска тела била недостижна. Пуштање космичких ракета, стварање вештачких сателита и планета, лет човека у космос — све то открива нове могућности за изучавање вационског простора.

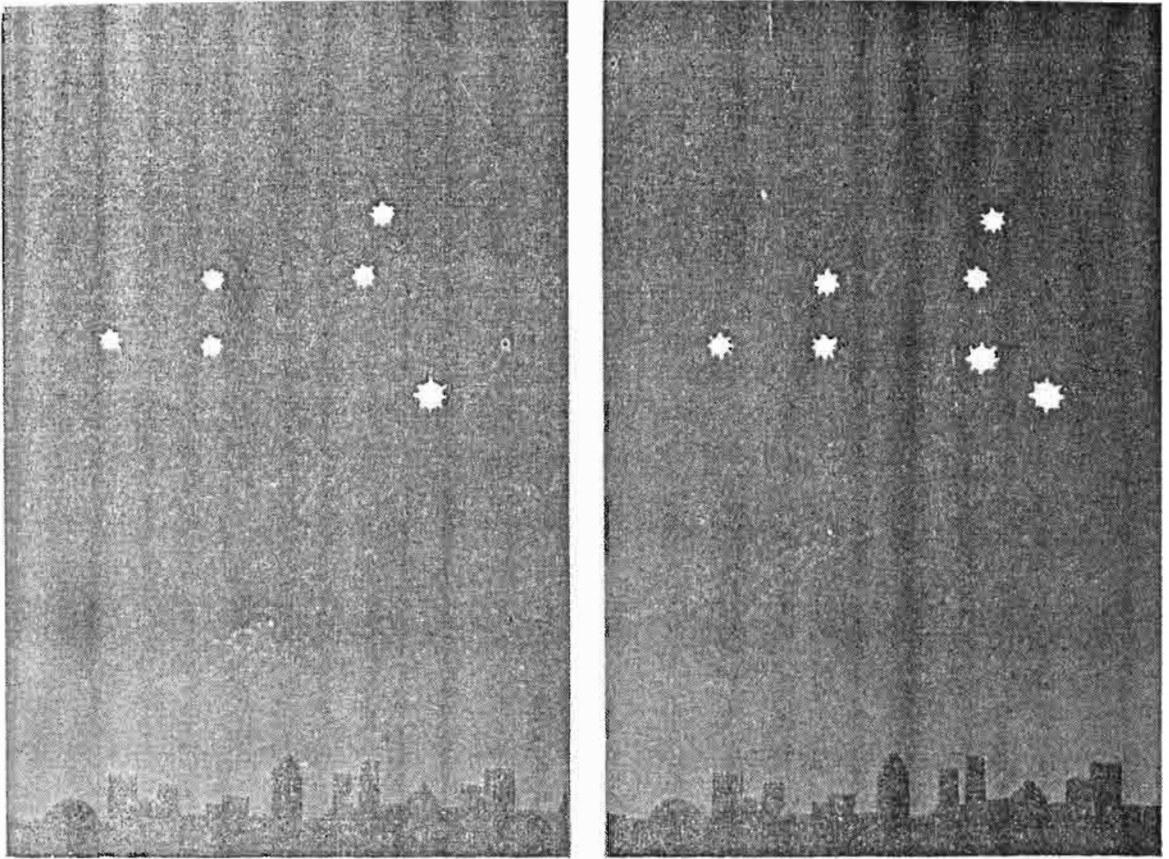
Без непосредног упознавања небеских појава, без посматрања, изучавање астрономије остаје књишко и мртво, а представе нејасне и неубедљиве.

ОПШТИ ПОЈМОВИ О ВАСИОНИ

Пре него што приступимо изучавању основа астрономије, погледајмо Вациону око нас.

Сунце је зашло оставивши на небу бакарни сутон. То Сунчеви зраци испод хоризонта осветљавају ваздух над Земљом, високе слојеве атмосфере. Постепено све око нас тамни, наступа ноћ.

У ноћи без месечине, на небу без облака блиста мноштво звезда. Посматрајући њихове положаје можемо приметити да се звездано небо полако окреће као целина, при чему већина звезда излази и залази, слично Сунцу и Месецу. Излаз и залаз небеских тела, привидно обртање звезданог неба — одражај су Земљиног обртања око њене осе са периодом од 24 часа. Али ми не осећамо ово обртање и нама се чини да се обрће Вациона, а да смо ми непомићни.



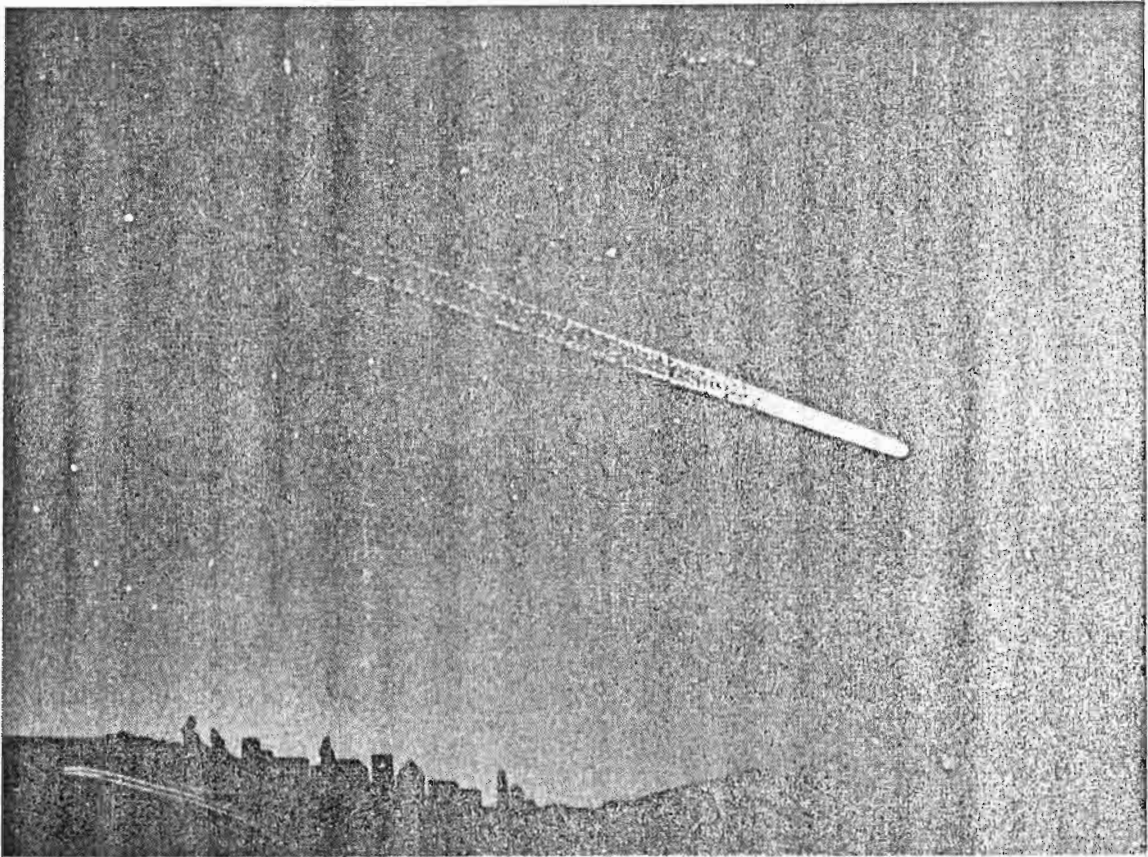
Слика 1. — Сазвежђе Лава (лево); изглед истог сазвежђа када се у њему налази сјајна планета (десно)

Осим звезда, које не мењају свој узајамни положај на небу и образују случајне групе — сазвежђа, голим оком се виде пет сјајних небеских тела која се из дана у дан полако крећу међу звездама, као да лутају међу њима (сл. 1). Стари Грци су их по томе назвали планете (од речи „планетес“ — луталице). Путање по којима се оне крећу међу звездама сличне су петљама (сл. 18), јер се планете и посматрач заједно са Земљом крећу око Сунца различитим брзинама и периодима.

Планете су лоптаста тела. Оне су много мање од Сунца и саме не зраче светлост. Ми их видимо стога што одбијају Сунчеву светлост која на њих пада. Заједно са Земљом познато је девет великих планета. У дурбину оне се виде као мали светли котури, за разлику од звезда које се и у дурбину виде као светле тачке. Голим оком тешко је разликовати планете од звезда, ако се не запази њихово померање по залеђу звезданог неба.

Многе су планете обавијене атмосфером као и Земља, а на неким од њих можда постоји и живот.

Земља, гледана из васионског простора, такође личи на „звездицу“, као што нама изгледају планете. Око Земље обилази њен природни сателит — Месец. За месец дана он обиђе око Земље и зато његова полулопта осветљена Сунцем услед разних положаја према Земљи за нас добија различит изглед — наступају Месечеве мене или фазе:



Слика 2. — Велика комета са репом (1843. године)

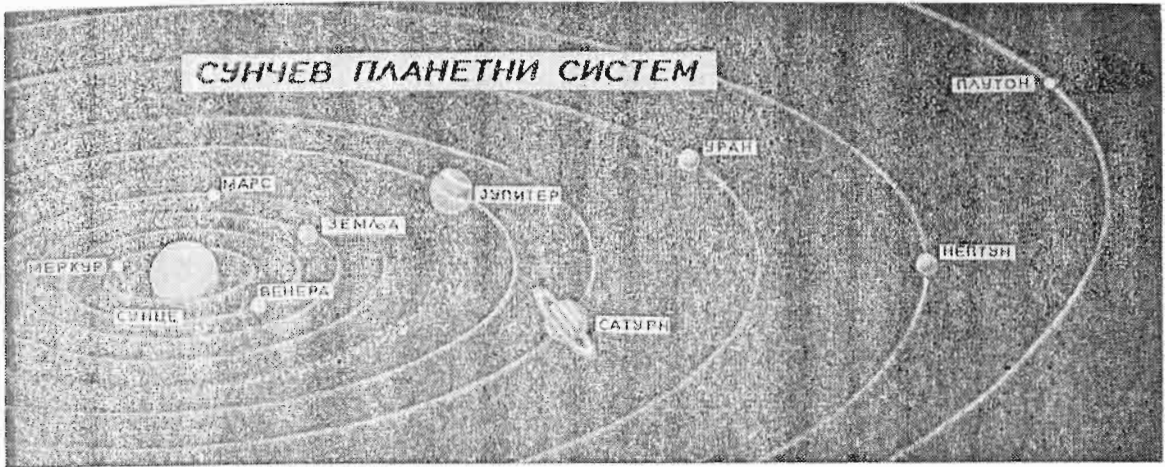
некада он има изглед српа, некада полукруга или пуног круга (пун месец). Неке планете имају по неколико сателита.

Око Сунца, сем великих планета са њиховим сателитима, обилази још много малих планета (астероида) и комета. Комете су небеска тела магличастог изгледа, која се померају по залеђу звезданог неба. Од њих се понекад пружа светао прамен — кометин реп (сл. 2). Комете се састоје из малог чврстог језгра са огромним омотачем од разређеног гаса и честица прашине.

Сунце, планете које око њега обилазе, њихови сателити, комете и астероиди образују Сунчев систем (сл. 3). Под величином Сунчевог система подразумева се пречник скоро кружне путање (орбите) коју описује око Сунца најдаља позната планета Плутон. Њен пречник је 40 пута већи од пречника Земљине путање. Полупречник Земљине путање износи око 150 милиона километара. Многе комете које припадају Сунчевом систему удаљују се понекад од Сунца много пута више него Плутон.

Звезде светле сопственом светлошћу; то су усијане гасовите лопте; по томе су оне сличне Сунцу, чија је температура на површини 6000°C . Напореда са звездама које у потпуности личе на Сунце постоје звезде веће и мање од њега, врелије и мање вреле, светлије и мање светле — звездани систем је необично разноврстан. Вероватно су многе звезде окружене планетама и на неким од ових планета мора бити живота. Звезде се крећу брзинама које достижу стотине километара у секунди,





Слика 3. — Кретање Земље и планета око Сунца

али се не сударају, јер су раздаљине међу њима огромне. На пример растојање најближе звезде од Сунца је 3 000 пута веће од пречника Сунчева система. Светлост, која прелази 300 000 километара у секунди путује од најближе звезде до Земље 4 године, док од Сунца приближно само 8 минута. Многе звезде образују системе који се састоје од 2, 3 и више звезда, такође и звездана јата од неколико десетина до милиона звезда. Звезде и звездана јата образују Звездани систем — Галаксију. Светлосни зрак путује од једног до другог његовог краја око 100 000 година.

Наше Сунце је једна од 150 милијарди звезда које сачињавају Галаксију. Оно обилази око њеног средишта са периодом од око 200 милиона година. Звезде које припадају Галаксији и које се не виде свака за себе голим оком изгледају нам у целини као светао појас који опасује читаво небо и који се зове Млечни Пут.

Иза граница наше Галаксије савременим телескопима посматрамо око милијарду њој сличних звезданих система. Због удаљености ове системе видимо као сићушне, једва приметне светле пегнице. Простор између планета и између звезда, који ми називамо безваздушни, није сасвим празан; у њему се налазе атоми гаса, честице прашине, и кроз њега се стално простиру таласи светлости и радио-зрачења небеских тела.

Васиона је бесконачна, и у безбројним телима бесконачне Васионе, догађају се непрекидне промене које изучава астрономија.

2. НЕБЕСКА СФЕРА И САЗВЕЖЂЕ

1. Небеска сфера. Ма где се ми налазили на отвореном месту у пољу или на мору, небо, било облачно или ведро, приказује нам се у облику куполе која се свија над нашом главом. Ова небеска купола, или небеска полусфера, дању је при ведром времену плава, а при облачном сива, а у ведре ноћи осута звездама.

Небеска тела само нам изгледају као да се налазе на небеској полусфери на једнаким даљинама од нас. У стварности она се налазе

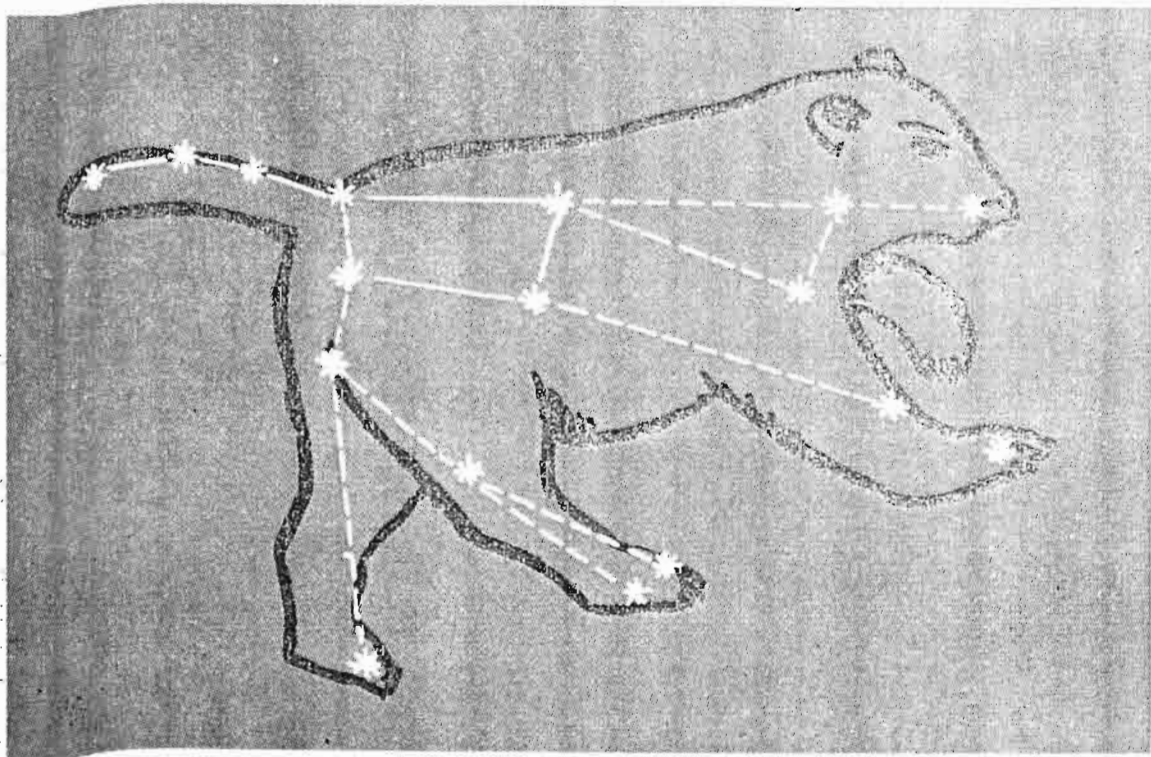
на најразличитијим даљинама од нас, и то врло великим. Исто тако, небеска полусфера у стварности није никаква небеска купола.

Плава боја дневног неба објашњава се тиме што атмосфера којом је обавијена Земљина лопта расипа на све стране Сунчеву светлост која кроз њу пролази. Сунчева светлост се састоји из смеше светлости свих дугиних боја, а ваздух расипа плаве зраке јаче него зраке других боја. Зато небо изгледа обојено плавом бојом.

Расипање Сунчеве светлости смањује се са висином; што је висина изнад Земљине површине већа, тим је расипање мање. Са веома високих планина, авиона, балона или космичких бродова небо нам изгледа много тамније, и на њему се и дању виде најсјајније звезде. У дурбину небо изгледа тамније него гледано голим оком, зато се сјајне звезде могу видети у дурбину и дању. Према томе, Сунчева светлост коју расипа Земљина атмосфера смета нам да и дању видимо звезде на небеској полусфери. За време потпуног Сунчевог помрачења небо потамни и звезде се могу видети и без дурбина.

Ведрих ноћи без месечине голим оком једновремено може се видети више од три хиљаде звезда.

2. Сазвежђа. Још су стари посматрачи, ради лакше оријентације на небу, произвољно повезивали звезде једну са другом у различите слике — сазвежђа. Тим сазвежђима дали су фантастичне називе, који су сачувани и до наших дана. Ови називи, на пример Велики Медвед, Мали Медвед, изгледају нам данас необични, јер су сазвежђа названа именима бића која немају ништа заједничко са положајем звезда (сл. 4). У низу случајева ови називи били су везани за разне легенде. Код многих старих народа најупадљивија сазвежђа добила су називе



Слика 4. — Цртеж сазвежђа Велики Медвед (са старе звездане карте)

који су се разликовали од назива данас усвојених у науци. У данашње време под сазвежђем подразумева се одређени део неба. Све звезде које се виде у границама сазвежђа припадају томе сазвежђу.

Цело небо је подељено на 88 сазвежђа. Довољно је познавати и умети наћи на небу мали број сазвежђа која садрже сјајне звезде. Да би се сазвежђа лакше нашла, њихове сјајне звезде спајају се правим линијама које граде просте геометријске слике или схематске цртеже. На пример, главне звезде сазвежђа Велики Медвед спајају се правим линијама тако да се добија слика кола, зато неки ово сазвежђе зову и „Велика Кола“.

3. Звездане величине и називи звезда. Звезде се веома разликују по сјају. Најсјајније звезде одавно су назване звездама прве привидне величине. Звезде два и по пута (тачније — 2,512 пута) слабијег сјаја назване су звездама друге привидне величине итд. Најслабије звезде, видљиве оштрим оком у ноћи без месечине, јесу звезде шесте привидне величине.

Назив „привидна величина“ нема ничег заједничког са првом величином звезда: он само одређује сјај звезде. Уколико је сјај звезде слабији, утолико је већа њена привидна величина.

Тачна мерења сјаја звезда изазвала су потребу да се у ознаке привидних величина уведу и децимали, на пример 1,2 или 5,9. За небеска тела сјајнија од звезда прве привидне величине уведене су ознаке 0, —1, —2 итд. (види прилог IV).

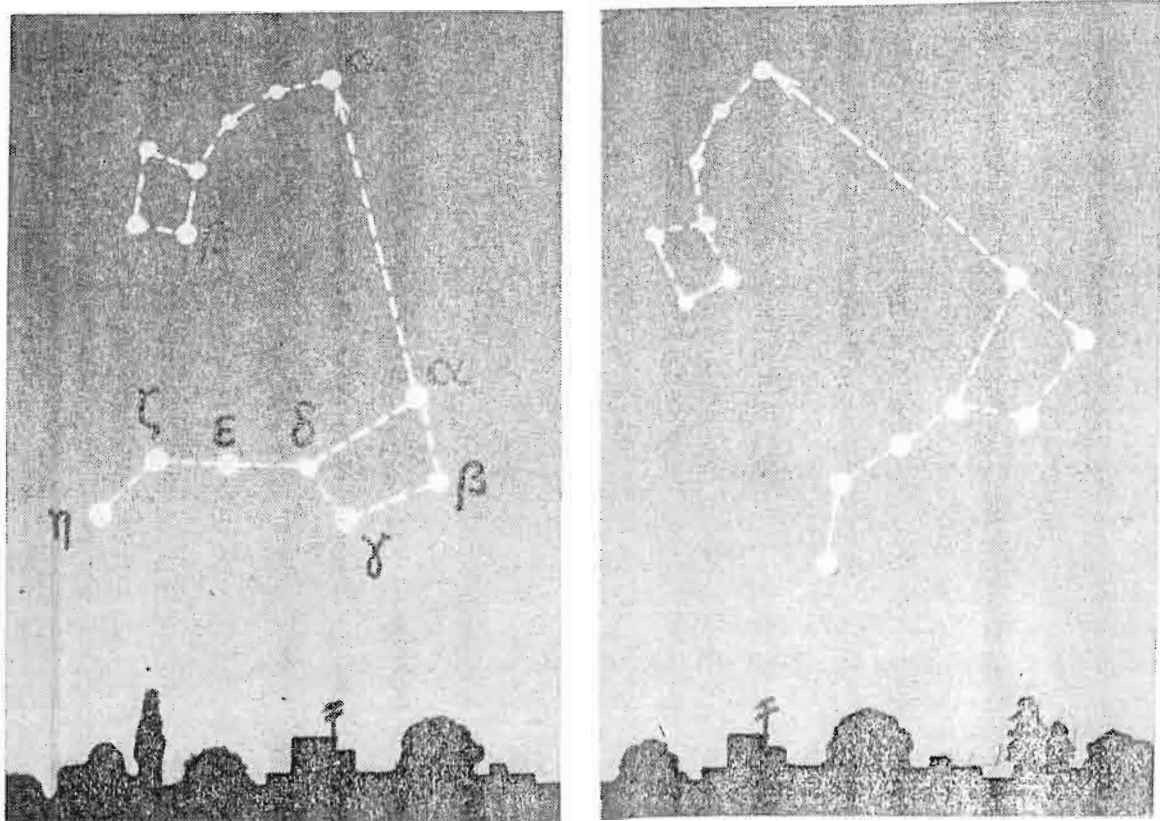
У дурбину се виде и звезде слабијег сјаја од сјаја звезда шесте привидне величине — звезде седме, осме, итд. привидне величине.

Најсјајније звезде су још у старини добиле особна имена, на пример Сиријус, Вега, Алтаир. Осим тога, сјајне звезде (у сваком случају посебно) по реду опадања њихова сјаја обележавају се словима грчке азбуке: алфа, бета, гама итд. На пример Сиријус је у исто време и α Великог Пса, Северњача — α Малог Медведа, Ригел — β Ориона (види прилог II и III). У звезданим каталозима дате су координате звезда и њихове привидне величине. По тим подацима може се на небу наћи свака звезда.

4. Налажење сазвежђа на небу. Сваки човек уме да нађе сазвежђе Великог Медведа. Одмах падају у очи његових 7 сјајних звезда. Ако их у мислима спојимо правим линијама, добићемо слику кола (сл. 5). Треба имати у виду да у разним часовима ноћи и у разна доба године сазвежђа заузимају различит положај над хоризонтом. Понекад су руда Великих Кола или реп Великог Медведа уперени улево, понекад удесно, понекад навише или наниже.

По сазвежђу Велики Медвед може се наћи сазвежђе Мали Медвед. Његових главних 7 звезда по сјају су слабије од звезда Великог Медведа. Ако их у мислима спојимо правим линијама, како је приказано на сл. 5, и оне образују „кола“, али мање величине. Најсјајнија звезда у том сазвежђу, на крају руде, назива се Северњача или Полара.

Северњачу (или α Малог Медведа) налазимо овако: кроз две звезде Великих Кола, које представљају задње тачкове (идући од β ка α Великих Кола) треба у мислима повући праву линију и дуж ње пренети око пет пута размак између ових звезда. На крају овог петоструког размака налази се Северњача.



Слика 5. — Сазвежђе Великог и Малог Медведа у разним положајима према хоризонту

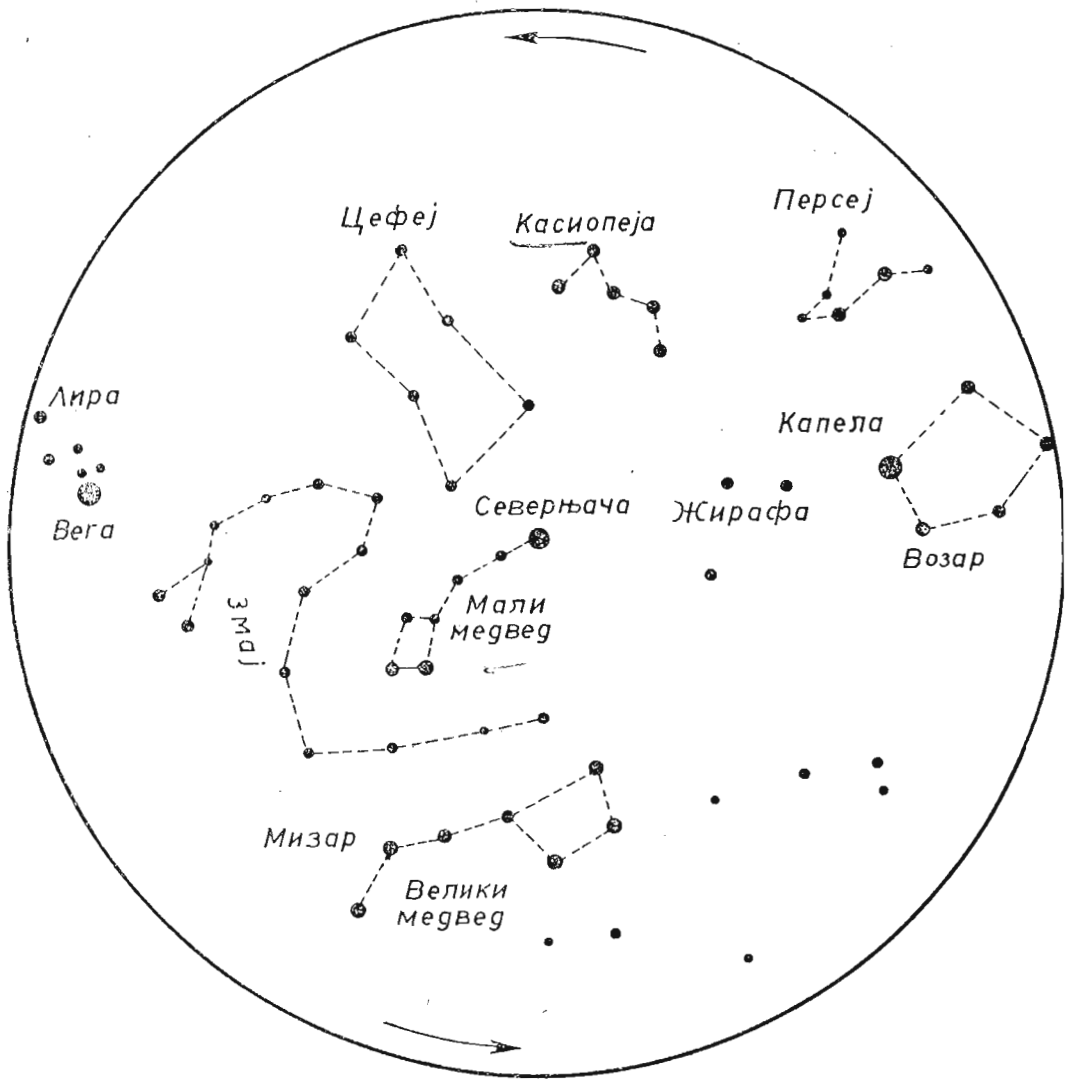
С друге стране Северњаче, идући од Великих Кола, на приближно једнаком растојању, протеже се сазвежђе Касиопеја. Оно се распознаје по 5 доста сјајних звезда, распоређених у облику слова W.

После Касиопеје (идући од Северњаче) налазе се сазвежђа Андромеда и Пегаз. С једне стране дужи, која спаја Великог Медведа и Касиопеју, налазе се сазвежђа Лабуд, Лира и Орао, а са друге стране сазвежђа Кочијаш, Близанци, Бик, Орион, Велики Пас. Корисно је умети наћи на небу сазвежђа која се састоје из сјајних звезда, памтећи њихов лик. Многа су сазвежђа приказана на слици 6 и 8 и на карти звезданог неба на крају књиге.

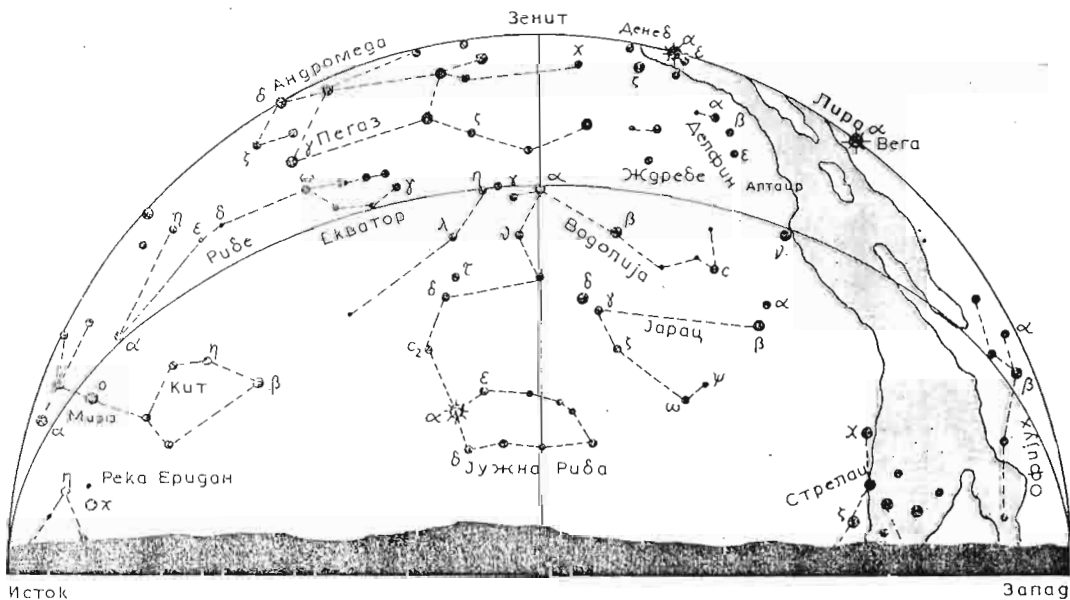
Сазвежђа је боље тражити ноћу без месечине.

5. Помична карта звезданог неба. Треба имати у виду да се сазвежђа Велики и Мали Медвед, Касиопеја и нека друга увек налазе над хоризонтом. Друга, на пример Орион, излазе и залазе. У разне часове дана и разво доба године свако сазвежђе заузима различите положаје изнад хоризонта. За лако налажење сазвежђа нарочито је подесна помична карта неба, јер она показује положај сазвежђа изнад хоризонта сваког датума и у сваком тренутку у току године.

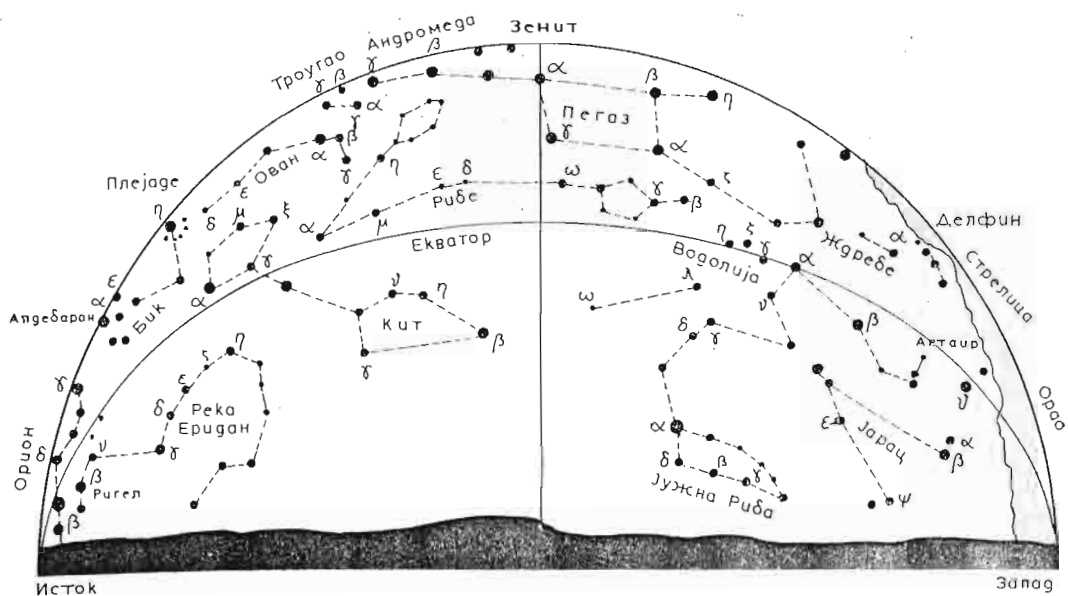
За налажење сазвежђа треба постепено прелазити од једног познатог сазвежђа на друго, још ненађено. При томе треба запамтити са које се стране познатог сазвежђа налази оно које се тражи. Треба



Слика 6. — Сазвeжђa у oкoлини Сeвepњaчe



Слика 7. — Сазвeжђe јyжнe пoлoвинe нeбeскe пoлyсфepe 23. сeптeмбpa oкo 22 чaca (у нaшим cpeдњим ширинaмa)



Слика 8. — Сазвежђа јужне половине небеске полусфере 22. децембра око 22 часа (у нашим средњим ширинама)

обратити пажњу на привидну величину. Звезде разне привидне величине представљене су кружићима разних полупречника. Како прелазити са једне на друге звезде приказано је на карти линијама.

Од већ поменутих сазвежђа Лира (са сјајном звездом Вегом), Лабуд и Оро (са сјајном звездом Алтаир) виде се лети и у јесен преко целе ноћи, Волар (са сјајном звездом Арктуром) — у јесен и у лето, Кочијаш, Бик, Орион и Велики Пас са сјајном звездом Сиријусом — зими.

3. ПРИВИДНО ДНЕВНО ОБРТАЊЕ ЗВЕЗДАНОГ НЕБА И ЗЕМЉИНО ОБРТАЊЕ

Ако увече изиђемо на отворено место и запамтимо положај било које звезде близу хоризонта на истоку, па погледамо на ту звезду после 1 сата уверићемо се да се она издигла изнад хоризонта и померила мало удесно (сл. 9) према уоченом предмету на Земљи.

Ако извршимо такво посматрање и на западном делу неба, уверићемо се да се звезде, слично Сунцу и Месецу, издижу изнад источног дела хоризонта, достижу највиши положај на јужном делу неба и залазе на западном делу хоризонта.

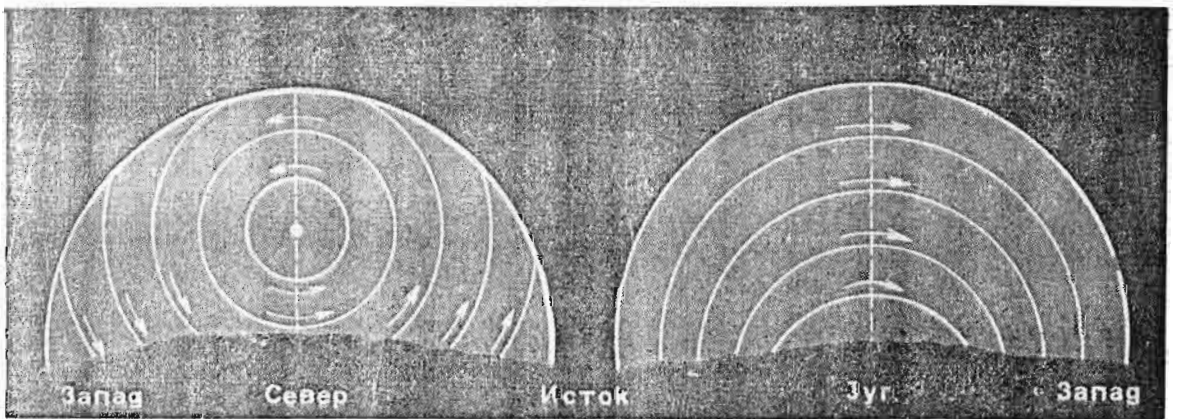
Наредног дана оне се крећу по истим путањама, описујући пуни круг по небеској сфери за један дан, а не мењајући свој узајамни положај. Звездано небо привидно се обрће као целина брзином од једног обрта на дан.

Ако боље обратимо пажњу, запазићемо да разне звезде описују кругове¹⁾ различите величине. Нпр. Пегаз, Персеј, Орион, Бик за дан

¹⁾ Математички строже се говори о кретању по кружници. Међутим физичари и астрономи говоре чешће „кретање по кругу“. Иста ова терминологија употребљава се када се говори о великим и малим круговима на површини лопте.



Слика 9. — Звезде на источној страни неба крећу се у десно и навише



Слика 10. — Привидна дневна путања према хоризонту на северној и јужној страни неба

опису веће кругове, чији се делови налазе под хоризонтом. Таква сазвезђа у току дана излазе и залазе. Друга, нпр. Велики Медвед, описују мање кругове. Цео круг њиховог привидног дневног кретања остаје над хоризонтом; то су *циркумполарна сазвезђа*.

У самој ствари не обрће се небо, већ Земљина лопта. Она се обрће супротно казаљки на часовнику ако на њу гледамо са северног пола. За нас, који не осећамо Земљино обртање, изгледа обрнуто — тј. да се небо обрће у супротном смеру, у смеру казаљке на часовнику.

4. НЕБЕСКА СФЕРА И ЊЕН ПРАКТИЧНИ ЗНАЧАЈ

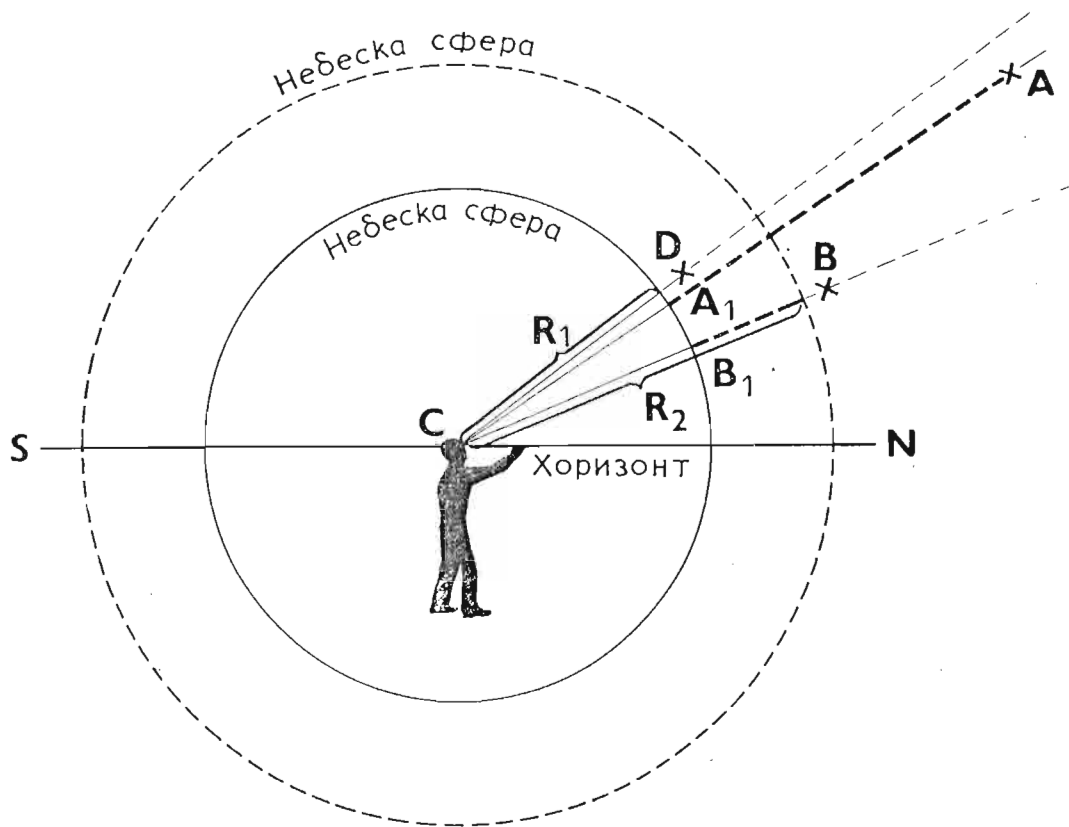
1. Небеска сфера. Сва небеска тела изгледају да су подједнако удаљена од нас, иако су праве даљине звезда врло различите. Ове разлике у даљинама за око су савршено неприметне. Зато је подесно усвојити као да се звезде налазе на унутрашњој страни лопте произвољног полупречника, у чијем се средишту налази посматрачево око. *Небеском сфером назива се замишљена сферна површина произвољног полупречника, на коју пројигирамо положај небеског тела.*

Појмом небеске сфере користимо се при угловним мерењима на небу, затим због тога што повољно можемо расуђивати о најпростијим небеским појавама, а исто тако и за разна рачунања, нпр. за израчунавање времена изласка и заласка небеских тела. На тај начин појам о небеској сфери доноси практичну корист.

Кад расуђујемо о изласку, заласку и другим привидним небеским појавама, ми узимамо у обзир само правце у којима видимо небеска тела (нпр. близу хоризонта, над главом итд.), зато нема никаква значаја колики ћемо полупречник усвојити за небеску сферу. Слика 11. приказује да ће се ма која звезда, коју посматрач види ма у коме правцу, видети у истом правцу на сфери полупречника R_1 или на сфери полупречника R_2 . Зато се каже да небеска сфера има произвољан полупречник.

2. Угловна мерења. Сматрајући, као што смо се договорили, да су сва небеска тела распоређена по небеској сфери — тачније пројигирајући их на њу, можемо мерити само углове међу правцима у којима видимо та небеска тела. Овим угловима на небеској сфери одговарају луци великих кругова (велики круг на сфери назива се сваки круг чије се средиште поклапа са средиштем сфере). Кажемо нпр. да су звезде A и B (сл. 11) удаљене на небеској сфери једна од друге 23° ако угао међу правцима CA и CB ка тим звездама износи 23° . На небеској сфери томе углу одговара лук A_1B_1 једнак 23° . Звезда A може бити знатно даља од звезде D , али ако се оне обе виде скоро у истом правцу, кажемо да је на небеској сфери звезда D знатно ближа звезди A него звезди B , иако у простору линеарна даљина (нпр. у километрима) од D до A може бити далеко већа него раздаљина од D до B .

Слично томе, Сунце и Месец имају скоро једнаке привидне угловне пречнике (око $0,5^\circ$), иако је линеарни пречник Месечев скоро 400 пута мањи од Сунчевог. Зато нам је Месец исто толико пута ближи од Сунца, и зато баш изгледа са њим једнак по угловној величини. Стога је бесмислено упоређивати привидни угловни пречник Месечев са дијаметром или тањиром, ако не кажемо на којој се даљини ови последњи од нас налазе. Исто тако је бесмислено рећи нпр. „Месец се издигао $0,5$ m изнад хоризонта“, или „од једне до друге звезде на небу растојање износи 2 m“.



Слика 11. — Пројигирање небеских тела на небеској сфери

Према томе, на небеској сфери се могу вршити угловна мерења.

Ако испружимо руку и раширимо палац и кажипрст, онда разлику између крајева ова два прста човек види под углом приближно од 16° . Таквом угловном мером могу се, истина врло грубо, мерити угловне даљине, тј. угловна растојања. Корисно је знати, да угловна растојања између звезда α и β Великог Медведа износи 5° .

5. ОСНОВНЕ ТАЧКЕ И ЛИНИЈЕ НЕБЕСКЕ СФЕРЕ

1. Зенит и хоризонт. Вертикала која пролази кроз посматрачево око сече небеску сферу у тачки зенита. Зенит је највиша тачка над главом посматрача.

Раван која стоји управно на вертикали зове се хоризонтска раван.

Математички хоризонт — назива се линија пресека небеске сфере са хоризонтском равни, која пролази кроз средиште небеске сфере. Раван хоризонта се може одредити помоћу либеле. Привидни хоризонт је ограничен линијом дуж које нам изгледа да се небо „састаје“ са Земљом.

2. Полови и светска осовина. Посматрајући небо ноћу, приметимо да звезде описују утолико веће кругове, уколико су даље од Северњаче.

Северњача у току дана описује врло мали круг и види се увек скоро на истој висини над хоризонтом, на северној страни неба. На

сл. 5 приказана је привидна промена положаја Великог Медведа у току дана према хоризонту и непроменљивост положаја Северњаче. Покушајте сами да се уверите да је то тако.

На сл. 12 приказано је привидно дневно обртање небеске сфере. Снимак је добијен овако: фотоапарат је дотеран на „бесконечно“, уперен је у Северњачу и добро учвршћен. Апарат је отворен и изложен 1 час, затим је снимак развијен. На фотографској плочи (негативу) откривени су црни трагови звезда (на позитиву — светли). Сви они имају облик концентричних кружних лукова. У њиховом средишту лежи центар обртања небеске сфере.

Центар обртања јужне небеске полусфере налази се у тачки супротној центру обртања северне небеске полусфере, али знамо да се у средишту небеске сфере налази наше око. Према томе, небеска сфера обрће се као целина око осовине која пролази кроз наше око. Осовина привидног дневног обртања небеске сфере зове се *светска осовина*.

Небеска осовина продире небеску сферу у двама тачкама које се зову *небески полови*. Северњача се налази близу северног небеског



Слика 12. — Фотографија поларне области неба добијена непокретним апаратом за један час

пола (на растојању од око 1°). Јужни небески пол налази се на јужној небеској полусфери. У његовој близини нема ни једне сјајне звезде.

3. Небески екватор. Раван управна на светској осовини, која пролази кроз средиште небеске сфере, назива се раван небеског екватора, а линија њеног пресека са небеском сфером је *небески екватор*. Небески екватор дели небеску сферу на две полусфере — северну и јужну. Видимо да су светска осовина, небески полови и небески екватор аналогни Земљиној осовини, половима и екватору. Ово је и природно, јер су побројани називи везани са привидним дневним обртањем небеске сфере, а оно је само последица правог обртања Земљине лопте.

4. Небески меридијан и подневачка линија. Раван небеског меридијана је раван која пролази кроз тачку зенита, средиште небеске сфере и небески пол. Ова раван сече небеску сферу по линији *небеском меридијану*. Вертикална раван, која пролази кроз Северњачу и посматрачево око, биће приближно раван меридијана. У сваком месту на Земљи, раван меридијана поклапа се са равни географског меридијана.

Подневачка линија је линија пресека равни меридијана и равни хоризонта. Ова линија названа је по томе што у подне сенке вертикалних предмета падају приближно у тај правац. Практично, подневачку линију можемо повући по Земљи или по хоризонтској равни обележавајући у подне правац сенке вертикалног стуба.

5. Тачке хоризонта. Хоризонт се сече са небеским меридијаном у северној тачки *N* и у јужној *S*, а са небеским екватором у источној *E* и у западној *W*. Ако се окренемо небеском полу, тј. Северњачи, онда ће на хоризонту, непосредно испод ње, бити северна тачка, иза нас јужна, десно источна, а лево западна тачка. Ако ово запамтимо, увек се можемо оријентисати на земљишту. Да бисмо јасније представили

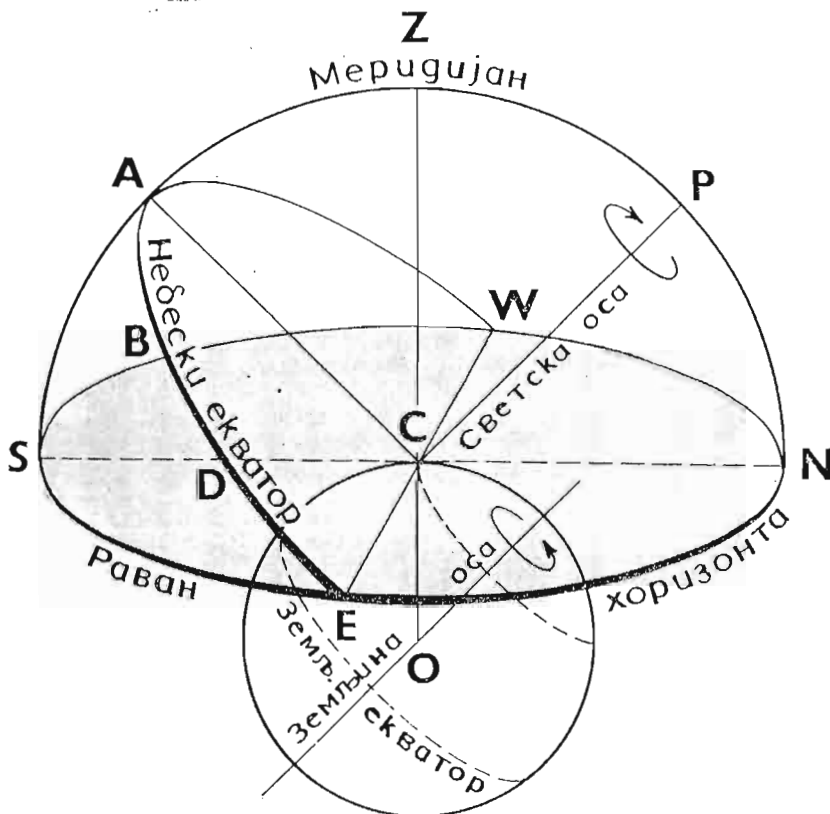


Слика 13. — Основне тачке и линије небеске сфере

што је речено, нацртајмо небеску сферу (сл. 13). На томе цртежу је C средиште небеске сфере у коме се налази посматрачево око, ZCZ' — вертикала, Z — зенит, Z' — надир (тачка супротна зениту на небеској сфери), PP' — светска осовина, P — северни небески пол, P' — јужни небески пол, $EAWQ$ — небески екватор, чија је раван управна на светској осовини, $ESWN$ — хоризонт, S — јужна тачка, N — северна тачка, E — источна тачка, W — западна тачка. Лако је схватити да се над хоризонтом види половина небеске сфере и једна половина небеског екватора, као и то да се у тачкама E и W (које су удаљене од тачака N и S за 90°) секу хоризонт и екватор делећи на пола један другог. Права NS је подневачка линија, а велики круг $NPZASP'$ — небески меридијан.

Потребно је научити цртати небеску сферу. Угао између светске осовине и хоризонтске равни можемо на цртежу бирати произвољно. Као што ћемо касније видети, овај угао зависи од положаја посматрачевог места на Земљиној лопти. Дефиниције уведене у овом параграфу неопходне су за практичну примену у астрономији.

6. Линије небеске сфере и Земље. Посматрачу који се налази на Земљи, у произвољној тачки (сл. 14), изгледа да се звездано небо обрће око осовине која пролази кроз њу и стоји паралелно Земљиној осовини. Осовину привидног обртања небеске сфере CP називали смо светском осовином, а сада видимо да је она за сваког посматрача паралелна Земљиној обртној осовини. За посматраче који се налазе на Земљиним половима, Земљина осовина и светска осовина се поклапају.



Слика 14. — Веза између линија и равни небеске сфере и Земље

Земљина обртна осовина и њој паралелна светска осовина уперене су ка Северњачи, пошто се Северњача налази од нас веома далеко и правци ка њој од свих посматрача на Земљи практично су паралелни међу собом.

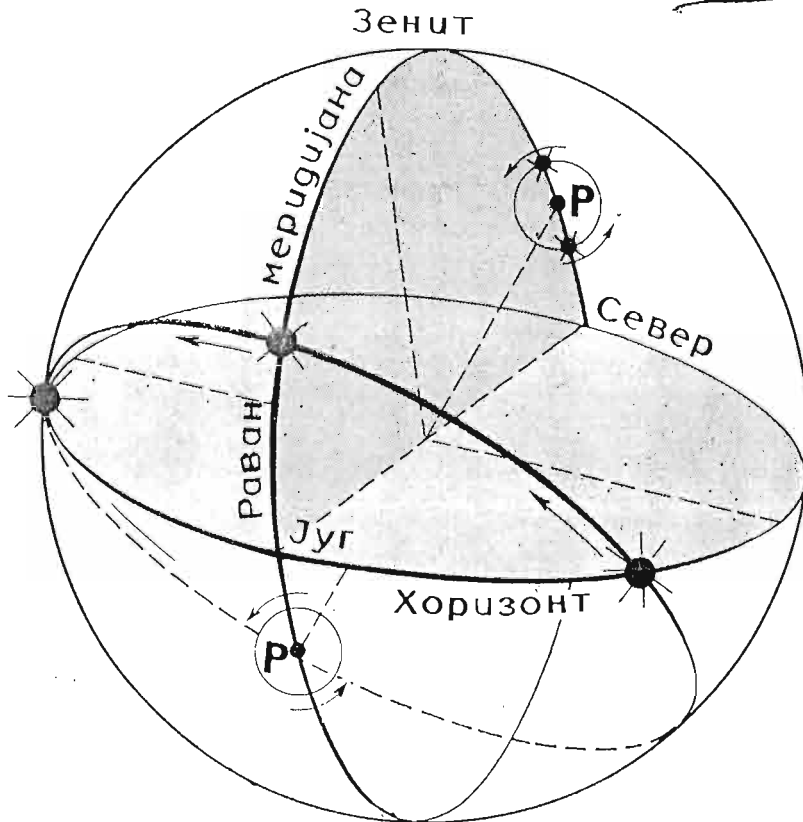
Раван небеског екватора $CEAW$, управна на светској осовини, паралелна је равни Земљиног екватора. За посматрача који се налази на Земљином екватору ова раван се поклапа са равни Земљиног екватора.

Ако сматрамо Земљу лоптом, вертикала CZ је продужење Земљиног полупречника OC , повученог из њеног средишта кроз тачку где се налази посматрач. Зато је хоризонтска раван, која пролази кроз средиште небеске сфере C , тангентна раван на Земљиној лопти у тачки C . Равни географског и небеског меридијана се поклапају.

Посматрач се обрће заједно са Земљом, а с њим и његова небеска сфера. Зато хоризонт у разним тренуцима у току дана пролази кроз разне делове звезданог неба. Разна небеска тела ће бити и у зениту. Небески екватор клизи у својој равни, а светска осовина остаје паралелна сама себи. Звезде, задржавајући непромењен небески положај и положај према екватору, крећу се привидно по круговима паралелно небеском екватору.

6. КУЛМИНАЦИЈА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

Пошто смо одредили положај меридијана, посматрајмо привидно дневно обртање звезданог неба. Уверићемо се да свако небеско тело, обрћући се око светске осовине, два пута дневно пресече меридијан.



Слика 15. — Горње и доње кулминације небеских тела

При томе оно једанпут заузима највиши положај — то је горња кулминација, а другипут најнижи положај — то је доња кулминација.

Кулминацијом се зове појава кад небеско тело пролази кроз меридијан. Код циркумполарних звезда видљиве су обе кулминације, код оних које излазе и залазе само једна, а звезде које никад не излазе — кулминирају под хоризонтом (сл. 15). Тренуци кулминације зависе од положаја небеског тела на небеској сфери и од тренутка у години када се ово догађа. Временски размак између горње и доње кулминације износи податак.

Посматрајући ма коју звезду свако вече, приметимо да за то место она кулминира на једној истој угловној висини изнад хоризонта. Ова висина зависи од положаја звезде на небеској сфери и од географске ширине места посматрача.

Висина, пак, Сунца над хоризонтом у тренутку његове горње кулминације је различита не само у разним местима, него и у разна времена у току године. Зими је она мања, лети је већа. За Месец и планете ова висина мења се на сложенији начин.

7. ПРИБЛИЖНА ОРИЈЕНТАЦИЈА ПО ЗВЕЗДАМА И СУНЦУ

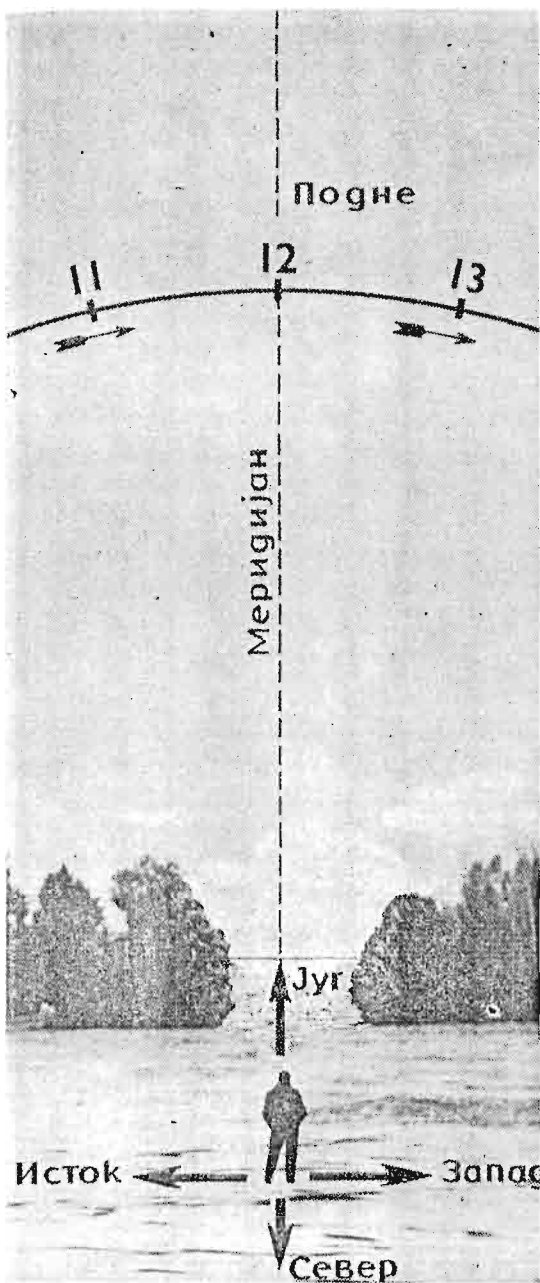
Оријентација на Земљи састоји се у налажењу праваца ка северу, југу итд. Већ смо видели да се подневачком линијом одређује правац север — југ и да се Северњача налази увек изнад северне тачке која лежи на хоризонту. Према томе, ако нађемо Северњачу, ми се увек можемо оријентисати по основним тачкама хоризонта. У подне нам на јужну тачку указује Сунце, јер оно кулминира баш изнад јужне тачке (сл. 16).

На равной површини побудимо (уз помоћ виска) вертикалан стубић (сл. 17). За 3 до 4 часа пре подне забележимо на тој површини положај краја сенке A стубића и око основе стубића као средишта повуцимо кружницу полупречника AS једнаког дужини сенке. Сенка стубића постепено ће се скраћивати и померати. Обележимо на нашој кружници тачку B у којој ће је увече поново додирнути крај сенке. Тачке A и B спојмо правом линијом. Права која спаја средину дужи AB са подножјем стубића представља подневачку линију NS .

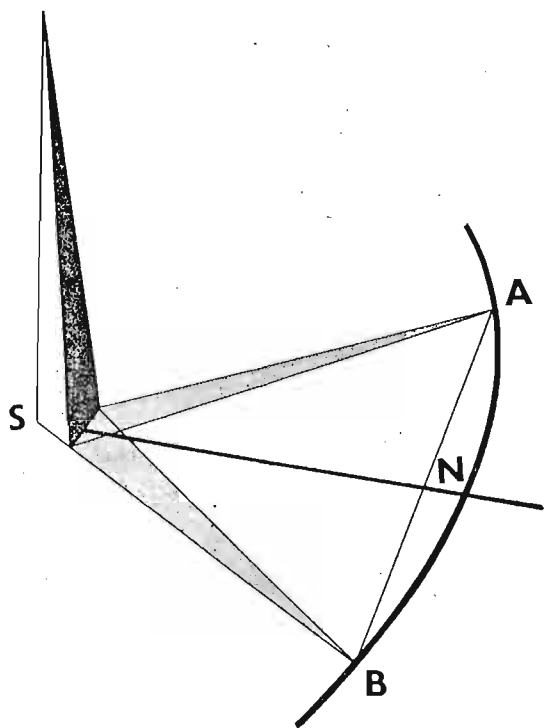
Положај подневачке линије теоријски би се могао одредити ако се уцрта правац сенке у тренутку када је она најкраћа. Али је у пракси овај начин исувише нетачан, јер око подне, када је сенка најкраћа, њена се дужина мења врло споро, скоро неприметно, док правац сенке врло брзо.

8. ПРИВИДНО КРЕТАЊЕ ПЛАНЕТА

По залеђу звезданог неба Месец се непрекидно помера улево, са запада на исток, по 13° дневно и за месец дана опише пун круг. Сложеније је привидно кретање планета. Голим оком може се видети пет планета: Меркур, Венера, Марс, Јупитер и Сатурн. Оне светле као врло сјајне звезде. Зато се планета може запазити као „прекобројна“ сјајна звезда у једном сазвежђу (сл. 1). У звездане карте нису унете планете, као небеска тела која стално мењају свој положај на небу.



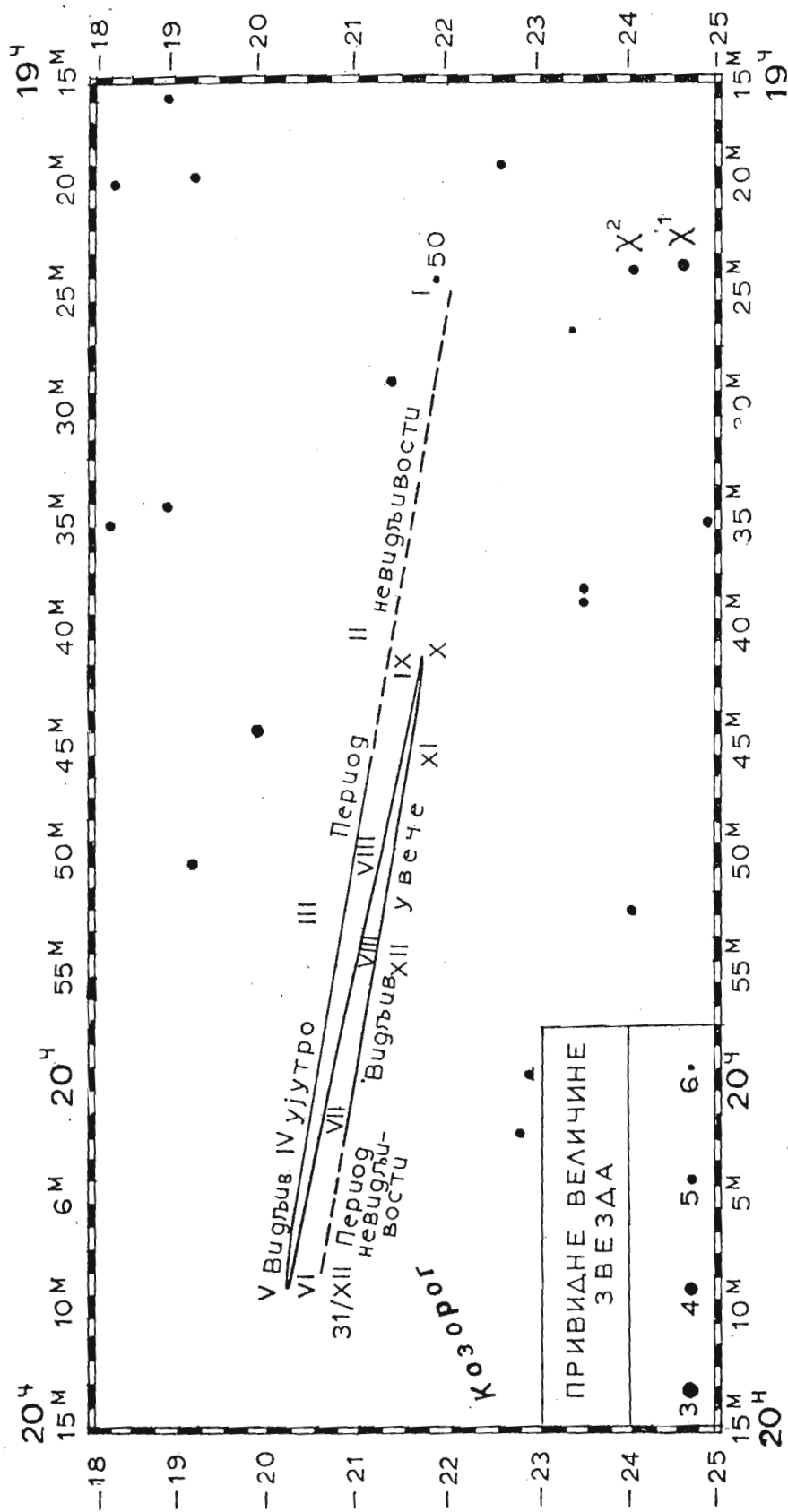
Слика 16. — Горња кулминација Сунца и оријентација према њој



Слика 17. — Одређивање положаја подневачке линије

Посматрања показују да се у извесно време свака планета налази близу Сунца и да тада тоне у његовим зрацима. Према томе, не може се очекивати да се сваке вечери могу видети све планете. Ретко се дешава да нека планета излази само ујутру или залази већ почетком вечери и да није видљива. Може се само десити да у датом тренутку ни једна планета није видљива изнад хоризонта.

Посматрајући небеска тела људи су се уверили да се Марс, Јупитер и Сатурн могу видети, уопште узев, у разна доба ноћи, док се планете Венера, а нарочито Меркур, никада далеко не удаљују од Сунца. Меркур и Венера се могу посматрати само увече на западу, одмах после Сунчевог залазак, или ујутру на истоку, одмах после његовог излаза. При том се Меркур, чак и у доба свога највећег удаљења од Сунца, може само тешко видети у светлости сумрака, близу хори-



Слика 18. — Привидна путања Сатурна у 1961. години

зонта. На тај начин Меркур и Венера се могу посматрати или као „јутарње“ или као „вечерње“ звезде и никада се не могу видети усред ноћи.

Венера светли знатно јаче од свих планета и звезда и има белу боју. Јупитер је по сјају слабији од Венере, али је знатно сјајнији од звезда прве привидне величине и других планета. Он је жућкасте боје. Марс има црвенкастонаранцасту боју и понекад је исто тако светао као Јупитер, али чешће светли као звезда прве привидне величине. Сатурн се по сјају мало разликује од звезда прве привидне величине и има жуту боју.

Врло је интересантно и корисно пратити померање планета према звездама, уносећи један до два пута месечно њихове положаје на звездану карту. Голим оком најбрже се може запазити кретање планете Марса. Међутим, код свих планета, тек после неколико месеци посматрања, истиче се главна одлика њихових привидних кретања. Планета се помера некад брже, некад спорије, некад у смеру привидног обртања небеске сфере, некад у супротном смеру, на залеђу небеског свода она као да описује петље.

На сл. 18 приказан је део звездане карте и петља коју је у току 1961. године описао Сатурн. У цртежу је уписано на којим се положајима налазио Сатурн одређеног дана у години.

Брзина кретања и величина петље (у степенима) су највећи код Марса, мањи код Јупитера, а још мањи код Сатурна. Пошто опише петљу, свака планета се помера на залеђу неба супротно дневном обртању небеске сфере.

Меркур и Венера такође описују сличне петље, само светло залеђе неба смета да се непрекидно прати њихово привидно кретање.

РАЗВОЈ ПРЕДСТАВА О ЗЕМЉИ И СУНЧЕВОМ СИСТЕМУ

9. АСТРОНОМИЈА У СТАРИНИ И ВЕРСКА СУЈЕВЕРЈА

Када човек још није знао природне законе, он је на сваком кораку осећао своју беспомоћност и зависност од света око њега. Он се слепо приклањао пред силама природе и небеским телима. Обожавао је муњу, гром, ветар, Сунце, Месец. Све је то рађало веру у натприродне силе и њихово обожавање.

Митови о Сунцу нашли су своје место у религијама, па и у хришћанској религији. На пример празник Христова рођења, који је празнован зими, и после кога дани почињу да дужају, а ноћи да краћају, није ништа друго до остатак прастарог празника бога Сунца. Ускрс симболизује буђење природе после зимског сна.

Обожавање Месеца је сачувало своје трагове у Мухамеданској религији у којој је Месечев срп („полумесец“) верски симбол.

На основи верских заблуда, поштовања небеских тела и неразумевања узрока друштвених појава (нпр. устанака и ратова) никле су маштовите представе о утицају небеских тела на збивања на Земљи. Лажно учење о томе утицају и о могућности предсказивања на Земљи по положају небеских тела, добило је назив астрологија. Људи који се баве таквим предсказивањима називали су се астролозима.

Плодно тло за развој астрологије пружало је неразумевање узрока сложених кретања планета по петљама. Вера у небеска бића, која тобож управљају целим светом, изазвала је обожавање небеских тела. Зато су планете називане именима богова за чије су се веснике оне сматрале. Не знајући да су све природне и друштвене појаве изазване природним, односно друштвеним узроцима и да се одвијају у потпуности по одређеним законима, који не зависе ни од каквих духова или божанстава, људи су веровали астролозима. На тој основи поникла је вера у „срећне звезде“ и „несрећне“ планете.

Развој правилних научних представа постепено је ограничавао област сујеверја, али и данас међу заосталим људима живе неке глупе предрасуде (гатања, вера у судбину, предсказања и т. сл.).

Да би држале народне масе у покорности и некажњено искоришћавале трудбенике, угњетачке класе на сваки начин су шириле и шире религију и сујеверје. Оне подстичу астрологију, као један од начина заглупљивања необавештених људи, причама о неизбежној тајанственој судбини.

Међу Вавилонцима и старим Египћанима жреци — слуге религије — користили су науку за сопствену добит. Да би одржали свој ауторитет и власт жреци су чували знања као строгу тајну. Увођење календарских година, везаних са небеским појавама, подстицало је жреце да проучавају ове појаве. Жреци су сакупили много посматрачких података о небеским појавама, али нису могли правилно да их објасне. Место изучавања природних небеских тела они су развијали астрологију и уз њену помоћ држали у сујеверном страху не само народе већ и њене управљаче.

По старовавилонској легенди, коју су Јевреји позајмили од својих поробљивача Вавилоњана и уврстили у „свештену“ књигу — Библију, — небо представља чврсту куполу (небеска тврђава), која се ослања крајевима на равну Земљу. Небо је место пребивања „небеских житеља“, који су створили свет. На основи таквих погледа поникла је представа о дубокој разлици између земаљског и небеског („разликује се као небо од земље“) „овоземаљског“ и „неземаљског“, природног и натприродног, материјалног и духовног, сазнатљивог и тобоже несазнатљивог.

Астрономска знања старих номадских народа поникла су из потребе за одређивањем времена и правилног правца кретања према небеским телима, на пример у степи или пустињи. Они су знали временски размак између две истоимене Месечеве мене.

Са преласком човека на земљорадњу потребе за астрономијом су порасле. Земљораднику је било неопходно да има календар да би унапред могао да регулише пољопривредне радове у складу са годишњим добима.

Звезде луталице, планете и њихова привидна кретања по петљама били су познати још старим Египћанима и Вавилонцима.

Када је средиште политичког и културног живота из Вавилона прешло у стару Грчку, сакупљени астрономски појмови постали су својина грчких мислилаца. Астрономија се код њих и даље развила, јер је Грцима, као одважним морепловцима, ова наука нарочито била потребна и они су на њу са успехом примењивали своја математичка знања.

10. ПОЈАМ О ГЕОЦЕНТРИЧНОМ СИСТЕМУ СВЕТА

Уопштење свих тековина старогрчке науке дао је у IV веку пре н. е. један од највећих научника старог века — Аристотел (384—322. године пре н. е.).

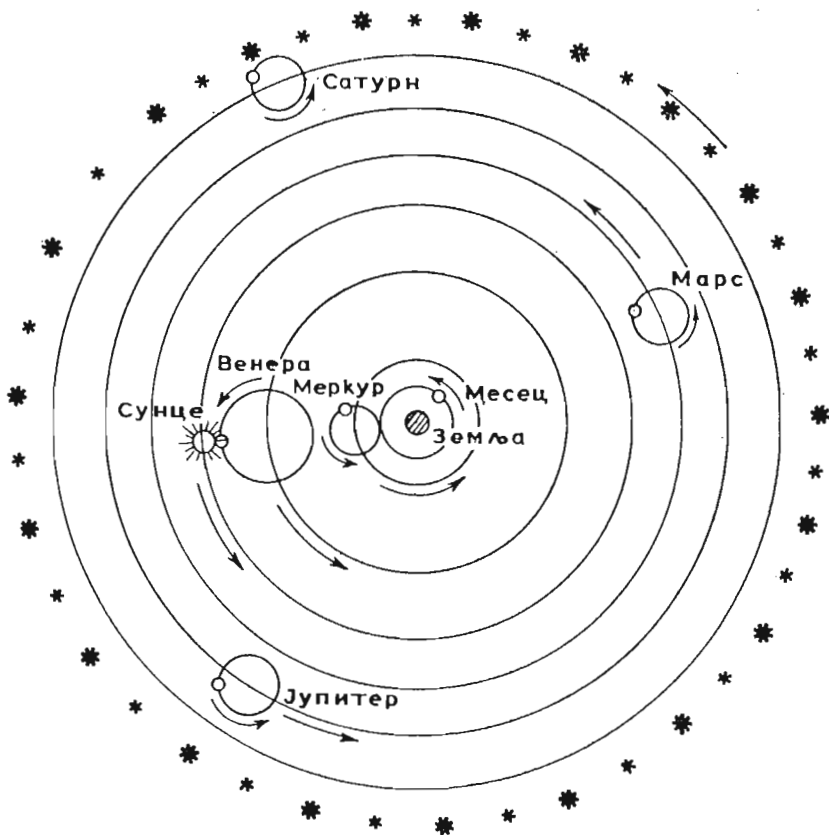
По Аристотелу, свака планета, Сунце и Месец утврђени су за провидну чврсту небеску сферу — свако небеско тело за своју сферу. На најдаљој таквој сфери налазе се све звезде. Све ове сфере су смештене концентрично једна у другу, а у њиховом средишту налази се непокретна Земљина лопта. Небеске сфере обрћу се око непомичне Земље различитим брзинама, вукући помало једна другу, што, како је сматрао Аристотел, и изазива сва кретања небеских тела.

Систем света са Земљом у средишту зове се геоцентрични (геос — на грчком — Земља).

Једна од већих тековина старогрчке астрономије био је систем света који је у II веку изложио александријски научник Клаудије Птоломеј. Он је такође проистекао из геоцентричних представа. Да би објаснио кретање планета по петљама, Птоломеј је претпоставио да се свака планета креће по малом кругу названом епицикл, док се у исто време седиште тога круга креће по кругу већег полупречника (деференту) око Земље. Слагање ова два кретања, која се врше и различитим равнима, и даје при посматрању са Земље кретање планета по петљама, час напред, час назад (сл. 19). Птоломејеве представе о кретању планета биле су погрешне, али су омогућавале да се израчунају положаји планета на небу и зато су пружале практичну корист.

После пада држава са грчком културом почеле су се развијати државе Западне Европе. Али је тамо почетком средњег века било врло примитивно уређење, које је мало било заинтересовано за науку. Морепловство је било слабо развијено. Хришћанска црква је бранила изучавање природе као грешно занимање. У Европи су владале наивније и глупље представе о Васиони него код Египћана и Грка. Чак је порицан лоптаст облик Земље. Земља је замишљана као равна кружна плоча. Звезде су, пак, сматране златним клиновима забоденим у небеску сферу или светиљкама које пале анђели.

У епохи великих географских открића, када је развој трговачког капитала подстицао Европљане да се отискују по морима и океанима ради стицања нових богатстава, морало се обратити астрономији. Почело је изучавање дела старогрчких писаца, које су средњовековни Араб-



Слика 19. — Систем света по Птоломеју

бани сачували од пропасти у доба када је хришћанска црква вршила фанатичне прогоне свега што је противно њеном учењу. Од Арабљана, који су развили морепловство, а затим ценили астрономију и бавили се њоме, сачували су се у астрономији многи називи и термини.

Црквене власти, заинтересоване за приход од трговачких прекоморских путовања, одлучиле су да допусте изучавање Птолемејеве теорије са извесним оградама и допуном у духу религиозног учења.

11. КОПЕРНИКОВО РЕВОЛУЦИОНАРНО ОТКРИЋЕ

Развој поморских веза изискивао је све тачнија астрономска рачунања. Птолемејева теорија то није пружала, и да би се довела у склад са повишеном тачношћу посматрања, морала се све више компликовати. Птолемејева теорија је постала неподесна и гломазна за рачунања и при свем том остала недовољно тачна; заједно с тим све се више почела показивати неистинита.

Утврдити да је Земља планета и самим тим отворити људима очи да виде да се она креће, и које је њено право место у Вациони, знао је генијални пољски научник Никола Коперник (1473—1543).

Коперник је дошао до убеђења да се Земља креће и да се кретања небеских тела могу простије и боље објаснити ако се пође од Земљиног кретања.

Пошто је стао на ово гледиште, Коперник је и излаз и залаз небеских тела објаснио Земљиним обртањем и привидно кретање Сунца међу звездама — годишњим обилажењем Земље око Сунца. По Копернику све друге планете крећу се око Сунца, а не око Земље.

Тако је Земља по Коперниковој теорији постала једна од планета, заузимајући треће место од Сунца. Распоред планета по удаљености од Сунца је овај: Меркур, Венера, Земља, Марс, Јупитер и Сатурн. Коперников систем са Сунцем у средишту зове се хелиоцентрични систем (хелиос — на грчком — Сунце).

Својим учењем Коперник је ударио темељ развоју астрономије на савршено новим гледиштима и подстакао човечанство да прионе на изучавање природе не обраћајући пажњу на ненаучно црквено учење. До Коперника, црквено учење или учења која је подржавала црква (на пример Птолемејево учење) кочила су развој не само астрономије него и других наука. Коперниково учење је изазвало револуцију у погледу на свет, у схватању природе и методама њена познавања. Ето зашто су се од тада и друге науке почеле брже развијати.

Фридрих Енгелс је говорио о томе: „Оно што је у области религије било Лутерово спаљивање папске буле, то је у природним наукама била велика Коперникова творевина којом је он, макар и бојажљиво, после 36-годишњег колебања и, тако рећи на самртном одру, бацио рукавицу црквеном сујеверју. Од тога доба изучавање природе се у суштини ослободило религије, иако се коначно објашњење свих појединости протегло до дана данашњег... Али је од тога доба и развој науке пошао циновским корацима.“

Док се у социјалистичким земљама развија напредна наука, у капиталистичким земљама се у интересу религије, коју подржавају имућне класе, не ретко јављају реакционарне теорије. Тако се и да-



Никола Коперник (1473—1543)

нас не ретко покушава да оповргне суштина Коперникова учења тврђењем да је свеједно да ли Сунце обилази око Земље или Земља око Сунца. Самим тим тежи се, иако у скривеном облику, повратку на ненаучне средњовековне представе и враћању ауторитета религије у погледу на природу.

Тековине природних наука, корак по корак, оповргавају тврђења религије. Човек, наоружан науком и техником, потчињава себи природне силе и мења их у складу са својим задацима. Међутим борба са верском идеологијом не може се ни данас прекидати, јер капитализам у пропадању подржава сва могућа сујеверја.

12. ГАЛИЛЕЈЕВА ОТКРИЋА И БОРБА ЦРКВЕ ПРОТИВ НАУКЕ

Дознав да је у Холандији пронађен дурбин, италијански научник Галилеј (1564—1642) сам га је 1609. године начинио и искористио за посматрање небеских тела. Помоћу њега Галилеј је извршио многа значајна открића. Правилно их је протумачио, па су она послужила као најсјајнија потврда истинитости Коперникове теорије. Пре свега, Галилеј је открио да постоје планине на Месецу. То је потврдило да су небеска тела слична Земљи и да су представе о великој разлици земаљског и небеског погрешне.

Затим је Галилеј открио да око планете Јупитера обилазе четири сателита на сличан начин као Месец око Земље. Тако је било доказано да су погрешне представе о Земљи као јединственом центру кретања небеских тела. Сада је већ било лакше навести људе на мисао да планете обилазе око Сунца, а не око Земље.

Даље је Галилеј открио Венерине мене, тј. да она мења свој изглед као и Месец. Из тога је следило да је Венера лоптасто тело, које свет-

Галилео Галилеј (1564—1642)



ли одбијеном Сунчевом светлошћу, и да баш обилази око Сунца, а не око Земље.

На Сунцу, које се по верским схватањима сматрало симболом непомућене небеске чистоте, Галилеј је својим дурбином открио тамне пеге. По њиховом привидном померању по Сунчевом котуру, Галилеј је закључио да се Сунце обрће. Уверивши се да се једно небеско тело обрће око осе, лакше је било усвојити да се и Земља обрће.

Напоследку Галилеј је својим дурбином открио да је Млечни Пут, та светлуцава трака на звезданом небу, скуп мноштва слабих звезда. Значи, Васиона је грандиознија него што су је сматрали. После свих ових открића није изгледала вероватна претпоставка да се колосална Васиона за један дан обрне око мајусне Земље. Овим открићима и низом других оштроумних закључака Галилеј је потврдио истинитост Коперникова открића.

Пропаганди Коперникове идеје, која је противуречила „свештеним списима“ у којима се говорило о непомићности Земље, придружио се и други пламени Коперников присталица, Галилејев земљак и савременик, писац и филозоф, Ђордано Бруно (1548—1600). Но Бруно је отишао даље од Коперника. Он је тврдио да су звезде веома далека Сунца, да је Васиона бесконачна и да у њој постоји бескрајно мноштво светова — звезда и планета и да, најзад, и на другим планетама, другим световима, такође мора бити живота. Ово је још више противуречило „свештеним списима“ и подривало ауторитет цркве. Озлојеђени црквени представници предали су Бруна суду инквизиције, који је био установљен за борбу с „јеретицима“ (онима који другачије мисле). Захтевали су од Бруна да се одрекне својих убеђења. Ђордано Бруно није одступио од свог схватања и њега су предали мученичкој казни — спалили га живог на ломачи 1600. године.

Наредна жртва црквеног угњетавања постао је Галилеј. Године 1611. позван је код једног папског кардинала и скренута му је пажња



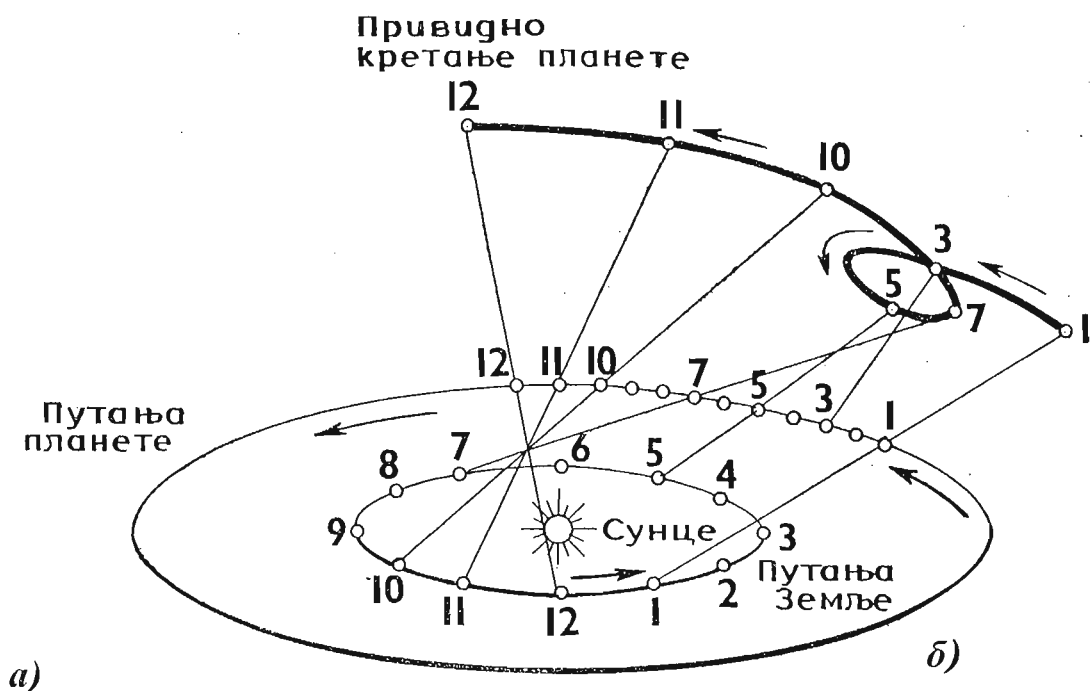
Ђордано Бруно (1548—1600)

да је папа заоранио да се заступа и шири Коперниково учење. Али је Галилеј, предан науци, мушки настављао да заступа напредна гледишта. Године 1633. Галилеј је стављен под суд инквизиције. Веома старог научника застрашивањима су принудили да се „покаје“ и осудили на доживотну робију, која је потом замењена забраном изласка из свога дома.

Делатност Коперника, Бруна и Галилеја изазвала је револуцију у погледу на свет, и показала антинаучност верског схватања о месту Земље и човечанства у Васиони. Материјалистичка наука потврдила је правилност погледа ових научника. У Русији је смелу борбу против верских схватања о непомићности Земље водио В. М. Ломоносов (1711—1765). Он се бавио ширењем Коперникова учења и оштроумним стиховима исмевао је црквено мрачњаштво. Из Коперникова учења Ломоносов је извео смео закључак да разумна бића могу постојати не само на Земљи већ и на другим планетама. Он се борио за немешање цркве у ширење научних знања.

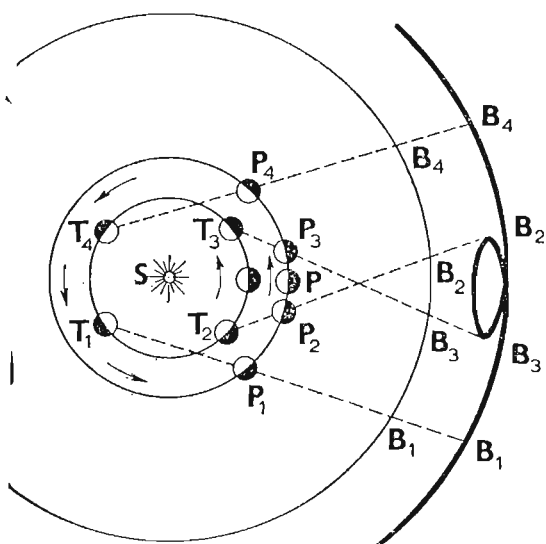
13. ПРАВО КРЕТАЊЕ ПЛАНЕТА И КЕПЛЕРОВИ ЗАКОНИ

Привидно кретање планета по петљама Коперник је објашњавао слагањем Земљина кретања са кретањем сваке планете око Сунца. Како периоди обилажења Земље и друге које планете нису једнаки, то се догађа да Земља нпр. престигне планету и тада се планета привидно помера на запад у односу на звезде. У друго се, пак, време њихова кретања слажу, тако да се планете крећу ка истоку. То објашњава слика 20. где стрелице показују смер обилажења Земље и планете која је даља од Сунца него Земља и креће се спорије. Праве линије спајају једновремено положаје Земље и планете и показују



a)

б)

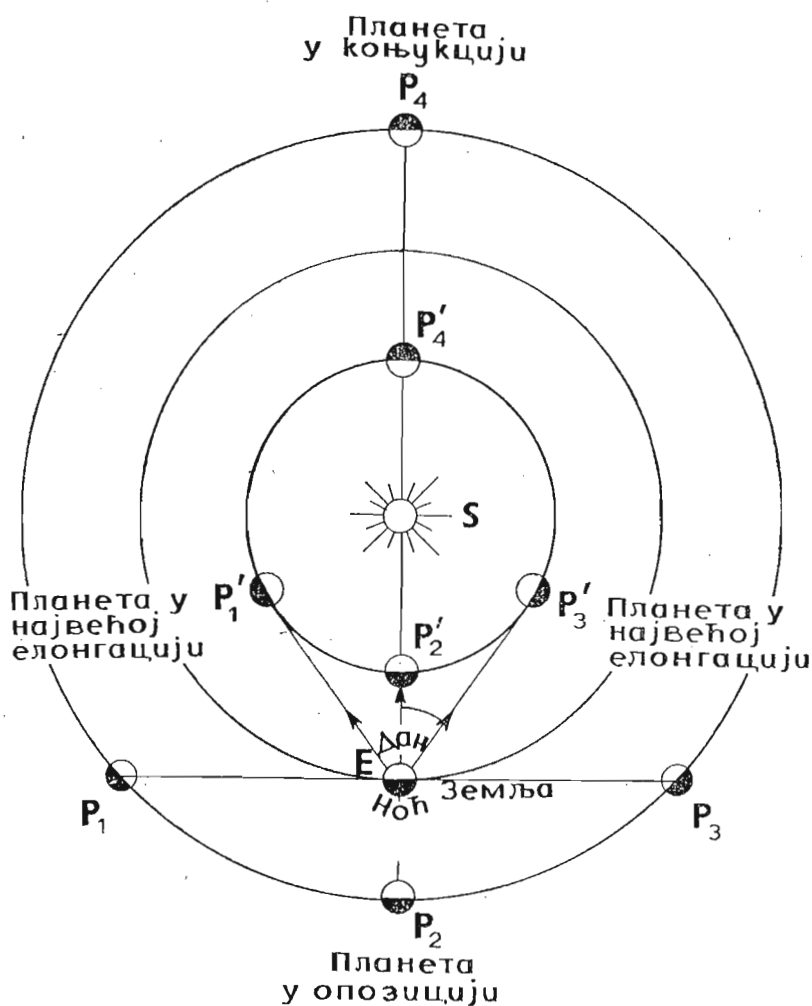


Слика 20. — Привидна кретања планета по петљама (догађају се због слагања планета и посматрачева кретања заједно са Земљом)

правац са којих се види планета са Земље у својим разним положајима на путањи. Стрелице на привидној путањи планете показују како се при томе мења смер њеног привидног кретања.

Коперник је одредио периоде обилажења планета и њихове даљине од Сунца у сравњењу са Земљином даљином од Сунца.

Узајамни положај Земље и планета се непрекидно мења. На пример планета даља од Сунца но Земља може се у односу на Земљу налазити иза Сунца (сл. 21), а ближа планета — између Земље и Сунца или такође иза Сунца. У тим положајима планете не видимо, јер се скривају у Сунчевим зрацима. Планета даља од Сунца но Земља најбоља је за посматрање када се види супротно од Сунца. Тада је она ближа Земљи и добро се види у дурбину. У то време она кулминира у поноћ и дуго се види у току дана. Положај планете супротан Сунцу у односу на Земљу зове се *опозиција*.

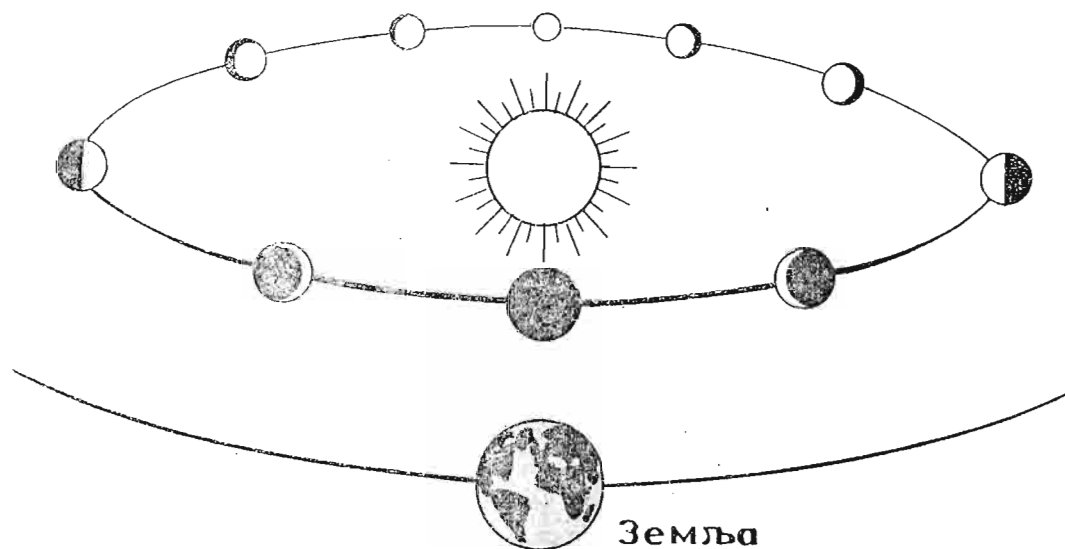


Слика 21. — Опозиције и највеће елонгације планета око Сунца

За планету која је Сунцу ближа него Земља, угао између правца са Земље ка њој и са Земље ка Сунцу мења се не прелазећи 29° за Меркур и 8° за Венеру. Њу је најповољније посматрати када је на највећем угловном растојању од Сунца, после тога она залази увече после Сунца, а пре тога излази ујутру пре Сунца, што зависи од тога са које је стране од Сунца видимо. Као што показује слика 22, изглед Меркура и Венере мења се као Месечев. То зависи од тога како нам је окренута половина тих планета која је осветљена Сунцем.

Коперник је утврдио да је средиште кретања Земље и планета Сунце, али није могао утврдити тачан облик планетских путања. Као сви стари научници и филозофи, Коперник је сматрао да су на небу сва кретања равномерна и путање кружне. Зато је права кретања планета Коперникова теорија одражавала једва тачније од Птолемејеве теорије.

Разлог за ово нашао је почетком XVII века аустријски научник Јохан Кеплер (1571—1630). Кеплер је открио три закона о планетским кретањима, која је извео из посматрања њихових кретања по небеској сфери.



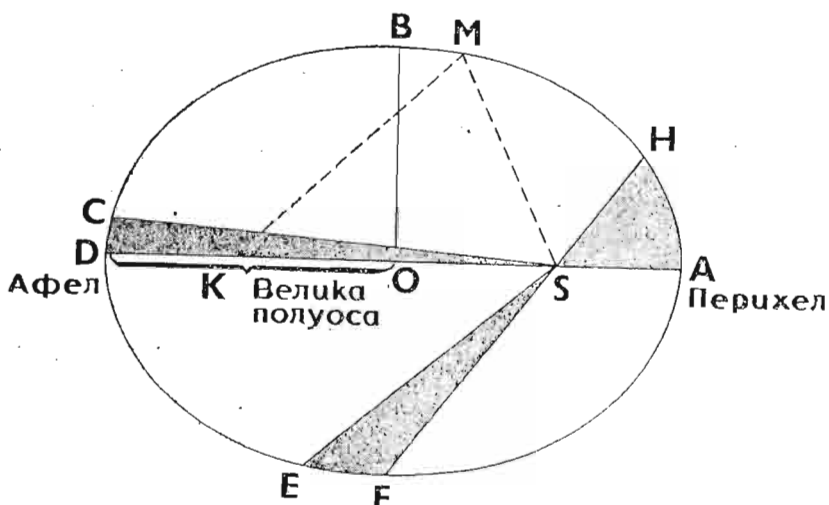
Слика 22. — Промена фазе и привидног пречника Меркура и Венере у зависности од њихова положаја према Земљи и Сунцу

Први закон: Свака планета се креће по елипси у чијој се једној жижи налази Сунце.

Елипсом се назива затворена крива линија, која има особину да је збир удаљења сваке тачке на њој од двеју сталних тачака, које се зову жиже — сталан. На слици 23 O — је средиште елипсе, DA — велика оса, K и S — елипсине жиже, тако да је $KM + SM = DA$ једнако великој оси елипсе. Уколико је растојање међу жижама веће, елипса је спљоштенија, при датој величини њене велике осе. Степен издужености елипсе изражен је величином њене ексцентричности. Ексцентритет e је однос растојања OS средишта елипсе од једне жиже према дужини велике полуосе OA , тј. $e = OS : OA$.



Јохан Кеплер (1571—1630)



Слика 23. — Закон површина (II Кеплеров закон)

Елиптичке путање планета мало се разликују од кругова и њихови ексцентрицитети мало су већи од нуле.

Из првог Кеплеровог закона излази да се даљина планете од Сунца мења. Најближа тачка на путањи зове се *перихел*, а најдаља *афел*.

Земљина путања је такође елипса. У перихелу Земља је почетком јануара, а у афелу почетком јуна. Иако је, према томе, зима на северној полулопти у периоду њене најмање даљине од Сунца, ипак разлика у нагибу Сунчевих зракова према Земљиној површини и разлика у дужини дана лети и зими утичу јаче него незнатне промене растојања Земља—Сунце.

Други закон (закон површина): Радијус-вектор планете у једнаким временским размацима описује једнаке површине.

Радијус-вектор планете зове се дуж која спаја планету са Сунцем. Брзина планете при њеном кретању мења се тако да површина коју описује радијус-вектор у једнаким временским размацима остаје иста, ма у коме делу путање се планета налазила. На слици 23 површине *CSD*, *ESF* и *ASH* су једнаке ако планета описује лукове *CD*, *EF*, *АН* у једнаким временским размацима. Зато је око перихела брзина планете највећа, а близу афела најмања.

Трећи закон: Квадрати периода обиласка планета око Сунца односе се међу собом као кубови полуоса њихових путања.

Ако период обиласка и велику полуосу путање једне планете означимо са T_1 и a_1 , а друге планете са T_2 и a_2 , трећи Кеплеров закон се може изразити формулом:

$$T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3.$$

Знајући, према посматрањима, периоде обиласка планета, могу се по овој формули одредити велике полуосе планетских путања у односу на полуосу Земљине путање, тј. узимајући полуосу Земљине путање за јединицу. Приметимо да је дужина велике полуосе планетске путање једнака њеној средњој даљини од Сунца, јер је полужбир планете

тиних даљина од Сунца у перихелу и афелу једнак великој полуоси планетине путање: на слици 23 $\frac{DS+AS}{2} = OD$, где је OD — велика полуоса. Како по трећем Кеплеровом закону све даљине планета од Сунца можемо одредити ако знамо Земљину даљину од Сунца, то се дужина полуосе Земљине путање узима за јединицу дужине и зове се астрономска јединица. Она износи 149 500 000 km.

Вежбање 1.

1. Марс је даљи од Сунца него Земља за 1,5 пута. Колика је Марсова година?

2. Период обиласка Плутона износи 250 година. Колика је велика полуоса његове путање?

14. ОДРЕЂИВАЊЕ ЗЕМЉИНА ОБЛИКА И ВЕЛИЧИНЕ

1. Лоптасти облик Земље. Често се за доказ лоптастог облика Земље наводе појаве које у ствари потврђују испупченост или искривљеност њене површине. Такав доказ за кривину Земљине површине пружа нпр. појава да се при приближавању лађе обали са обале прво запази врх катарке, затим шкољка брода.

Путовања око света потврђују само да је Земља затворена облика, изолована у простору и да нема крајева којима се додирује са небом.

Очигледним доказима за лоптасти облик Земље можемо сматрати ове појаве:

а) У свакој тачки на Земљи отворени хоризонт је кружна линија и даљина хоризонта на мору је свуда једнака.

б) За време Месечевих помрачења Земљина сенка која пада на Месец увек има кружну границу. Од свих тела само лопта у производном положају баца кружну сенку.

Фотографије Земљиних граница добијене из ракета избачених на велику висину и фотографије које су добили први совјетски космонаути Гагарин и Титов показују да је Земљина граница увек одсечак кружне линије. Земљин облик и величина тачније се одређују помоћу степенских мерења.

2. Одређивање Земљине величине. Одређивање Земљине величине састоји се у томе да се измери изван луку дуж меридијана у дужинским и угловним мерама. Одреди се у километрима растојање n између две тачке на Земљи, које се налазе на истом меридијану. Одреди се исто тако разлика географских ширина тих тачака астрономском методом (нпр. из разлика висина Северњаче у тим тачкама). Нека та разлика износи m степени, тада разломак $\frac{m^\circ}{360^\circ}$ показује који део кружнице представља измерени лук између две тачке. На томе принципу налази се у километрима дужина целог Земљиног обима из простог односа:

$$S = \frac{360}{m}n.$$

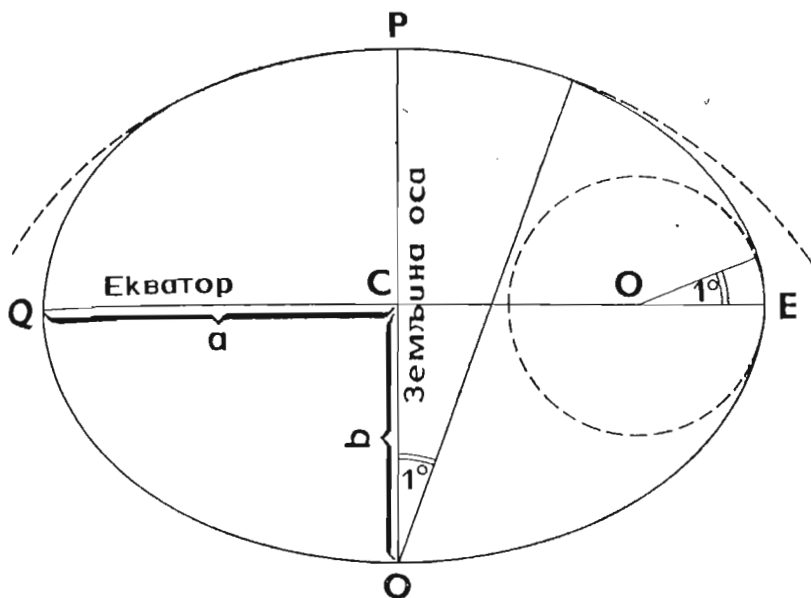
Описана метода назива се *степенско мерење*. Знајући дужину Земљина обима, деобом са 2π добија се дужина Земљиног полупречника. На тај начин је било утврђено да полупречник Земљине лопте износи 6371 km, а обим око 40 000 km.

Велика степенска мерења извршили су у прошлом веку руски научници под руководством В. Ј. Струвеа. У наше време велика мерења лукова на Земљиној површини извршена су у СССР и другим земљама.

3. Земљина спљоштеност. Мерење на разним тачкама Земљине површине показала су да је Земљина кривина већа на екватору него на половима (слика 24). То доказује да Земља није лопта: она је мало спљоштена дуж мале полуосе. Земљин поларни полупречник је краћи

за 21 km, тј. приближно за $\frac{1}{300}$ екваторског полупречника.

Земљина спљоштеност је резултат дејства центрифугалне силе која се јавља при Земљиним обртању око осе. Сплљоштеност се може приказати огледом ако обрћемо танак челични обруч на осовини школске центрифугалне машине. Сплљоштеност небеског тела услед његовог обртања је општа појава. На пример Јупитер и Сатурн, који се обрћу брже око својих осовина него Земља, спљоштенији су од Земље. Услед спљоштености Земљин облик није лопта, већ обртни елипсоид. Још тачнију представу о Земљиним облику дала су многа испитивања савремених научника. Показало се да је прâви Земљин облик веома сложен, чак и кад занемаримо неравнине рељефа на њеној површини.



Слика 24. — Земљина кривина на екватору већа је него на половима

15. ПАРАЛАКТИЧКО ПОМЕРАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ДАЉИНА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

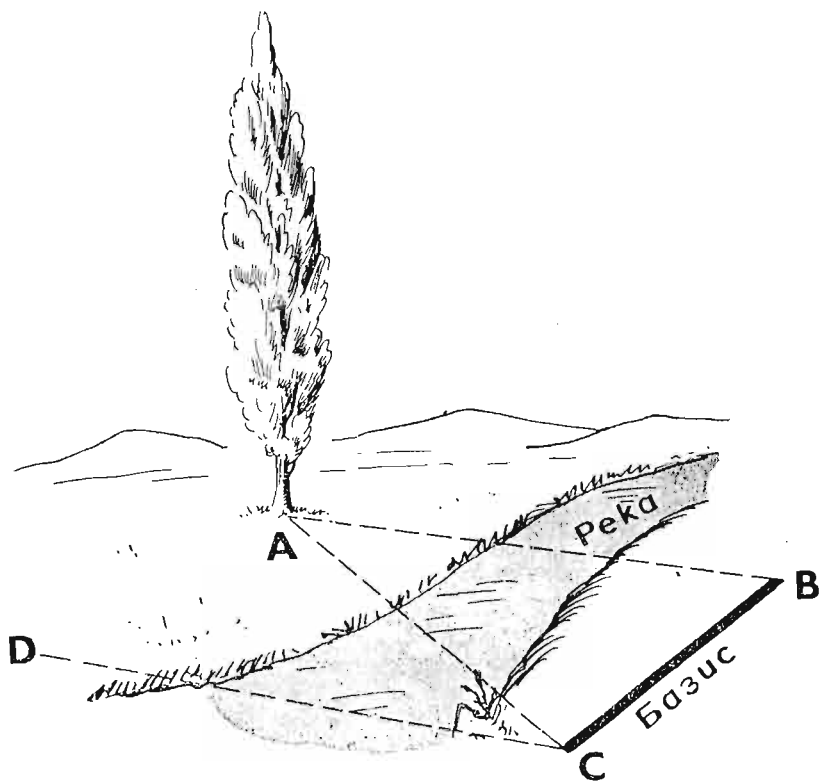
За одређивање даљина небеских тела користи се појава паралактичког померања. Паралактичко померање је привидно угловно померање предмета изазвано померањем посматрача.

Објаснићемо ово примером. Ако посматрате једним оком свој прст, видећете га на залеђу зида у одређеном правцу. Ако сад погледате прст другим оком, већ ћете га видети у другом правцу. Он ће се видети на залеђу зида на другом месту.

Растојање по правој између двеју тачака из којих посматрач одређује правац ка предмету назива се основица. Из искуства лако се може уверити да се паралактичко померање повећава са повећањем основице и са смањењем даљине до посматраног предмета. У наведеном примеру основица је размак посматрачевих очију.

Знајући дужину основице — ако измеримо са њених крајева углове које она заклапа са правцима ка предмету, можемо рачунски одредити даљину предмета, не прибегавајући њеном непосредном мерењу. Овом се могућношћу широко користе геодети и војска, као и астрономи за одређивање даљина небеских тела.

Нека, на пример, треба да одредимо даљину AB до дрвета A (сл. 25), које се налази на другој обали реке. У том циљу ћемо изабрати тачку C на нашој обали и дуж BC усвојити за основицу, чију дужину можемо лако и тачно измерити. Затим ћемо из тачке B помоћу инструмента за мерење углова измерити угао ABC наводећи инструмент прво на предмет, а затим на тачку C (где се обично лобија кочић).



Слика 25. — Мерење даљине неприступачних предмета

Затим ћемо пренети инструменат у тачку C и исто тако измерити угао ACB . Добићемо троугао с познатом страном (дужина основице BC) и два налегла угла. У том случају било конструктивно, било (тачније) тригонометријски, можемо израчунати дужину двеју страна BA и CA , тј. даљину предмета.

Приметимо још да је на слици 25 паралактичко померање угла DCA једнако углу између CA (правца ка предмету A од тачке C) и CD (правца паралелног правцу BA ка предмету из тачке B).

Паралаксом се назива угао под којим се од предмета види посматрана основица. На слици 25 паралакса ће бити угао BAC .

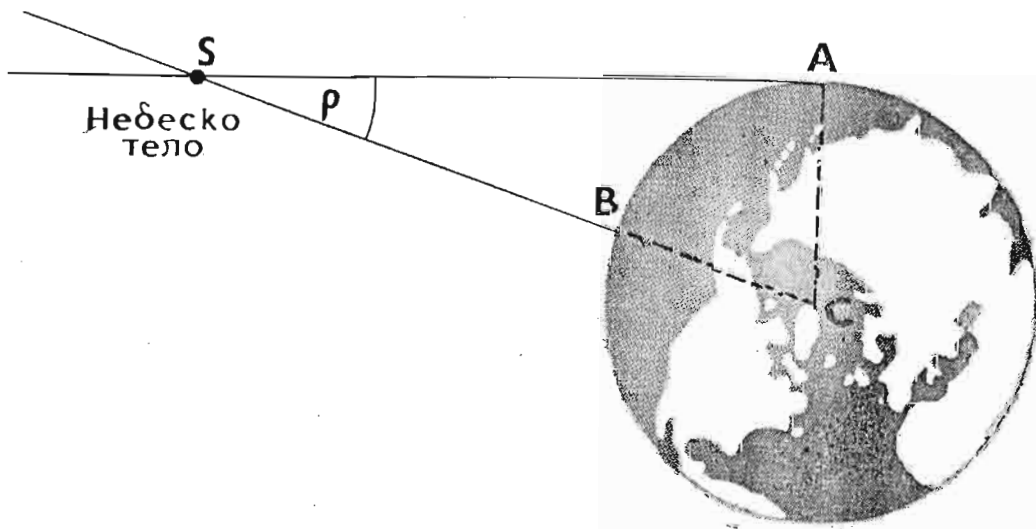
При датој даљини продужењем основице повећава се и тачност мерења паралаксе, па се према томе повећава и тачност одређивања те даљине.

Основна метода за одређивање даљина небеских тела је у ствари одређивања њихових паралакса. Међутим за тела Сунчева система и за тела која се налазе далеко изван његових граница бира се различита основица. За тела Сунчева система, која су нам релативно близу, нпр. Сунце, Месец и планете, Земљин полупречник је довољно дуга основица.

Хоризонтском паралаксом назива се угао под којим се са небеског тела види Земљин полупречник управан на видном правцу (на сл. 26 угао ASB).

Ако небеско тело једновремено посматрају два посматрача, тако да се оно за једног од њих налази на хоризонту, а за другог у зениту, онда је угао између тих праваца (тј. паралактичко померање небеског тела) хоризонтска паралакса небеског тела.

При одређивању хоризонтске паралаксе Месеца, Сунца или планета потребно је да два посматрача једновремено посматрају небеско тело из тачака A и B (сл. 26). У стварности, међутим, они се морају поставити друкчије и зато је израчунавање паралаксе посматрањем сложеније. Недавно је за одређивање даљине Месеца и планета била примењена нова метода коју су разрадили совјетски научници.



Слика 26. — Хоризонтска паралакса небеских тела

Та се метода састоји у томе да се одреди време за које ће радио-талас послат на Месец стићи до њега, одбити се и вратити натраг. Резултат се потпуно сложио са даљинама изведеним из астрономских одређивања паралаксе Месеца и планета.

Кад је паралакса небеског тела измерена, његова даљина D налази се простим рачунањем. Са слике 26. се види да је $D = R / \sin p$, где је R — усвојена основица (AC), а p — хоризонтска паралакса ($\angle ASC$). Ако за јединицу усвојимо Земљин полупречник R , добићемо даљину небеског тела D у Земљиним полупречницима.

Ево најважнијих паралакса и даљина. Средња хоризонтска паралакса Месеца $57'$, средња даљина од Земље $384\ 000$ km; заокругљено $400\ 000$ km; хоризонтска паралакса Сунца $8,80''$, његова даљина од Земље $149\ 500\ 000$ km; заокругљено $150\ 000\ 000$ km.

За мерење паралакса небеских тела која се налазе далеко иза граница Сунчева система, тј. за мерење удаљености звезда, Земљин полупречник и пречник као основице су сувише мали. За звезде се узима као основица полупречник Земљине путање (астрономска јединица), али је за највећи број звезда и ова основица ништавна, јер су оне врло далеко од нас.

Годишњом паралаксом назива се угао под којим се са небеског тела види средњи полупречник Земљине путање под условом да је управан на видном правцу.

16. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРАВИХ ВЕЛИЧИНА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

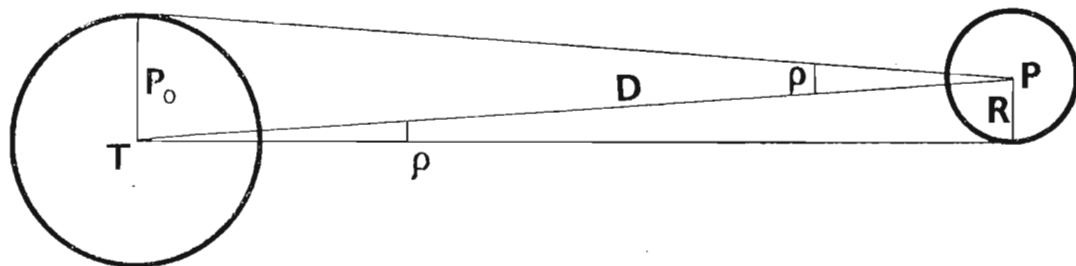
Да би се одредила права величина небеског тела, треба измерити угао под којим се види његов полупречник и познавати његову даљину. На сл. 27 посматрач би из Земљиног средишта T видео полупречник R небеског тела под углом ρ .

Даљину средишта небеског тела од Земљиног средишта обележимо са D . Гада је

$$R = D \cdot \sin \rho.$$

Ако D изразимо у Земљиним полупречницима, онда ћемо и R добити у Земљиним полупречницима. Ако D изразимо у километрима, и R ћемо добити у километрима.

На пример Месечева даљина $D = 60$ Земљиних полупречника, а Месечев полупречник видимо под углом од $16'$. Месечев полупречник $R = 60 \sin 16' = 0,27$ полупречника Земље.



Слика 27. — Одређивање правих величина небеских тела

Одређивање даљина небеских тела и њихових величина су један од многобројних и убедљивих примера за неограничену могућност човека сазнања. Ови резултати још једном показују да не постоји начелна разлика између Земље и небеских тела упркос вековним верским гледиштима.

17. ЗАКОН ОПШТЕ ГРАВИТАЦИЈЕ И ЊЕГОВЕ ПОСЛЕДИЦЕ

1. Закон гравитације. Узрок кретања планета остао је непознат све до краја XVII века, до Њутнова открића закона опште гравитације. Тај закон гласи: *Сва тела у Вациони (као и уопште све честице материје) међу собом се привлаче силом пропорционалном производу њихових маса а обрнуто пропорционалном квадрату растојања.* У виду формуле он се може написати овако

$$F = f - \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

где су m_1 и m_2 — масе два учена тела, r — њихово растојање, а f — коефицијент чија бројна вредност зависи од јединица у којима су изражени маса и растојање. Та величина се зове *константа гравитације*. Касније се сазнало из огледа да се две масе од по 1 g међусобно привлаче на растојању од 1 cm силом од $6,673 \cdot 10^{-8}$ дина. Зато, ако масе изразимо у грамама, а растојање у центиметрима, F ћемо добити у динима ако ставимо

$$f = 6,673 \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^3}{\text{g sec}^2}$$

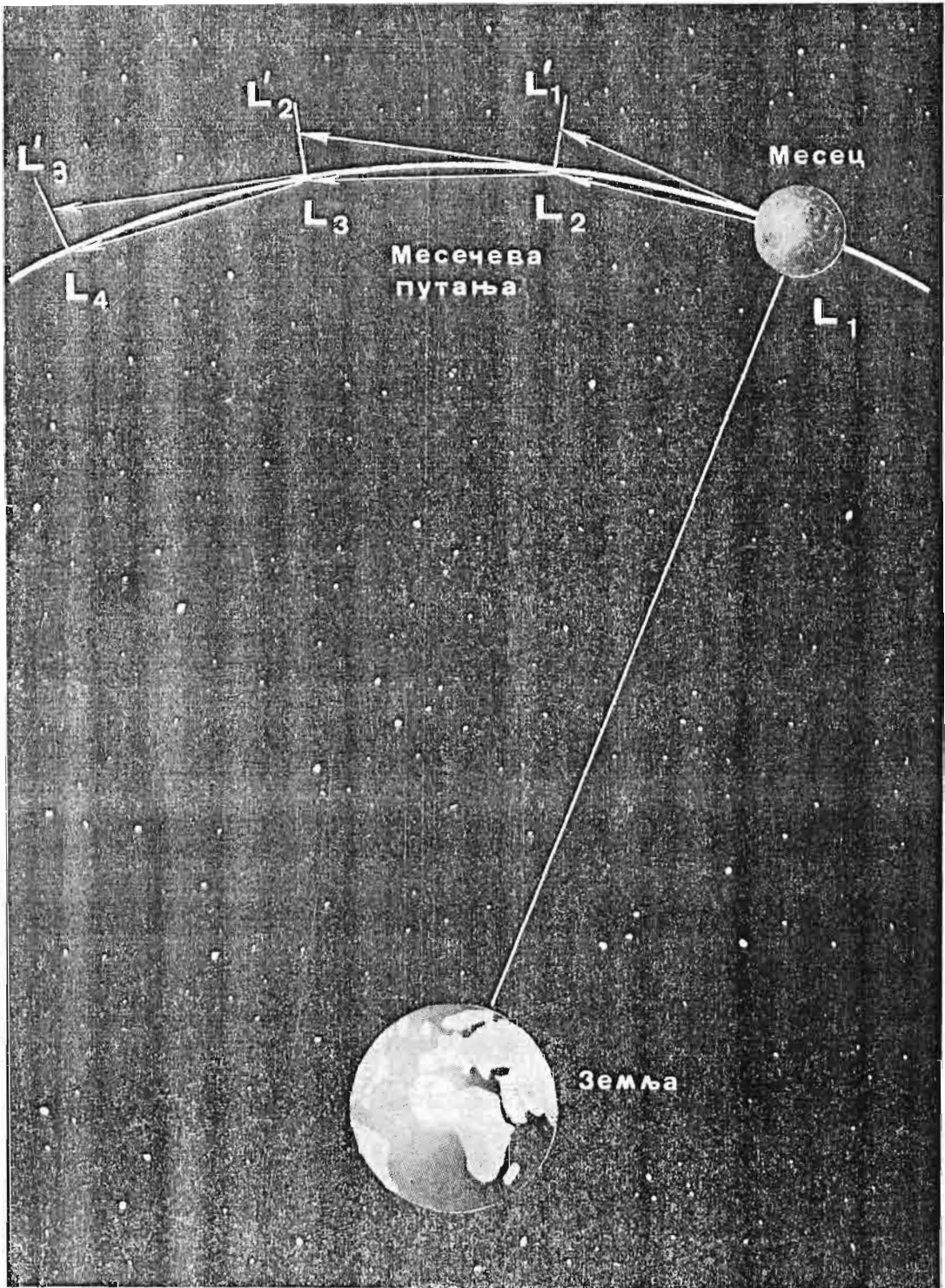
2. Кретање Месеца и Земљина тежа. Њутн је доказао да се Земљина тежа, под чијим утицајем сви предмети падају на Земљу, про-



Исак Њутн (1643—1727)

стире и ван граница Земљине атмосфере опадајући сразмерно квадрату растојања од средишта Земље. То значи да се утицај силе Земљине теже простира у бесконачност. Сила Земљине теже одржава и Месећ на његовој путањи, иначе би се Месећ откинуо од Земље и одлетео по тангенти на своју путању.

Ова Месечева тежа према Земљи није ништа друго до центрипетална сила којој одговара посматрано центрипетално убрзање у Месечевом кретању.



Слика 28. — Месечево „падање“ ка Земљи

На слици 28 Месец би из тачке L_1 , крећући се по тангенти, после неког времена дошао у тачку L_1' . За то време он пада ка Земљи за величину одсечка L_1L_2 и нађе се у тачки L_2 итд. Као резултат свега тога Месец све време обилази око Земље.

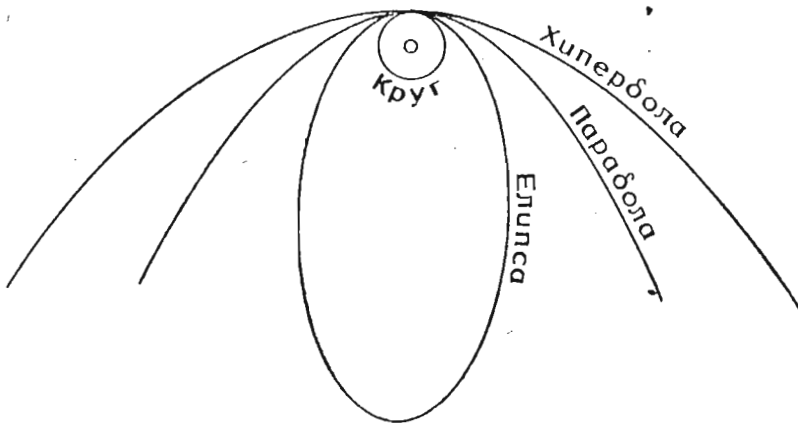
Велика заслуга Њутна је у томе што је доказао идентичност силе гравитације међу небеским телима са силом Земљине теже, коју су људи одавно познавали из искуства. Њутн је доказао да се и једна и друга мењају обрнуто пропорционално квадрату растојања и да је убрзање којим Месец „пада“ на Земљу (оно износи $0,27 \text{ cm/sec}^2$) тачно једнако убрзању којим би падао камен кад бисмо га ставили на Месечеву даљину од Земље.

3. Кретање небеских тела и одређивање њихових маса — Земљина маса. Утицај Сунчеве гравитације све време искривљава путању Земље и планета. Строго говорећи, све планете и Сунце обилазе око свога заједничког центра маса — тежишта.

Сателити планета обилазе око својих планета под утицајем њихове гравитације, као што Месец обилази око Земље под утицајем њене гравитације.

Иза граница Сунчева система сусрећу се системи двојних звезда: свака звезда у датом пару обилази око њиховог заједничког тежишта под утицајем гравитације. Зато је закон који је открио Њутн назван законом опште гравитације.

Њутн је доказао да постојање опште гравитације потврђује тачност Кеплерових закона: ове законе је Њутн дао у тачнијем облику. Он је доказао да, под одређеним условима, једно тело под утицајем привлачне силе других тела може да се креће не само по елипси већ и по кругу, параболу и хиперболу (сл. 29).



Слика 29. — Различити облици путање

Затим је Њутн доказао да трећи Кеплеров закон није сасвим тачан и да период обилажења двају тела, која се налазе на одређеном растојању око заједничког тежишта, зависи још и од збира маса тих тела. Ово пружа могућност да се одређују масе небеских тела ако се знају растојања међу њима и период обилажења једног око другог.

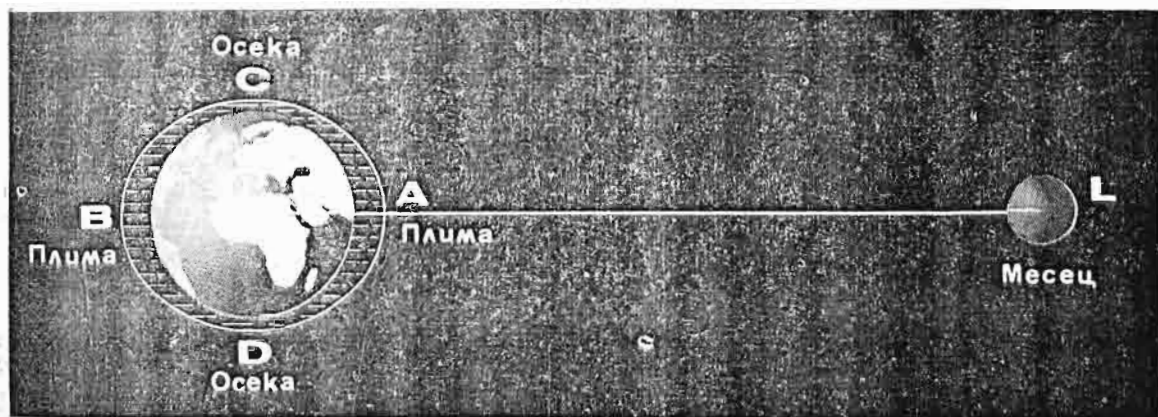
Маса Сунца није само већа од масе m које планете већ је 750 пута већа и од масе свих планета заједно (сл. 31). Зато и све планете оби-

лазе око Сунца и трпе центрипетално убрзање ка њему — гравитационо убрзање. Маса Земље може се приближно одредити ако се измери угао за који скреће вертикала услед привлачења планином чија су удаљеност и маса познати. Овај угао скретања зависи од односа Земљине масе према маси планине и од односа одстојања виска од Земљина средишта и средишта планине која га привлачи. Другим методама Земљина маса може се још тачније одредити. Земљина маса износи $6 \cdot 10^{27}$ g, а њена средња густина $5,5 \text{ g/cm}^3$.

4. Плима и осека. На обалама мора и океана сваки дан се виде колебања нивоа воде. Двапут дневно вода се подиже — то су плиме. Двапут дневно вода опада — то су осеке. Осека наступа 6 сати после плиме, а после наредних 6 сати настаје опет плима, тако да од једне до друге плиме прође 12 сати (тачније $12^h 40^m$). Према томе, просечно за $24^h 50^m$ догађају се две плиме и две осеке. Али исти толики временски размак прође између две суседне истоимене Месечеве кулминације. Њутн је доказао да су плиме и осеке изазване Месечевим привлачењем. Месец привлачи разне тачке Земљине лопте неједнаком силом: оне које су му ближе привлачи јаче, а оне које су даље слабије. Ова разлика сила привлачења изазива растезање Земљиног воденог омотача дуж правца ка Месецу (сл. 30). Тамо где је водени омотач растегнут, ниво воде је виши — настаје плима. При Земљиним дневним обртању у зону плиме ће долазити једно за другим места на Земљи, а на једном истом месту плиме и осеке узастопно ће се смењивати. Ако је у тачки А (сл. 30) плима, онда ће, обрћући се у смеру С, тачка А после пола дана доћи опет у зону плиме у којој се на слици налази тачка В.

5. Поремећаји у кретању планета. Откриће планете Нептун. Кад би се око Сунца кретала само једна планета, она би се кретала по Кеплеровим законима. Но како се око Сунца не креће једна већ неколико планета, оне које се међу собом привлаче, та њихова кретања одступају од кретања по Кеплеровим законима. Ово врло мало одступање од кретања по Кеплеровим законима зове се поремећаји.

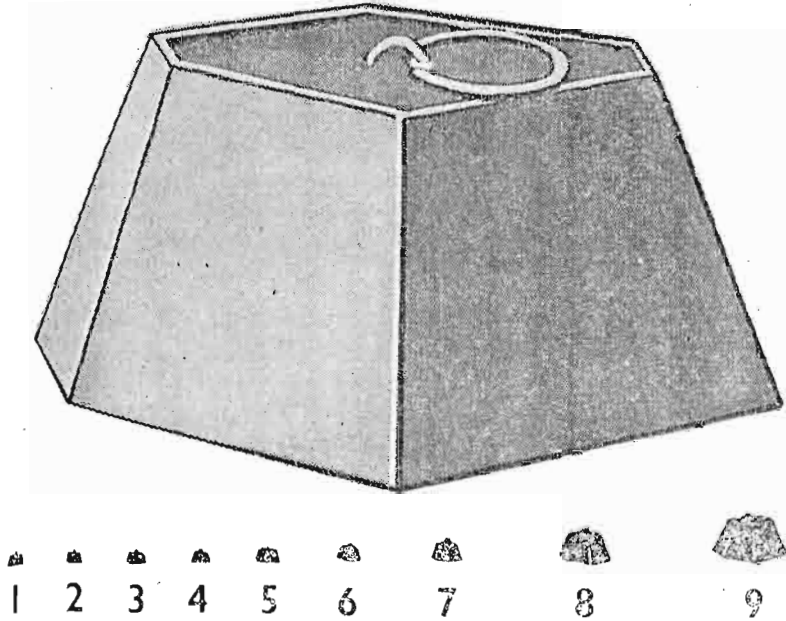
Услед поремећаја планете се крећу час брже час спорије него што то произилази из другог Кеплеровог закона. Зато и њихове путање нису правилне елипсе и постепено се мењају. Савремена наука израчунава поремећаје врло тачно на основи теорије опште гравитације и



Слика 30. — Плима и осека воденог омотача Земље

познавања маса Сунца и планета, као и њихових међусобних растојања.

Године 1781. енглески астроном Вилијам Хершел (1738—1822), у то време још непознати љубитељ астрономије, посматрао је небо телескопом који је сам израдио и открио је дотле непознату планету — седму по удаљењу од Сунца. Планета је добила назив Уран.



Слика 31. — Упоређивање Сунчеве масе са масом планета:
1 — Меркура; 2 — Марса; 3 — Плутона; 4 — Венере; 5 —
Земље; 6 — Урана; 7 — Нептуна; 8 — Сатурна; 9 — Јупитера

Почетком XIX века коначно је доказано да Ураново кретање одступа мало од кретања израчунатог на основи његова привлачења Сунцем и свим осталим планетама. Ма колико да су безначајна ова одступања од теорије, астрономи нису могли са њима да се помире. Астрономи су претпоставили да одступање у Урановом кретању долази од његова привлачења непознатом планетом, која се налази од Сунца још даље него Уран. Научници, Леверије и Адамс израчунали су положај те планете на небу. По њиховим рачунима та планета пронађена је 1846. године и названа Нептун.

Откриће планете извршено, како се каже „врхом пера“, у кабинету, представља једно од највећих домаћаја човекове мисли. Оно илуструје могућност научног предсказања, сјајно доказује сазнатљивост природе, упркос верским гледиштима по којима је људско сазнање ограничено.

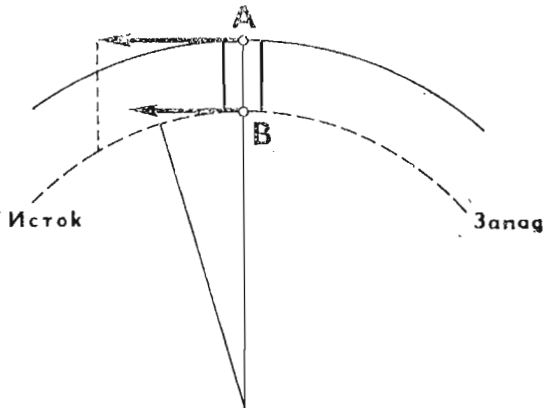
Вежбање 2.

Израчунати на којој се даљини од Земље налази тачка на којој су једнаке привлачне силе Земље и Месеца, знајући да растојање између Земље и Месеца износи 60 Земљиних полупречника и да се масе међу собом односе као 81 : 1.

18. ДОКАЗИ ЗЕМЉИНОГ ДНЕВНОГ ОБРТАЊА

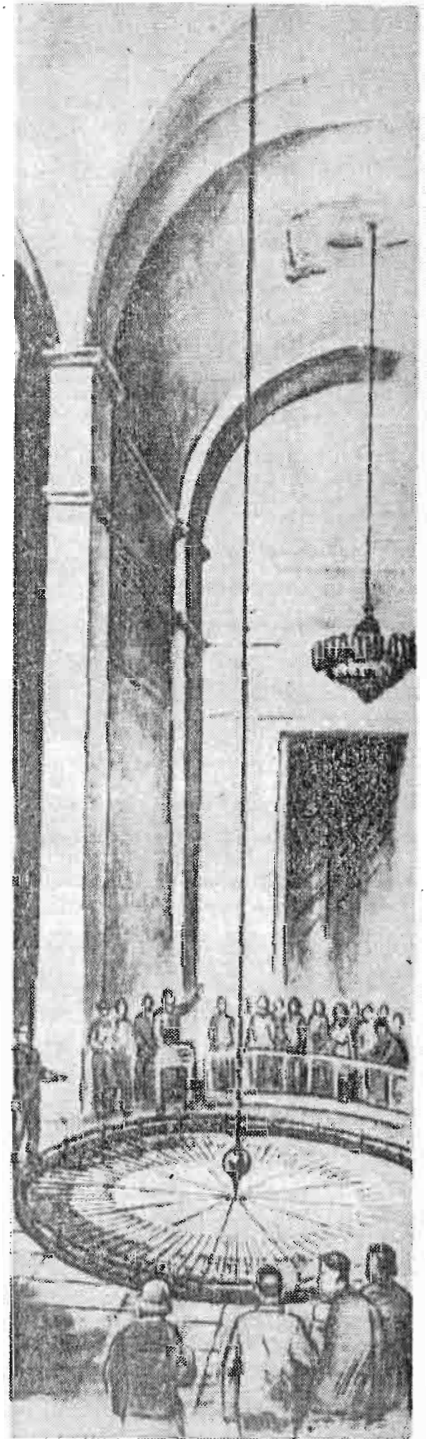
Навешћемо два најочигледнија доказа Земљиног дневног обртања.

А. Скретање ка истоку тела која слободно падају. Замислимо дубоки вертикални бунар AB , који се обрће заједно са Земљом (сл. 32).



Слика 32. — Тела која слободно падају скрећу ка истоку

Слика 33. — Фукоово клатно



Улаз A у њега има три обртању већу линеарну брзину него његово дно B , јер се улаз налази даље од центра обртања, у датом случају од осе дневног обртања Земље. Лоптица која лежи у улазу у бунар

има при том исту брзину као и тај улаз. Лоптица ће при падању по инерцији задржати ту брзину. Падајући и задржавајући при том брзину кретања ка истоку (пошто се Земља обрће од запада ка истоку) већу него што је брзина кретања дна бунара, лоптица ће испредњачити испред кретања дна бунара ка истоку. Лоптица ће пасти не тачно ка Земљином средишту, већ мало источније, што се не би десило кад се Земља не би обртала. На Земљином екватору је ово скретање највеће, а на половима једнако нули. Вишеструки прецизни огледи показују потпуно слагање огледа са рачунима. Тако, падајући са висине од 85 m на географској ширини 53° , лоптица ће скренути ка истоку за 10,4 mm.

Б. Фукоово клатно. У огледу који је први извршио француски научник Фуко било је примењено клатно са веома дугачком и танком нити о коју је била обешена тешка лопта. Познато је и лако је могуће проверити огледом да свако такво клатно при обртању тачке вешања задржава без промене раван свога клаћења, ма како ми обртали статив о коме оно виси. Велика дужина и тег Фукоовог клатна (сл. 33) намећу се због веће очигледности и потребе да време клаћења буде довољно дуго. Ако би се овакво клатно клатило на Земљином полу, Земља би се обртала под њим брзином од 15° на час ($360 : 24$). У резултату приметили бисмо да се раван клаћења клатна према Земљиној површини обрће истом угловном брзином, од 15° на час, у супротном смеру Земљина обртања. На Земљином екватору не би било никаквих промена у правцу клаћења клатна. На географским ширинама између екватора и полова раван клаћења клатна мора да се обрће, према теорији, брзином од $15^\circ \sin \varphi$ на час, где је φ — географска ширина места посматрања.

Тако се у стварности и запажа. Кад се Земља не би обртала, очевидно би правац клаћења клатна у сваком месту остајао непромењен.

У Лењинграду, у згради Исакијевске саборне цркве, приказује се овај оглед са клатном дужине 98 m. Правац његова клаћења мења се 13° на час, што тачно одговара теоријским предрачунима.

19. ГОДИШЊА ПАРАЛАКСА ЗВЕЗДА КАО ДОКАЗ ЗЕМЉИНОГ ОБИЛАЖЕЊА ОКО СУНЦА

У данашње време постоји много строгих доказа за Земљино обилажење око Сунца.

Један од таквих доказа је постојање годишње паралаксе звезда. Кад би Земља била непомична, посматрач би сваку звезду видео у једном истом правцу, увек у једној истој тачки на небеској сфери. Али у стварности није тако. Земља се креће и заједно с њом се мења и положај посматрача у васионском простору. Ако се посматрач креће, звезде морају да показују паралактичко померање. Ако би се посматрач заједно са Земљом кретао по правој, паралактичко би се померање догађало увек на једну страну, и било која звезда би се из месеца у месец, из године у годину, померала на једну исту страну.

Када се посматрач заједно са Земљом креће око Сунца скоро по кружности и сваке године понови овај пут, то период паралактичког

померања звезда мора да износи годину дана. Сваке године ово се померање мора понављати.

Помоћу следећег огледа лако је објаснити годишње паралактичко померање звезда. Испитајмо какве ће положаје на залеђу таванице заузимати сијалица када се посматрач креће испод ње. На залеђу таванице видећемо да ће сијалица привидно описати кружницу.

На слици 34 схематски је приказано паралактичко померање звезда услед Земљиног кретања око Сунца за разне даљине звезда и за разне правце у којима их видимо.

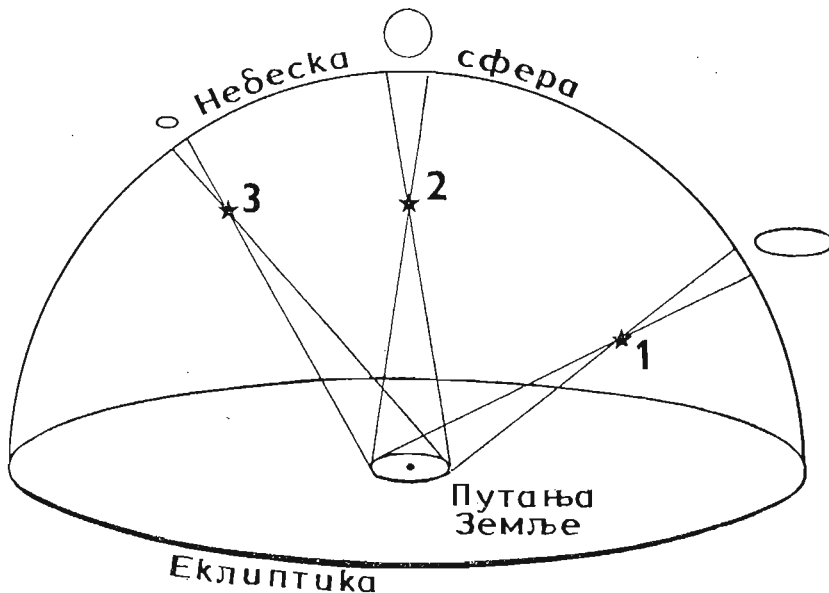
Појава годишње паралаксе састоји се у томе што свака звезда за годину дана на небу опише затворену криву, чији облик зависи од угла који заклапа правац ка звезди са равни Земљине путање, а угловна величина ове криве од даљине звезде.

Међутим даљине звезда од Земље су толико велике да су њихова паралактичка померања сасвим безначајна. Зато астрономи XVII и XVIII века нису могли приметити паралактичко померање звезда, јер нису располагали инструментима довољне тачности.

Тек је 1838. године помоћу тачних инструмената Беселу и Струвеу први пут пошло за руком да открију и измере паралаксе најближих звезда.

Највећу паралаксу има звезда Проксима у сазвежђу Кентаура (латински „проксима“ значи најближа. Из наших крајева сазвежђе Кентаур се не види). Разлика међу њеним крајњим положајима на небеској сфери услед паралактичког померања износи око $1''{,}5$. Под толиким углом жица пречника 1 mm види се са даљине од 140 m.

Приметимо да је појам годишње паралаксе непримењив на планете и комете које обилазе око Сунца слично Земљи.



Слика 34. — Годишње паралактичко померање звезда у зависности од њихових даљина и положаја према еклиптици

Вежбање 3.

Сунчева паралакса је $8'',80$, а његов привидни угловни полупречник је $16'$. Колико је пута Сунчев пречник већи од Земљиног?

2. На коликом би се највећем угловном растојању од α Кентаура видела са Земље планета, која би обилазила око те звезде нпр. на растојању од $150\,000\,000\text{ km}$?

20. ВЕШТАЧКИ ЗЕМЉИНИ САТЕЛИТИ И КОСМИЧКИ ЛЕТОВИ

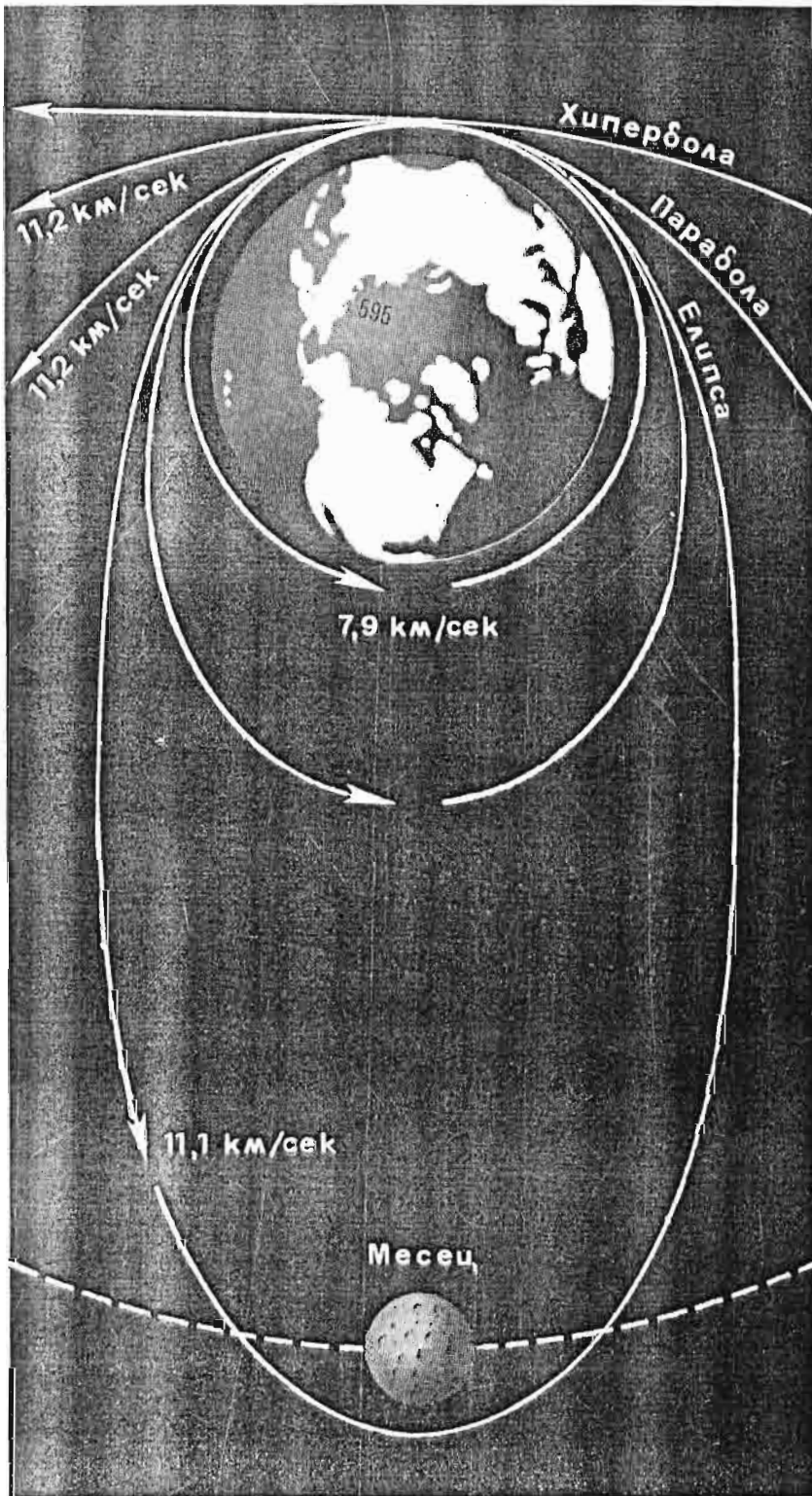
О летовима са Земље на друге светове маштали су многи мислиоци и писци. Тек је руски проналазач К. Е. Циолковски (1857—1935) разрадио теорију једино оствариве реалне методе да се савлада Земљина тежа — теорију реактивног кретања. Маштања и пројекти Циолковског остварени су прво баш у његовој отаџбини — Совјетском Савезу.

Четвртог октобра 1957. године у Совјетском Савезу први пут на свету био је пуштен један вештачки Земљин сателит. За њим су следила пуштања спутњика снабдевених сложеном апаратуром за испитивање горњих слојева атмосфере. На другом совјетском спутњикику било је послато у Космос живо биће — пас Лајка. Овај оглед је доказао могућност летења живих бића у Космос. У космичким бродовима — спутњницима почели су слати псе и друге животиње, чије је стање и понашање за време лета пажљиво изучавано. Животиње су успешно враћане на Земљу. Записи инструмената и подаци о стању животиња преношени су на Земљу путем телевизије и радија. Тако се припремао лет човека у Космос.

Догађај историјског значаја — полетање човека у Космос — догодио се у СССР-у 12. априла 1961. године. Мајор Ј. Гагарин облетео је Земљину лопту брзином од 8 km/sec за 1 час и 40 минута. Његов брод летео је десетину пута брже од обичних путничких авиона. Брод са првим космонаутом Ј. Гагарином успешно се спустио на Земљу на унапред утврђено место. За овим важним догађајем следило је пуштање у Космос и других космонаута на све дуже и дуже летове. Године 1965. совјетски космонаут А. Леонов први је изишао из космичког брода непосредно у Космос.

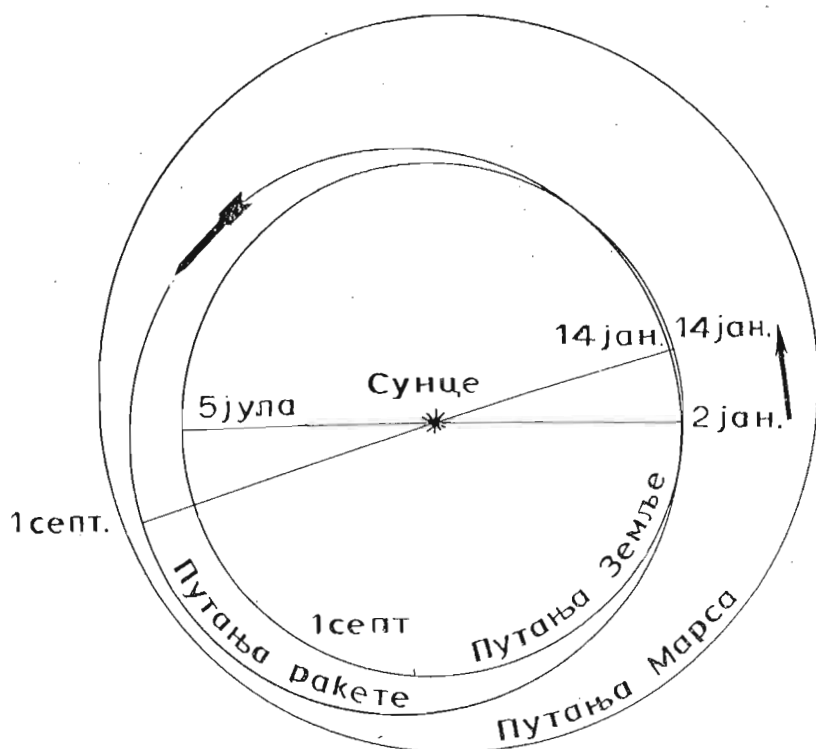
Проблем човекових летова на друге светове и враћање на Земљу постао је технички остварив. Ово открива несагледиве могућности за даље овладавање природом. Човек у Космосу, то је буквално човек на небу, на истом оном небу које је религија наменила божанству.

Другога јануара 1959. године у СССР-у први пут је остварено пуштање космичке ракете која је изишла из поља Земљине теже и постала Сунчев сателит или, тачније речено, вештачка планета. Друга совјетска космичка ракета била је прва која је стигла на Месечеву површину. Трећа совјетска ракета извела је на орбиту аутоматску међупланетску станицу која је обишла око Месеца и фотографисала његову полулопту која се не види са Земље и за коју је до пре неколико година било мало наде да ће се изучити. На слици 37 приказана је путања ове космичке станице према Земљи и Месецу и положај на њој са кога је по команди са Земље фотографисан Месец. За ту сврху



Слика 35. — Еклиптичка путања сателита све је издуженија што је већа његова почетна брзина

био је изабран такав тренутак и положај станице да већи део невидљиве Месечеве полулопте буде осветљен Сунцем. Фотографије супротне стране Месеца биле су аутоматски развијене и послате на Земљу



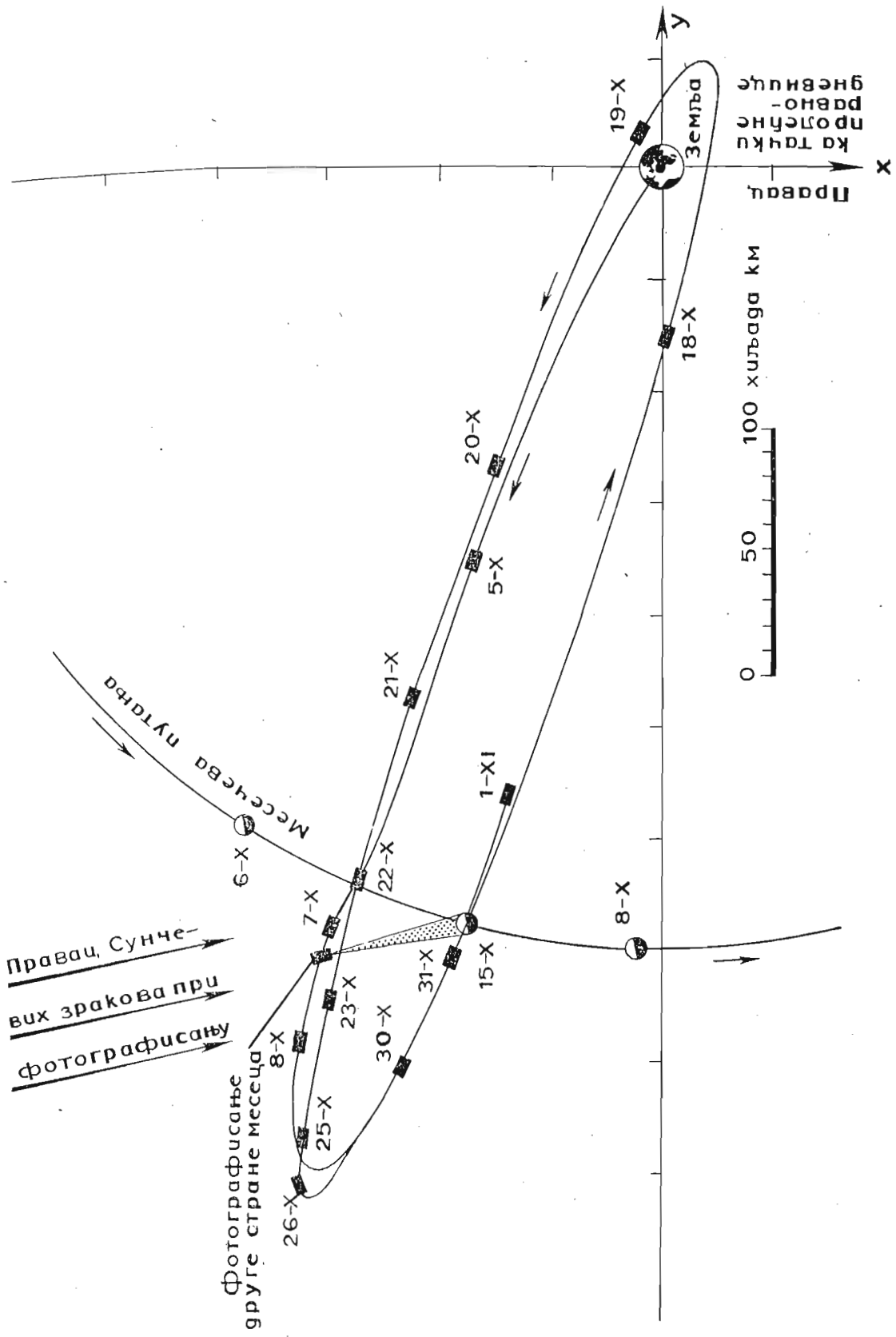
Слика 36. — Путања прве совјетске космичке ракете после њеног претварања у Сунчев сателит

телевизијским путем. Од 1960. године почело је одашиљање космичких ракета са инструментима ка планети Венери и Марсу, што је представљало још већи успех од пуштања ракета ка Месецу. Да би се приближиле другим планетама, међупланетске станице пуштају се по путањи која додирује путању дате планете. Време пуштања израчунава се тако да станица стигне на путању планете у исто време када се тамо нађе и сама планета. Време таквога летења израчунава се месецима.

Инструменти постављени у спутњике и ракете дали су много драгоцених података о условима у највишим слојевима Земљине атмосфере и у космичком простору. Ево неких од тих података.

Земљина атмосфера, која се разређује у сразмери са висином изнад Земљине површине, протеже се бар до висине од 3000 km. На даљинама од неколико десетина километара од Земљине површине појасеви испуњени честицама (протонима и неутронима) које се крећу хаотично огромним брзинама и које стога располажу огромном кинетичком енергијом. Објашњење постојања и положаја тих зона је врло важно за развој космонаутике, за одашиљање људи ван Земљиних граница. Малих каменчића и честица прашине (метеорских тела) у међупланетском простору нема тако много да би представљали велику опасност за међупланетне летове.

Утврђено је да Месец није опасан појасевима оваквих честица и да нема магнетног поља. Пошто на Месецу нема магнетног поља, тамо ће компас бити некористан за будуће истраживаче, топографе и Месеचे „туристе“.



Слика 37. — Путања треће совјетске космичке ракете

Помоћу међупланетских станица тачније су упознати физички услови на Венери и добијене су изблиза детаљне фотографије Месечеве и Марсове површине. Са фотографија са совјетских међупланетских космичких станица била је састављена карта невидљиве нам Месечеве површине (полулопте). Она је знатно брдовитија од видљиве и на њој је мање великих увала (види прилог XX).

Живи организми, па и човек, потпуно су оспособљени да издрже необичне услове бестежинског стања, при космичком лету, као и огромно убрзање при узлетању брода.

Основи теорије савладавања Земљине теже проистичу из учења о гравитацији, по коме путања тела зависи од брзине кретања тела. Рачуни показују да тело које добије у хоризонталном правцу брзину од $7,8 \text{ km/sec}$, неће више пасти на Земљу, него ће савладавши Земљину тежу обилазити око ње као Месец. *Брзина од $7,8$ до $11,2 \text{ km/sec}$ назива се првом космичком брзином.* Тако огромну брзину може развити само вишестепена ракета о чијој се конструкцији и кретању говори у физици.

Када вештачки сателит на делу своје путање који се приближава Земљи утоне макар и у горње слојеве Земљине атмосфере, он трпи поступно све веће кочење. Његова се брзина смањује и сателит почиње да се приближава Земљи, а због тога се и период његовог обилажења смањује. Када уђе у ниже и гушће слојеве атмосфере, он се загрева од отпора ваздуха и сагорео би кад не би биле предузете посебне мере топлотне заштите.

Успешно спуштање космичких бродова на Земљу такође је велики успех науке и технике. Уколико је већа почетна брзина ракете, утолико је већа и велика полуоса њене путање, која ће при брзини већој од $7,9 \text{ km/sec}$ бити елипса. У једној њеној жижи ће се налазити Земљино средиште. Тачка на њеној путањи најближа Земљи назива се *перигеј*, а најдаља *апогеј*. Што је већа ексцентричност путање (издуженост), то ће се више разликовати међусобне висине перигеја и апогеја. Величина путање и период обиласка сателита везани су међу собом трећим Кеплеровим законом, као и у кретању планета око Сунца. Извођење ракете на Земљину путању остварује се радио-дириговањем са Земље. Прорачун и остварење тачно задатог кретања врше се са изванредно високом тачношћу. Ако тело достигне брзину од $11,2 \text{ km/sec}$, која се зове *друга космичка брзина*, полетеће по параболичној путањи у односу на Земљу и на њу се више неће вратити.

Земља се обрће око осе и зато сви предмети на њеном екватору имају највећу линеарну брзину обртања (465 m/sec). Ако се ракета пушта из близине Земљиног екватора, онда ће се брзина коју јој даје покретач надовезати на линеарну брзину Земљина обртања, па ће се под тим условима и космичка брзина достићи лакше. Али сателит са путањом блиском равни екватора не види се са средње географске ширине, на пример из Европе.

Пуштање сателита под великим углом ка екватору је на средњим географским ширинама теже, јер Земљино обртање само мало помаже да се постигне потребна брзина. Али зато такав сателит надлеће највећи део Земљине површине и може се практично видети одасвуд. Зато се сателити најчешће овако и пуштају.

При удаљавању ракета од Земље њихово привлачење Сунцем и Месецом расте у поређењу са Земљиним. Због тога се путање ракета мењају. Њихова кретања се израчунавају по истим теоријама као и кретања природних небеских тела.

На кретање сателита утиче Земљина спљоштеност на половима, која се може одредити изучавањем кретања сателита. Ова одређивања имају велики практични значај за састављање тачних географских карата. Захваљујући мерењима извршеним помоћу вештачких сателита и ракета астрономија је постала у извесном степену експериментална наука. Она може сада вршити неке огледе, а не само пасивно посматрати небеска тела.

Астрономија у извесној мери предсказује какве ће услове срести ракете и космички путници у међупланетском простору, на Месецу и планетама. Она указује путеве за освајање космичког простора, путеве који отварају нову еру у историји човечанства. Већ није далеко време када ће успеси науке и технике омогућити човеку да полети на Месец, па и на друге планете.

Религија је оштро разграничавала земаљско и небеско, тврдећи да је небо пребивалиште божанства. Астрономија је показала да су небеска тела материјална као и Земља, штавише да су нека од њих слична Земљи. Религија је тврдила да је небеска тела створио бог, а сада човек сам ствара небеска тела — Земљине и Сунчеве сателите. То показује да су могућности човековог ума неограничене, а религиозна веровања бесмислена.

Вежбање 4.

Знајући период Месечевог обиласка око Земље и велику полуосу његове путање (види у прилозима), одредите помоћу трећег Кеплеровог закона периоде обиласка вештачких сателита чије су висине перигеја од Земљине површине 200 и 260 km, а висине апогеја 300, односно 360 km. Земљу при том треба сматрати лоптом полупречника 6370 km.

ОСНОВНЕ ПРАКТИЧНЕ ПРИМЕНЕ АСТРОНОМИЈЕ И МЕТОДЕ ИЗУЧАВАЊА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

21. ЕКВАТОРСКЕ КООРДИНАТЕ И ЗВЕЗДАНА КАРТА

За налажење звезда на небу, састављање звезданих карата, одређивање времена и географских координата неопходно је знати координате звезда.

За то се користимо системом екваторских координата, који је сличан систему географских координата на Земљиној лопти (види сл. 38). Ми можемо рачунати у степенима положај звезда на небеској сфери у односу на небески екватор исто као што рачунамо углавном растојања градова од Земљиног екватора на глобусу или на карти (ово растојање зове се географска ширина). Угловно растојање небеских тела од небеског екватора назива се *деклинација*. Деклинације се обележавају словом δ и на јужној половини небеске сфере сматрају се негативним.

Друга географска координата тачке на Земљи је *географска дужина* — угао између равни меридијана датог места и равни почетног меридијана. На небеској сфери за другу координату узима се *ректасцензија* — угао између равни полукруга повученог од светског пола кроз небеско тело (деклинацијског полукруга) и равни полукруга повученог из светског пола кроз тачку пролећне равнодневице која лежи на екватору (почетног деклинацијског полукруга). Ову тачку назвали су по томе што се Сунце налази у њој 21. марта, кад је дан једнак ноћи. Ректасцензија се обележава словом α и рачуна се од тачке пролећне равнодневице супротно казаљки на часовнику, тј. у сусрет привидном дневном обртању неба. И географоку дужину и ректасцензију zgodније је израчунавати не у степенима, већ у временским јединицама, користећи се тиме што Земља и привидна небеска сфера за 24 часа начине један пун обрт од 360° . Одатле се добијају везе:

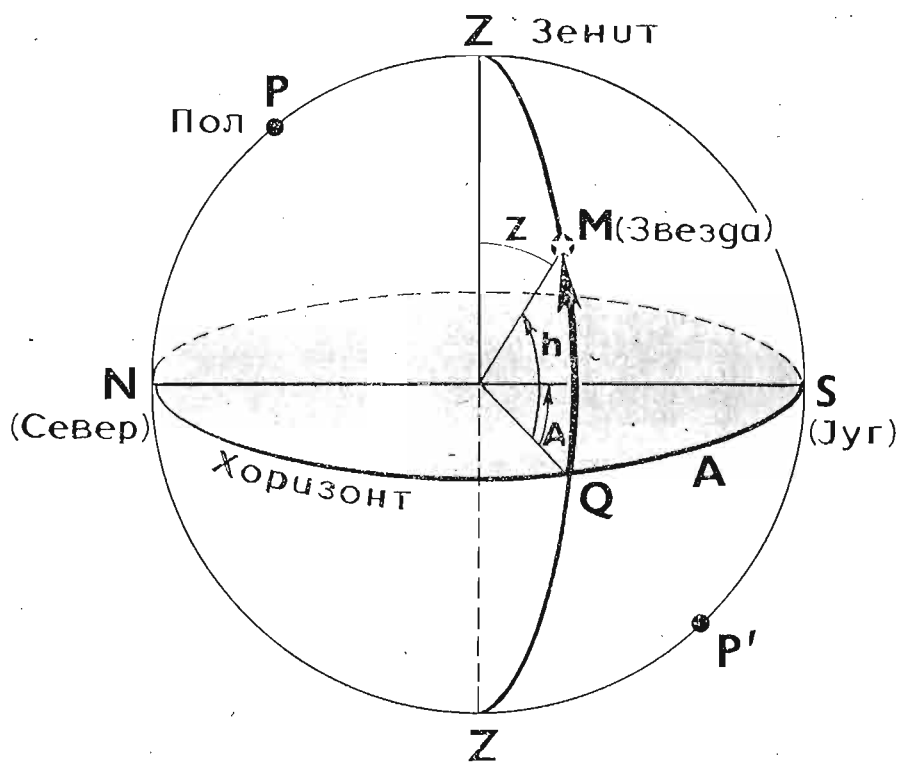
$$\begin{aligned} 360^\circ &= 24^h \\ 15^\circ &= 1^h \\ 1^\circ &= 4^m \\ 15' &= 1^m \\ 15'' &= 1^s \end{aligned}$$

На пример, географска дужина или ректасцензија од $3^h 10^m 20^s$ износи $47^\circ 35' 00''$. Лако је схватити да звезде кулминирају једна за другом по реду растења њихове ректасцензије.

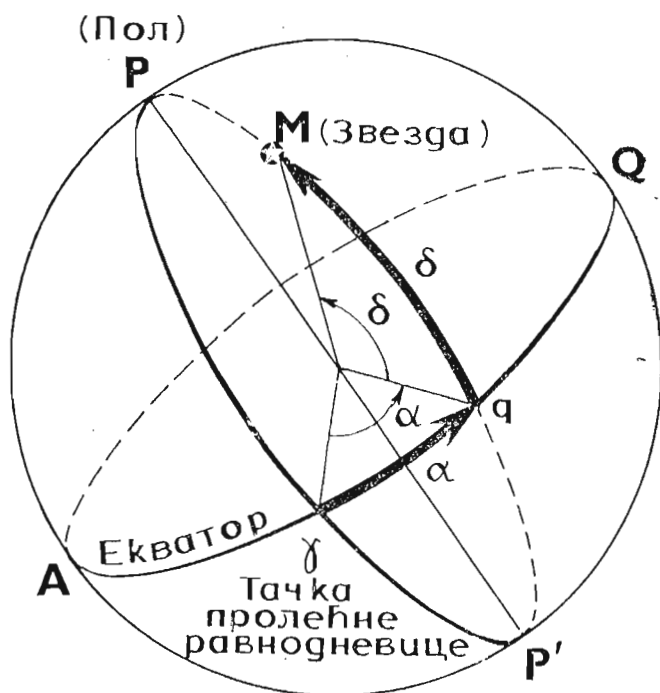
Ректасцензија и деклинација (α , δ) називају се *екваторским координатама*, и код звезда се мењају тако споро да их можемо сматрати непромењеним ако нам није потребна висока тачност. Тачка пролећне равнодневице учествује у привидном дневном кретању целог звезданог неба. Зато положај звезда према екватору и тачки пролећне равнодневице не зависи ни од доба дана, ни од посматрачевог положаја на Земљи. У прилогу IV дат је преглед координата α и δ неких сјајних звезда. Та иста координатна мрежа приказана је и на помичној карти звезданог неба. Сунце, Месец и планете стално се привидно померају на залеђу звезданог неба. Зато оне нису унете на карту (њихове координате за сваки дан у години објављују се у астрономским годишњацима).

22. ХОРИЗОНТСКИ КООРДИНАТНИ СИСТЕМ

Хоризонтске координате небеског тела непрекидно се мењају у току времена и, сем тога, зависе од посматрачевог положаја на Земљи, зато што се у односу на васионски простор раван хоризонта за дато место на Земљи обрће заједно с њом. Одређивање времена и посматрачевог положаја на Земљиној лопти (оријентација) захтевају да се једном измере хоризонтске координате небеских тела путем посматрања. На слици 38 представљена је половина привидне небеске сфере која се види над хоризонтом. Хоризонтске координате M биће: *висина* h , која се мери луком GM — или угловним растојањем тачке M од хоризонта, и *азимут* A — који се мери луком SQ који се рачуна од



Слика 38. — Координатни систем — хоризонтски: висина h , азимут A



Слика 38а. — Координатни систем — небеско-екваторски: ректасцензија α , деklinација δ

јужне тачке S ка западу) или углом између небеског меридијана и вертикалног круга који пролази кроз тачку M .

Место висине h често се употребљава зенитска даљина z једнака $90^\circ - h$, која представља углавно растојање тачке M од зенита. Висина, зенитска даљина и азимут изражавају се у степенима.

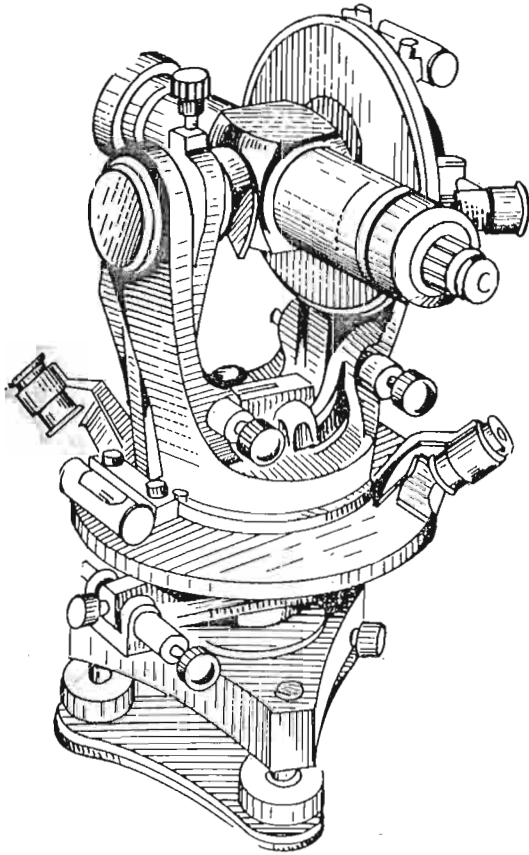
23. МЕТОДЕ ПРАКТИЧНОГ ОДРЕЂИВАЊА КООРДИНАТА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

Хоризонтске координате небеских тела мере се помоћу универзалног инструмента, који се, кад је мањих размера, зове теодолит (сл. 39). Он се састоји из малог дурбина и има хоризонтални и вертикални круг са углавном поделом на којима се читају азимути, односно висине небеских тела.

За то је потребно индексе ових кругова поставити тако да на хоризонталном кругу индекс показује 0° када је дурбин у равни меридијана и уперен ка југу, а индекс вертикалног круга 0° када је дурбин у хоризонталном положају (што се може проверити либелом).

Хоризонтске координате небеских тела мере се ради одређивања времена или географских координата разних тачака на Земљи, што захтева превоз инструмента с места на место. Стога се теодолити специјално подешавају да се могу преносити.

Екваторске координате мере се тачнијим инструментом — меријанским кругом.



Слика 39. — Теодолит — инструменат за мерење висина и азимута

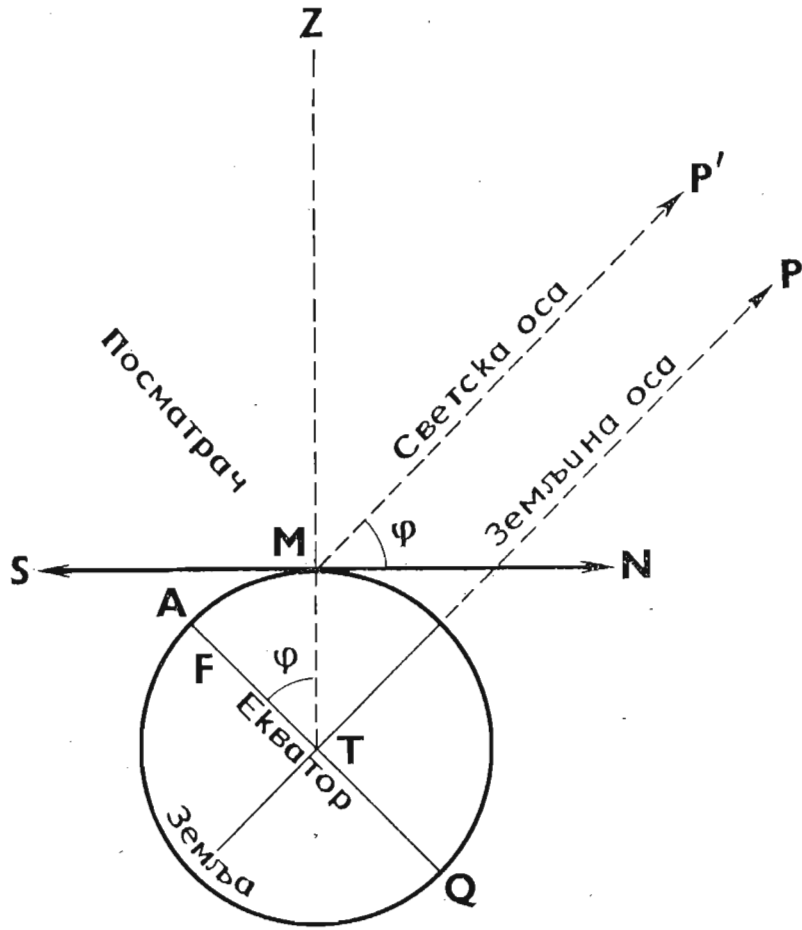
24. ВЕЗА ИЗМЕЂУ ВИСИНЕ ПОЛА НАД ХОРИЗОНТОМ И ИЗГЛЕДА НЕБА СА ГЕОГРАФСКОМ ШИРИНОМ МЕСТА

1. Висина пола и географска ширина. Померајући се по Земљи са севера на југ запазићемо да се Северњача спушта све више ка хоризонту. Може се доказати да је угловна висина светског пола над хоризонтом или краће, висина светског пола, једнака географској ширини места посматрања.

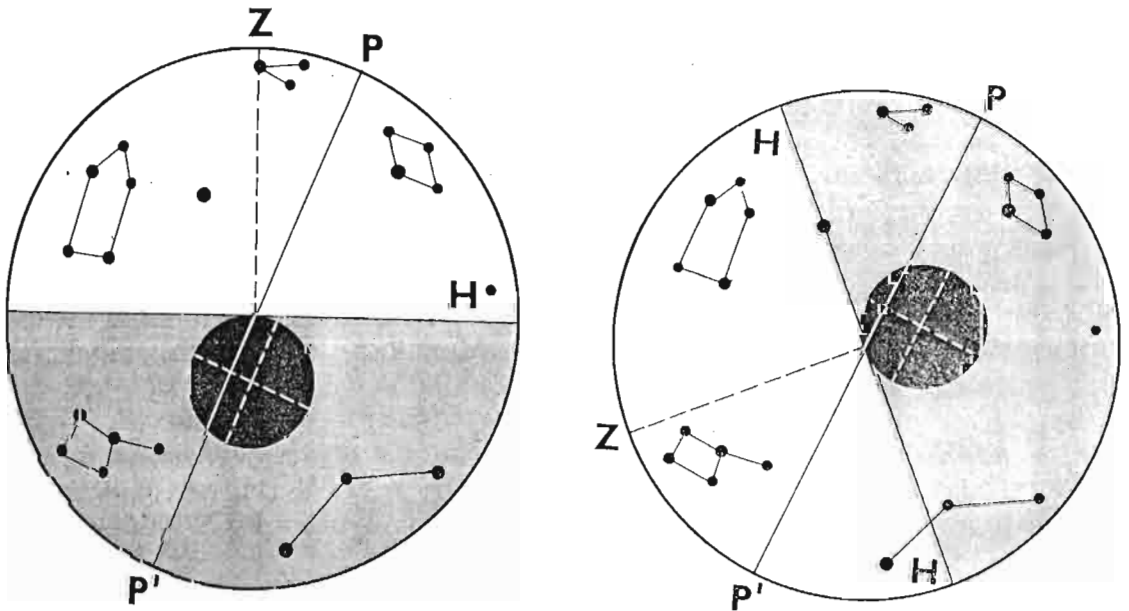
На сл. 40 представљена је Земљина лопта пресечена равни меридијана места посматрања. Посматрач из тачке M видеће светски пол у правцу светске осе MP' , која је паралелна Земљиној оси TP . Хоризонтска раван која додирује Земљину лопту биће на нашем цртежу приказана правом SMN , која у тачки M додирује круг који представља Земљину лопту; AQ је Земљин екватор, $ТС$ — вертикала у тачки M и зато угао ATM представља географску ширину, φ тачке M .

Угао PMN између светске осе и хоризонтске равни представља висину светског пола. Оштри углови $P'MN$ и ATM (тј. географска ширина) једнаки су међу собом као углови са узамајно управним крацима.

Видимо да се практично може одредити географска ширина места ако се измери висина светског пола. У ту сврху треба измерити висину Северњаче у горњој и доњој кулминацији и увести поправку за угловно одстојање Северњаче од светског пола.

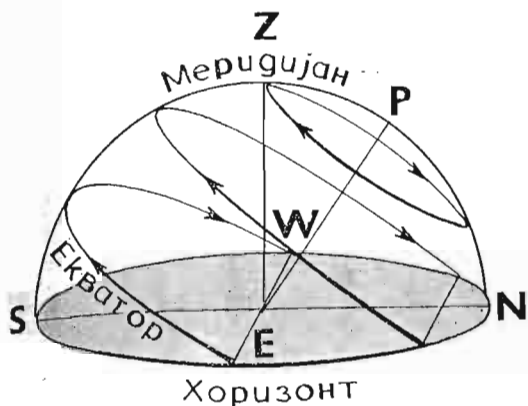


Слика 40. — Нагиб светске осе према хоризонту једнак је географској ширини места посматрача

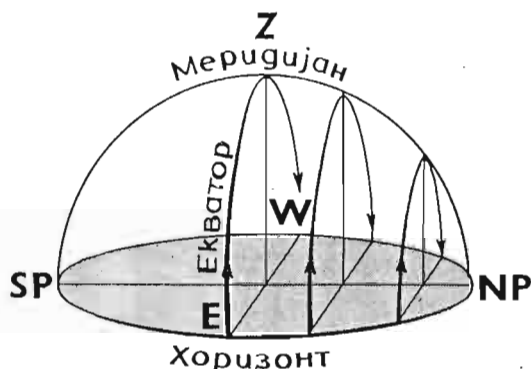


Слика 41. — Области простора који се виде над хоризонтом када се посматрач налази: лево — на некој тачки на северној полулопти; десно — на некој тачки на јужној полулопти

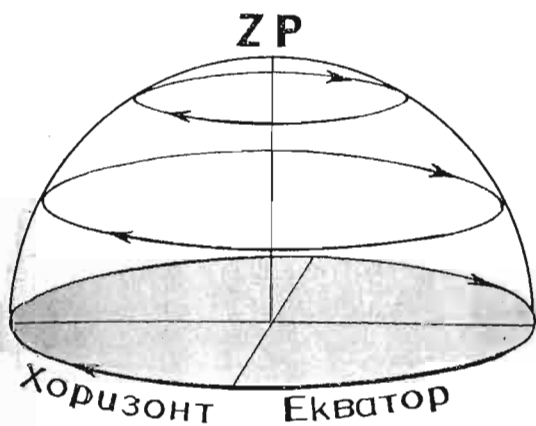
2. Изглед звезданог неба у зависности од посматрачева положаја на Земљи. Као што смо малочас видели, нагиб светске осе према хоризонту (висина пола) једнак је географској ширини места посматрања. Ово треба имати у виду када се црта небеска сфера за одређено место; положај тачака и линија небеске сфере према хоризонту зависиће од ширине места (сл. 41).



a)



б)



в)

Слика 42. — Привидне дневне путање звезда према хоризонту за посматрача који се налази: а) на средњим ширинама; б) на екватору; в) на Земљиним половима

На основи реченог, лако је утврдити следеће.

На средњим ширинама, на пример у Југославији, светска оса и небески екватор нагнути су према хоризонту, па су зато према хоризонту нагнуте и привидне дневне путање звезда (сл. 42). Звезде, које су удаљене од пола највише φ степена (где је φ географска ширина), тј. звезде чије су деклинације веће од $90^\circ - \varphi$, никада неће залазити. Звезде које су удаљене од светског пола више од φ степена, залазиће и излазиће. Звезде са јужне небеске полусфере, које се налазе јужније (испод) малог круга паралелног екватору који пролази кроз тачку S, никада неће излазити; оне су са ширине φ невидљиве.

На Земљином екватору светска оса лежи у равни хоризонта и поклапа се са подневачком линијом, а светски полови са северном и јужном тачком (сл. 42). Небески екватор је управан на хоризонту и пролази кроз зенит Z . Привидне дневне путање свих звезда управне су на хоризонту, а свака звезда проведе пола дана над хоризонтом, а пола дана под хоризонтом. Тамо нема звезда које не излазе и које не залазе. На пример сазвежђе Велики медвед, за које смо навикли да никад не залази, тамо такође залази.

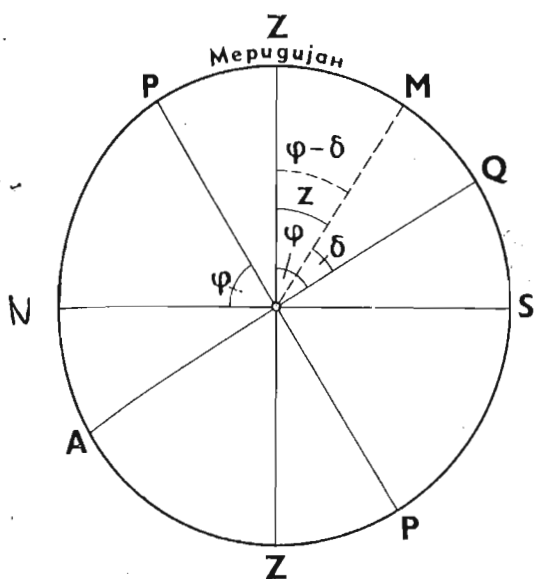
На Земљиним половима небески екватор поклапа се са хоризонтом, а светска оса са вертикалом, источна и западна тачка, као тачке пресека екватора и хоризонта, тамо нису одређене. Меридијан, који пролази кроз светску осу и вертикалу, тамо такође није одређен, а у вези с тим губе смисао и појмови као што су јужна, северна, западна и источна тачка.

На северном Земљином полу Северњача сија близу зенита. Привидне дневне путање звезда су паралелне хоризонту, ниједна звезда не залази нити излази. Звезде са јужне полусфере су невидљиве.

25. ЗЕНИТНЕ ДАЉИНЕ НЕБЕСКИХ ТЕЛА У ТРЕНУТКУ ЊИХОВЕ КУЛМИНАЦИЈЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОГРАФСKE ШИРИНЕ

Зенитну даљину небеског тела у датом месту у тренутку његове горње кулминације, ако је позната његова деклинација, можемо израчунати на следећи начин. На сл. 43 представљена је небеска сфера. Нека се у тренутку горње кулминације небеско тело налази у тачки M . Тада је лук QM деклинација небеског тела, док је AQ — небески екватор — управан на светској оси PP' . Лук QZ једнак је луку NP и једнак географској ширини места. Очеvidно да је зенитна даљина z представљена луком ZM : $z = \varphi - \delta$.

Када небеско тело кулминира северно од зенита z (тј. када је тачка M између Z и P), онда је $z = \delta - \varphi$.



Слика 43. — Висина небеског тела у горњој кулминацији

Ове две формуле омогућују да се унапред зна зенитна даљина небеског тела са познатом деклинацијом у тренутку кулминације у месту са познатом ширином φ .

Описани рачун представља најпростији пример рачунског предвиђања небеских појава, а астрономија се, као што је познато, поноси тачношћу својих предвиђања.

Вежбање 5.

1. Ректасцензија једне звезде износи 3^h , а друге $5^h 18^m$. После колико времена ће друга звезда кулминирати после прве?

2. Географска ширина места је 35° . Колико је у том месту светски пол удаљен од зенита?

3. Географска ширина места је 57° . На коме ће се растојању од зенита меридијан сећи са екватором? Колика је у томе месту висина највише тачке екватора над хоризонтом?

4. Географска ширина Београда је приближно 45° . Може ли се из њега видети над хоризонтом сјајна звезда Сапорус (кад се зна да је њена деклинација $\delta = -52^\circ 40'$?)

5. Географска ширина Лењинграда је 60° . Могу ли се из њега видети обе кулминације звезде Вега, кад је њена деклинација $\delta = +39^\circ$?

26. ПРИВИДНО ГОДИШЊЕ КРЕТАЊЕ СУНЦА ПО ЕКЛИПТИЦИ

1. Годишње промене подневне висине Сунца и изгледа звезданог неба. Свакоме је добро познато да се висина Сунца над хоризонтом у подне, тј. његова висина у горњој кулминацији, мења у току године. Сунце се диже лети врло високо, највиши положај оно заузима 22. јуна. Овај дан (најдужи) назива се дан *летњег солстиција*. После њега Сунце из дана у дан кулминира све ниже и ниже. Најнижа његова горња кулминација догађа се 22. децембра: тај дан (најкраћи) зове се дан *зимског солстиција*. 22. децембар је најкраћи дан зато што је тога дана део Сунчеве привидне дневне путање над хоризонтом најкраћи: оно касно излази а рано залази. Око 21. марта и 23. септембра висина Сунца у горњој кулминацији налази се по средини између његове висине у летњем и висине у зимском солстицију, а обданица по дужини једнака је ноћи. Зато се 21. март назива *дан пролећне равнодневице*, а 23. септембар *дан јесење равнодневице*.

Ако се висина Сунца у кулминацији мења, значи мења се и његов положај на небеској сфери у односу на светски пол и небески екватор. Насупрот томе, звезде заузимају непроменљиве положаје у односу на светски пол и небески екватор и свака кулминира на одређеној, увек истој висини над хоризонтом. Из истога разлога свака звезда излази и залази у истим тачкама хоризонта. Међутим, Сунце залази, на пример, лети на северозападу, зими на југозападу, а у дане равнодневица у западној тачки.

У дане равнодневица Сунце се налази на небеском екватору. У самој ствари, у те дане Сунце излази у источној, а залази у западној тачки, а у тим тачкама се и небески екватор сече са хоризонтом.

Пошто лети Сунце у подне има већу висину од $90^\circ - \varphi$, тј. висину већу од висине на којој небески екватор пресеца меридијан, значи да се Сунце у то време налази на екватору (на северној полусфери). Зими се, пак, Сунце налази на јужној небеској полусфери (под небеским екватором). Меримо ли угломерним инструментом подневне висине Сунца, видећемо да највеће Сунчево углавно удаљење од небеског екватора према северу износи $23^\circ 27'$ (22. јуна) и исто толико његово удаљење јужно од екватора (22. децембра). Другим речима, *Сунчева деклинација се мења од $+23^\circ 27'$ до $-23^\circ 27'$.*

Међутим Сунце се помера по небеској сфери у току године не само у односу на небески екватор већ и у смеру супротном привидном дневном обртању небеске сфере. Ово његово привидно годишње кретање, веома споро, не треба мешати са његовим привидним дневним, релативно брзим кретањем у смеру казаљке на часовнику. *Привидно годишње кретање Сунца супротно је привидном дневном кретању.*

У ово се можемо уверити ако запазимо које звезде кулминирају у поноћ, тј. која се сазвежђа налазе на небеској сфери на страни супротној Сунцу. Ова се сазвежђа стално мењају у току године. Зими у поноћ кулминирају звезде из једних сазвежђа, а лети из других.

Осим тога, може се запазити и ово: ако неко сазвежђе кулминира на пример 6 часова после Сунца, онда ће после месец дана то сазвежђе кулминирати већ после 4 часа, а још касније оно се уопште неће видети, јер ће се сакрити у Сунчевим зрацима. Значи, Сунце се померило на небеској сфери ка томе сазвежђу са запада на исток (супротно ка казаљки на часовнику). После извесног времена уочено сазвежђе ће се све раније појављивати изнад хоризонта предњачећи Сунчевим изласцима.

2. Еклиптика и зодијак. Ако упоредимо сва описана посматрања, доћи ћемо до закључка да се Сунце у току године помера по небеској сфери по великом кругу чија је раван нагнута према равни небеске сфере за $23^\circ 27'$.

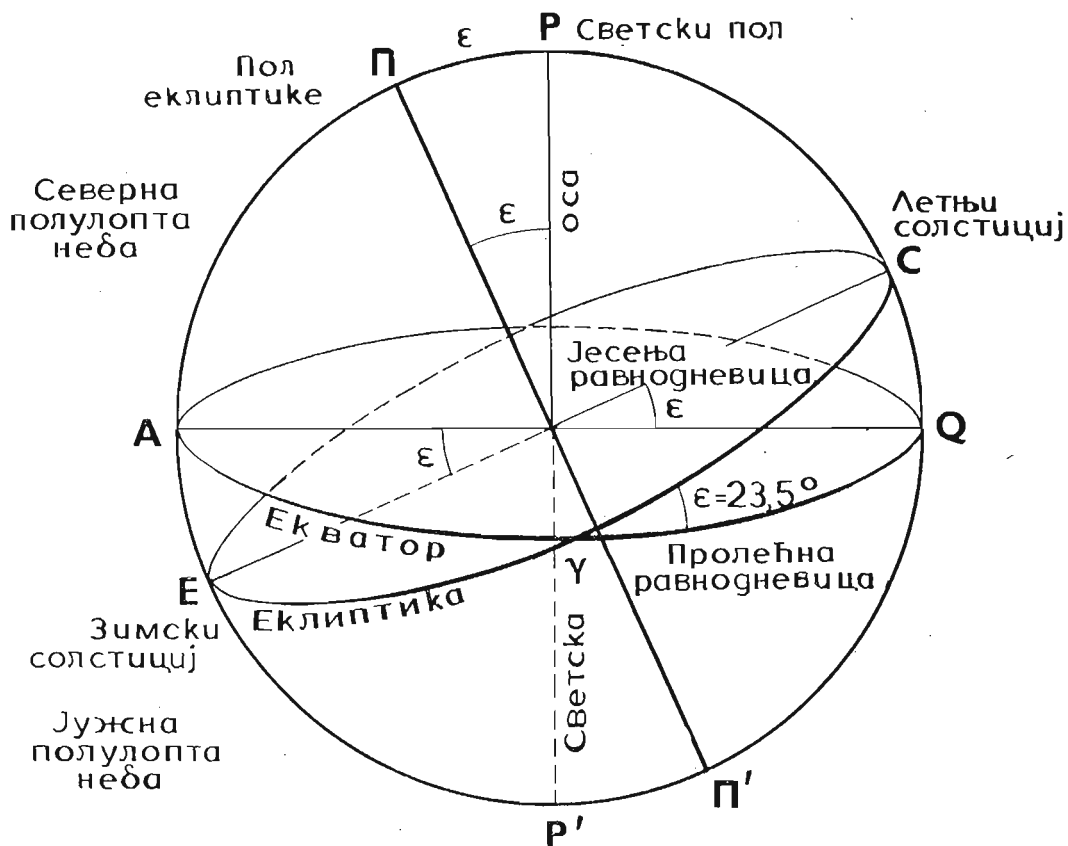
Еклиптиком се назива велики круг небеске сфере по коме се у току године привидно помера Сунчево средиште (сл. 44). У току године Сунце изврши пун обилазак по еклиптици крећући се супротно казаљки на часовнику. За један дан Сунце се помери по еклиптици ка истоку за $360^\circ : 365$, тј. приближно за 1° просечно.

Тачке пресека еклиптике са небеским екватором називају се тачкама пролећне и јесење равнодневице, већ према томе када се у њима Сунце налази.

Тачка пролећне равнодневице обележава се знаком γ , а тачка јесење равнодневице знаком $\text{—}\bigcirc\text{—}$. Тачке солстиција на еклиптици удаљене су од тачака равнодневица за 90° и највише од свих су удаљене од екватора.

Годишње Сунчево кретање по еклиптици је привидна појава изазвана Земљиним правим обилажењем око Сунца.

При обртању небеске сфере положај еклиптике према хоризонту стално се мења, зато се на цртежу небеске сфере са хоризонтом и меридијаном еклиптика обично не приказује.



Слика 44. — Еклиптика и екватор

У данашње време тачка пролећне равнодневице налази се у сазвезђу *Рибе*, тачка јесење равнодневице у сазвезђу *Девојке*.

Дванаест сазвезђа кроз које пролази еклиптика образују зодијачки појас и називају се зодијачким сазвезђима (зодијак је грчка реч и значи „животињски круг“). Та су сазвезђа: *Рибе*, *Ован*, *Бик*, *Близанци*, *Рак*, *Лав*, *Девојка*, *Вага*, *Скорпија*, *Стрелац*, *Јарац* и *Водолија*. Можете их наћи на карти звезданог неба на крају књиге.

Око поноћи на јужној страни неба налази се оно зодијачко сазвезђе које је датог месеца супротно од Сунца. На пример у новембру Сунце се налази у сазвезђу *Скорпије* и око поноћи кулминирају звезде из сазвезђа *Бика*, које је супротно сазвезђу *Скорпије*. Око подне кулминира оно зодијачко сазвезђе у коме се у то време налази Сунце, али се оно може видети у то време само у случају потпуног Сунчевог помрачења.

Вежбање 6.

1. Чему је једнака (у степенима) подневна висина Сунца у вашем месту 22. VI, 23. IX и 22. XII?

2. Географска ширина Љубљане је $+46^\circ$ а Битоља је $+41^\circ$. Одредите (конструктивно) подневне висине Сунца у тим градовима на дан летњег и зимског солстиција и упоредите их.

27. ПРОМЕНА ПРИВИДНЕ ДНЕВНЕ ПУТАЊЕ СУНЦА НАД ХОРИЗОНТОМ НА РАЗНИМ ШИРИНАМА

Како се у нашим ширинама привидна дневна путања Сунца према хоризонту мења од пролећа до лета, а затим до зиме, говорило се у одељку 26.

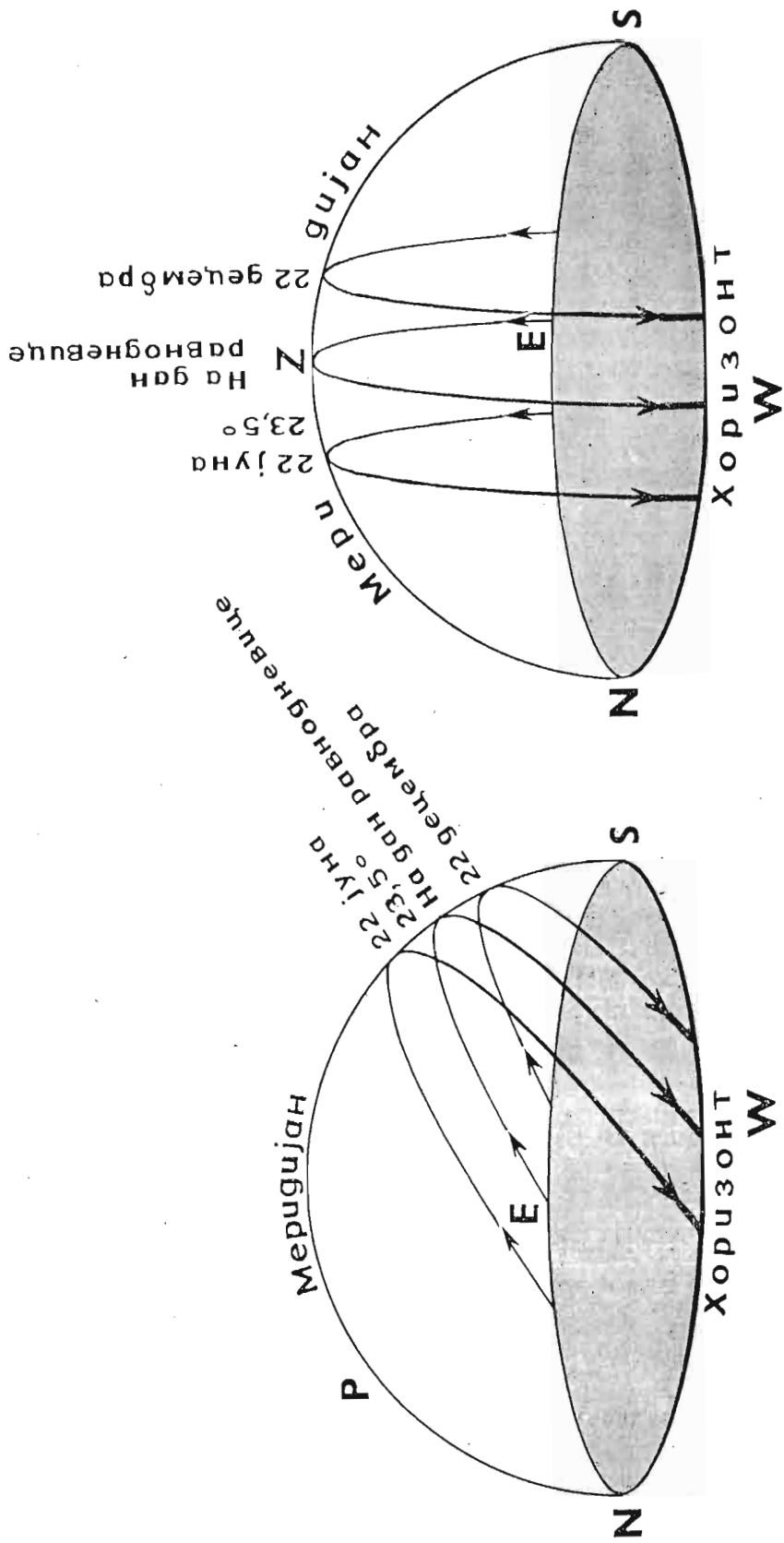
Што се тиче промена дневне путање Сунце на разним географским ширинама у току године, оне се могу објаснити уз помоћ слике 43. У тачки Q Сунце кулминира у подне у дане равнодневица, јер се у те дане оно налази на небеском екватору. На дан летњег солстиција оно кулминира $23^{\circ} 27'$ више, а на дан зимског солстиција $23^{\circ} 27'$ ниже (допуните цртеж дневним паралелима Сунца у дане солстиција). Дневне путање Сунца над хоризонтом у средњим географским ширинама приказане су на сл. 45, лево.

Одредимо сада за које вредности угла φ , тј. на којој географској ширини Сунце може имати горњу кулминацију у зениту. Са сл. 43 јасно је да је то могуће на ширинама од $+23,5^{\circ}$ до $-23,5^{\circ}$ у дане када је Сунчева деклинација једнака географској ширини места (угловној даљини тачке Q небеског екватора од зенита). После подробног изучавања питања уверићемо се у следеће: на Земљином екватору Сунце, као и сва друга небеска тела, увек излази и залази управно на хоризонт (слика 45). Зато је тамо целе године дан једнак ноћи (хоризонт дели дневну путању Сунца напола), а сумраци су врло кратки. Сунце се брзо спушта под хоризонт. У подне Сунце доспева у зенит два пута у години, у дане равнодневица, када је његова деклинација једнака нули.

На Земљи постоје места где Сунце само једанпут доспева у подне у зенит. То се догађа 22. јуна на географској ширини $+23^{\circ} 27'$. Овај географски паралел назива се *Раков повратник*. У подне 22. децембра Сунце је у зениту у местима која се налазе на јужном паралелу $-23^{\circ} 27'$, који се назива *Јарчев повратник*. Ови су географски паралели добили своје називе у старини у вези с тим што је Сунце кулминирало у зениту на повратницима у доба када је пролазило кроз сазвежђа Рак и Јарац, у којима су се тада налазиле тачке летњег и зимског солстиција. За неколико протеклих хиљада година од тада ове су се тачке помериле у сазвежђа Близанци и Стрелац. Назив повратник везан је с повратним кретањем Сунца у односу на небески екватор.

На Земљиним половима, када се Сунце налази над хоризонтом који се овде поклапа са небеским екватором, она свакодневно описује кругове скоро паралелне хоризонту. Као што знамо, на северној Земљиној полулопти ово траје пола године, од 21. марта до 23. септембра. Како се од 21. марта до 22. јуна Сунце непрекидно издиже над небеским екватором, прелазећи са јужне на северну небеску полусферу, то долазимо до следећег закључка:

На северној Земљиној полулопти Сунце излази једанпут у години, око 21. марта, и не залазећи пола године описује свакодневно пун круг над хоризонтом, издижући се све време на све већу висину од 22. јуна. Другим речима, Сунце описује на небу благо нагнуте завоје једне завојнице. Од 22. јуна до 23. септембра Сунце се по истој завојници постепено спушта према хоризонту и после 23. септембра пола године се не показује над хоризонтом. Пола године је на полу ноћ, а пола године дан.



Слика 45. — Кретање Сунца над хоризонтом у разним годишњим добима за посматрача који се налази на средњим ширинама (лево) и на Земљиним екватору (десно)

Што се више удаљавамо од северног пола на југ, појављује се у току године све више дана када Сунце излази и залази, али ипак лети постоји период када много дана оно не залази, а зими период од много дана када оно уопште не излази. Такве појаве, на пример доњу кулминацију Сунца у поноћ, можемо посматрати из места које се налази на Земљи северније од северног поларног круга (Мурманск и др.).

Није тешко увидети да на Земљи постоје и таква места где Сунце само једанпут годишње, 22. јуна, не залази, већ само додирује хоризонт (у северној тачки) у тренутку своје доње кулминације (у поноћ). 22. децембра, и само тога дана, у тим местима Сунце не излази, већ у подне само додирује јужну тачку остајући под хоризонтом. Ова се места налазе на Земљи на географском паралели $+66^{\circ} 33'$, који се назива *северни поларни круг*. На јужном Земљином полу могу се посматрати те исте појаве као и на северном полу, само тамо поларни дан траје од 23. септембра до 21. марта, а ноћ од 21. марта до 23. септембра. На јужном поларном кругу ($-66^{\circ} 33'$ јужне ширине) дан без Сунчевог излаза је 22. јуни, а дан без Сунчевог залаза је 22. децембар. У местима која се налазе само мало јужније од северног поларног круга, на пример у Лењинграду, Сунце се око 22. јуна ноћу спушта под хоризонт, али не за дуго и не дубоко. Зато његови зраци испод хоризонта јако осветљавају атмосферу („беле ноћи“).

Из свега што је речено јасно је (и треба добро запамтити) да време излаза и залаза Сунчево не зависи само од доба године већ и од географске ширине на којој се налази посматрач. За то време Сунчево излази и залази, који се дају у обичним календарима, могу бити тачни само за једну одређену географску ширину, а не за читаву територију једне државе.

28. ЗЕМЉИНО ОБИЛАЖЕЊЕ ОКО СУНЦА И ЊЕГОВЕ ПОСЛЕДИЦЕ

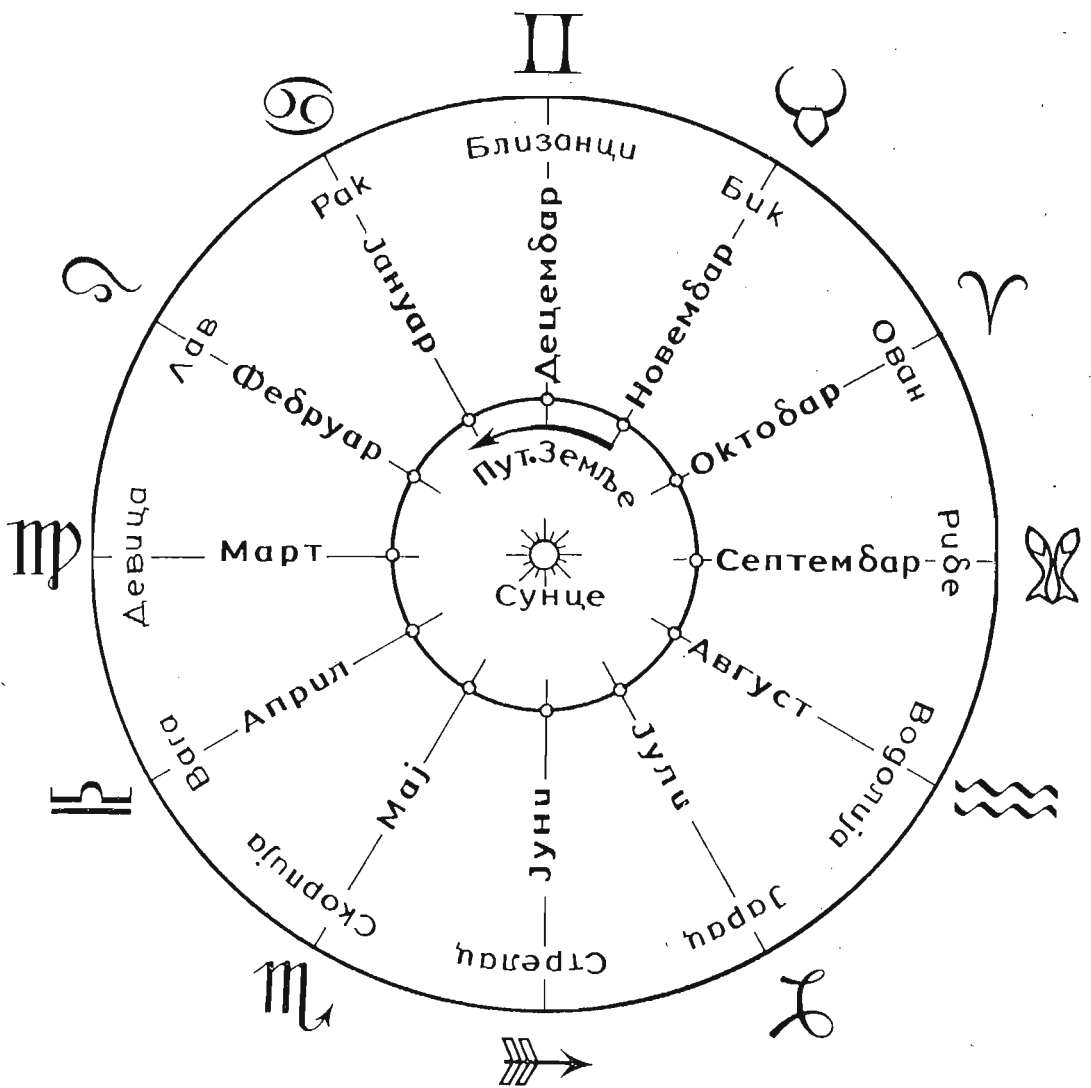
Привидно годишње кретање Сунчево по еклиптици и све појаве везане с њим, описане у претходном параграфу, изазване су тиме што се у ствари Земља креће око Сунца. Свој обилазак она изврши за годину дана.

Пут који Земља опише око Сунца назива се њеном путањом или орбитом.

Оса Земљиног дневног обртања нагнута је према равни еклиптике за $66^{\circ} 33'$, а раван екватора нагнута је према равни еклиптике за угао од $90^{\circ} - 66^{\circ} 33' = 23^{\circ} 27'$. Оса Земљиног дневног обртања остаје у току Земљиног кретања паралелна сама себи не мењајући нагиб према равни Земљине путање.

Како ми не осећамо своје кретање заједно са Земљом, нама се чини да смо непокретни, а да се Сунце помера по еклиптици. На тај начин је *Сунчево кретање по еклиптици само одраз Земљиног кретања*. Ово се може објаснити ако се разгледа сл. 46, на којој је у равни приказано Земљино кретање.

Познато је да од висине Сунца над хоризонтом зависи количина топлоте која пада на дату површину. Уколико се Сунце више издиже

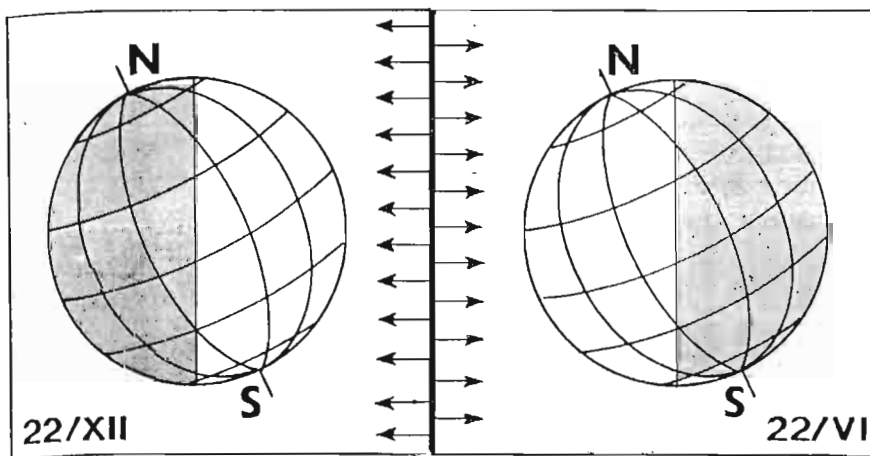
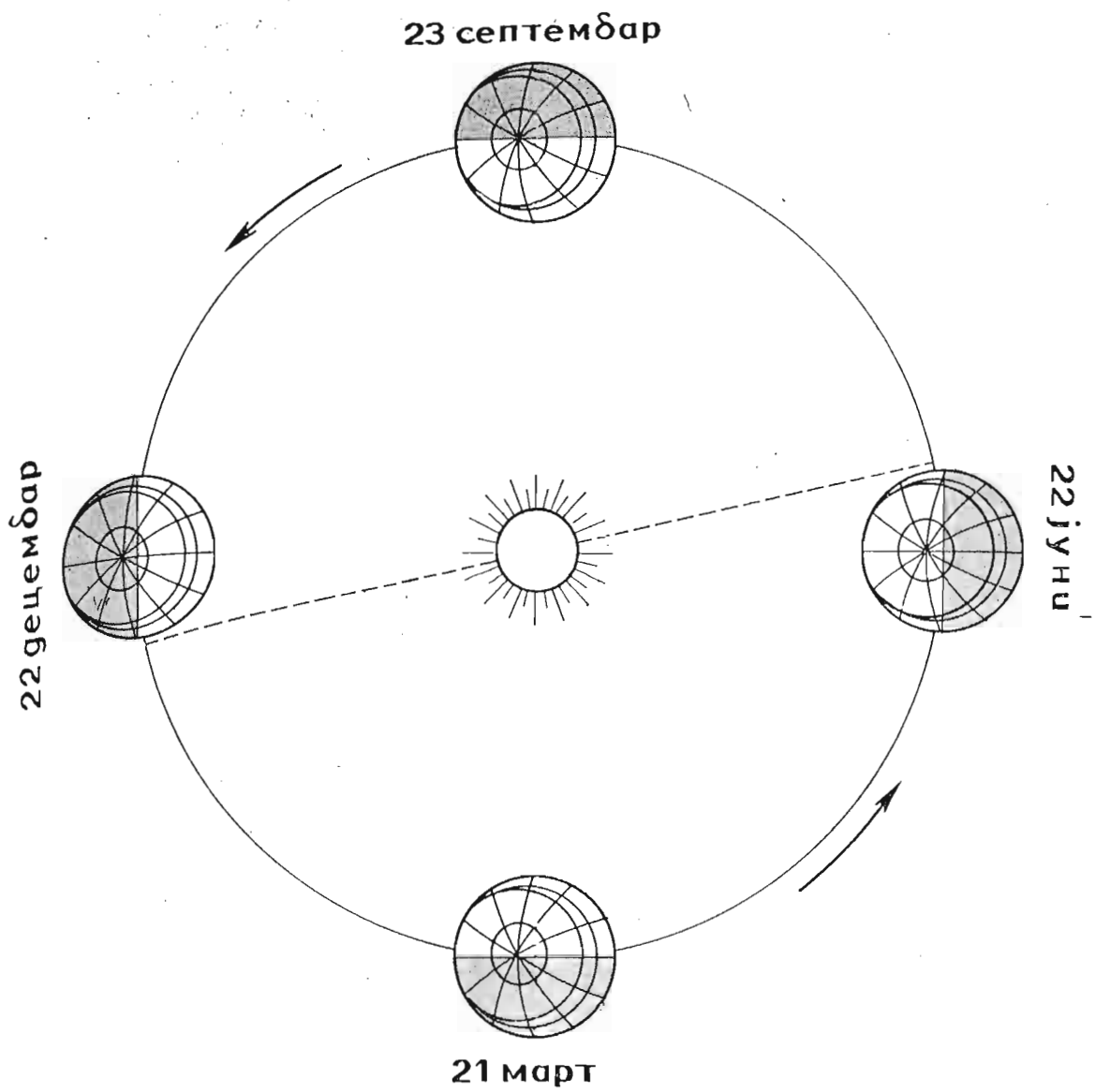


Слика 46. — Кретање Сунца по еклиптици кроз зодијакална сазвежђа је одраз Земљина кретања око Сунца

над хоризонтом, утолико оно топлије греје. Различитом висином Сунца на разним местима Земљине лопте објашњава се то што на Земљи постоје различити *топлотни појасеви*: жарки, умерени и ледени. У вези с тим, исто тако, сваке године наступају хладна и топла *годишња доба*, прелазећи поступно једно у друго. Ова се природна појава назива *смена годишњих доба*.

Узрок ових промена је у томе што је Земљина оса нагнута према равни Земљине путање, али не мења свој правац при Земљином обилажењу око Сунца.

Погледајмо сл. 47. Десно на слици је северни крај Земљине осе, нагнут ка Сунцу. Овај Земљин положај одговара лету на северној Земљиној полулопти а зими на јужној полулопти. Сунчеви зраци падају на северну полулопту под већим углом и зато је јаче загревају, као што дању јаче загревају Земљу него изјутра када Сунчеви зраци падају под мањих нагибом.



Слика 47. — Схема смене годишњих доба

У том положају северна поларна област је много дана осветљена Сунцем које не залази. У исто време јужна поларна област много дана остаје без Сунчеве светлости. Тамо је тада дуга поларна ноћ.

На средњим ширинама северне полулопте, при дневном обртању Земље, свака тачка њене површине описује велики део пута под Сунчевим зрацима, тј. дан је дужи од ноћи.

На јужној Земљиној полулопти слика је обрнута. На њу Сунчеви зраци падају под малим нагибом, дани су кратки, ноћи дуге, тамо је зима.

Лети је угао између правца ка Сунцу и равни екватора највећи и износи $23,5^\circ$. Подневна висина Сунца почетком лета је највећа и, на пример у Београду, достиже $68^\circ 48'$ (по формули из параграфа 25: $23^\circ 27' + (90^\circ - 44^\circ 48')$, где је $44^\circ 48'$ географска ширина Београда).

Положај Земље у зимском солстицију за северну полулопту приказан је лево. Може се рећи да је на северној Земљиној полулопти у том положају оно исто што је у претходном излагању речено о јужној полулопти.

Земљин положај у тренутку пролећне равнодневице приказан је на слици у доњем делу путање. При том Земљином положају Сунчеви зраци падају управно на Земљин екватор. Сунце се налази на Земљиним екватору. На средњим ширинама обеју Земљиних полулопти Сунчеви зраци падају под углом који је мањи од онога под којим падају лети, а већи од угла под којим падају зими. Са оба Земљина пола Сунце се види у равни хоризонта, јер је ова раван тангентна за Земљину лопту и на половима паралелна равни екватора.

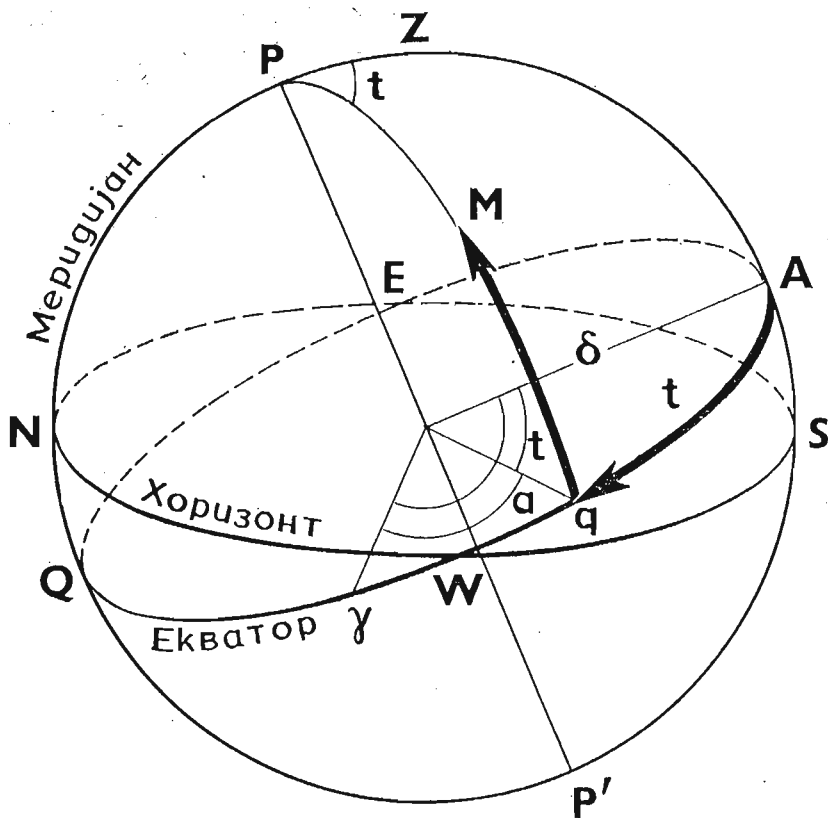
Сунце се налази веома далеко од Земље, а не онако како је приказано на слици. Зато су његови зраци који стижу на Земљину површину скоро паралелни међу собом. Према томе, налазећи се на дан пролећне равнодневице на небеском екватору, Сунце се у исто време налази и у равни хоризонта за посматраче који се налазе на Земљиним половима. Исти је такав Земљин положај за Сунчеве зраке и на дан јесење равнодневице.

У дане равнодневица граница између дана и ноћи пролази кроз оба Земљина пола и при обртању Земље око осе свака тачка на Земљи описује једнаку путању по осветљеној и тамној страни Земље, тј. на целој Земљи дан мора бити једнак ноћи.

29. МЕРЕЊЕ ВРЕМЕНА

1. Часовни угао и мерење времена. За мерење времена користимо се строго периодичним појавама у природи: дневним обртањем Земље око њене осе и њеним годишњим обилажењем око Сунца.

Непрекидне промене положаја небеских тела према посматрачевом меридијану објашњавају се Земљиним обртањем. По промени положаја небеских тела на небу може се одредити за који се угао Земља обрнула око њене осе, а по њему и тренутак у дану. За мерење времена користи се појам часовног угла. На слици 48 приказане су екваторске координате и часовни угао t , као угао између деклинацијског круга неке тачке M и посматрачева меридијана $NPZS$. Услед привидног дневног обртања небеске сфере часовни угао се мења у току времена равномерно и у супротном смеру од ректасцензије α .



Слика 48. — Часовни угао

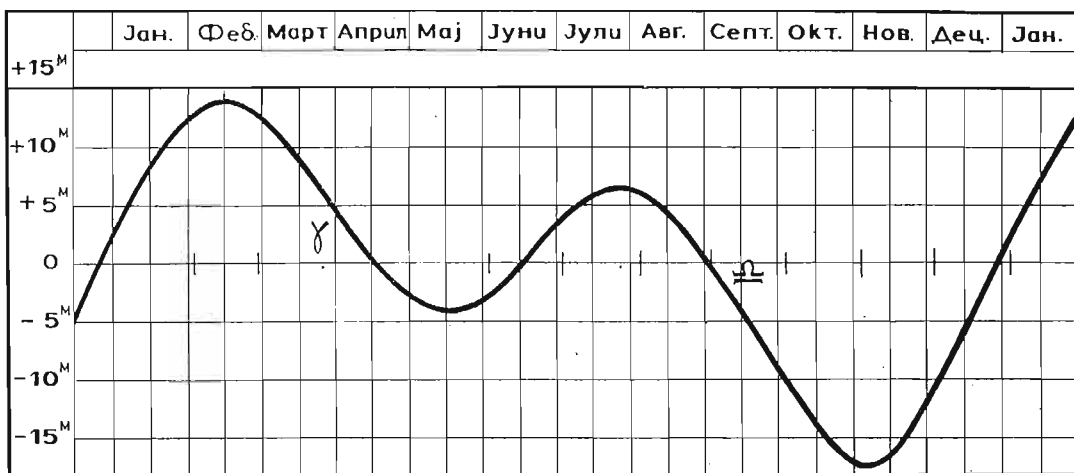
Лук Aq , који се мери у супротном смеру казаљке на часовнику од јужног дела посматрачева меридијана до деклинацијског круга који пролази кроз тачку M , назива се *часовни угао* дате тачке. Часовни угао t изражава се временским јединицама.

Појам часовног угла омогућује нам да тачније формулишемо начин за мерење времена: *право сунчано време рачуна се од подне и мери се часовним углом Сунца*. Овако дефинисано време назива се још и *месно време*, јер је часовни угао Сунца у истом тренутку за места која леже на разним меридијанима различит. На пример када се Сунце налази на меридијану датог места (тамо је месно право подне), за место које лежи западније Сунце још није стигло у меридијан, још није наступило подне. Мерењем часовног угла Сунца, према томе, меримо протекли размак времена.

2. Прави сунчани дан. Распоред радног времена људи везан је за смену дана и ноћи и зато је уобичајено да се време одређује по положају Сунца на небу.

Правим поднем се назива тренутак горње кулминације средишта Сунчевог котура. Правим сунчаним даном назива се временски размак између две узастопне горње кулминације средишта привидног Сунчевог котура.

Дужина правог сунчаног дана мења се у току године због неравномерног кретања Земље по путањи и због нагиба Земљина екуатора према тој путањи. Из речених разлога, дужина правог сунчаног дана мења се на врло сложен начин.



Слика 49. — Графикон промене временског изједначења

Право сунчано време, које се мери часовним углом Сунца, показују само сунчани часовници. Сунчани часовник састоји се из стубића чија се сенка помера по дасци цифарника и игра улогу казаљке на часовнику. На дасци су нацртане праве дуж којих пада сенка стубића у целе часове у току дана. Поред њих су уписани часови. Сунчаних часовника има разних типова, али њихов стубић треба да је уперен увек ка светском полу.

3. Средње сунчано време и временско изједначење. Неједнака дужина сунчаног дана у току године смета нам да користимо право сунчано време. Зато се у пракси користи тзв. *средње сунчано време* које тече савршено равномерно и дели се на часове средњег дана. *Средњи дан је средња дужина свих правих дана у години.*

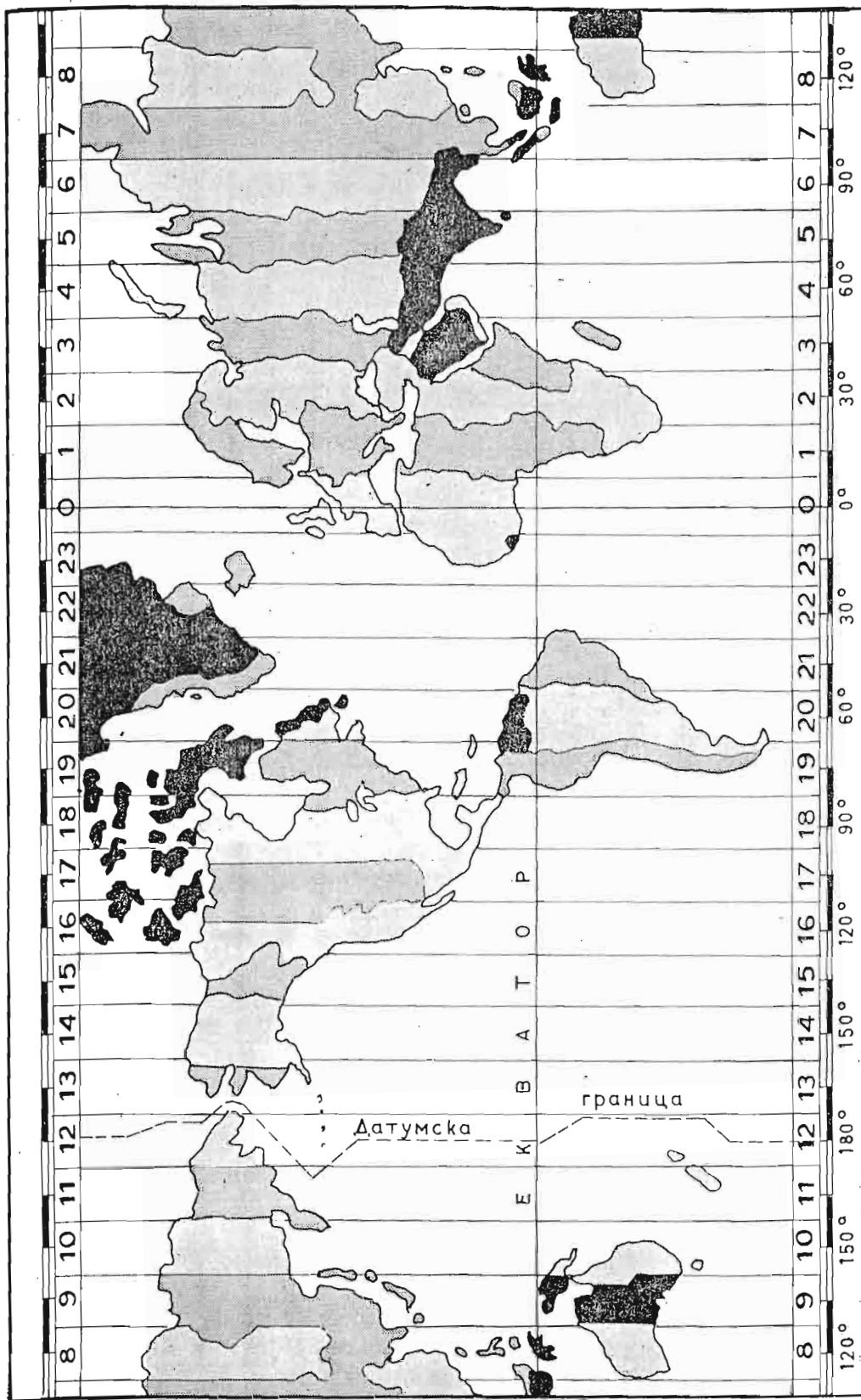
Разлика између *средњег и правог времена* зове се „*временско изједначење*“. Другим речима, временско изједначење је величина коју треба алгебарски (са знаком) додати правом времену да бисмо добили средње време. Промена временског изједначења у току године приказана је на слици 49. Највећа вредност временског изједначења износи $16^m 30^s$ (са знаком минус, око 3. новембра).

Да бисмо добили средње време, на показивање сунчаног часовника, који показује право сунчано време, треба додати временско изједначење са његовим знаком за тај дан. Његову величину је лако прочитати за сваки дан у години са криве на слици 49. Таблице временског изједначења дају се у свим астрономским годишњацима.

30. СИСТЕМИ ЗА ВРЕМЕ

1. Месно, зонско и указно време. Почетак дана рачуна се од поноћи. Ако се служимо месним временом, онда је и у местима која се мало разликују по географској дужини у истом физичком тренутку различито време. Ово ствара многе тешкоће. Зато је скоро у свим земљама усвојен систем *зонског времена*, који се састоји у следећем.

Цела Земљина површина издељена је меридијанима на 24 зоне (сл. 50), тако да се меридијани којима се граниче зоне налазе на раз-



Слика 50. — Карта часовних зона

мацима од по 15° , тј. 1^h . Према томе, месно време на крајевима зоне разликује се од месног времена у средини зоне за пола часа. *Средњи меридијан почетне зоне, тзв. нулти меридијан, је гринички меридијан.* Кренемо ли источно од њега, нижу се прва, друга, трећа итд. часовна зона.

По међународном договору, сви часовници у једној зони дотерани су према месном времену места на средњем меридијану у тој зони. Тако се, на пример: наша земља налази у првој или средњоевропској зони. Када је на местима на средњем меридијану у тој зони подне или 12^h у Пули (чија је географска дужина $0^h 55^m$) је $11^h 55^m$ месног времена, а у Димитровграду (чија је географска дужина $1^h 31^m$) је $12^h 31^m$ месног времена. Међутим у систему зонског времена (у овим примерима је то средњоевропско време) у свим местима се сматра да је 12^h или подне. Знајући географску дужину и редни број зоне (види таблицу V у прилогу) у којој се место налази, лако је наћи разлику између месног и зонског времена.

У првој зони источно од дате, на читавој њеној територији, у истом тренутку је време веће за 1^h . У овом систему, дакле, положај минутних казаљки у свим местима на Земљи која се управљају по зонском времену исти је у истом тренутку: разликују се само положаји часовних казаљки, што зависи од зоне у којој се место налази.

Из разних разлога границе часовних зона нису повучене баш свуда по меридијану, већ по природним или политичким границама. На пример граница између II и III часовне зоне, ако бисмо је повукли по меридијану $2^h 30^m$, секла би Москву; зато је ова граница повучена мало источније, да би рејони Московске области остали у другој зони. Железнички транспорт у целом Совјетском Савезу обавља се, на пример, по реду вожње који је састављен по московском времену.

Због рационалног коришћења електричне енергије и горива и већег радног учинка, а да људи не би мењали своје навике распореда рада у дану, владиним указом из 1930. године у целом Совјетском Савезу померене су часовне казаљке за један час унапред. Време рачунато у оваквом систему зове се *указно време*.

Указно време је зонско време плус један час. У неким областима Совјетског Савеза постоји одступање од оваквог начина рачунања времена.

2. Датумска граница. Неопходно је договорити се на којем ће од Земљиних меридијана почињати нови датум, где ће, на пример, на Земљи почињати 1. јануар.

Међународним договором одређено је да сваки нови датум почиње на линији која се пружа близу меридијана који се налази на 180° од Гринича, између Азије и Америке — то је датумска граница. Према томе, нови дан настаје прво на Чукатки, затим у Сибиру, даље у Европи, касније у Америци, а најкасније на Аљасци.

На броду који сече датумску границу у источном смеру, исти датум се понавља у два узастопна дана. На пример ако ту границу пресецамо у петак, 13. априла, наредни дан ће бити опет петак, 13. април. При преласку ове границе у западном смеру, на броду се један дан испушта из рачунања. На пример дан који долази после суботе, 15. маја, биће понедељак, 17. мај. Када такав брод приспе у пристаниште,

његово рачунање времена слагаће се са рачунањем времена у пристаништу.

3. Служба тачног времена. Неки облици транспорта и производње захтевају познавање времена до секунде, а често и до стотих делова секунде. На пример налажење корисних руда мерењем силе теже, састављање тачних географских карата и планова, пловидба бродова на отвореном мору, захтевају најтачније проверавање часовника и то по неколико пута дневно, јер и најбољи часовник жури или касни. Зато је у свима цивилизованим земљама организована *служба тачног времена*. Њени задаци су одређивање, одржавање и преношење тачног времена.

Тачно време на астрономским опсерваторијама одређује се посматрањем, на пример, тренутака кулминације звезда. Положај Сунца међу звездама на небеској сфери је увек познат, зато се од тренутка кулминације звезде може рачунаки прећи на часовни угао Сунца (одређивање времена посматрањем самог Сунца је мање тачно, а о недовољној тачности сунчаних часовника не треба ни говорити).

Служба тачног времена састоји се у што чешћој провери једног истог (основног) часовника опсерваторије и у изучавању понашања часовникова хода — испитивању колико он жури или касни у току дана, а у њу спада и предаја тачног времена.

За одржавање времена, осим обичних астрономских часовника високе тачности, последњих година почели су се користити тзв. кварцни часовници у чијим се кристалима врши треперење сталне учестаности. Примењују се још и савремени молекулски и атомски часовници.

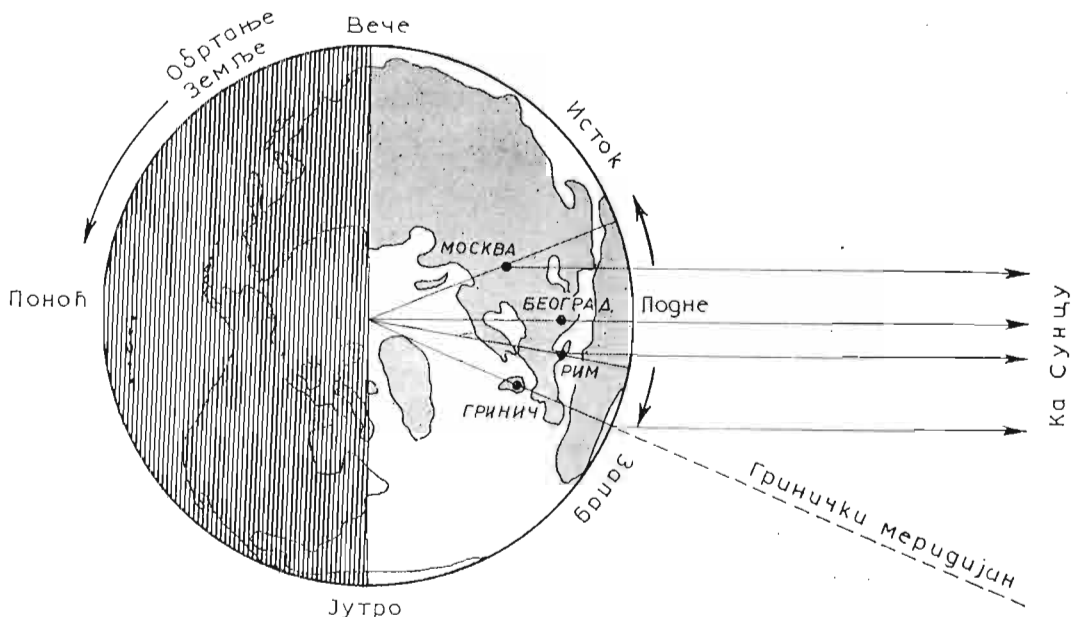
31. ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОГРАФСКЕ ДУЖИНЕ

Одређивање географске дужине засновано је на упоређивању у једном истом тренутку месног времена дате тачке са месним временом на почетном меридијану (или у тачки чија је географска ширина већ позната) *јер је разлика географских дужина двеју тачака једнака разлици њихових месних времена у истом тренутку*. То се види на слици 51. (Угао између меридијана двеју тачака једнак је разлици углова међу равнима њихових меридијана и праваца из тих тачака ка Сунцу.)

Према томе, задатак одређивања географске дужине распада се на два дела: на одређивање месног времена у датој тачки и месног времена у тачки с познатом географском дужином.

Месно време тачке са познатом географском дужином можемо сазнати примајући радио-сигнале тачног времена, који се шаљу из ове тачке. У тренутку пријема сигнала преко радија треба забележити показивање свог часовника који означава месно време.

Познато је на пример, да Московска радио-станица даје сигнале тачног указног времена у $19^h 00^m$. То је сигнал у времену друге часовне зоне плус један час, тј. у времену места на меридијану чија је географска дужина $3^h 00^m 00^s$. Користећи се посматрањима звезда, посматрач је дотерао свој часовник по месном времену. Московски часовни сигнал је чуо када је његов часовник показивао $23^h 49^m$. Одатле он изводи закључак да је географска дужина $23^h 49^m - 19^h 00^m = 4^h 49^m$ ис-



Слика 51. — Разлика географских дужина два места једнака је разлици месних времена

точно од меридијана са географском дужином $3^h 00^m 00^s$ од Гринича. Према томе, географска дужина дате тачке у односу на Гринич је $4^h 49^m + 3^h 00^m = 7^h 49^m$.

32. КАЛЕНДАР

1. Стари и нови стил. Календаром се назива систем рачунања већих временских размака. Данас се скоро све земље користе Сунчевим календаром, тј. календаром који се заснива на привидном обилажењу Сунца по еклиптици и који је зато везан с периодичном сменом годишњих доба.

У сваком Сунчевом календару за основу се узима тропска година. Тропском годином се назива временски размак између два узастопна пролаза Сунчева средишта кроз тачку пролећне равнодневице. Тропска година једнака је $365^d 5^h 48^m 46,1^s$ или $365,2422 \dots$ дана. Ово ствара тешкоће у састављању календара, јер свака календарска година из практичних разлога мора да има цео број дана. Разне врсте календара на разне начине доводе у склад календарску годину са тропском годином.

До октобарске револуције у Русији је био усвојен календар који се назива *стари стил*. У старом стилу, ради простијег рачунања, усвојено је да година износи $365,25$ дана. Да би календарска година садржала цео број дана, било је усвојено да се три године узастопце рачунају по 365 дана, а четврта 366 и тако редом. Тада ће средња дужина године бити $365^d 6^h$, тј. једнака усвојеној дужини календарске године.

Прекобројни дан у години стављан је на крају фебруара (29. фебруар) и таква година се назива *преступна*. Усвојено је да се као преступне године од 366 дана рачунају године чији је редни број дељив са 4 без остатка нпр. 1964, 1968, 1972 \dots

Стари стил заостаје од стварног тока времена, јер у просеку узима да је година дужа него што је у стварности за $11^m 14^s$. После сваких 400 година (тачније 384 године) стари стил заостаје за 3 дана.

У већини земаља усвојен је *нови стил* календара (који је у неким земљама уведен још 1582. године) који је безмало ослобођен поменутог недостатка.

У XVI веку стари стил је заостао за 10 дана (почев од IV века када је по старом стилу био утврђен датум пролећне равнодневице). Да би се поништило ово заостајање, 5. октобар 1582. године проглашен је за 15. октобар, а да се грешка опет не би накупила, три сувишна дана, који се накупе у старом стилу за 400 година, одстрањују се на тај начин што се три преступне године у сваком периоду од 400 година сматрају простим. Договорено је да ће се за просте сматрати столетне преступне године старог календара, чији број столећа није дељив са четири. Према томе, 1600. година била је преступна у оба календара и у XVII веку разлика између старог и новог стила износила је 10 дана. По овом стилу, 1700. година је била проста, а не преступна, и зато је разлика између ових календара достигла тада 11 дана. После 1800. године достигла је 12 дана, после 1900. године 13 дана, а после 2000. биће још увек 13 дана све до 2100.

Ни нови стил није савршено тачан, али се у њему грешка од једног дана накупи тек за 3000 година. Таква грешка разуме се нема никаквог практичног значаја.

2. Постанак месеца и недеље. У старо време у земљама које су биле више оријентисане на лов и сточарство него на земљорадњу, био је усвојен календар заснован на смени Месечевих мена, на периоду од 29,5 дана. У нашем Сунчевом календару дванаести део године сачувао је назив месец, али он нема никакве везе са Месецом: са сменом Месечевих мена наши календарски месеци, који имају различиту дужину) од 28 до 31 дан), нису ни у каквој вези.

Седмодневна недеља поникла је пре 1000 година у вези са веровањем о утицају планета на судбину људи. Поједини дани у недељи били су посвећени свакој од пет познатих планета, као и Сунцу и Месецу, одређеним редом.

3. Календарска ера. Календарском ером назива се почетак бројања година. Римљани су дуго бројали године од оснивања њихове престонице — Рима.

Пре 1500 година калуђери су предложили да се године броје од тзв. „Христовог рођења“. Датум овог митолошког догађаја, разуме се, није могао да се утврди и одређен је произвољно. Међутим постепено се ова ера од Христова рођења распространила по многим земљама и данас је скоро опште усвојена. Ми је обично називамо *нашом ером* или *новом ером*.

У Совјетском Савезу привремено су је задржали из практичних разлога да би код свих народа била једна иста ера.

Вежбање 7.

1. Које месно време предњачи и за колико? Београдско или лењинградско (види прилог V)? Љубљанско или загребачко? Сарајевско или париско?

2. Користећи се прилогом V одредите за сваки од тих градова које време тамо предњачи, месно или зонско, и за колико? Указно или месно, и за колико?

3. Одредите месно време у Скопљу, када је у Лондону по указном времену подне?

4. У Харкову часовник, који ради по месном времену, показује $7^h 19^m$; колико је тамо у истом тренутку указно време? То исто за Рим, Берлин и Њујорк.

5. Да ли ће се сложити у бројању датума после повратка два путника који су једновремено пошли из Пуле 1. маја, један на запад, други на исток, и прелазили по 15° географске дужине дневно?

6. Часовник који ради по месном времену показивао је $23^h 13^m$ када су преко радија примљени часовни сигнали емитовани у гриничко подне. Колика је географска дужина тога места?

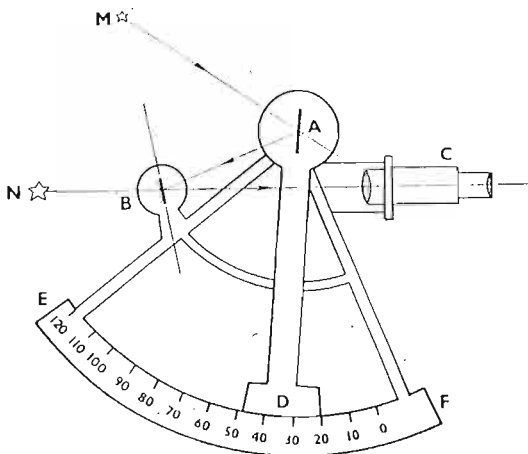
7. У тренутку када је примљен часовни сигнал емитован из Москве у 19^h указног времена часовник који ради по месном времену показивао је $19^h 43^m$. Колика је географска дужина тога места од Гринича?

33. АСТРОНОМСКА ПОСМАТРАЊА У МОРЕПЛОВСТВУ И ВАЗДУХОПЛОВСТВУ

На прекоморским бродовима и ваздухопловима одређивање географских координата представља насушни и свакодневни задатак, који се тамо решава много пута на дан. Љуљање бродова или ваздухоплова онемогућује употребу инструмента са либелом, на пример теодолита. За мерење висина небеских тела ради одређивања географске ширине и дужине тамо се служе секстантом (слика 52).

Секстантом се назива инструмент за мерење висина небеских тела над хоризонтом, који се за време посматрања држи у руци. Он се састоји из кружног сектора од 60° . За сектор су причвршћени дурбин и два огледала, непомично и обртно. Инструмент се држи за дршку у одређеном положају.

У хоризонталном дурбину посматрач види хоризонт. Обрћући лењир са огледалом постиже се да зрак од небеског тела, после одбијања



Слика 52. — Секстант и посматрање секстантом

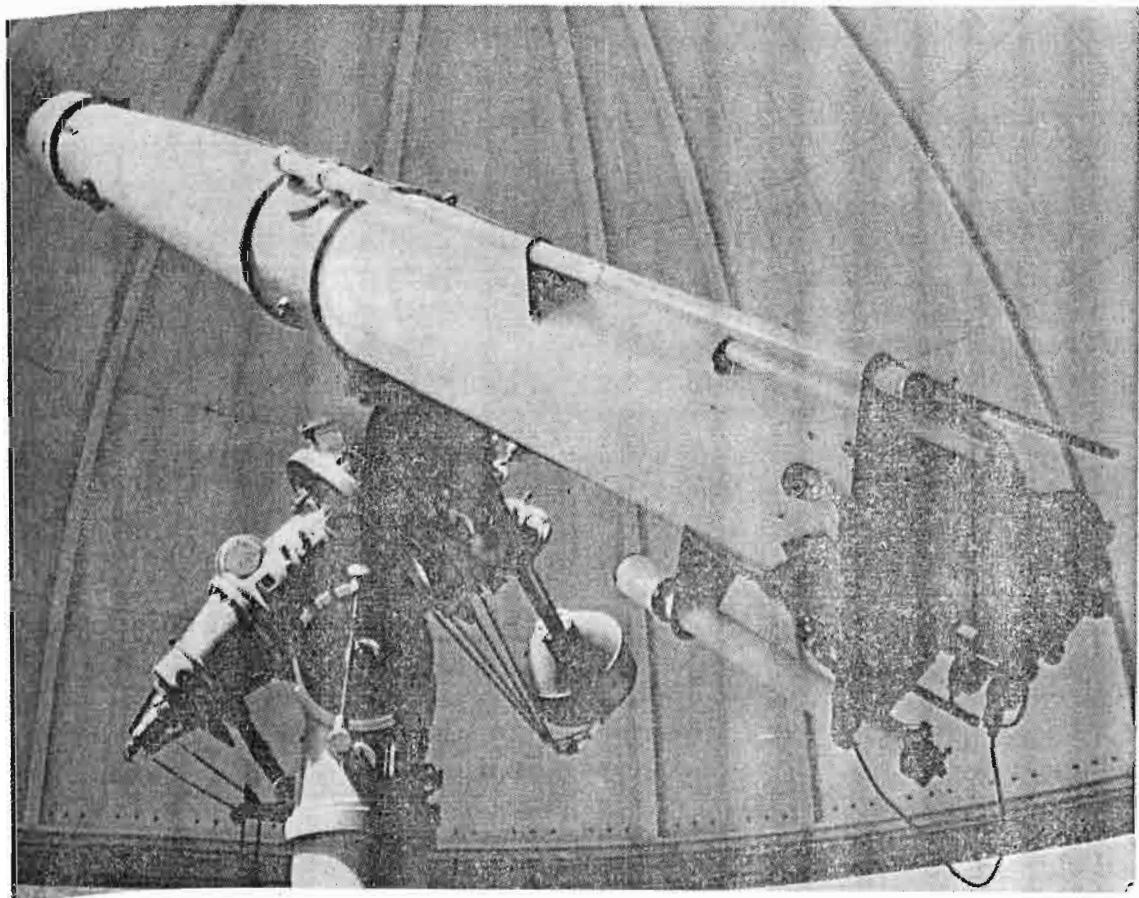
од обртног огледала, пада на непомично огледало, да се од њега одбије и стигне у посматрачево око. Тада ће се лик небеског тела видети на линији хоризонта. Тада се на кружном сектору, према индексу, чита висина небеског тела над хоризонтом у тренутку посматрања.

Да би се олакшала пловидба прекоморских бродова и ваздухоплова, веће земље издају приручнике — наутичке астрономске годишњаке, који садрже неопходне податке о небеским телима за дату годину. Код нас наутички астрономски годишњак издаје Хидрографски институт у Сплиту.

Географске карте и планови, толико важни за транспорт, економику, одбрану земље итд. састављају се на основи геодетских мерења. За ту потребу морају се, пре свега, из астрономских посматрања одредити географске ширине и географске дужине упоришних тачака. У нашој земљи на широкој основи изводи ове радове Војногеографски институт, а делимично и Савезна геодетска управа.

34. АСТРОНОМСКЕ МЕТОДЕ ИЗУЧАВАЊА НЕБЕСКИХ ТЕЛА

1. Дурбини, телескопи и фотографија. Дурбини и телескопи намењени су посматрању и изучавању небеских тела. У дурбину или рефрактору (сл. 53) објектив је систем ипупчених и издубљених сочива,



Слика 53. — Велики рефрактор Астрономске опсерваторије у Београду. Отвор објектива је 65 cm



Слика 54. — Рефлектор Монт Паломарске опсерваторије у САД највећи је на свету — отвор објектива је 5 m

а у телескопу или рефлектору (сл. 54) издубљено огледало. Они дају ликове небеских тела у равни која се назива *живна раван*. Овај се лик посматра окуларом. Количина светлости коју сакупља објектив сразмерна је његовој површини.

Совјетски научник Д. П. Максотов пронашао је *мениск-телескоп* у коме је спојио добре особине рефрактора и рефлектора. По овом систему израђени су и неки школски телескопи.

За изучавање физичке природе небеских тела примењују се разни телескопи. Једнима се небеска тела посматрају непосредно оком, а другима се фотографишу. Сви већи телескопи, после довођења на изабрану звезду, пуштају се помоћу часовног механизма у лагано обртање око осе уперене према светском полу. Зато посматрач, без обзира на привидно дневно обртање неба, види небеско тело у непромењеном положају у видном пољу свога телескопа, тј. ликови звезда за све време снимања остају на истим местима на фотографској плочи.

Данас је фотографија скоро истисла непосредна посматрања оком. Дужа излагања плоче омогућују да се на фотографији добију слабије звезде него што се виде оком кроз исти телескоп. Добијене фотогра-

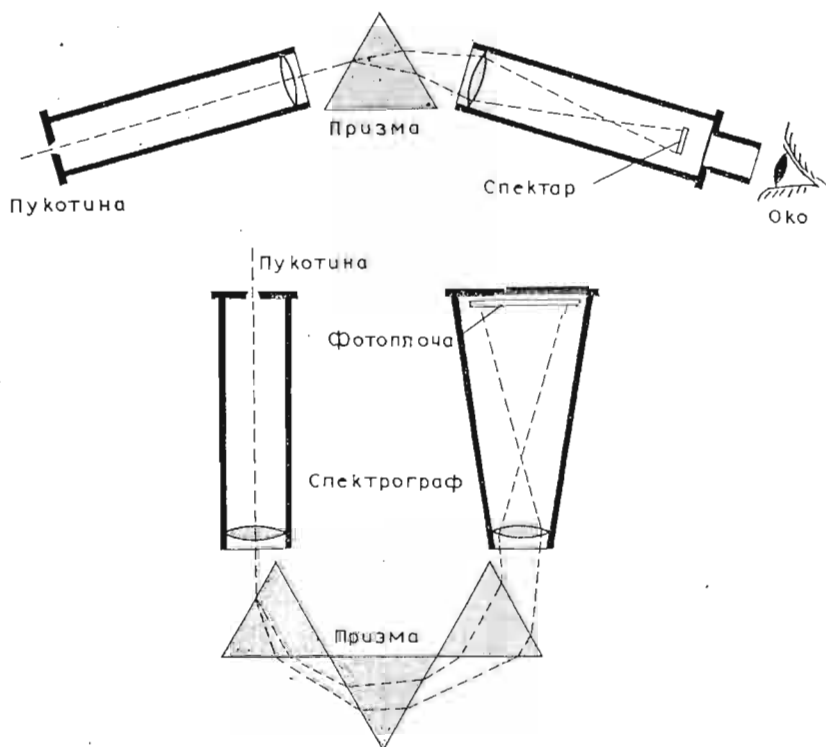
фије небеских тела представљају документа о њиховом стању у тренутку снимања. Овакви снимци, којима се непрекидно попуњавају збирке, изучавају се у лабораторији, где се сва мерења извршена на фотографији могу проверити и у свако доба поновити. Мерење фотографија, рачунање са оваквим мерењима и изучавање добијених резултата заузимају астрономима знатно више времена од самих посматрања.

Многи телескопи снабдевени су помоћним приборима за изучавање особина светлости која долази од небеског тела.

Не треба мислити да тежња за изградњом великих телескопа долази из жеље да се небеска тела посматрају с великим увеличањем. Велико увеличање изобличава изглед небеских тела због треперења ваздуха, тако да стално таласање ваздуха ограничава практично применљиво увеличање. При посматрањима ретко се користе увеличања преко 500 пута, иако велики телескопи могу увеличавати хиљадама пута.

Но зато велики телескопи омогућују да се виде слабија, па значи и даља небеска тела, омогућују да се дубље проникне у бездане васионског простора.

2. Спектрална анализа. Средином прошлог века била је откривена спектрална анализа. Она је заснована на томе што се зраци различите боје, из којих се састоји светлост неког извора, при прелазу из једне средине у другу, на пример из ваздуха у стакло, леме различито. Од тада се ова метода анализе светлости усавршава и добија најразноврсније примене. Њој треба да захвалимо за већину наших сазнања о физичкој природи и хемијском саставу небеских тела.



Слика 55. — Схема конструкције спектроскопа и спектрографа

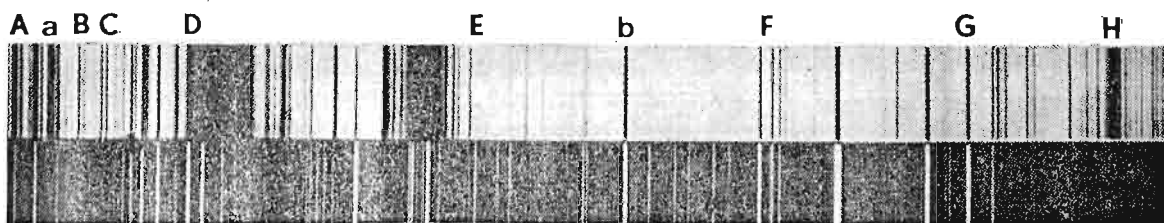
Спектрална анализа врши се инструментом који се зове *спектроскоп* (сл. 55). Спектроскоп се састоји из једне или више стаклених призама и два дурбина. Један од њих, на слици лево, (који се назива *колиматор*) има на предњем крају узан разрез кроз који пролази светлост изучаваног небеског тела. На другом његовом крају налази се објектив у чију је жижу и постављен прорез. Зато светлосни зраци од прореза, који за спектроскоп представља светлосни извор, излазе у паралелном снопу и падају на призму сви под једнаким углом. У томе се и састоји намена колиматора.

У призми се сложена светлост разлаже на своје саставне делове. Зраци разних боја раздвајају се, јер их призма различито прелама. После преламања зраци улазе у посматрачев дурбин. Ако место окулару у жижу дурбина ставимо фотографску плочу, добићемо фотографију саставних делова изучаване светлости, која се зове *спектрограм*. У том случају прибор се зове *спектрограф*.

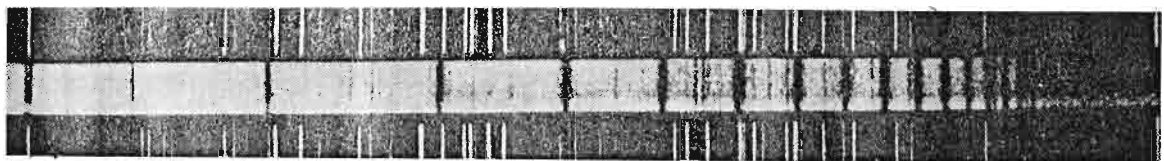
Откривено је да усијана чврста и течна тела, а исто тако и усијани јако наелектрисани јонизовани гасови дају тзв. *непрекидне спектре* у виду траке дугиних боја (види слику 87). У таквом спектру непрекидно прелазе једна у другу боје: црвена, наранџаста, жута, зелена, отворено плава, затворено плава и љубичаста. Бела Сунчева светлост састоји се из свих дугиних боја. Као што је познато, светлост се простира у таласима и свака боја у спектру има своју таласну дужину, тачније свакој тачки у спектру одговара друга таласна дужина (она је једнака само за тачке које леже на правој управној на правцу протезања спектра). Два суседна дела спектра, на пример жута, који се на око не разликују по боји један од другог имају различите таласне дужине.



Слика 56. — Различити облици спектра: 1 — бела светлост; 2 — линијски апсорпциони спектар; 3 — линијски емисиони спектар



Слика 57. — Упоређење Сунчевог спектра (горе) са спектром гвожђа



Слика 58. — Мерење линија у спектру звезда (у средини) када се звезда креће дуж видног правца; горе и доле: лабораторијски спектри за упоређење

Гасови и паре, када се налазе у разређеном стању, када светле због јаког загревања или електричног тражњења, дају *линијски спектар*, који се састоји из сјајних обојених линија на тамној позадини. Распоред линија у таквом спектру зависи од хемијског састава тога гаса. Један исти гас, који светли под више или мање једнаким условима, даје једне исте линије у спектру. Зато по линијама у спектру можемо да одредимо хемијски састав светлећег гаса. Ако испред светлосног извора, који даје непрекидни спектар, ставимо паре или гасове ниже температуре од њега, они ће апсорбовати део светлосног извора. У том случају у спектроскопу ће се видети *апсорпциони спектар*: непрекидни спектар испресецан тамним линијама. При том се тамне линије налазе на истим местима у спектру, где се налазе светле линије које дају ти гасови или паре када сами светле.

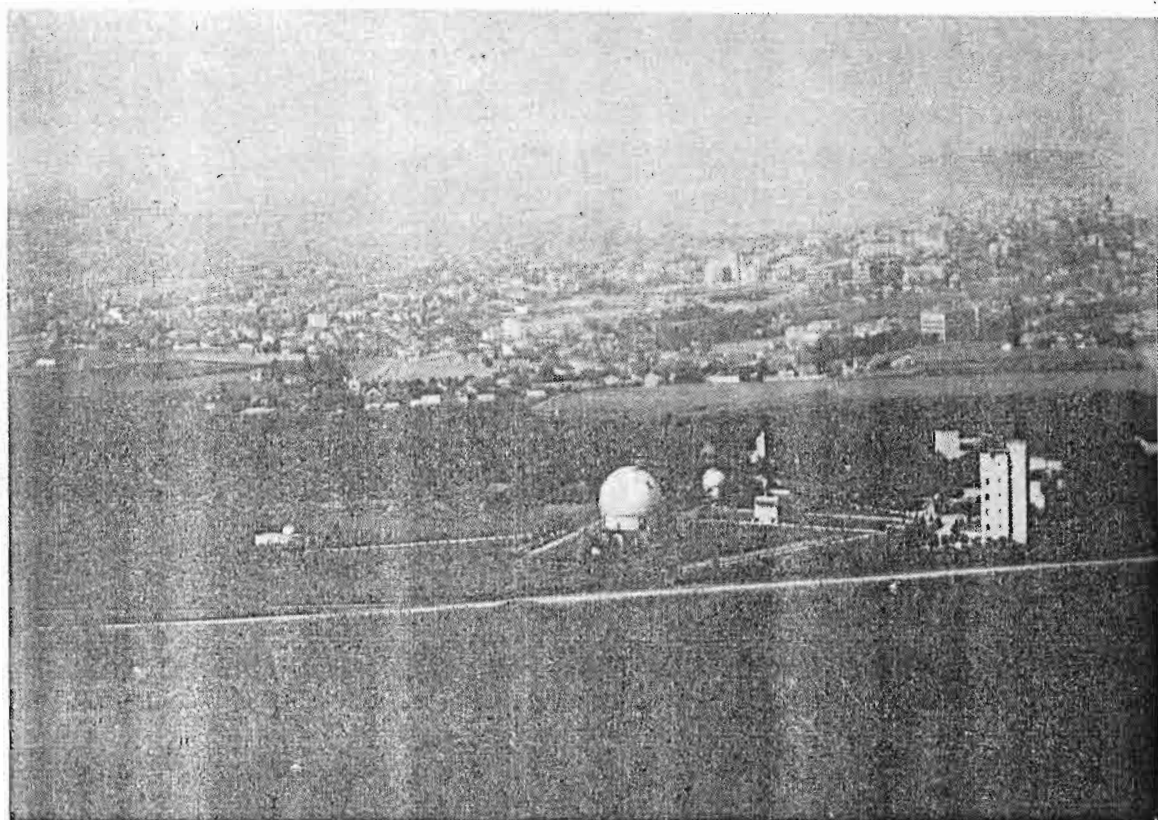
3. Одређивање хемијског састава, брзина и температура небеских тела. Спектралном анализом може се одредити хемијски састав било гасова који сами светле, било гасова који апсорбују светлост извора који даје непрекидни спектар, услед чега се у непрекидном спектру појављују тамне линије. Таква се појава догађа у атмосфери која обавија небеска тела, као што су Сунце и звезде. Спектри звезда и Сунца су непрекидни, испресецани тамним линијама. Ако упоредимо ове линије са линијама спектра познатих хемијских елемената (сл. 57, 87) сазнаћемо хемијски састав спољних, мање врелих слојева Сунца и звезда. На тим небеским телима нађени су они хемијски елементи који постоје и на Земљи, а то потврђује материјално јединство васионе и оповргава лажно учење о несазнатљивости природе.

Месец и планете светле одбијеном Сунчевом светлошћу и зато се њихов хемијски састав не може одредити спектралном анализом. Али пре но што се Сунчева светлост одбије од планетине површине, она пролази кроз њену атмосферу, а када се одбије и крене ка нама, прође још једанпут кроз њу. У планетиној атмосфери Сунчева светлост се апсорбује и зато се у спектру планета јављају допунске тамне линије (у поређењу са Сунчевим спектром). Ово омогућава да се одреди састав планетине атмосфере.

Радијалне брзине кретања небеских тела у односу на Земљу, тј. кретања дуж виднога правца (ка нама или од нас), одређују се помоћу спектралне анализе на основи Доплер-Физоовог принципа. Доплер-Физоов принцип састоји се у томе што се у случају приближавања светлосног извора и посматрача све линије у спектру померају ка његовом љубичастом крају, а у случају њиховог међусобног удаљавања линије у спектру се померају ка црвеном крају. Величина померања спектралних линија зависи од брзине кретања и може се изменити (сл. 58). Истинитост свега овога први је доказао у лабораторији академик А. А. Белополски (1854—1934) на Пулковској опсерваторији.

Брзину кретања небеских тела у правцу управном на видни правац можемо одредити ако знамо привидну угловну брзину померања небеског тела по небеској сфери и његову даљину од нас.

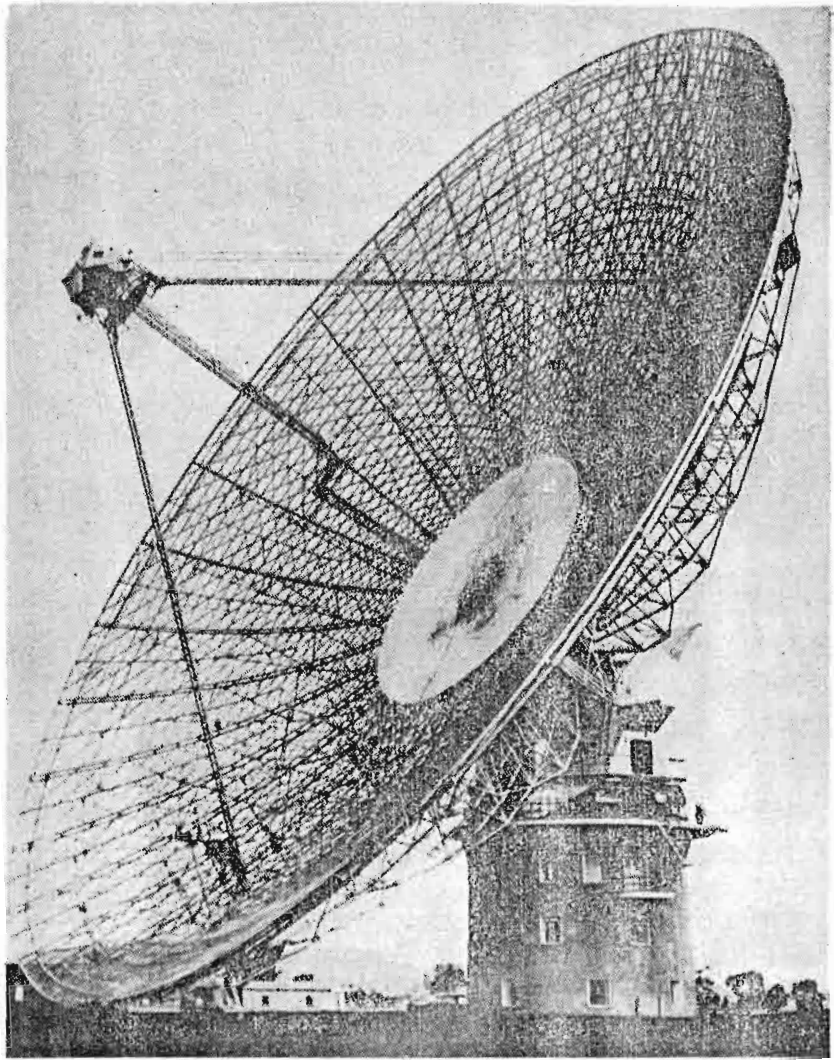
Температура небеских тела која светле сопственом светлошћу, као што су Сунце и звезде, одређује се из распореда јачине светлости дуж њихова непрекидна спектра. Такво тело са најмањом температуром има црвену боју, јер су црвени зраци у његовом спектру најсјајнији. Јаче запрејано тело испушта жућу светлост, јер је најсјајније место



Слика 59. — Астрономска опсерваторија у Београду

у његовом спектру у жутом делу. Још усијаније тело ће имати белу светлост, зато што је сјај боја у његовом спектру такав да при њиховом мешању дају белу светлост. Од још врелијих тела најсјајнији је плави део у спектру, услед чега и њихова боја изгледа плава. Теорија зрачења светлости, проверена огледима, показује да распоред сјаја дуж непрекидног спектра зависи од температуре тела. Изучимо ли распоред сјаја у спектру Сунца и звезда, можемо са довољном тачношћу одредити њихове температуре. Температура планета и Месеца (који светле одбијеном Сунчевом светлошћу) одређује се помоћу *термоелемента*. Астрономи стављају на телескопе толико осетљиве термоелементе да они могу да осете топлоту свеће која је удаљена много километара. Такав се термоелеменат ставља у жижу телескопског објектива. Ништавно топлотно зрачење планете ипак загрева термоелеменат и у њему се појављује слаба електрична струја која се мери осетљивим галванометром. Ако знамо јачину струје, можемо одредити количину топлоте која долази од планете ка Земљи, а знајући даљину планете, можемо израчунати њену температуру.

4. Појам о радио-астрономији. У последње време помоћу инструмената који се зову *радио-телескопи* и представљају нарочите антене, омогућено је да се примају радио-таласи које зраче небеска тела. Антене радио-телескопа имају облик издубљених металних (непрекидних или решеткастих) огледала или облик огромних рамова на којима су причвршћени низови металних стубића. Радио-таласи се одбијају од огледала и скупљају у жижи, где се налази пријемник радио-зрачења.



Слика 60. — Радио-телескоп са металним огледалом

У паралелним стубићима (диполима) од антене космички радио-таласи побуђују осцилаторне процесе.

За радио-таласе површина огледала не мора бити толико тачна као површина оптичког огледала. Зато се за радио-телескопе могу израдити много већа огледала. Огледала радио-телескопа достижу десетине метара у пречнику. Праве се и непокретни радио-телескопи. Тада се они могу израдити још већи — до 100 метара, при чему се „огледало“ излива од цемента непосредно на Земљи. Радио-телескопи хватају зрачења неких небеских тела која се, како изгледа, налазе још даље од најдаљих небеских тела која можемо открити оптичким телескопима.

Помоћу *радар*а можемо слати радио-сигнале на најближа небеска тела и примати радио-таласе одбијене од њих. Из времена простирања радио-таласа до тела и натраг може се одредити његова даљина. Тако је била одређена даљина Месеца и најближих планета. Посматрања радио-телескопима и радарима представљају нове методе изучавања небеских тела — *радио-астрономију*.

Видимо да савремена наука располаже низом моћних метода за изучавање Вационе. Ове методе омогућују да се проучи физичка природа небеских тела, њихово кретање, хемијски састав и температура. Зато савремени подаци о небеским телима нису просте претпоставке, већ веродостојни резултати мерења и примене закона вишеструко проверених огледима.

5. Астрономске опсерваторије. То су научни институти у којима се врше астрометријска и астрофизичка посматрања и мерења небеских тела. Овако добијени подаци научно се обрађују и из њих изводе закључци и природни закони. У нашој земљи постоји велика Астрономска опсерваторија у Београду, основана 1887. године, и мања, новијег датума, у Љубљани.

У свету су славне астрономске опсерваторије у Пулкову (код Лењинграда), Москви и на Криму (на овој последњој налази се највећи телескоп у Европи са отвором од 2,6 метра), затим опсерваторије у Берлину, Хамбургу, Паризу и Херстмонсоу (нова Гриничка). У Америци се налазе чувене астрофизичке опсерваторије са циновским телескопима: Јеркес, Маунт-Вилсон, Маунт-Паломар и друге. На јужној Земљиној полулопти чувена је стара Опсерваторија на Рту добре наде.

Глава III

ФИЗИЧКА ПРИРОДА ТЕЛА У СУНЧЕВОМ СИСТЕМУ МЕСЕЦ

35. МЕСЕЧЕВО КРЕТАЊЕ И ЊЕГОВЕ МЕНЕ

Месец је једино небеско тело које обилази око Земље, не рачунајући вештачке сателите које је човек направио последњих година. Месец се непрекидно помера по звезданом небу и у односу на неку звезду помери се за дан око 13° у сусрет привидном дневном обртању неба, а после $27 \frac{1}{3}$ дана враћа се истим звездама описавши по небеској сфери пуни круг. Зато се *временски размак у коме Месец изврши пун обилазак око Земље у односу на звезде назива звездани (сидерички) месец; он износи $27 \frac{1}{3}$ дана.*

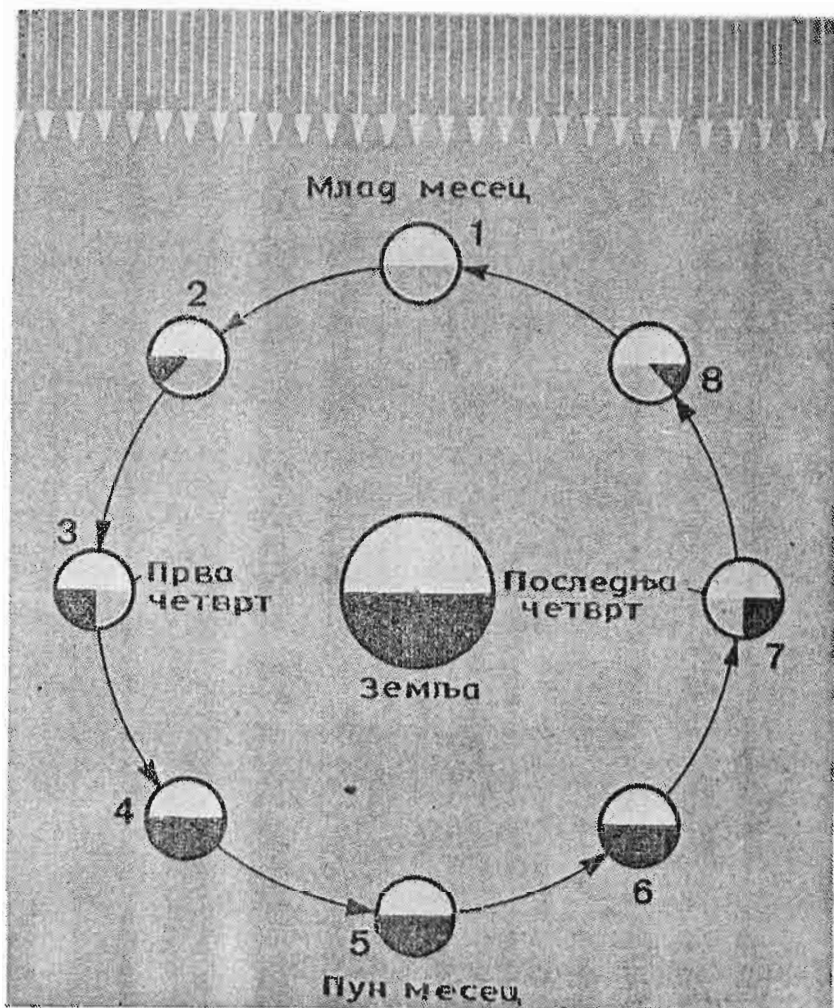
При свом кретању Месец нам чешће заклања звезде и планете. Значи, Месец нам је ближи од звезда и планета. Месец се привидно креће по небеској сфери близу еклиптике, тако да је раван његове путање само мало нагнута према еклиптици (5°). Тачке пресека Месечеве путање са еклиптиком зову се *чворови Месечеве путање.*

Средња Месечева даљина од Земље износи 384 400 km или приближно 30 Земљиних пречника.

Промене Месечева изгледа. Месечеве мена — настају због тога што Месец заузима различите положаје према Земљи и Сунцу које га осветљава.

Месец је тамно небеско тело. Када се Месец налази између Земље и Сунца, његова половина која нам је окренута није осветљена Сунцем и ми Месец не видимо. Ова се Месечева мена зове *млад месец*. Када се Земља налази између Сунца и Месеца, цела Месечева површина која нам је окренута јако је осветљена Сунцем. Ова се мена зове *пун месец*. У осталим положајима ми видимо један или други део Месечеве полулопте осветљене бочно Сунцем: полукруг испупчен са леве стране (*прву четврт*), полукруг испупчен са десне стране (*последњу четврт*), више или мање узан срп итд. Слика 61 показује везу Месечевих мена с његовим положајем на путањи: Сунчеви зраци падају озго у равни цртежа.

Горња кулминација Месечева догађа се за време пуног месеца у поноћ (око 6 часова по месном времену). Тиме се можемо користити за приближно оријентисање на Земљи или за грубу оцену времена ноћу.



Слика 61. — Схема која објашњава смену Месечевих фаза

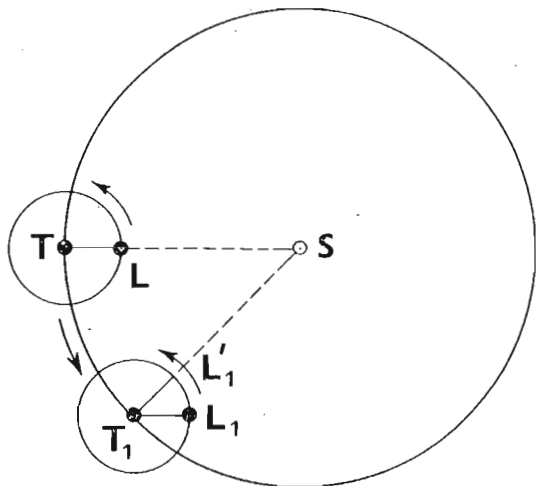
Временски размак између узастопне истоимене Месечеве мене назива се *синодички месец*. Он износи 29,5 дана.

Синодички месец је дужи од *сидеричког месеца*, јер истоимене Месечеве мене настају при истим Месечевим положајима према Сунцу и Земљи. На слици 62 Месец је у тачки L представљен у положају младог месеца — између Земље T и Сунца S . За време пуног Месечевог обиласка око Земље, Земља са Месецем успе да пређе $1/13$ део своје путање око Сунца и стигне у тачку T_1 . Месец, крећући се у смеру стрелице, доћи ће у положај L_1 , који, као што видимо, неће још одговарати младом месецу. Да стигне у положај младог месеца L_1 Месец треба да пређе на својој путањи још угао $L_1T_1L_1$, за шта је потребно око 2 дана.

Земља, осветљена Сунцем, посматрана са Месеца, мора такође показивати мене, и то са истим периодима, само оу њихове мене супротне: кад се са Земље види млад месец, са Месеца се види „пуна земља“, итд.

Површина Земље је 14 пута већа од површине Месеца. Сем тога, Земљина површина одбија Сунчеве зраке 7 пута јаче него Месечева.

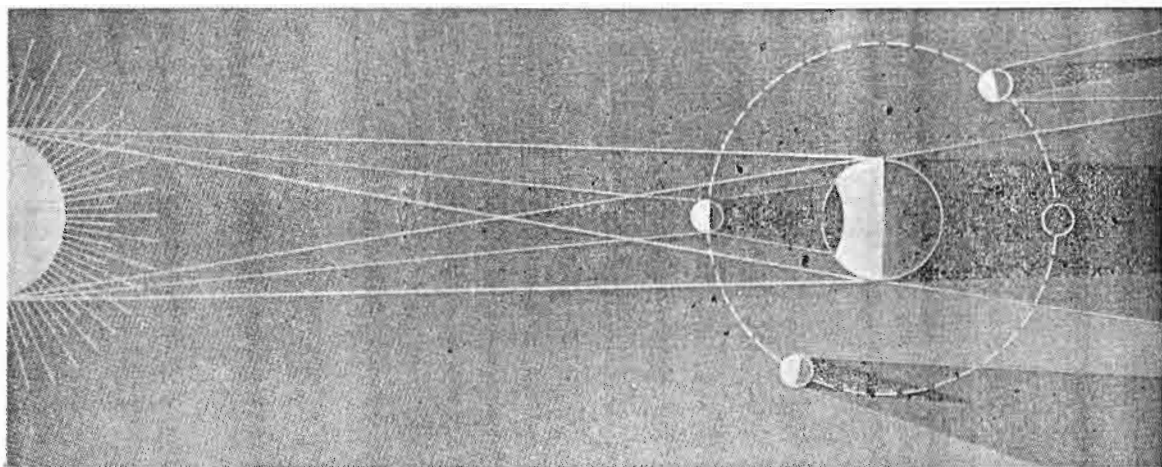
Зато је за време младог месеца Месец осветљен Земљом знатно јаче него што је Земља осветљена Месецом за време пуног месеца. Тиме се објашњава појава „пепељаве светлости“: тако се зове бледо плави-често-зеленкасто осветљење Сунцем неосветљеног дела Месечевог ко-тура нешто пре и после младог месеца, када се Месец види као узан срп. У то време Земља јако осветљава Месечеву површину.



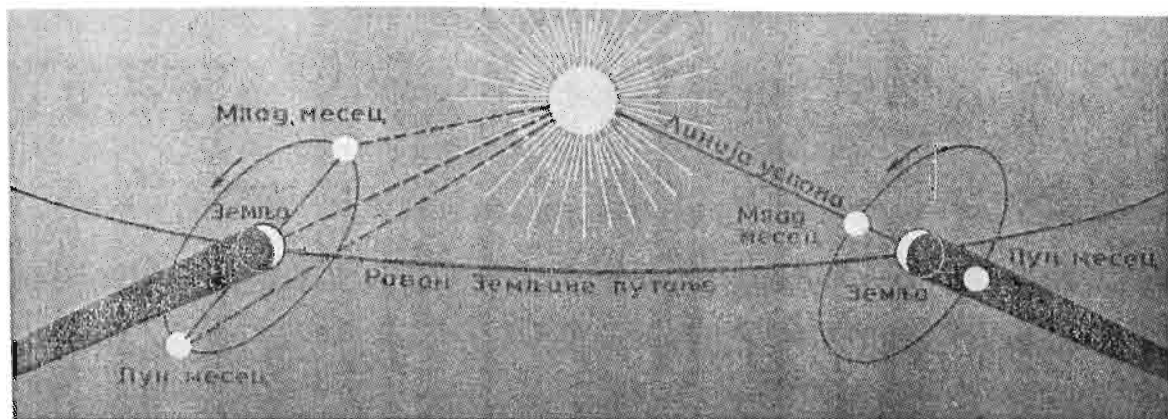
Слика 62. — Синодички Месец дужи је од сидеричког

36. ПОМРАЧЕЊА СУНЦА И МЕСЕЦА

1. Узроци помрачења. Кад би се раван Месечеве путање поклапала са равни еклиптике, сваког месеца би се догађало помрачење Сунца и Месеца. Сваког младог месеца Месец би се нашао на правој између Земље и Сунца и заклањао би Сунце својим непровидним телом. У то време би се увек видела појава коју зовемо *Сунчево помрачење*. Исто тако, сваког пуног месеца Месец би ушао у сенку коју Земља баца супротно од Сунца, па би се у то време догађало *Месечевом помрачење* (сл. 63). Али је Месечева путања нагнута према еклиптици, па зато за време младог и пуног месеца Месец најчешће пролази изнад или испод еклиптике и помрачење се неће догодити (сл. 64).



Слика 63. — Схема Месечевих и Сунчевих помрачења



Слика 64. — Месечева путања и њени чворови

Помрачења настају само тада када се млад месец или пун месец догоде близу једног од два чвора Месечеве путање, тј. близу тачака пресека Месечеве путање са еклиптиком (сл. 64). Другим речима потребно је да се Сунце и Месец једновремено нађу у близини једног од чворова Месечеве путање.

Како има два таква чвора а Сунце обиђе пун круг по еклиптици у току године, то сваке године постоје два периода (у размаку од пола године) када се могу догађати помрачења. Положај чворова Месечеве путање постепено се мења, зато се време када настају помрачења сваке године помера на новије датуме. Ближа разматрања питања показују да се сваке године морају догодити од 2 до 5 Сунчевих помрачења. С друге стране, не може бити више од 3 Месечева помрачења у години, а може их и не бити уопште. Најчешће се годишње догађају два Сунчева и два Месечева помрачења.

Но понеких година догоди се 7 помрачења и још је у старини било примећено да се после 18 година помрачења враћају истим редом само са 10 дана закашњења. Тако, на пример, ако је неке године било 7 помрачења (од којих се сва, разуме се, нису видела са истог места на Земљи), то ће после 18 година опет наступити година у којој ће се десити 7 помрачења. При том ће се свако од њих догодити 10 дана касније него пре 18 година.

2. Месечева помрачења. Земља баца конусну сенку супротно од Сунца. Ако се пун месец догоди близу чвора Месечеве путање, Месец ће цео или једним делом ући у Земљину сенку, због чега ће се догодити Месечево помрачење, потпуно или делимично. Месечево помрачење види се са целе Земљине полулопте која је у то време окренута Месецу.

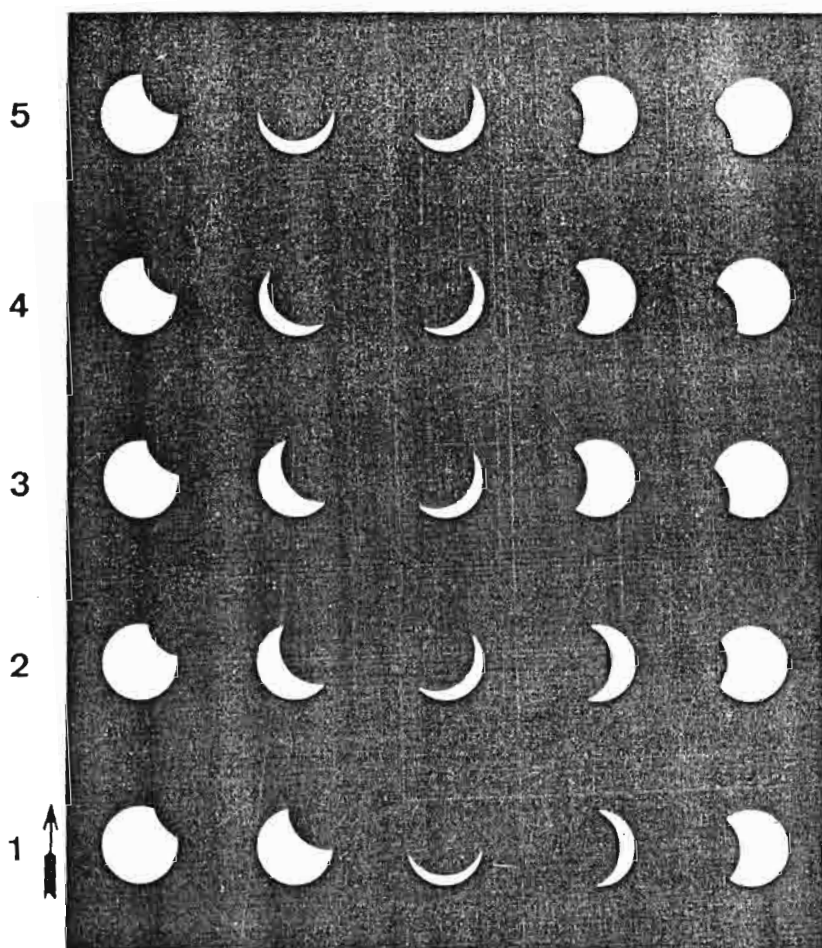
Како је пречник Земљине сенке на Месечевој даљини два и по пута већи од Месечева пречника, то потпуно Месечево помрачење може трајати од $1^h 4^m$, а цело помрачење од почетка до краја преко 3^h .

За време помрачења Месец обично није потпуно таман, већ се ипак назире. При том он добија бакарноцрвену боју. Црвена Месечева боја за време помрачења повод је сујевernih тумачења по којима ова појава предсказује рат или друге ужасне догађаје. Црвена Месечева боја за време помрачења објашњава се тиме што Сунчеви зраци, који се ломе у Земљиној атмосфери, улазе у конус Земљине сенке. Али од

свих дугиних боја које сачињавају белу Сунчеву светлост, атмосфера силно задржава плаве и њима суседне зраке у спектру, а у конус сенке пропушта првенствено црвене зраке, које она слабије апсорбује. То су баш ти зраци који осветљавају Месец за време помрачења.

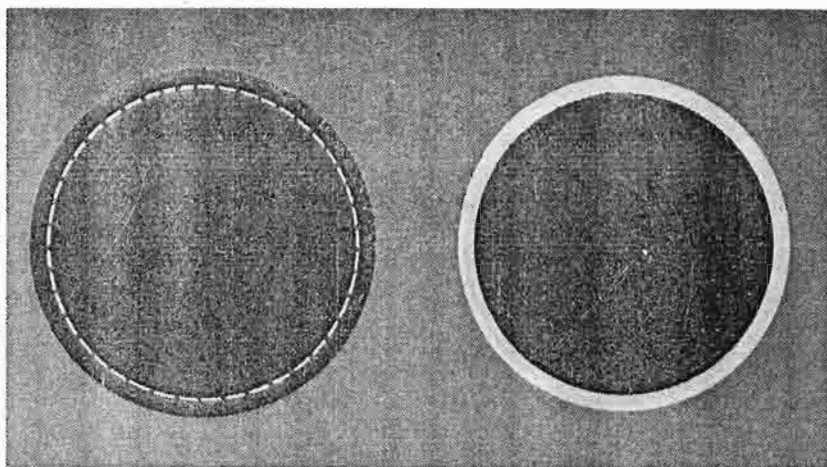
3. Сунчева помрачења. Месец је мањи од Земље, па је зато полупречник Месечеве конусне сенке знатно мањи од Земљиног полупречника. Месечева сенка не само што не може једновремено покривити целу Земљу већ ни њен знатнији део. Зато се потпуно Сунчево помрачење види само из оне уске области на Земљи на коју у то време пада Месечева сенка. Ова област у сенци обично не достиже ни 300 km у пречнику, а најчешће је знатно мања. Изван ње, из области на коју пада Месечева полусенка у пречнику до 400 km види се делимично помрачење, тј. види се да Месец покрива само један део Сунчева котура (сл. 65). Из осталих места у Земљи, ван сенке и полусенке, Сунчева помрачења се не виде.

Како се Земља обрће око осе, а Месец се креће око Земље, Месечева сенка се помера по Земљиној површини и потпуно Сунчево помрачење види се поступно из разних места на Земљиној површини и у разна времена. Због елиптичне Месечеве и Земљине путање Месечев



Слика 65. — Редослед фаза делимичног Сунчевог помрачења (оздо навише из реда у ред)

привидни полупречник је некада већи, некада мањи од Сунчева. У првом случају потпуно Сунчево помрачење траје извесно време (највише $7^m 30^s$), у трећем само један тренутак, а у другом случају Месец уопште не покрива цело Сунце, већ се види сјајан прстен око тамног Месечевог котура. Догађа се *прстенасто помрачење* (слика 66).



Слика 66. — Прстенасто Сунчево помрачење

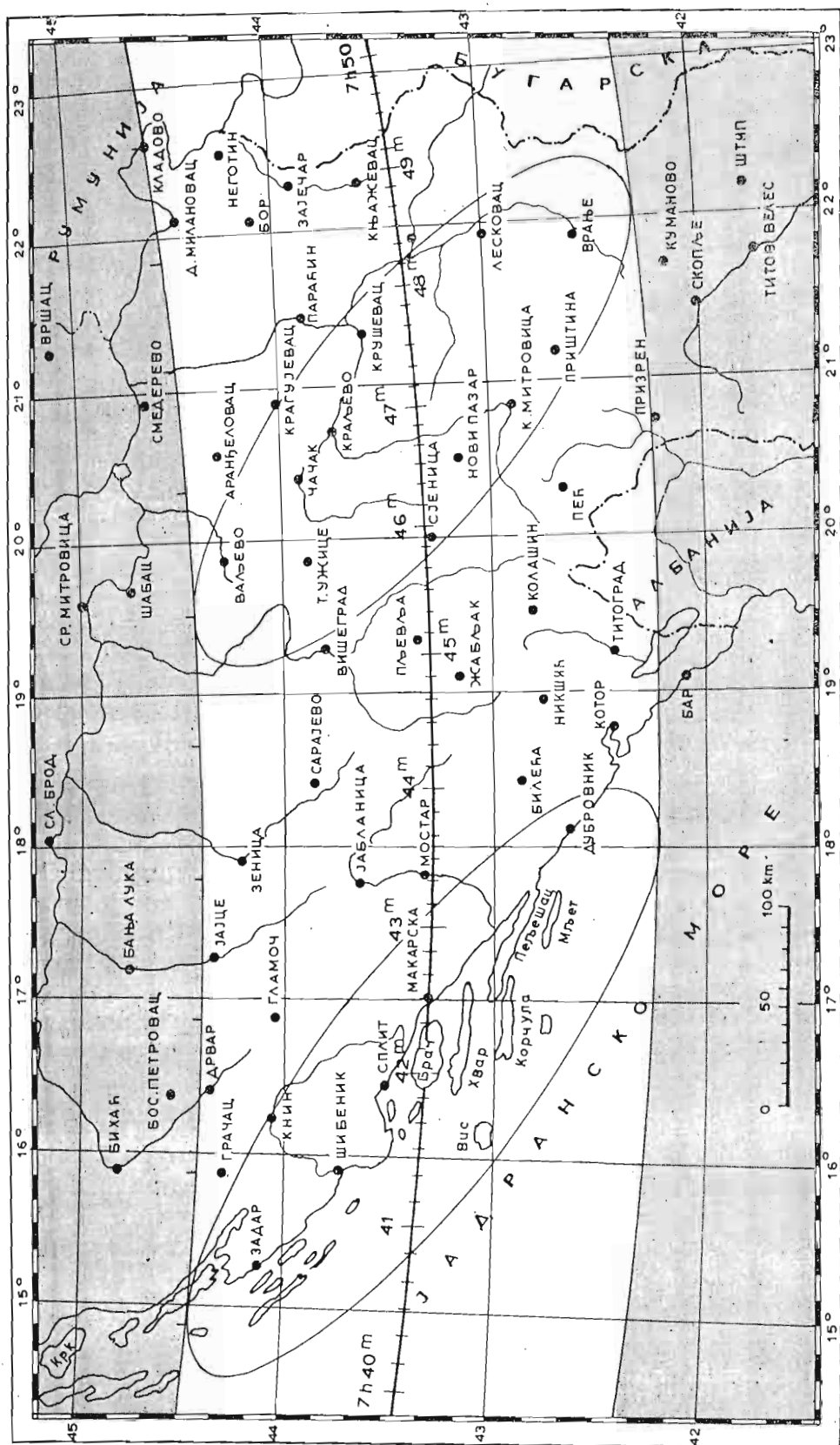
Сунчево помрачење тече овим редом: прво се на западном (десном) крају Сунчева котура појављује мало црно удубљење. Постепено оно расте и Месец све више и више заклања Сунце. То траје око 1 час.

До почетка потпуног Сунчевог помрачења светлост поступно слаби, али не осетно. Почетком потпуног помрачења слика се одмах мења: постаје доста тамно и на небу почињу да се појављују најсјајније звезде и планете. Око Сунца се у дурбину виде сјајне ерупције из Сунчеве атмосфере (протуберанце) у виду малих црвенкастих језичака. Око помраченог Сунца пали се сјајан прстен — Сунчева корона, која представља спољне делове Сунчеве атмосфере. После свршетка потпуног помрачења иза десне ивице Месеца појављују се уски Сунчев срп, који испушта јарку светлост и истог тренутка ишчезавају корона, протуберанце и звезде. Срп постепено расте и Месец се склања са Сунчева котура приближно у току једнога часа.

Потпуна Сунчева помрачења виде се са једне исте тачке на Земљи приближно једанпут у 300 година. Из наше Земље потпуно Сунчево помрачење последњи пут се видело 15. фебруара 1961. године. Следеће потпуно Сунчево помрачење видеће се из наше земље тек 7. X 2135. године. За време помрачења могу се видети појаве које је у друго време немогуће видети. Зато се за њихова посматрања у појас потпуног помрачења (сл. 67) шаљу нарочите експедиције.

Изглед потпуног Сунчевог помрачења приказан је на сл. 87.

Било је време када су се људи јако плашили помрачења, сматрајући их рђавим предзнаком и изразом божијег гнева. Таква сујеверја подржавале су „слуге божје“.



Слика 67. — Карта условне видљивости Сунчева помрачења од 15. фебруара 1961. године. Средњи појас захвата области Југославије у којима је помрачење било потпуно. Изван те зоне помрачење је било делимично.

Знајући теорију Месечевог кретања, научници унапред израчунавају време почетка и свршетка сваког помрачења тачно до на десети део секунде. Мала одступања у настајању појединих фаза помрачења од предвиђених доводе до даљег повећања тачности теорије Месечева кретања. Тренуци помрачења и услови њихове видљивости објављују се сваке године у астрономским годишњацима.

Датуми и услови видљивости помрачења израчунавају се за много година унапред и уназад. Последње је потребно и за одређивање времена историјских догађаја који су се, по датуму, поклапали са неким помрачењем.

Вежбање 8.

1. Месец се у првој четврти види на хоризонту. Колико (приближно) часова? На којој се страни хоризонта види Месец?

2. Данас је Месец изишао у поноћ. Када ће приближно изићи сутра?

3. Месец је приближно пун. Како у то време изгледа Земља посматрана са Месеца?

4. Месечев срп окренут је испупченом ивицом десно и налази се на хоризонту. На коју страну хоризонта гледате?

5. Јуче је био пун месец. Може ли кроз недељу дана бити Сунчево помрачење?

6. Прекосутра ће бити Сунчево помрачење. Може ли вечерас бити месечине?

7. Зашто Месечева помрачења могу бити невидљива из једног места?

8. Може ли се са северног Земљиног пола посматрати Сунчево помрачење 15. новембра?

9. Могу ли се са северног Земљиног пола посматрати Месечева помрачења која се догађају у јуну и новембру?

37. ФИЗИЧКА ПРИРОДА МЕСЕЦА

1. Обртање Месеца око осе. Месец је увек окренут Земљи једном страном. Ако је то тако, на први поглед би изгледало да се он не обрће око осе. Није тешко увидети да је такав закључак погрешан. Ако обилазимо ма какав предмет, нпр. столицу у круг, а не обрћемо се при том, тј. гледамо при том стално на једну страну нпр. на школску таблу, ми ћемо постепено обртати предмету разне стране свога тела. Напротив, да бисмо све време видели столицу, треба за време обилажења око ње да се обрћемо у односу на околни намештај, тј. да се обрћемо око осе.

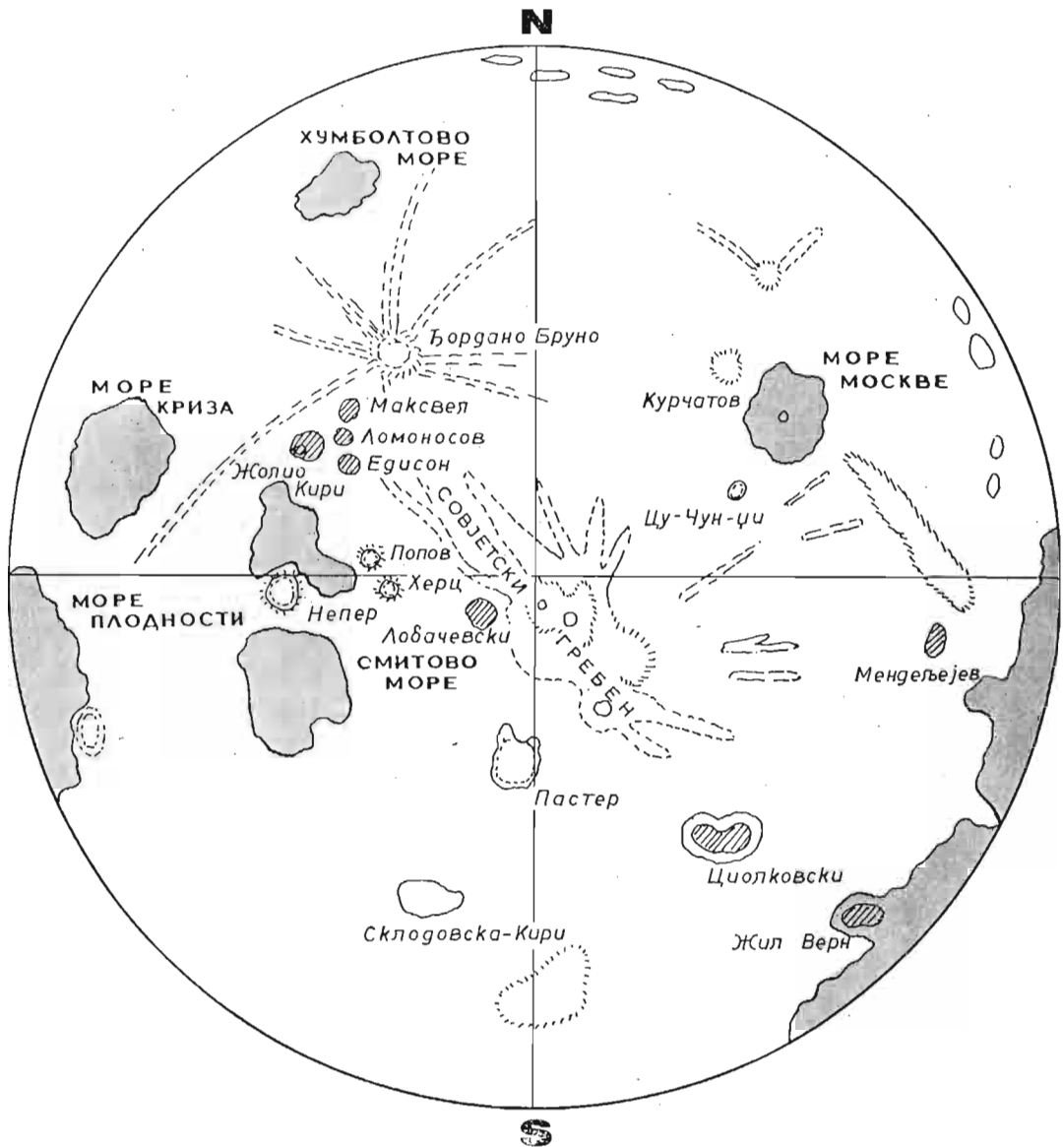
Период Месечевог обртања око осе једнак је периоду његовог обилажења око Земље. Обрћући се око осе Месец наизменице обрће Сунцу разне своје стране. Према томе, на Месецу се догађа смена дана и ноћи, али је сунчани дан на Месецу једнак периоду смене Месечевих мена, тј. синодичком месецу. Према томе, дан на Месецу траје скоро 15 Земљиних дана; исто толико траје и ноћ.



Слика 68. — Карта Месечеве половине окренуте Земљи

2. Грађа Месечеве површине. Слободним оком виде се на Месечевом котуру тамне пеге, које су у XVII веку назвали „морима“ (сл. 68). Овај се назив сачувао и до данас, иако је већ давно установљено да на Месецу нема воде. Месечева „мора“ представљају низије, које по употребењу са узвишицама богатим неравнинама, одбијају мање светлости и изгледају тамније (сл. 70).

У дурбину пада у очи да је Месечева површина крајње неравна, избраздана планинама и планинским ланцима и изрована округлим улегнућима свих могућих величина. На крајевима Месечева котура она изгледају дугуљаста, али је то последица перспективе: ми на њих не гледамо озго, већ са стране. То су прстенасте планине. Захваљујући извесној њиховој сличности са кратерима Земљиних вулкана, дат им је назив *кратера*. Већи кратери се називају *циркови*, због њихова

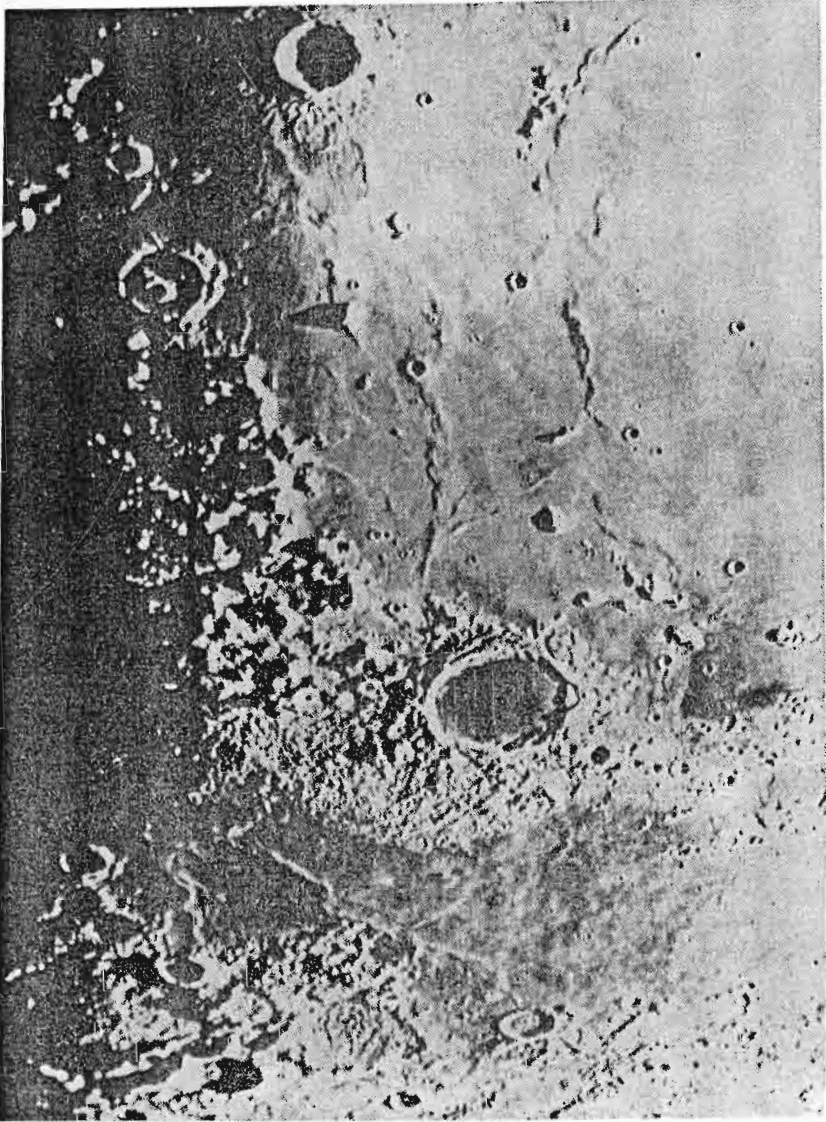


Слика 69. — Карта Месечеве површине са друге стране (невидљиве за посматрача са Земље)

кружна облика. Пречници неких циркова прелазе 200 km. Дно циркова је довољно равно, али планински бедеми, који окружавају ове равнине у виду прстенова, врло су сложене грађе. Њихова висина достиже и по неколико километара.

Године 1959. трећа совјетска космичка ракета први пут је фотографисала невидљиву Месечеву површину. По тим фотографијама совјетски научници саставили су карту те Месечеве полулопте. Њена природа је, уопште узев, слична са природом већ познате нам полулопте, али је на њој мање низија, „мора“. Истичу се московско море и Совјетски гребен, затим читав низ кратера, од којих су три добила имена југословенских научника — Тесла, Мохоровичић и Миланковић.

Године 1965. совјетска аутоматска станица „ЗОНД 3“ снимила је супротну страну Месечеву веома оштро, а америчке станице снимиле су видљиву Месечеву полулопту изблиза.



Слика 70. — Фотографија Месечеве површине у области мора киша (тамна удолина)

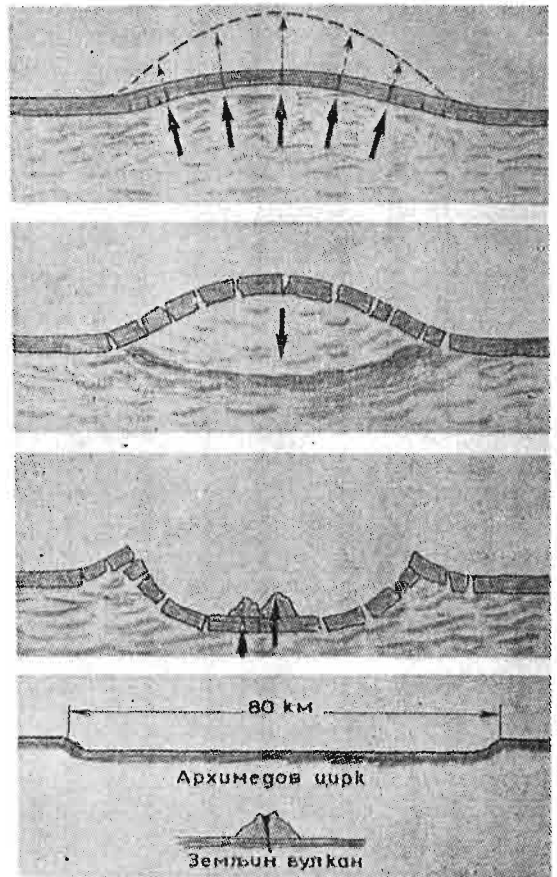
Месечеви циркови и кратери нису слични с кратерима Земљиних вулкана. Односи висине планине и величине самог кратера код једних и других су сасвим различити (сл. 71).

Док кратери вулкана на Земљи представљају удубљења малог пречника на врховима конусних планина, Месечеви циркови имају сасвим малу дубину у поређењу са њиховим пречником и својим обликом подсећају пре на плитке тањире.

Велики циркови и кратери на Месецу имају вулканско порекло, а мали су постали од удара метеорита.

Планине које осветљава Сунце, нарочито оне које леже на Месечевом котуру на граници дневне и ноћне полулопте, бацају сенке из чијих се дужина могу одредити њихове висине. За време пуног месеца посматрач са Земље гледа на Месец са исте стране са које га осветљава

Слика 71. — Хипотеза о настанку Месечевих циркова и поређење Месечева цирка и Земљиног вулкана



Сунце. Зато се за време пуног месеца не виде сенке Месечевих планина. Ово смета да се у то време дурбином изучава рељеф Месечеве површине.

На неким местима на Месечевој површини виде се огромни планински ланци и дугачке *раселине* које пресецају његову кору.

За време пуног Месеца истичу се светли зраци који се зракасто разилазе од неких Месечевих циркова. Најдужи зраци полазе од цирка Тихо на јужној Месечевој полулопти.

3. Физички услови на Месецу. Ови услови су својеврсни и оштро се разликују од услова на Земљи. Сила теже на Месецу је шест пута мања него на Земљи. Ова околност била је узрок што Месец није могао да задржи честице гасова и водене паре које су некада образовале његову атмосферу. Зато на Месецу практично нема атмосфере, зато у његовим „морима“ нема ни капи воде.

Одсуство атмосфере на Месецу доказује се неколиким појавама. На пример када Месец у своме кретању заклања звезде, оне се не гасе поступно приближавајући се његовој ивици, већ тренутно ишчежавају иза Месеца. Када би на Месецу постојала атмосфера, звезде би се гасиле постепено уколико се приближавају Месечевој ивици, њихова би светлост слабила услед апсорпције. Затим граница између дана и ноћи на Месецу је врло оштра, а не расплинута, као што би било да на тој граници постоји сумрак изазван расипањем Сунчеве светлости у горњим слојевима атмосфере.

Одсуство атмосфере на Месецу изазива следеће појаве. Сенке Месечевих планина су црне и оштре, на Месецу нема ни зоре ни сутона,

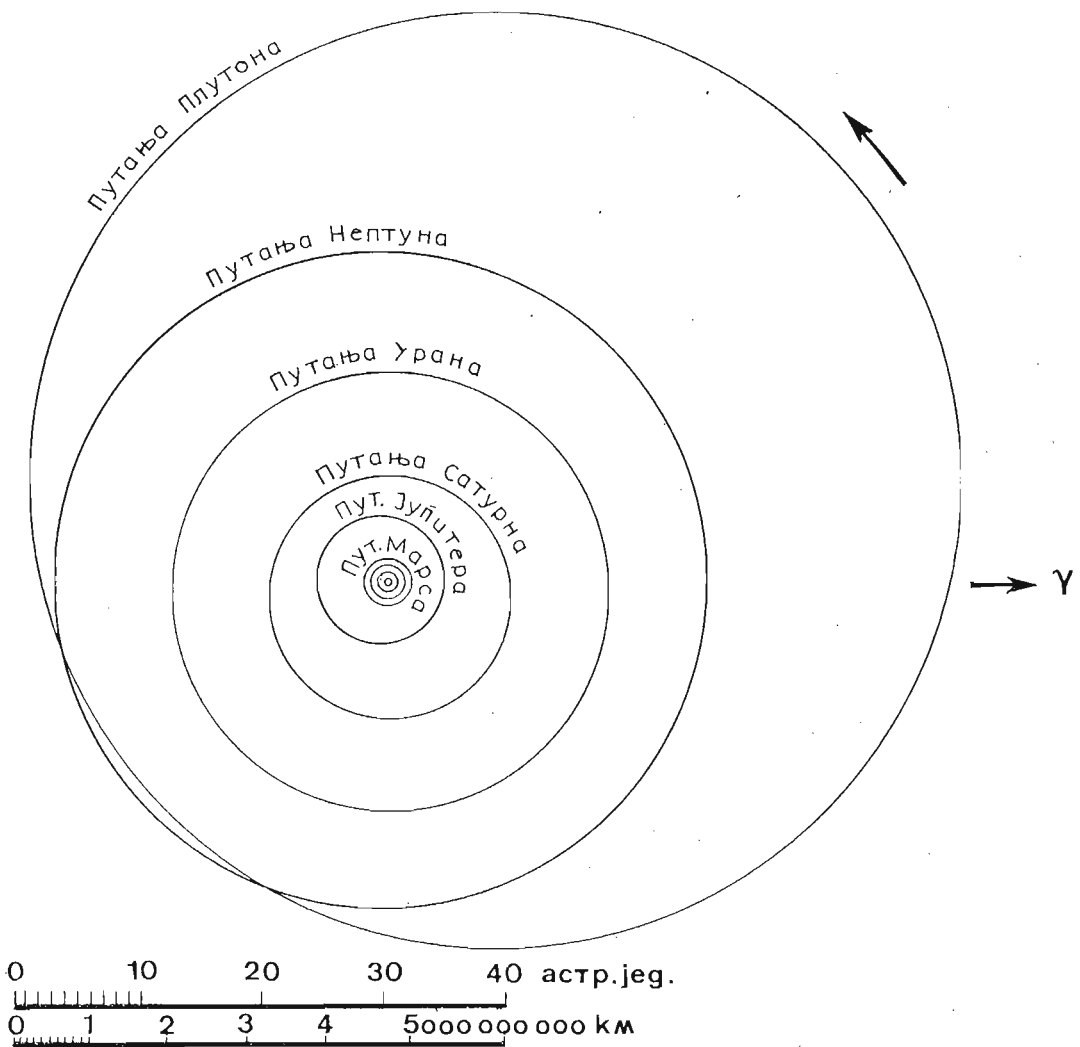
никаких метеоролошких појава; небо тамо изгледа потпуно црно и на њему се могу једновремено видети Сунце, Земља и звезде. На Месецу не пада киша и на његовој површини никада не видимо облаке или маглу. Одсуство атмосфере која ублажава температурске промене и велика дужина дана и ноћи изазивају на Месецу оштре смене топлоте и хладноће. У току Месечевог дана, који траје 354 часа, његова се површина загреје до $+120^{\circ}\text{C}$, а затим у току ноћи, која такође траје 354 часа, она се охлади до -160°C . Нема никакве основе да се претпостави да су физички услови на невидљивој Месечевој страни различити од услова на страни која је нама окренута. Под условима који владају на Месецу органски живот је тамо немогућ.

ПЛАНЕТЕ И САТЕЛИТИ

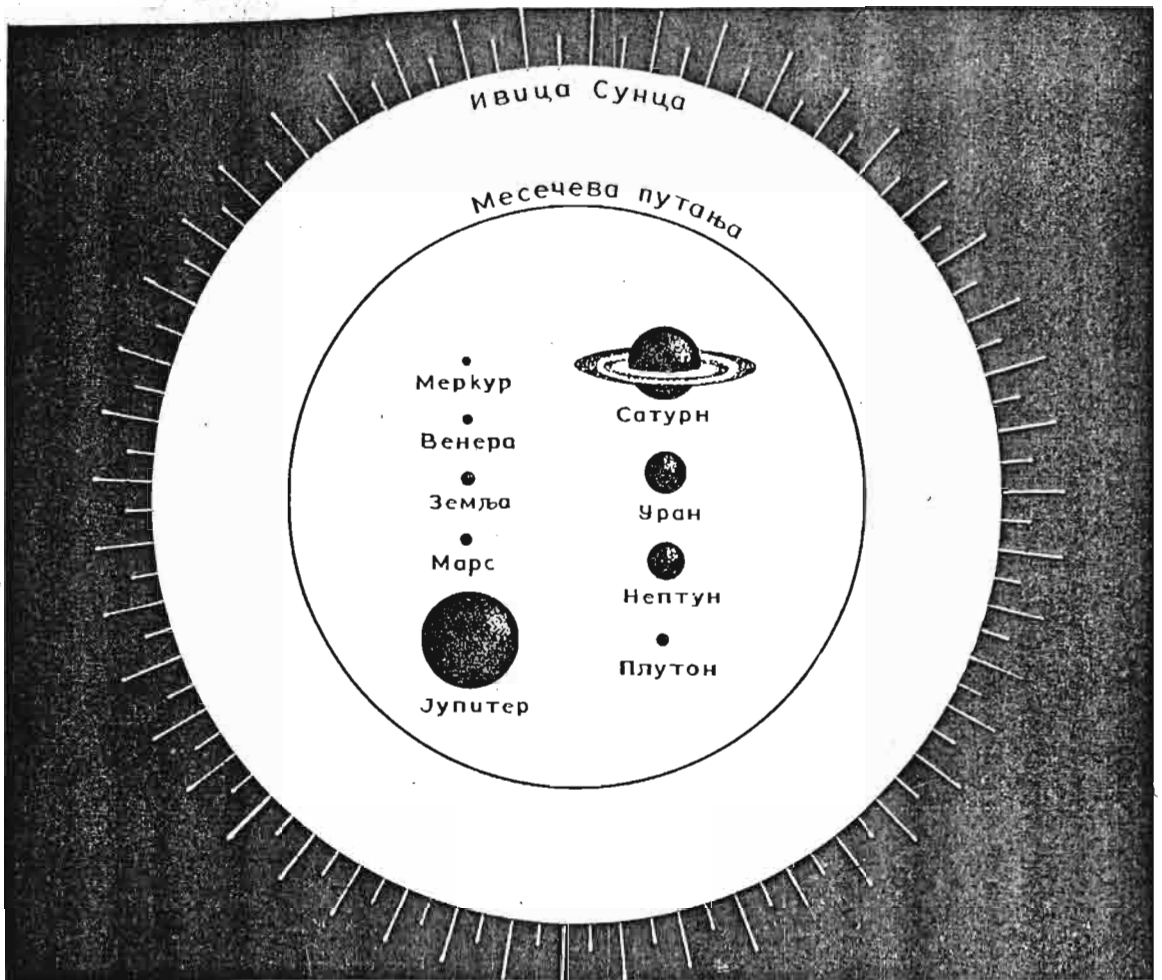
38. ОПШТИ ПОГЛЕД НА СУНЧЕВ СИСТЕМ

У Сунчев систем, осим Сунца, улазе мале и велике планете са својим сателитима, комете и безбројна мала метеорска тела.

Око Сунца обилазе велике планете, распоређене по својој удаљености од њега овим редом: Меркур, Венера, Земља, Марс, Јупитер,



Слика 72. — План Сунчевог система



Слика 73. — Величина Сунца и планета у истој размери (ради упоређења)

Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Меркур је скоро три пута ближи Сунцу него Земља, а Плутон је 40 пута даљи од њега (слика 72). Најмања од ових планета је Меркур, а највећа Јупитер. Релативне величине планета и Сунца приказане су на слици 73.

Између путања Марса и Јупитера око Сунца обилази мноштво *малих планета* — *астероида*. Сваке године астрономи откривају нове астероиде; сада их је познато 1500.

Све велике планете и највећи број малих обилазе око Сунца по путањама које се мало разликују од круга. Већина, пак, комета и метеорских тела обилази око Сунца по издуженим елипсама. У афелу многе од њих се удаљују од Сунца далеко више него Плутон. Зато није сасвим тачно усвојити за величину Сунчева система пречник Плутонове путање (80 а.ј.).

Велике планете деле се на две групе: планете Земљина типа и планете џинови. Планете Земљина типа су: Меркур, Венера, Земља и Марс. Све су оне мање од планета џинова, а њихова средња густина већа је од густине воде: оне су окружене релативно разређеном атмосфером и блиске су Сунцу. Сателита око њих је мало или их уопште нема. Могуће је да планетама Земљина типа припада и Плутон који је далеко од Сунца и још довољно неизучен.

Планете џинови — Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун веома су далеко од Сунца, све имају средњу густину блиску густини воде, обавијене су густом атмосфером која скрива од нас њихову површину, брзо се обрћу око оса и имају много сателита. Атмосфере планета су утолико гушће уколико је јача њихова сила теже, која задржава гасове од расипања у васионски простор. Подробнији бројни подаци о планетама наведени су у прилогу VI на крају књиге.

39. МЕРКУР И ВЕНЕРА

Путање ових планета леже у унутрашњости Земљине путање и зато их, нарочито Меркур, не можемо видети далеко од Сунца. Из истог узрока оне мењају изглед, тј. показују мене сличне Месечевим. Све то отежава њихово изучавање (види § 26, 28 и сл. 22). Зато о Меркуру и Венери знамо релативно мало. Врло је занимљиво пратити кроз дурбин, макар и мали, како се мења изглед Венере са њеним померањем у односу на Сунце.

Меркур је окренут Сунцу увек једном истом страном. Зато је, а и због његове близине Сунцу, на Меркуровој полулопти окренутој Сунцу температура виша од температуре топљења олова (327°C). Тамо је вечито дан. На супротној половини Меркуровој влада вечита ноћ. Атмосфера на Меркуру је крајње разређена.

Венера је скоро исте величине као и Земља. Да на Венери постоји густа атмосфера, открио је Ломоносов 1761. године. Откриће њене атмосфере била је важна потврда планетине сличности са Земљом и пружила је научну основу претпоставци о могућности живота не само на Земљи већ и на другим планетама.

Венерина атмосфера испуњена је непрекидним белим облацима који скривају њену површину. Ето зашто је изглед те површине непознат. Период обртања Венере, који се одређује помоћу радио-метода износи (у односу на звезде) 225 Земљиних дана, при чему је њено обртање обратно. Зато Сунчани дан на Венери износи око 84 Земљина дана.

У Венериној атмосфери има много угљен-диоксида, има и водене паре, а присуство кисеоника подлеже сумњи. Могућност живота на Венери, где је далеко врелије (око 300°C) него на Земљи, мало је вероватно. Венерина даљина од Земље, одређена астрономски, била је потврђена мерењем времена за које радио-сигнал доспе до Венере, одбије се од ње и врати на Земљу. Предаја радио-сигнала на тако велике даљине представља један од највећих резултата науке и технике.

40. МАРС И МОГУЋНОСТ ЖИВОТА НА ДРУГИМ ПЛАНЕТАМА

После Венере, од великих планета Марс се највише приближава Земљи. То се догађа у његовој опозицији, која се понавља сваких 780 дана. Како се Земљина и Марсова даљина од Сунца донекле мењају при њиховом кретању по елиптичним путањама, то се сваких 15 до 17 година понављају тзв. „велике опозиције“ (на пример 1956, 1971. итд.), када Марс прилази Земљи на најмању даљину од 56 милиона

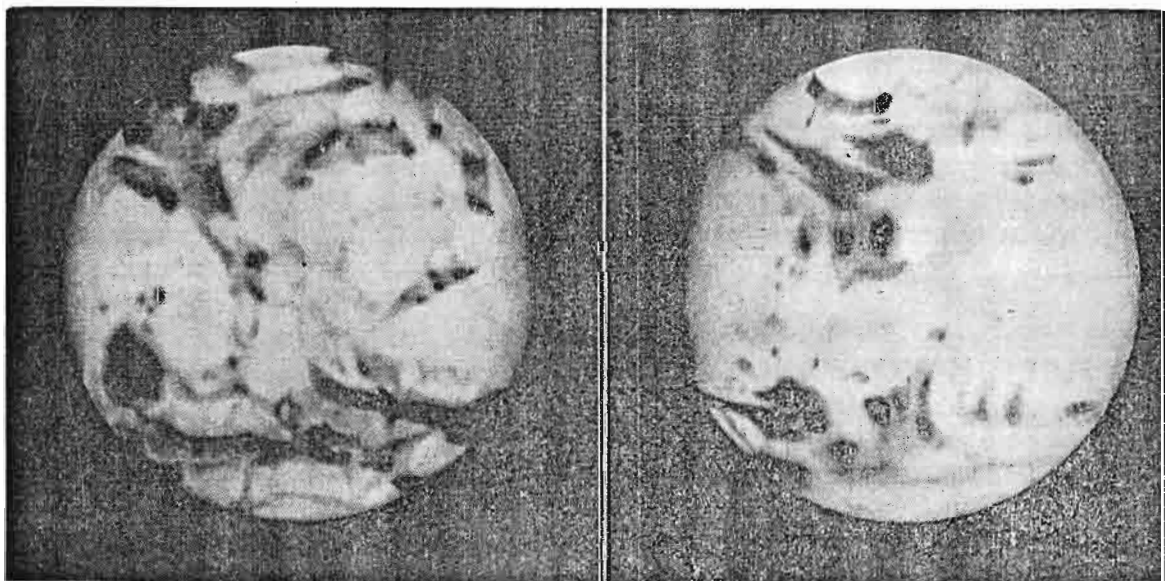
километара. То је скоро три пута мање но Земљина даљина од Сунца. Око опозиција, нарочито великих, Марс се може најлакше изучавати.

Марс је већи од Меркура, али је приближно два пута мањи од Земље по пречнику. Око Марса обилазе два сићушна сателита од којих већи у пречнику има 15 km.

По тамним пегама које се виде на Марсу утврђено је да период обртања око осе, његов сунчани дан, износи $24^h 40^m$. Значи да се смена дана и ноћи тамо догађа скоро исто као и на Земљи. Марсова обртна оса нагнута је према равни његове путање скоро исто као Земљина према равни њене путање. Зато се на Марсу, као и на Земљи, догађа смена годишњих доба, која трају скоро два пута дуже него Земљина годишња доба, јер је Марсова година, тј. период његова обилажења око Сунца, скоро два пута већа од Земљине године. Сличност Марсове природе са Земљином допуњује се тиме што је и он обавијен атмосфером. Налазећи се само 1,5 пута даље од Сунца него Земља, Марс добија 2,25 пута мање Сунчеве топлоте и светлости него Земља. Марсова атмосфера је знатно разређенија од Земљиног ваздуха и на највишим планинским врховима. Због свега тога клима на Марсу је далеко суровија. На најтоплијим местима Марсове површине температура, како изгледа, не диже се више од $+25^{\circ}\text{C}$ и већ на Сунчевом залазу је много нижа од нуле, а ујутру достиже и до -40°C . Иако се у Марсовој атмосфери понекад виде облаци и магле, воде и водене паре, а исто тако и кисеоника, неопходног за дисање животиња на Земљи; тамо је испод 0,1% њихова садржаја у Земљиној атмосфери.

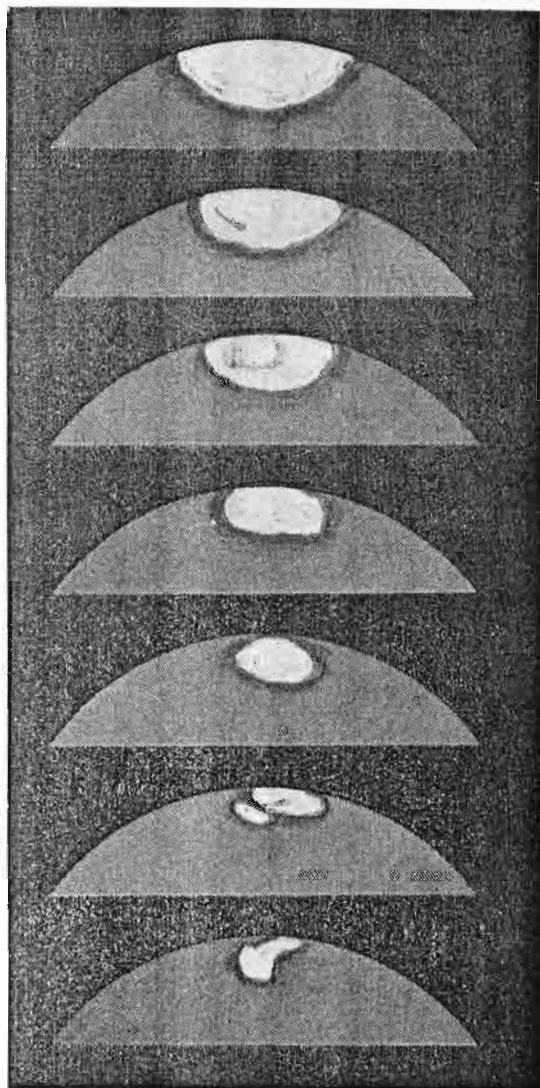
Кроз дурбин се на Марсу најбоље виде беле пеге које покривају Марсове половине (слика 75). Ове „поларне капе“ расту по величини када на дотичној Марсовој полулопти настаје зима, али се дробе по ивицама и смањују у пролеће (слика 74). По свим знацима оне представљају слој иња или танке ледене коре над којима се простире магла.

Несумњиво је да је воде на Марсу врло мало. Највећи део Марсове површине има наранцасту боју, због чега голим оком Марс изгле-



Слика 74. — Изглед Марса у дурбину (при врху бела поларна капа)

Слика 75. — Топљење Марсове поларне капе



да црвенкаст. Ова, скоро равна површина, како изгледа, представља пешчану пустињу. Понекад се на Марсу виде дуге пешчане буре — Марсова површина прекрива се жутом копреном.

Састављене су карте тамних пега на Марсовој површини. Диван је период промена боја ових тамних пега. У јесен и зими оне су осенчене мрко.

Докази у корист тврђења да су Марсове тамне пеге низије покривене растињем, које мења своју боју са сменом годишњих доба, изгубиле су своју убедљивост са развојем науке. Како је Марсова клима за земаљске биљке сувише сурова и како неке особине зелених пега на Марсу нису сличне са својствима најраспрострањенијих биљака на Земљи, сматра се да на Марсу не може бити биљног света више врсте.

Даља изучавања Марса коначно ће решити овај научни спор. Будућа испитивања ће разјаснити и природу Марсових канала. Каналима су назване једва видљиве тамне праве линије које пресецају Марсову површину. Неки су научници у прошлости држали да се канали могу сматрати за вештачке творевине и због њихових правих облика.

У данашње време највећи канали су фотографисани. Испитивање ових фотографија и посматрања кроз највеће телескопе показали су

да су канали природне творевине, нека врста јаркова оивичених растињем, којима око, као и свима слабо видљивим појединостима, и нехстице приписује правилан облик.

Године 1965. америчка аутоматска станица фотографисала је изблиза делове Марсове површине. Показало се да на Марсу има много кратера истих као на Месецу.

По научним подацима сматра се да не може бити живота (бар иоле развијенијег) на планетама даљим од Марса. Независно од тога хоће ли бити доказано да постоји живот на Венери и Марсу, материјалистичка филозофија тврди да се живот неизбежно појављује на свакој планети када на њој у току развоја настану повољни услови за појаву живота. Живот је виши облик у развоју материје. За свој постанак и развој он захтева одређене услове, на пример присуство воде и одређене границе температуре, да се беланчевина не би згрушавала и да би била могућа размена материје. За дисање биљака потребан је угљен-диоксид, а за дисање животиња кисеоник који испуштају биљке. По бескрајној Васиони је бесконачно много звезда, тј, сунаца око којих вероватно обилазе планете. На многим од бескрајне количине планета у Васиони пре или после се вероватно јављају услови под којима се, као и на Земљи, јавља и развија живот.

41. ПЛАНЕТЕ ЦИНОВИ

Од четири циновске планете — Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун, највећа је Јупитер. Јупитер је по пречнику 11 пута већи од Земље. За њим по величини долази Сатурн. Планете цинови се брзо обрћу око својих оса. Најмањи период обртања има Јупитер, мањи од 10 часова, а највећи Нептун око 16 часова, али привидне површине тих планета, које се састоје из непровидних облака у њиховим великим атмосферама, обрћу се различитим угловним брзинама. Екваторске области обрћу се нешто брже него оне ближе половима. (Чврсто тело се не може обртати на овај начин, јер се све његове тачке обрћу једном угловном брзином.)

Брзо обртање изазвало је много већу спљоштеност планета цинова дуж њихових обртних оса него што је Земљина спљоштеност. Обртна оса код разних планета има различит нагиб према равни планетине путање. Јупитерова оса је скоро управна на равни његове путање и зато на Јупитеру нема смене годишњих доба. Сатурнова оса нагнута је према равни његове путање приближно као и Земљина. Уранова оса је веома близу равни његове путање. И он се, тако рећи, котрља по својој путањи (зато се на њему догађа оштра смена годишњих доба).

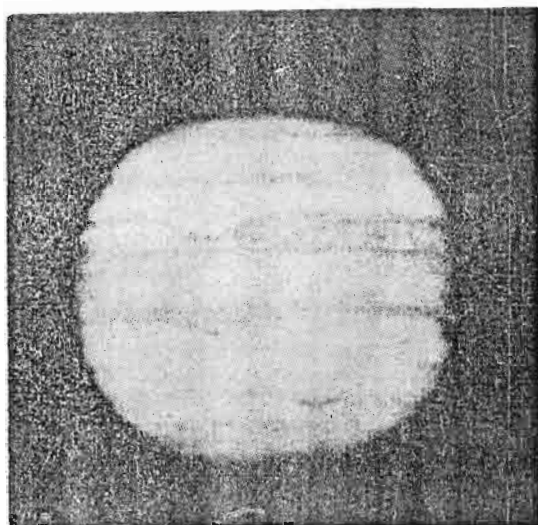
Како изгледају површине планета цинова, скривене облацима, непознато је. У њиховим атмосферама виде се само појасеви облака, који се протежу паралелно екватору, због обртања планета. Атмосфере планета цинова састоје се претежно од амонијака и метана. У састав ових гасова улази водоник. По рачунима, водоник је главни састојак ових планета у целини, нарочито Јупитера. У унутрашњим областима ових планета материја је збијена до густине која је много пута гушћа од воде. Површине планета цинова састоје се вероватно од леда замрзнутих гасова, јер мерења показују да температура Јупитерове атмосфере

износи 138°C испод нуле и да је још нижа за планете даље од Сунца. Средњу густину планета добијамо кад поделимо њену масу запремином. Но за запремину оваквих планета ми узимамо њихову запремину заједно са веома густом атмосфером. Међутим, претежна маса планете налази се у густом збијеном језгру, које лежи под леденом кором. Зато средње густине за планете цинове и добијамо блиске густини воде, због чега се раније погрешно мислило да су ове планете у житком стању. (Најмању средњу густину 0,7 има Сатурн.)

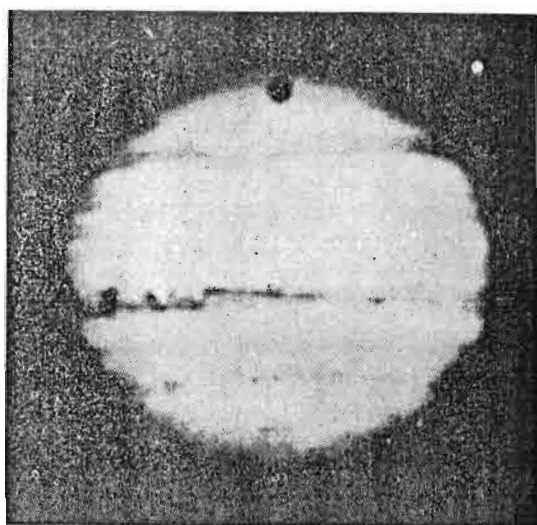
У самој ствари ове планете, као што је већ раније речено, имају збијено тешко језгро са чврстом замрзнутом површином покривеном слојем замрзнутих гасова и веома високом и релативно густом непровидном атмосфером.

Врло ниска температура у атмосфери планета цинова показује да оне скоро сву топлоту добијају од Сунца, од кога се налазе врло далеко, а из њихових недара на површину топлота скоро и не долази. И у омањем дурбину на Јупитеру се виде појасеви облака (сл. 76). На другим планетама ови појасеви се лошије виде.

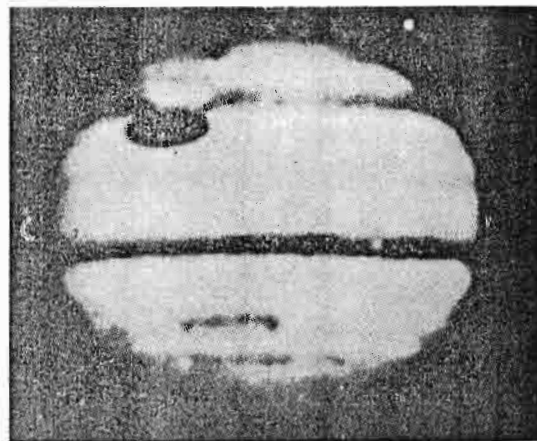
Сатурн је јединствена планета у Сунчевом систему, која се одликује *прстеном* као дивном особеношћу (сл. 78). Овај прстен је врло



1

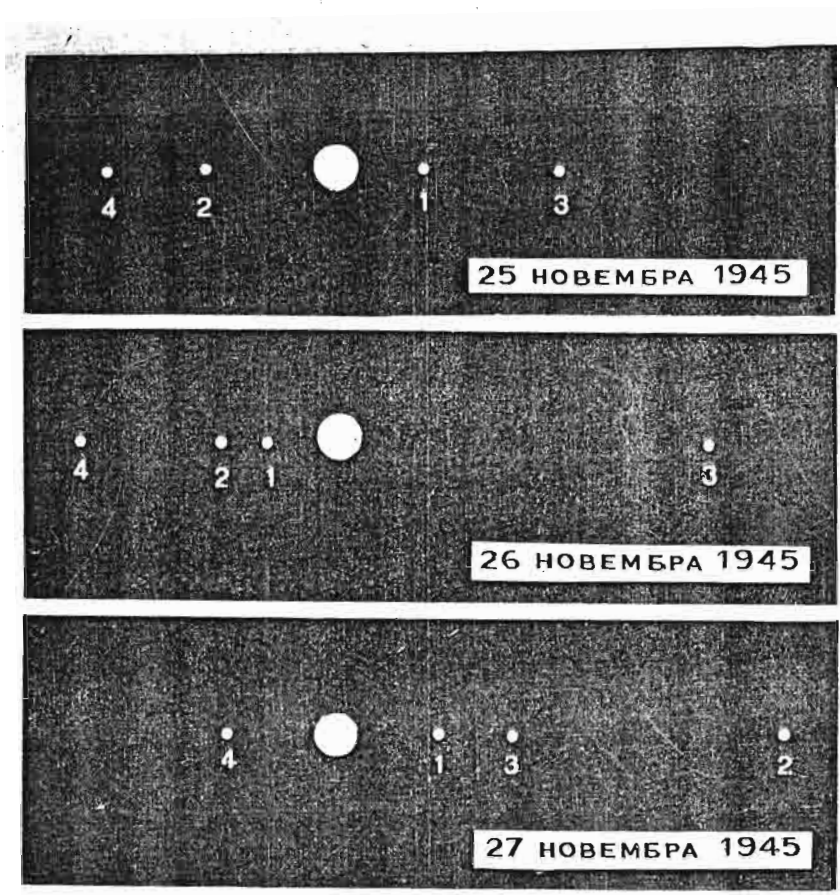


2

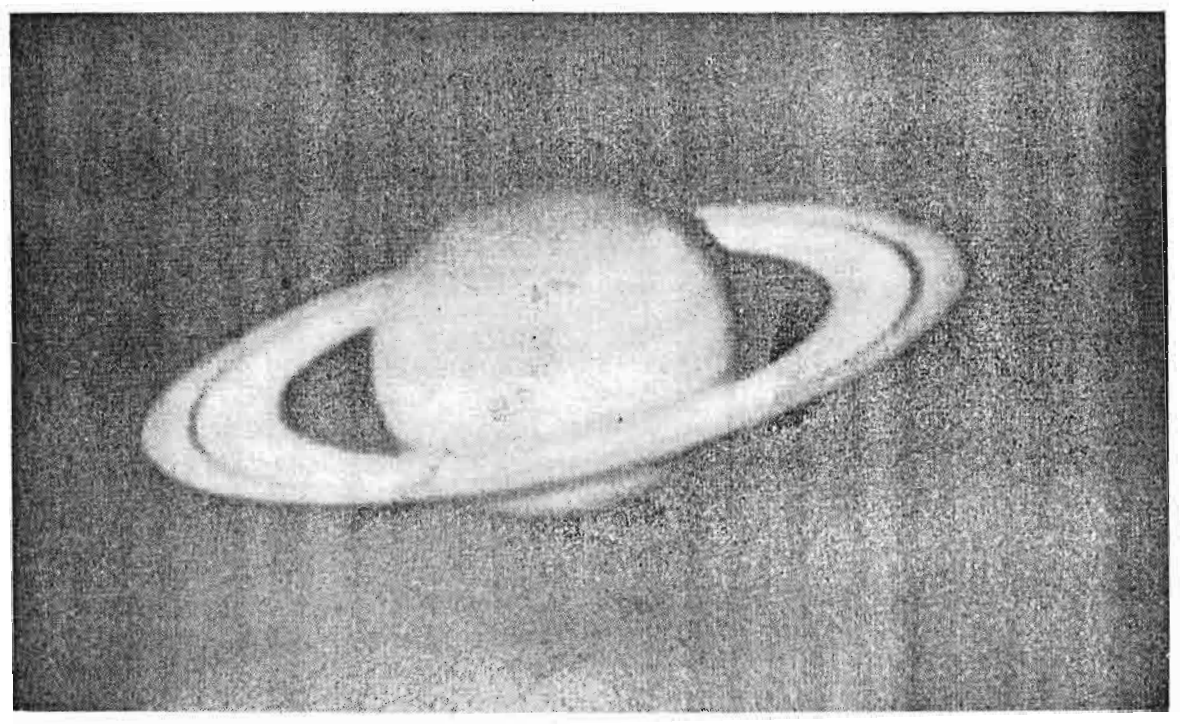


3

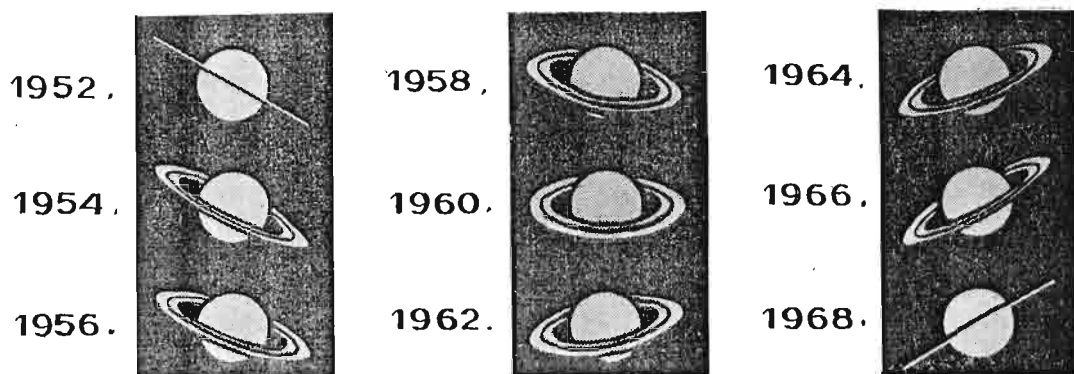
Слика 76. — Изглед Јупитера у дурбину и промене у облацима који га омотавају



Слика 77. — Промене распореда Јупитерових сателита



Слика 78. — Изглед Сатурна у дурбину



Слика 79. — Промене изгледа Сатурнова прстена

танак (његова дебљина је око 15 km) и лежи у равни планетина еква-
тора. Сатурнов прстен се види само у дурбину. При промени узајам-
ног положаја Земље и Сатурна са прстеном изглед Сатурна се мења
(сл. 79). Када нам је прстен окренут ребром, види се само у најјачим
телескопима.

Руски астроном А. А. Белополски доказао је 1895. године да Са-
турнов прстен није непрекидан, већ да се састоји из мноштва честица
које обилазе око Сатурна једна око друге по Кеплеровим законима,
слично сиђушним сателитима. Они су тако блиски један другом да се
из далека сливају у једну површину. Међу њиховим путањама на не-
ким местима постоје шири размаци, због чега га видимо као низ кон-
центричних прстенова.

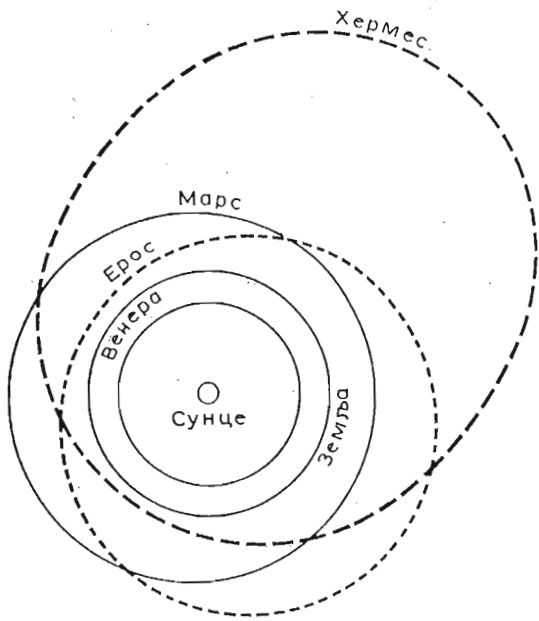
Познато је 12 Јупитерових сателита, 9 Сатурнових, 5 Уранових и
2 Нептунова. Неки од њих обилазе око својих планета у смеру супрот-
ном од онога у коме се обрћу планете око својих оса. Четири главна
Јупитерова сателита, која је открио Галилеј, добро се виде и у малом
дурбину. Од интереса је пратити како ови сателити обилазе око Јупи-
тера и како се због свог обилажења различито распоређују око њега
као што је приказано на сл. 77. Главни Сатурнов сателит *Титан* и први
Нептунов сателит *Тритон* имају, за разлику од осталих, атмосфере исто-
га састава као и планете џинови.

42. МАЛЕ ПЛАНЕТЕ — АСТЕРОИДИ

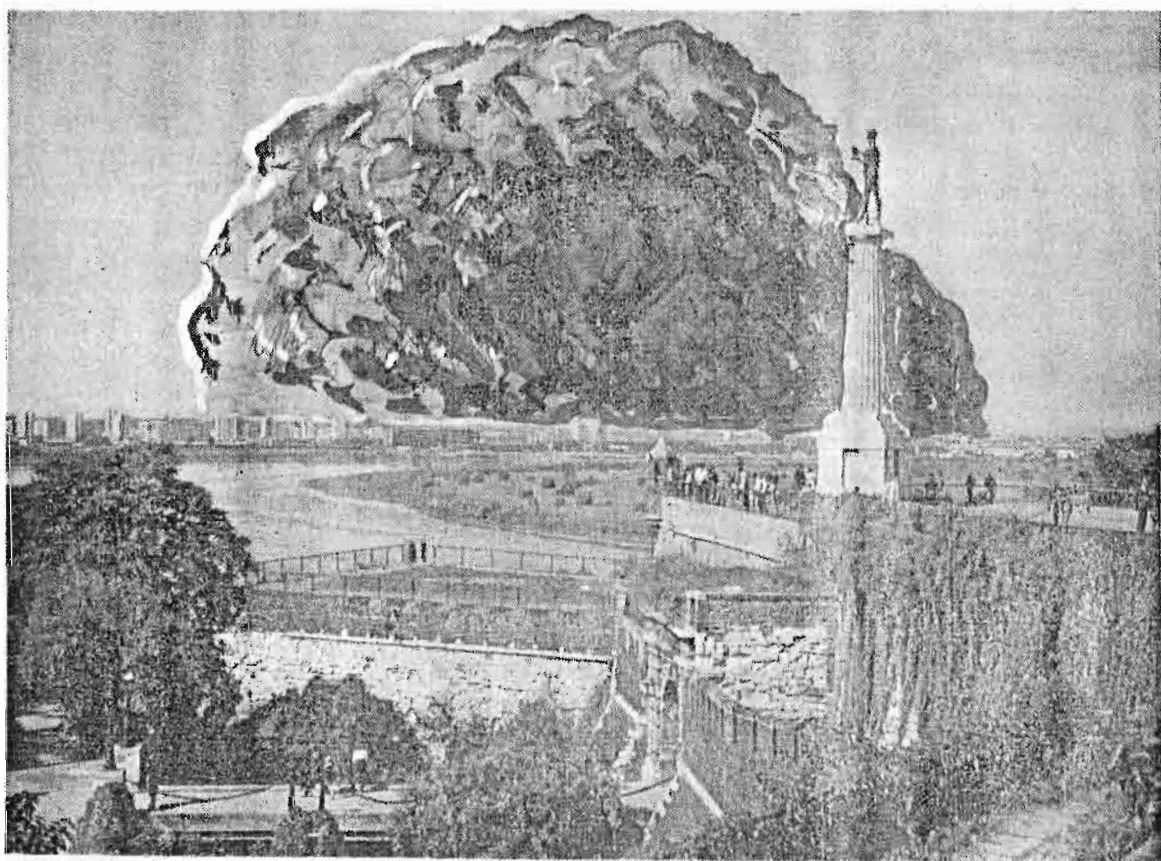
Највећа мала планета — Церес (откривена 1801. године) има преч-
ник око 800 km. Остале су знатно мање: пречник код већине не пре-
лази неколико километара. Таква би се мала планета могла сместити
на земљиште дела једног града (сл. 81). Голим оком мале планете не
могу се видети на небу. Како је сила теже на астероидима мала, то
они немају атмосфере.

Путање већине астероида леже између путања Марса и Јупитера,
али су путање неких астероида врло издужене и такви астероиди при
обилажењу око Сунца секу Марсову путању и приближавају се Земљи
више него Марс. Путање неких астероида пресецају чак и путање
Земље, Венере и Меркура.

У данашње време познато је преко 1600 астероида и сваке године
откривају се нови ситни астероиди.



Слика 80. — Путање малих планета Ероса и Хермеса

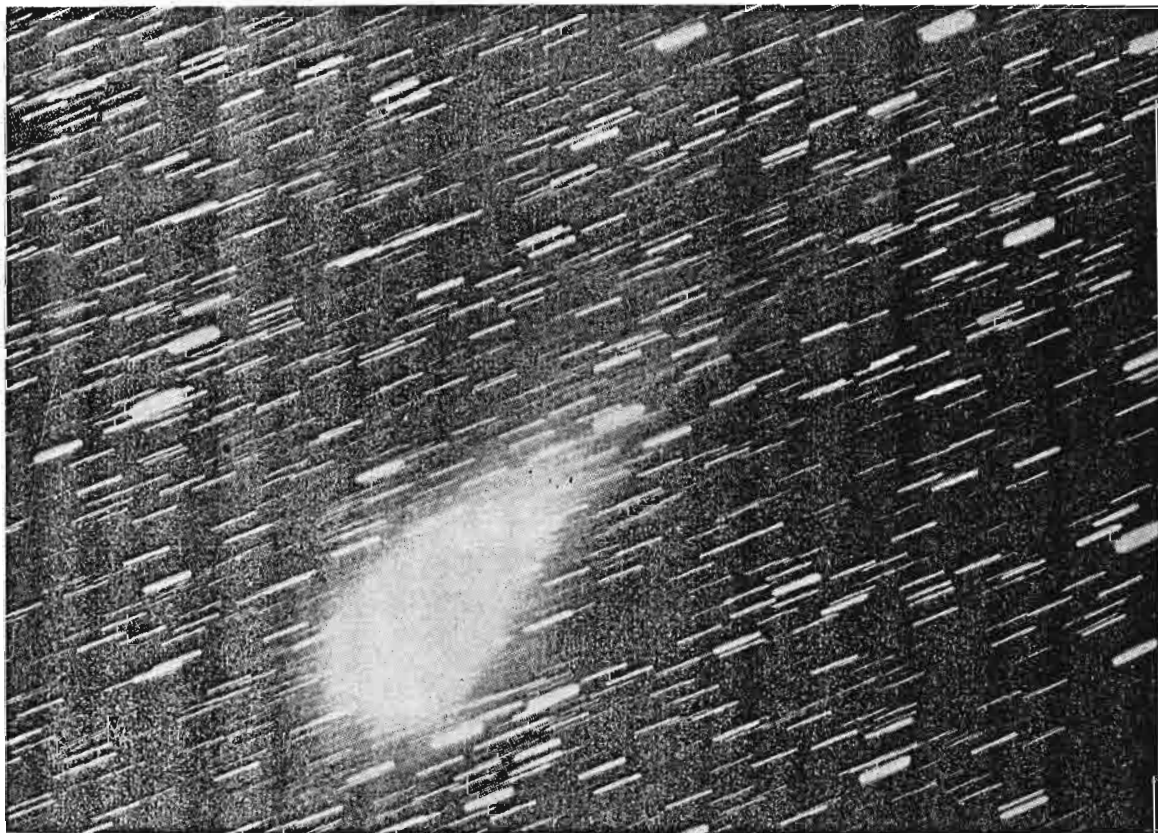


Слика 81. — Величина једног астероида према делу града (око 3 km)

КОМЕТЕ, МЕТЕОРИ, МЕТЕОРИТИ

43. КОМЕТЕ, ЊИХОВО КРЕТАЊЕ И ПРИРОДА

Реч „комета“ на старогрчком значи космата звезда. Слабе комете, које се често могу видети само дурбином, имају изглед округле или дугуљасте светле магличaste пеге у којој се може приметити сјајније згушњавање, тзв. *језгро* комете (сл. 82). Тако изгледају све комете када се налазе далеко од Сунца. Уколико се више приближи Сунцу, комета постаје сјајнија, њен се магличasti омотач истеже супротно од Сунца, образујући понекад светао прамен — *реп*. У том случају магличasti омотач око језгра назива се *глава* комете. Сјајне комете се добро виде и голим оком. Реп великих комета протеже се скоро преко половине неба у виду светлог правог или савијеног прамена.

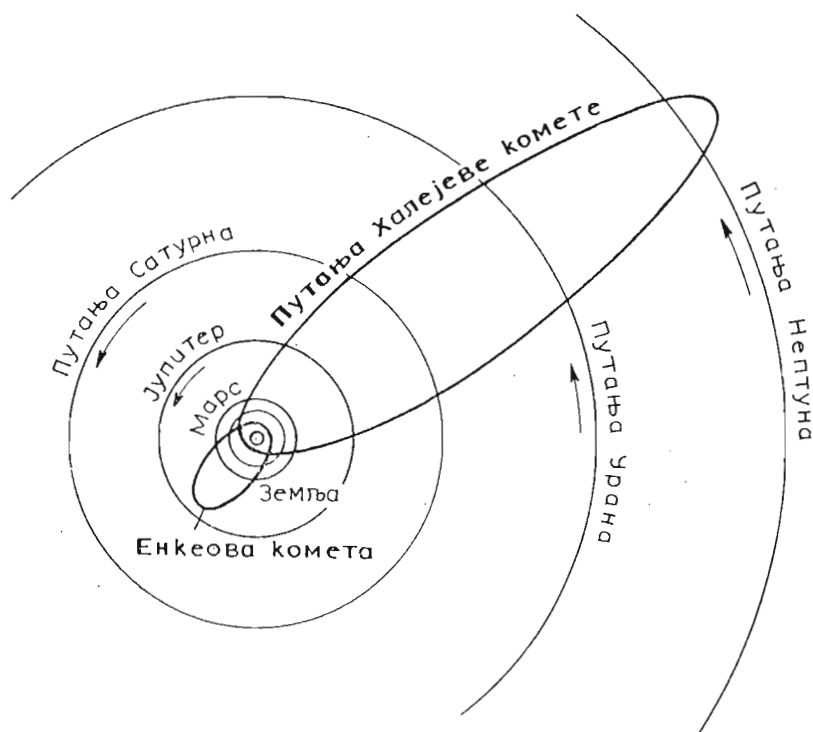


Слика 82. — Фотографија слабе комете. При снимању камера је пратила комету у њеном кретању, зато су ликови звезда издужени у светле линије

Од најстаријих времена изненадна појава комете са репом на небу уносила је у непросвећене људе сујеверни страх. Они су сматрали појаву комете за предзнак рата, епидемије или других несрећа. Религиозни људи називали су комете „весници божјег гнева“. Астрономија је објаснила физичку природу комета и законе њиховог кретања не остављајући места сујеверјима везаним за њихову појаву.

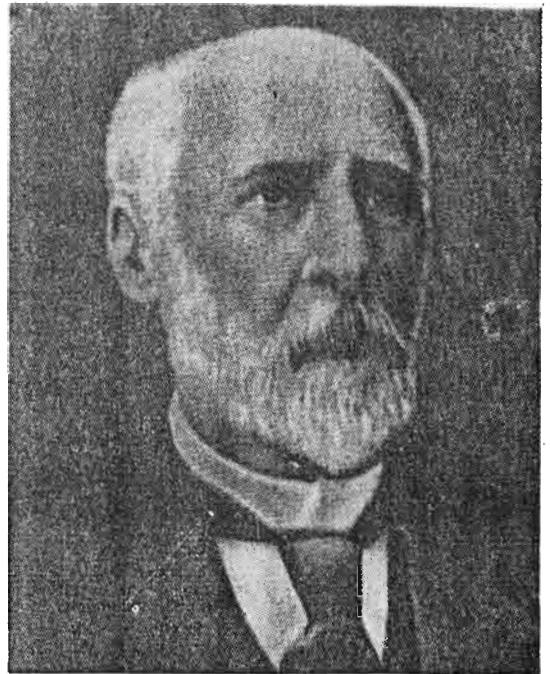
Комете су чланови Сунчева система. Оне обилазе око Сунца по веома издуженим елипсама. Периоди њихова обилажења око Сунца су различити: од неколико година до неколико десетина хиљада година, па и више. Кад је далеко од Земље и Сунца, комета је за нас невидљива и тек када им се приближи, постаје приступачна посматрању. Период враћања једне комете Сунцу и Земљи први је открио енглески научник Халеј у XVII веку. Он је утврдио да се комета која је добила његово име креће слично планетама, по закону правитације, и да се приближава Сунцу приближно сваких 76 година. Халеј је израчунао путању ове комете у простору и предсказао годину њене наредне појаве за посматрача са Земље. Његово предсказање сјајно се потврдило, јер се комета вратила у року који је указао Халеј. Последњи пут је била видљива 1910. а идући пут ће се поново видети 1985—1986. године (сл. 83).

Комете се померају постепено по залеђу звезданог неба из дана у дан као и планете и видљиве су по неколико недеља или месеци. Посматрајући померање сваке комете на позадини звезданог неба, астрономи израчунавају облик, величину и положај путање сваке комете у простору, као и период њеног обиласка око Сунца. На основи тога они предсказују време њене следеће појаве и њен будући привидни пут по небу. Оне комете које су се, због своје дугачке периоде обиласка, последњи пут биле приближиле Земљи и Сунцу пре почетка



Слика 83. — Путања Халејеве и Енкеове комете

Ф. А. Бредихин

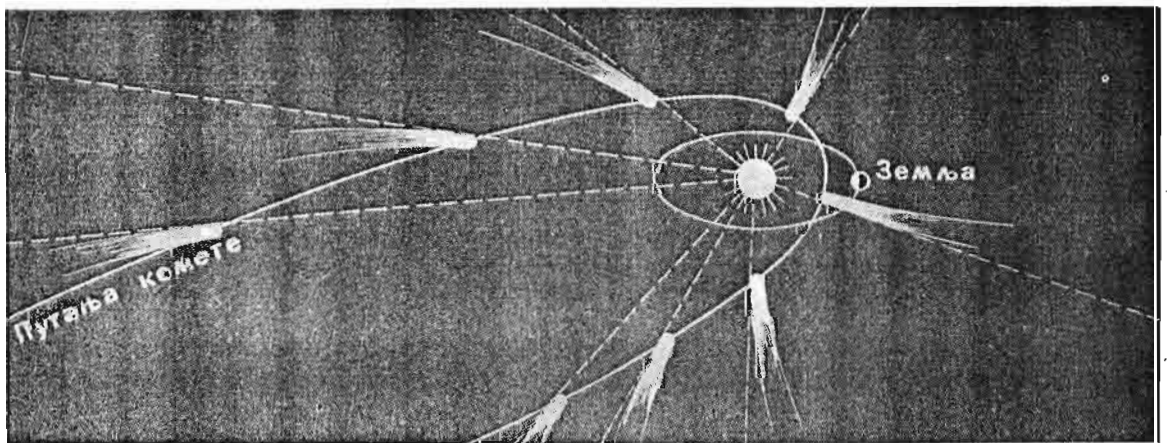


научних посматрања комета, појављују се за нас неочекивано, али ће убудуће њихово кретање постати познато.

Афели већине комета са кратким периодама обиласка распоређени су у близини Јупитерове путање, а афели комета са врло дугачким периодима леже далеко иза границе Плутонове путање. У перихелима комете које су приступачне посматрању обилазе Сунце у близини Земљине путање, а понекад и ближе њему.

У данашње време астрономи сваке године откривају и посматрају по неколико комета, које се најчешће виде само телескопима.

Знаменити руски научник Ф. А. Бредихин испитивао је облике кометских репова који су увек уперени супротно од Сунца. Он је утврдио да кометска језгра непрестано избацују ситне честице. На њих дејствује одбојна сила уперена од Сунца, па се зато ове честице удаљавају од Сунца и од језгра образујући поток честица, које ми видимо у облику кометског репа (сл. 84). Бредихин је доказао да у реповима



Слика 84. — Кометин реп расте са приближавањем комете Сунцу и увек је уперен супротно од Сунца

скоро правог облика одбојна сила превазилази привлачење ових честица Сунцем десет и више пута. У реповима савијеним попут сабље одбијање и привлачење, која дејствују на честице избачене из језгра, просечно су једнака међу собом. Бредихин је објаснио и многе друге појаве посматране у кометама.

Познати руски физичар Ф. Н. Лебедев (1866—1912) указао је на то да притисак Сунчеве светлости може бити извор одбојне силе која дејствује на кометин реп. Лебедев је огледима доказао да постоји притисак светлости. За велика тела притисак светлости је мали у поређењу са силом теже, али је он једнак, па чак и већи од силе теже за врло мале честице, најситнија зрнца прашине и гасних молекула из који се састоје репови комета. У образовању гасовитих кометских репова неизмерну улогу играју и електромагнетне силе, на шта је генијални, проицљиви В. М. Ломоносов још давно указао, а што налази потврду у радовима научника у последње време.

Изучавање комета показало је да се крупне чврсте честице налазе само у језгру комета, где су оне, како изгледа, заробљене у замрзнутим гасовима. Кометско језгро је хладно и светли одбијеном Сунчевом светлошћу. По свој прилици, оно се цело састоји из смесе замрзнутих гасова и честица прашине. Маса и пречници кометских језгара мањи су од маса и пречника малих астероида. Под утицајем Сунчеве топлоте из језгра се ослобађа разређени гас који образује његов омотач, а ако га има много, онда и главу, и најзад реп комете.

Понекад језгро избацује у реп и ситне честице прашине.

Кометски реп је понекад дугачак и колико растојање Земље од Сунца. Кометина глава је често већа и од Сунца, али и глава и реп се састоје из крајње разређене материје. Зато, ако комета закачи Земљу (што се већ дешавало), то неће представљати никакву опасност за Земљу, иако у састав кометине главе улазе паре угљеника и цијана, а у саставу њеног репа има угљен-моноксида. Захваљујући великој разређености кометских гасова, њихова примеса у Земљиној атмосфери је неосетна. Хладна светлост гасова у кометама у целини је изазвана Сунчевим зрачењем.

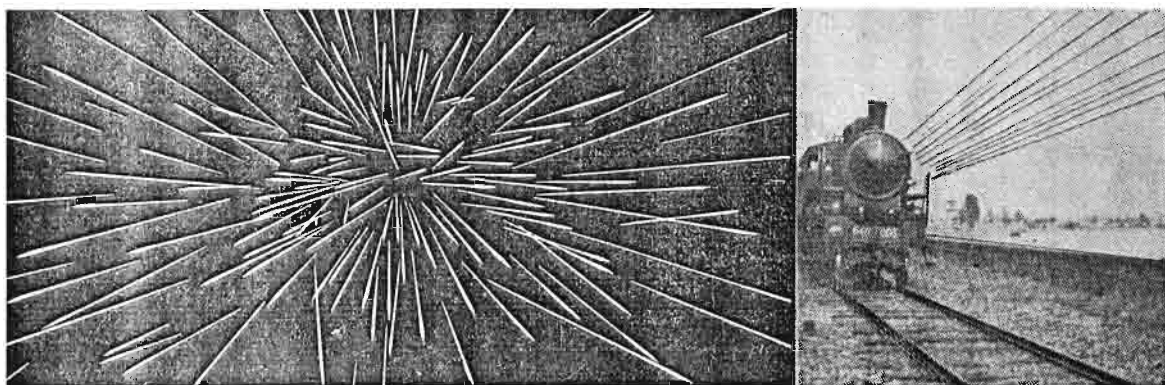
Комета у Сунчевом систему има врло много, толико „колико риба у океану“ — говорио је Кеплер.

44. МЕТЕОРИ ИЛИ „ЗВЕЗДЕ ПАДАЛИЦЕ“ И ЊИХОВА ВЕЗА СА КОМЕТАМА

Појава „звезде падалице“ — метеора — изазива у неких људи разне сујеверне представе. Наука је установила да појаву „звезде падалице“ изазива зрно песка и мали каменчић, тзв. метеорско тело, које улеће у Земљину атмосферу из међупланетског простора. Метеорска тела улећу брзинама од неколико десетина километара у секунди. Ваздух кочи њихово кретање. Енергија кретања метеора претвара се у топлоту. Од судара са молекулима ваздуха зрно песка се загрева и испарава остављајући за собом светао траг. Ова појава и ствара илузију о звезди која пада. Метеори испаре најчешће на висини од 80 до 170 km над Земљином површином.

Сваке године у извесне дане, на пример од 10. до 12. августа, види се много метеора. У такве дане може се приметити да метеори долећу из једног места на небу, које се назива *радијант*. Радијант заузима одређени положај међу сазвежђима и заједно с њима учествује у привидном обртању неба. То доказује да метеори долећу из међупланетског простора и да се крећу по паралелним правцима.

И доиста, у привидном дневном обртању звезданог неба не учествују тела везана са Земљом. Разилажење привидних путања метеора из једног места на небу само је последица перспективе. Слично томе, међу собом паралелне железничке шине у даљини се привидно састају, а у близини разилазе (сл. 85).



Слика 85. — Метеорски пљусак и зближавање метеорских трагова ка радијанту

Путање многих метеора у простору поклапају се са путањама многих комета. Веза између комета и метеора још се јасније испољила после следеће појаве.

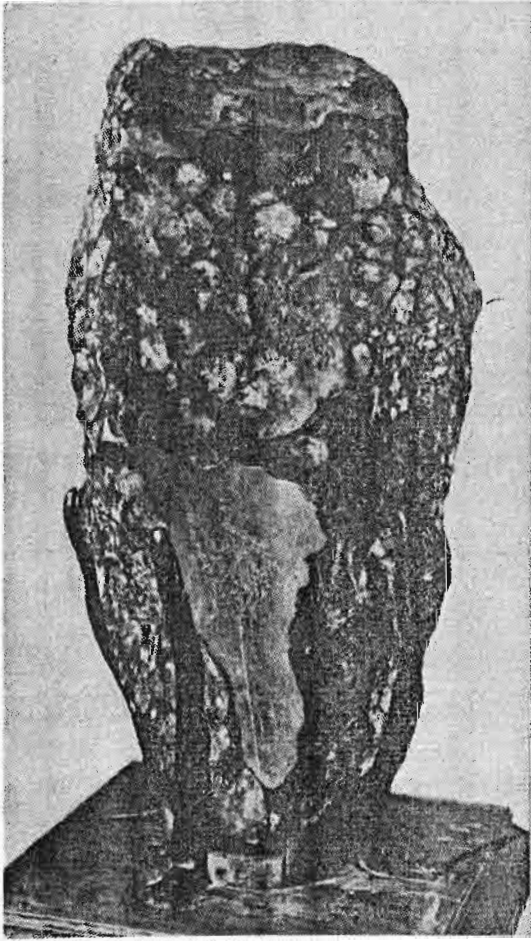
Године 1846. било је примећено да се комета, коју је открио чешки љубитељ астрономије Бјела, поделила на два дела, који су се кретали један за другим. Слично распадање комета посматрано је и касније, али 1872. године делови Бјелине комете при њиховом повратку у близину Сунца више се нису могли видети. По рачунима, у новембру је језгро комете требало да прође близу Земље и чак да падне на њу. Тих дана, новембра 1872. године, виђен је необично обилан пљусак метеора. Путање ових метеора биле су блиске путањи комете која се поделила, а затим ишчезла. Постало је јасно да се чврсто језгро комете распало на рој зрнаца песка, који се растурио дуж претходне путање и сукобио са Земљом. Из тога се види да за Земљу нема опасности чак ако се сукоби и са самим кометским језгром (што се дешава веома ретко) — видеће се само пљусак метеора и пашће, може бити, на Земљу неки најкрупнији комади језгра. Комете су крхка и релативно кратковечна небеска тела.

45. БОЛИДИ И МЕТЕОРИТИ

Понекад се на небу види како пролети сјајна ватрена лопта, која оставља димни и ватрени траг. Таква летећа огњена лопта зове се „болид“. Њега не треба мешати ла лоптастом муњом која лети полако

и ниско. Сујеверни људи сматрали су овакве огњене лопте за аждаје и змајеве који лете.

Болид није ништа друго до крупни камен који улети из планетског простора у Земљину атмосферу и који светли из истог узрока као и мало метеорско тело. Само такав камен не успева да испари, јер је крупнији. Врло често се летеће болида завршава ударом, слично грому, и падом метеорита на Земљу. Метеоритом се називају камен или гвожђе ванземаљског порекла, који падну на Земљу. Метеорити су слични камењу на Земљи, али неки од њих се састоје из гвожђа (сл. 86), други из смеше гвоздене и камене масе. Камен који падне



Слика 86. — Гвоздени метеорит Шаркас (Мексико)

с неба — метеорит, чврсто су везивали са религиозним сујеверјем. Такозвани „црни камен“ проглашен је за муслиманску светињу и верници одлазе к њему да му се поклоне. Црна кора на површини метеорита настала је опаљивањем при његовом пролазу кроз ваздух. При паду на Земљу танка кора метеорита стигне да се охлади, јер на крају свога пута он већ изгуби велику брзину услед отпора ваздуха.

У нашој земљи метеорити су државна својина и подложни су предаји научним институтима, где су створене збирке метеорита. Најкрупнији од монолитних метеорита тешки су десетине тона. Понекад се метеорити у лету јако дробе и разлећу на неколико комада, па чак и падају у виду камене кише. Један од особитих метеорита, Тунгунски метеорит пао је 1908. године у сибирској тајги и при паду је оборио

шуму у читавој околини. Како је летео великом брзином, силно сабијајући ваздух пред собом, то се потпуно раздробило и испарило, тако рећи експлодирао. Зато нису могли бити нађени његови крупнији остаци.*

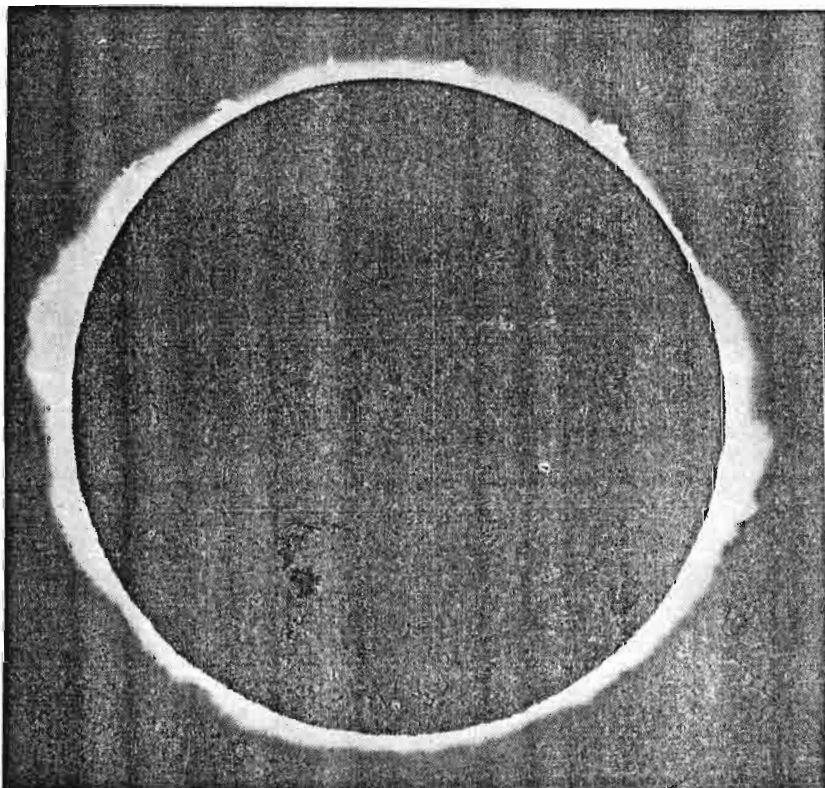
Изучавање метеорита показало је да у њихов састав улазе хемијски елементи познати на Земљи. Метеорити су, као што се види, остаци других небеских тела. Њихова хемијска анализа доказује материјално јединство Вационе и оповргава религиозне измишљотине о разлици између Земље и неба. *Метеорити су небеско камење које се у суштини ничим не разликује од низа Земљиних минерала и у њима нема ништа чудновато ни противприродно.*

* Други метеорит (Сихте-Алински) пао је 1947. године на Далеком истоку. Он се распао при паду, али су његови комади, остали цели и крупнији су направили у Земљи левкове, сличне левковима од граната.

СУНЦЕ

46. СУНЦЕ, ЊЕГОВ ИЗГЛЕД У ДУРВИНУ И ОБРТАЊЕ

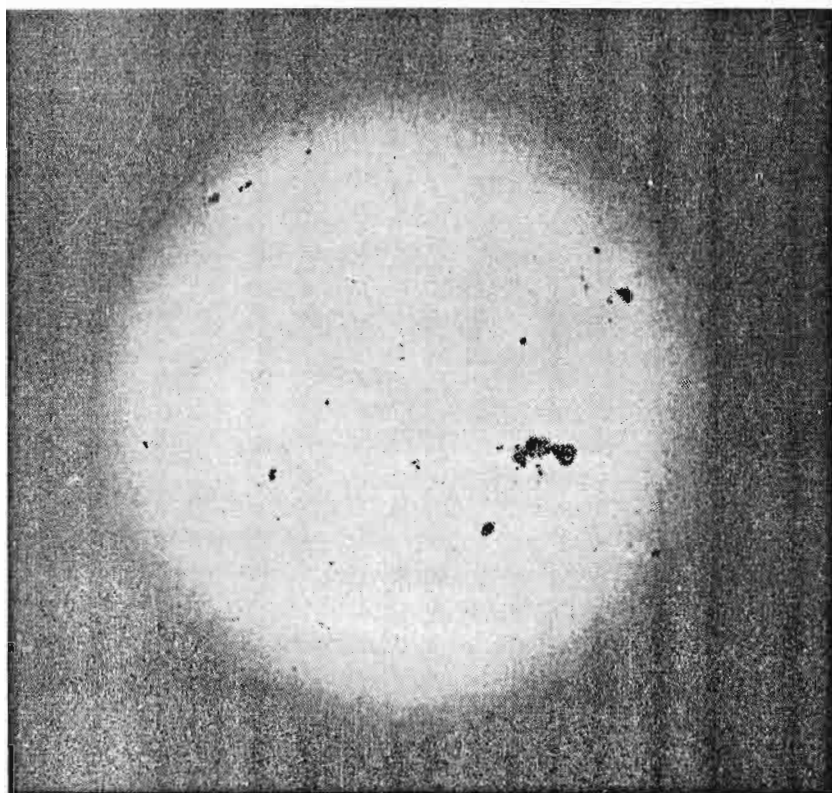
Сунце је централно тело Сунчева система. Његова је маса већа од свих планета заједно 750 пута, а од Земљине масе већа 332 000 пута. Његов пречник је 109 пута већи од Земљиног, тако да би у њега могла да стане цела Месечева путања (сл. 73). Огромна Сунчева лопта изгледа нам мала (његов привидни III угловни пречник је 0.5°), јер је оно удаљено од нас 150 милиона километара или преко 100 Сунчевих пречника.



Слика 87. — Сунце са протуберанцама

Сунце је једино небеско тело у Сунчевом систему које светли сопственом светлошћу, оно је извор топлоте, светлости, живота на Земљи. Без Сунчеве топлоте и светлости живот на Земљи не би био могућ, сем тога, загревањем ваздуха и воде и њеним претварањем у пару Сунце изазива кружно кретање воде и ваздуха на Земљи. Токови река

чија се енергија користи у хидроцентралама, кише и друге сличне појаве, догађају се због прилива Сунчеве енергије на Земљу. Већи део Сунчеве енергије, мимо планета, расипа се у васионском простору. Камени угаљ (угљенисани и скамењени остаци биљака) такође чува у себи залихе Сунчеве енергије скривене у Земљиним недрима, јер су те биљке користиле Сунчеву енергију за своје растење. Посматрања дурбином и телескопом, као и друге методе научног истраживања, омогућиле су да се објасни права природа Сунца које су раније непросвећени народи обожавали.

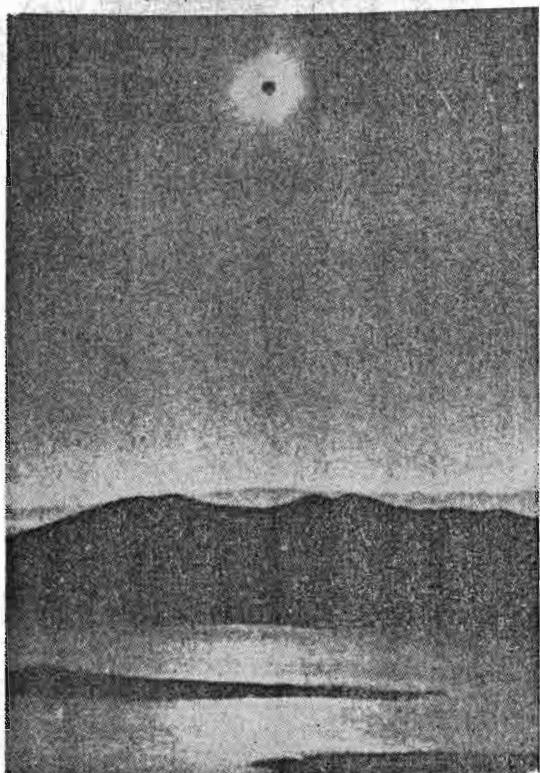


Слика 88. Групе Сунчевих пега

Кад посматрамо Сунце кроз дурбин, неопходно је Сунчев лик пројектовати на заклон или га посматрати окуларом кроз тамно стакло, иначе се може оштетити вид.

Дурбином се на Сунцу често могу видети тамне пеге, махом распо­ређење у групама. По њиховом привидном померању по Сунчевој површини можемо се уверити да се Сунце обрће око своје осе, али не као чврсто тело. Тачке све даље од екватора имају све дужи период обртања. Тачке на Сунчевом екватору један обрт у односу на звезде изврше за 25 дана, а тачке близу полова за преко 30 дана. Како Земља обилази по својој путањи у истом смеру у коме се обрће Сунце, то за посматрача са Земље периоди обртања Сунчевих појасева изгледају нешто дужи, на пример за екваторски појас овај период износи 27 дана.

Из описаног начина Сунчевог обртања следи закључак да оно мора бити теч­но или гасовито, не чврсто. Средња густина Сунца износи $1,4 \text{ g/cm}^3$, што је мало више од густине воде. Међутим, висока температура Сунчеве површине од $6\,000^\circ\text{C}$ и подаци спектралне анализе



Слика 88а. — Потпуно помрачење Сунца

говоре о томе да се Сунце састоји из гасова. Висока средња густина Сунца објашњава се огромним притиском у Сунчевим недрима, где се без обзира на високу густину, налази гас а не чврста или течна материја. Али спољни слојеви Сунца су разређенији од ваздуха на Земљиној површини, а у централним областима гасови су много пута гушћи од воде. Промену густине и температуре у унутрашњости Сунца научници су установили теоријским рачунима, примењујући физичке законе и знајући из посматрања услове на његовој површини, његову масу и запремину. Тако, по рачунима, у Сунчевим недрима температура достиже 13 милиона $^{\circ}\text{C}$. Видљива површина Сунца назива се фотосфера (од грчке речи фотос — светлост).

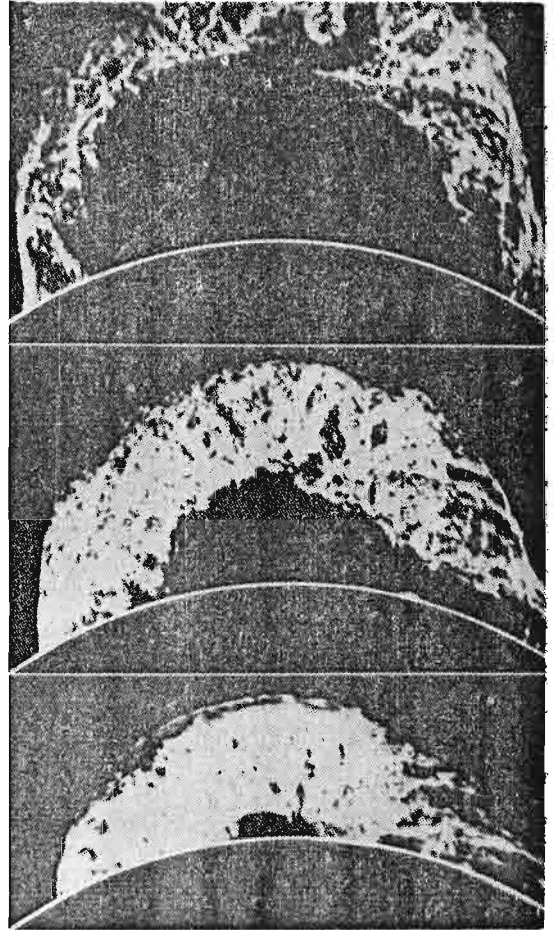
Фотосфера у дурбину има зрнаст изглед. Поједина зрнца — *грануле*, из којих се састоји Сунчева фотосфера, представљају облике усијаних гасова. Грануле стално постају и нестају. Тамне *пеге* су хладнији делови Сунчеве површине. Њих често окружавају светла поља која се називају *факуле*, због њихове сличности с пламеном бакље. Факуле се боље виде на Сунчевој ивици.

47. АТМОСФЕРА И ХЕМИЈСКИ САСТАВ СУНЦА

Сунчева атмосфера је при обичним условима невидљива, јер је њена светлост сувише слаба у поређењу с позадином дневног неба на коју се она пројектује. За време Сунчевих помрачења Месец заклања сјајну фотосферу, Сунчеви зраци више не осветљавају ваздух, позадина неба постаје тамнија и Сунчева атмосфера, која окружује Сунце, постаје видљива и голим оком. У последње време Сунчеву атмосферу

постало је могуће изучавати нарочитим прибором и ван помрачења (најбоље с високих планина, где је ваздух чистији и ређи и небо дању тамније).

Сунчева атмосфера састоји се из три слоја, који нису оштро разграничени. Најближи фотосфери и најгушћи, али не сасвим танки слој, назива се *хромосфера* (на грчком „хромос“ значи „боја“). Хромосфера има црвенкасту боју. Трећи, највећи и најразређенији слој Сунчеве атмосфере, назива се *Сунчева корона*. Он има зракаст облик и бисерни сјај. С времена на време из хромосфере избијају у вис облаци или

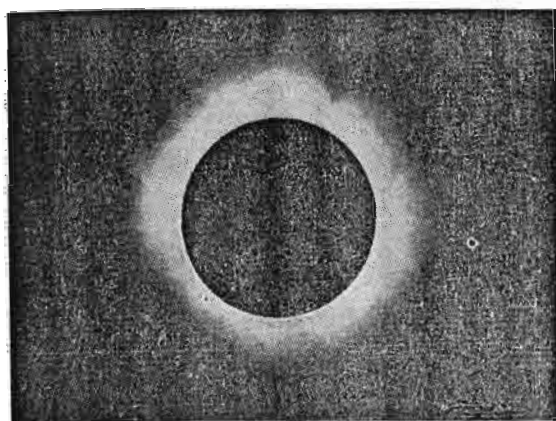


Слика 89. — Промене једне протуберанце у размаку од четири часа (одоздо навише)

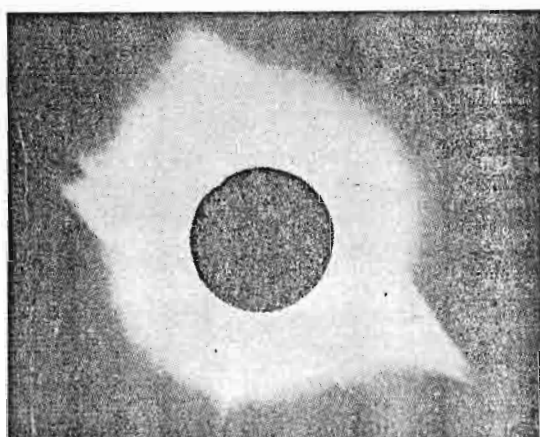
праменови усијаног гаса, који се називају *протуберанце* (сл. 89). Избачени гасови протуберанаца после извесног времена слежу се и често само за време тог силазног кретања добијају јак сјај. Неке се протуберанце дижу на висину већу од Сунчевог пречника. У појавама на Сунцу велику улогу играју вертикална кретања гасова, једним делом турбуленција (вртложно кретање), а исто тако и магнетне силе. Услед тога протуберанце врло често постају као згушњења материје у Сунчевој корони и затим се крену, не увис, већ наниже ка Сунчевој површини. Најнижи слој хромосфере, такозвани *обртни слој* и сама хромосфера састоје се из разређеног гаса, хладнијег од фотосфере (на температури од око $5\,000^{\circ}\text{C}$). Зато хромосфера и обртни слој упијају из светлости фотосфере, која пролази кроз њих, светлост само одређених таласних дужина и изазивају у Сунчевом спектру појаву тамних ли-

нија. На ивици Сунца, где сем обртног слоја и хромосфере нема светлосног извора који даје непрекидни спектар, видимо њихов сопствени спектар који се састоји из сјајних линија. Те се линије налазе на оним местима у спектру обртног слоја где се налазе и тамне линије при апсорпцији светлости у непрекидном спектру фотосфере. Тамне линије у спектру називају се *Фраухоферове*, по имену немачког научника Фраухофера који их је открио. У спектру самог обртног слоја, који се види за време потпуног Сунчевог помрачења, оне се претварају из тамних у светле: отуда је овај слој и добио свој назив. Хромосфера, разређенија од обртног слоја, не садржи све хемијске елементе које он садржи, већ само лакше и оне који се лакше пењу при процесима који се догађају на Сунцу. То су углавном водоник, хелијум и калцијум.

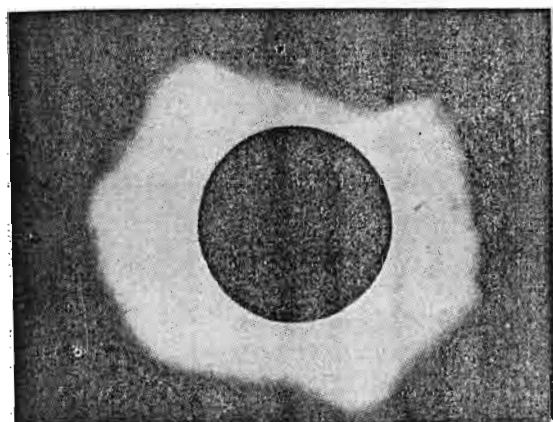
Према томе, утврђујући хемијски састав Сунца по сјајним линијама у спектру разних слојева његове атмосфере или по тамним линијама општег Сунчевог спектра, ми сазнајемо хемијски састав само Сунчеве атмосфере, а не и његове унутрашњости, јер су тамне линије изазване апсорпцијом светлости у гасовима атмосфере. До данас је међу гасовима и парама Сунчеве атмосфере откривено око $\frac{2}{5}$ познатих хемијских елемената на Земљи. Од атома ових елемената преко 80% по броју су атоми најлакшег елемента — водоника, око 18% — атоми хелијума, а атома свих осталих елемената релативно је врло мало. Још неоткривени елементи на Сунцу и на Земљи срећу се у врло малим количинама, а елементи непознати на Земљи на Сунцу нису откривени.



а)

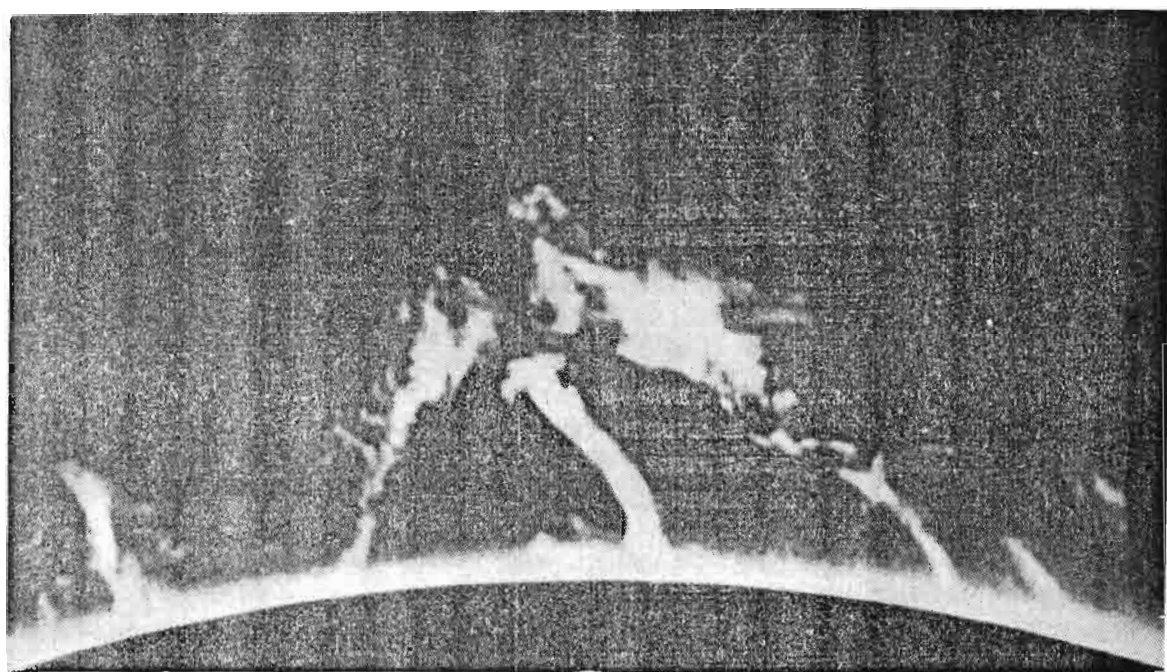
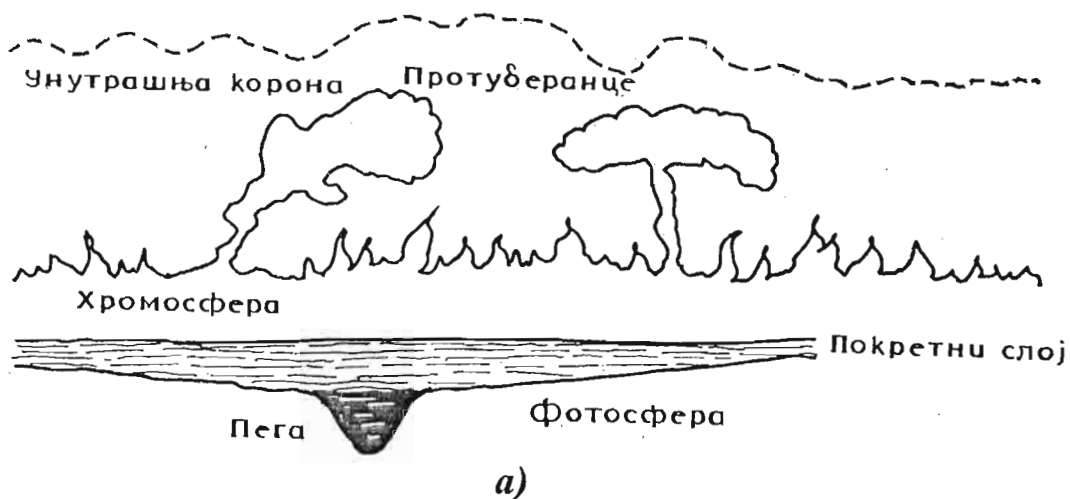


б)



в)

Слике 90а, б, в. — Сунчева корона:
а — када је много пега на Сунцу; б —
у епохи између минимума и максиму-
ма; в — када је мало пега



Слике 91, а, б. — Грађа Сунчеве атмосфере: а — схема; б — снимак

Све то још једном доказује материјално јединство Земље и других небеских тела, општост физичких и хемијских закона у васиони.

Године 1868. у Сунчевом спектру откривена је жута линија која тада још није била нађена у спектрима супстанца на Земљи. Њу су приписали нарочитој Сунчевој супстанци, коју су назвали *хелијум* (по грчком „хелиј“ — „Сунчев“). Касније је хелијум био откривен и на Земљи.

Сунчева корона (сл. 90) састоји се углавном из наелектрисаног гаса и електрона који одбијају Сунчеву светлост. Спектар гасова у унутрашњим деловима короне, који се састоји из светлих линија, врло дуго се није дао растумачити. Тек је недавно објашњено да је то спектар већ познатих нам елемената, углавном гвожђа, никла и калцију-

ма, чији су атоми лишени многих електрона и светле под нарочитим условима који постоје у Сунчевој корони, а не срећу се у природним условима на Земљи.

Одгонетка хелијумових и корониних линија представља пример за то да наука, пре или после, налази објашњење појавама ма колико оне у почетку изгледале загонетне и неразрешиве.

Сунчеви слојеви — фотосфера, обртни слој и хромосфера (сл. 91) толико су усијани да се састоје само из атома хемијских елемената. Само у области Сунчевих пега, где се температура спушта до $4\,500^{\circ}\text{C}$, атоми могу ступати у најпростија хемијска једињења — у двоатомске молекуле (цијан, угљен-моноксид, титаноксид и др.).

На вишим температурама распадају се на саставне делове — атоме чак и најпростији молекули услед силних међусобних судара.

У равни Земљине путање Сунце је окружено још тананим слојем честица прашине које одбијају Сунчеву светлост. Као последицу те појаве ми видимо са Земље после Сунчева залаза или пре његова излаза дугачки светли конус који се од Сунца протеже по небу дуж еклиптике и који се назива зодијачка светлост. Он се најбоље види у тропским крајевима, где еклиптика сече хоризонт под великим углом.

48. ЗРАЧЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ И ПЕРИОДИЧНОСТ СУНЧЕВЕ АКТИВНОСТИ

1. Сунчево зрачење и сунчана константа. Земљина лопта прима само безначајан део читаве енергије коју зрачи Сунце. Кад знамо величину Земље и њену даљину од Сунца, можемо израчунати тај део енергије. Он износи $1 : 2\,000\,000$. А кад измеримо количину Сунчеве енергије која стиже на Земљу, можемо израчунати и укупну енергију коју зрачи Сунце.

Сунчевом константом назива се количина Сунчеве енергије која стиже за 1 минут на 1 cm^2 Земљине површине управне на Сунчеве зраке при средњој Земљиној даљини од Сунца. При мерењу сунчане константе узима се у рачун делимично апсорбовање Сунчевог зрачења у Земљиној атмосфери. Сунчана константа износи 1,94 калорија у минути на 1 cm^2 и утврђује се мерењем загревања воде за одређено време у нарочитом црном суду изложеном Сунчевим зрацима.

Знајући величину сунчане константе, даљину Сунца и његову величину, можемо израчунати температуру Сунчеве површине. Резултат се слаже с њеном вредношћу која се одређује другим методама. Ти подаци показују да је Сунчева енергија толико велика да би за 1 минут могла истопити ледену кору око Сунца дебелу 14 m.

2. Сунчева активност и пега. Тамне пега најчешће се виде на Сунцу северно и јужно од његовог екватора. После појављивања и развоја, оне се распадају за неколико дана или недеља, ређе за неколико месеци. Пеге су области фотосфере где су гасови охлађени до $4\,500^{\circ}\text{C}$ и изгледају тамне само због контраста према врелијој и зато светлијој околној површини. Ту гасови врше лагано и сложено кретање у силном магнетном пољу, које се у току времена ствара у областима где се појављују пеге.

Пега се чешће срећу у паровима. Показало се да у таквим паровима на једној Сунчевој полулопти предња пега (у смеру Сунчева обртања) има магнетизам једног поларитета (на пример јужни), а друга магнетизам супротног поларитета. На другој Сунчевој полулопти распоред магнетног поларитета код свих парова пега је супротан. То траје око 11 година, после чега се поларитет у паровима пега на два Сунчевим полулоптама мења.

С једанаестогодишњом периодом мења се и број пега и величина површине покривене њима, као и број посматраних протуберанаца и многе друге појаве на Сунцу, на пример облик Сунчеве короне. Просечно сваких 11 година број пега, површина покривена пегама и број протуберанаца достижу максимум, а исто тако се нижу и њихови минимуми. Поларитет пега мења се у годинама минимума.

Сунчеве пега, које се махом јављају у групама, често су по површини знатно веће од пресека Земљине лопте (сл. 88). У близини пега најчешће се јавља истицање усијаних гасова из дубоких слојева Сунца. У таквим активним областима — областима силних хоризонталних и вертикалних струјања гасова у магнетном пољу — с времена на време појављују се такозване *хромосферске ерупције*. То су мање области у којима брзо настаје огромно сабијање гасова под утицајем магнетских сила. Услед тога температура гаса нагло порасте и он неко време зрачи знатно више енергије, између осталог и светлости. При том настаје моћни поток невидљивих ултраљубичастих зракова, као и потоци најситнијих честица које великом брзином напуштају Сунце.

Зраци које Сунце одашиље и брзе честице које са њега одлазе имају приметан утицај на неке појаве у Земљиној атмосфери. Тако се с појачањем Сунчеве активности повећава број магнетних бура на Земљи (брзих и знатних колебања бусолине игле), број поларних светлости, погоршава се пријем радио-емисија.

3. Поларна светлост. Поларна светлост у виду лелујавих, често обојених зракова или праменова на северној Земљиној полулопти може се видети понекад ноћу на северној страни неба утолико боље и чешће уколико се посматрач налази даље од Земљиног екватора. Но она се понекад види чак и на ширинама северне Африке. На јужној Земљиној полулопти таква се поларна светлост види на јужној страни неба.

Наука је објаснила, у складу с генијалним предвиђањима В. М. Ломоносова, да је поларна светлост хладна електрична светлост Земљине атмосфере стотинама километара над Земљом. Природа ове светлости слична је с природом светлости разређеног гаса у светлећим гасним цевима под утицајем електричне струје у гасу. У високим слојевима Земљине атмосфере разређени ваздух светли зато што га бомбардују најситније честице које Сунце избацује из светлих активних области. Магнетно поље Земљине лопте скреће ове честице кад се ближе Земљи, тако да се оне скупљају у нашој атмосфери највише близу Земљиних магнетних полова. Ето зашто поларна светлост најчешће настаје баш тамо. Честице које избацује Сунце и које бомбардују нашу атмосферу мењају њену електричну проводљивост и друге особине од којих зависе јачина и јасноћа радио-пријема.

Само Сунце, као и његова корона испуштају радио-таласе. Моћност овог зрачења јако се колеба.

Утицај промена Сунчева зрачења на низ појава на Земљи веома је разноврстан, али још недовољно изучен.

4. Значај Сунчева зрачења и извори његове енергије. Све што је раније речено потврђује да су појаве у васиони узајамно повезане. Изучавање Сунца неопходно је и за практичне сврхе — за тачнију прогнозу времена, која је од значаја за читаву народну привреду, за борбу са сметњама при радио-пријемима итд. Зато се данас широко изучавају појаве на Сунцу и њихови утицаји на Земљу. То је једна од практичних користи астрономије.

На жалост ми још не знамо узроке многих појава на Сунцу, рецимо, узрок периодичности његове активности. Али се човек научио да предвиди наступање неких појава. Сада се већ дају корисна упутства за неопходне промене у радио-предаји на кратким таласима у циљу побољшања радио-веза.

Извор енергије Сунца и звезда су такозване реакције у атомским језгрима, које се одигравају у унутрашњости Сунца и звезда. Ове су реакције могуће само при температурама од неколико милиона степена. Оне доводе до тога да се водоник постепено претвара у хелијум, при чему се ослобађа огромна количина енергије. Залихе водоника на Сунцу има за још много милијарди година. Од времена како је постао живот на Земљи зрачење Сунчеве енергије није се приметно променило. Зато питање о исцрпљивању извора Сунчеве енергије нема за човечанство ни најмањег практичног значаја.

Велики практични значај има нешто друго — потпуније коришћење енергије коју Земља добија од Сунца. У том правцу је постигнуто тек врло мало, иако је последњих година подигнут низ уређаја с великим огледалима која усредсређују Сунчеву енергију на загревање воде, на пример за парне машине, па чак и за топионичке пећи у којима се постиже температура до $3\ 000^{\circ}\text{C}$. Подигнуте су такође пресе, бушилице и слични уређаји, који користе Сунчеву енергију. Сунчева енергија може се акумулисати и на друге начине, њеним претварањем у електрохемијску енергију. Такво коришћење Сунчеве енергије примењује се на вештачким Земљиним сателитима и космичким ракетама.

Глава IV

ЗВЕЗДЕ И ЗВЕЗДАНИ СИСТЕМИ. ГРАЂА ВАСИОНЕ

49. ГОДИШЊА ПАРАЛАКСА И ДАЉИНЕ ЗВЕЗДА

У § 19 било је објашњено шта је годишња параласка и како се мери. Ако је годишња паралакса p звезде одређена тачним мерењима, даљина D звезде одређује се по формули

$$D = \frac{a}{\sin p},$$

где је a полупречник Земљине путање. Зато што је угао p мали, ако га изразимо у угловним секундама, можемо написати

$$D = \frac{a}{p' \sin l''}$$

Ако a усвојимо за јединицу, онда знајући да је $\sin l'' = \frac{1}{206\,265}$ добићемо $D = \frac{206\,265}{p''}$ у астрономским јединицама.

Даљине звезда због њихове огромности обично се изражавају у светлосним годинама или парсецима.

Светлосна година је растојање које светлосни зрак пређе за годину дана. Да бисмо га изразили у километрима, брзину светлости треба помножити бројем секунда у години.

Парсек је даљина која одговара годишњој паралакси од једне угловне секунде; то је даљина на којој се дуж Земља—Сунце види под углом од l'' .

Даљина D звезде у парсецима обрнуто је сразмерна величини њене годишње паралаксе p изражене у угловним секундама:

$$D = \frac{1}{p''}$$

На пример ако је паралакса најближе звезде $0''/5 = \frac{3}{4}$ угловне секунде, њена даљина износи $4/3$ парсека.

1 парсек = 3,26 светлосне године = 206 265 астрономских јединица = $3 \cdot 10^3$ km.

Светлост од најближе сјајне звезде (α Центаури) путује пуне 4 године, а од других звезда још дуже.

Да бисмо себи представили огромност ове даљине, замислимо да је са Земље ка звезди полетео млазни авион брзином од 1 000 km/час. Овај ће авион долетети до звезде тек кроз 4,5 милиона година.

Остале звезде се налазе од нас или од Сунца, што је исто, још даље. До већине звезда даљине су непознате — оне су тако велике да су њихове паралаксе сувише мале и не дају се измерити описаном методом. Ослањајући се на измерене паралаксе блиских звезда, астрономи су сад разрадили друге методе за одређивање звезданих даљина.

50. СЈАЈ И КРЕТАЊЕ ЗВЕЗДА И СУНЧЕВОГ СИСТЕМА

Свака је звезда огромна усијана, јако светла гасовита лопта, слична нашем Сунцу. Али у грађи и уопште у физичком стању звезда запажају се многобројне разлике. Ове се разлике најочигледније истичу при упоређењу звезда са Сунцем.

Сјајем се назива однос праве јачине светлости звезде и јачине светлости Сунца.

Нека је на пример мерењима утврђено да је нека звезда милион (10^6) пута даље од нас него Сунце и да је њена привидна величина милион милиона пута (10^{12}) мања од Сунчеве (то ће бити звезда приближно 3,5 привидне величине). Ако бисмо ту звезду поставили на даљину Сунца, она би нам изгледала (10^6)² пута сјајнија, тј. изгледала би истог сјаја као и Сунце. Према томе, дата звезда има исту јачину светлости као и Сунце: њен сјај је једнак 1. На сличан начин можемо израчунати и сјај других звезда.

Сјај звезда је веома различит. Највећи сјај од познатих звезда има звезда S Златне Рибе. Она се види као звездица 8. привидне величине али је приближно милион пута сјајнија од нашег Сунца. Звезда са најмањим сјајем светли стотинама хиљада пута слабије од Сунца. Наше је Сунце по своје сјају средња звезда, ни сувише сјајна ни сувише слаба.

Међусобни распоред звезда на небу савршено је непроменљив чак и у току много векова. *У ствари све се звезде, па међу њима и наше Сунце, крећу и то огромним брзинама, десетинама и стотинама километара у секунди.*

Но због изванредно великих звезданих даљина промена њихова положаја која се види са Земље догађа се веома споро.

Кретања звезда открити и изучити можемо на два начина: помоћу спектралне анализе и мерењем померања звезда по небеској сфери.

Када се звезда креће ка нама или од нас, то се открива по померању линија у њеном спектру (в. § 34). Та се брзина одређује у километрима у секунди, непосредно из величине померања линија у спектру.

Онај део брзине кретања звезде који је усмерен управно на видни правац не открива се спектралном анализом, јер при том кретању

неке звезде се не приближавају нити удаљавају од нас. Ова компонента брзине може се одредити померањем звезде на небеској сфери. Оне се мере угловним секундама за годину, но ако је даљина звезде позната, онда се она може изразити и у километрима у секунди.

Померање звезда на небеској сфери може се запазити упоређивањем фотографија на микроскопу. У току времена померање звезда мора постати приметно и за голо око. На пример, пошто се седам звезда из сазвежђа Великог Медведа крећу различитим брзинама у истом правцу, оне ће се кроз неколико десетина хиљада година осетно померити једна према другој, зато ће се изглед сазвежђа Великог Медведа временом изменити као што је приказано на слици 92.

У односу на суседне звезде наш Сунчев систем се креће у правцу сазвежђа Лире и Херкула брзином од 200 km у секунди (слика 93).

Напоменимо да су у сазвежђима звезде само привидно близу једна друге, али се у стварности оне налазе у огромним и веома различитим даљинама од нас, као и у међусобним растојањима. Зато се не може поставити питање када ћемо долетети до тих звезда.

Уколико се више приближавамо звездама из сазвежђа Лире и Херкула, оне се све више размићу пред нама. Облици ових сазвежђа ће се у далекој будућности потпуно изменити и друге звезде ће постати Сунчеви суседи, али ће њихове даљине, као и пре тога, остати равнорне величине.

О судару Сунца са било којом звездом не може бити ни речи због огромних растојања међу њима. Судар две звезде тако је мало вероватан као судар две честице праšине које лете на разним странама велике позоришне дворане.

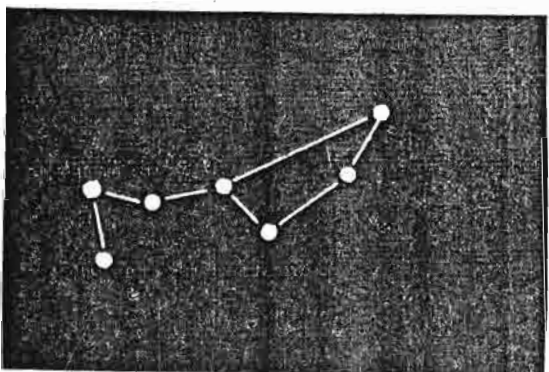
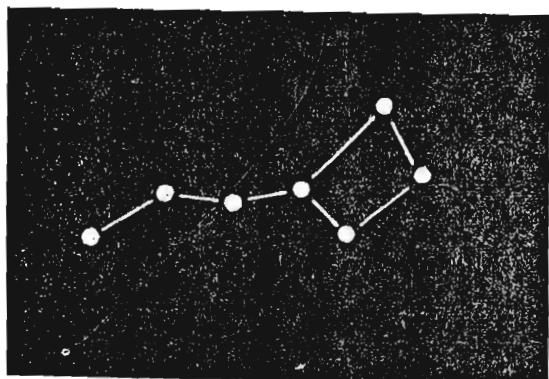
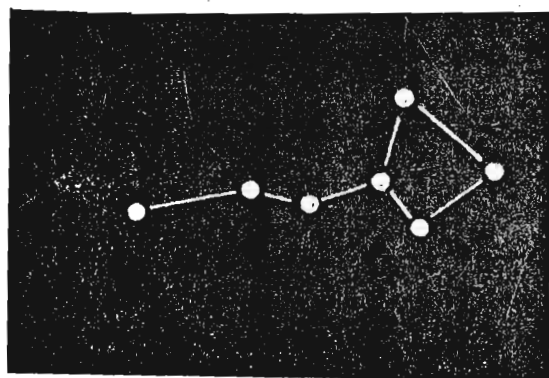
51. ТЕМПЕРАТУРЕ И ВЕЛИЧИНЕ ЗВЕЗДА

Лако је запазити да звезде имају различите боје — једне су беле друге жуте, треће црвене итд. Белу боју имају на пример Сиријус и Вега, жуту Капела, црвену Бетелгез и Антарес. Звезде различитих боја имају различите спектре и различите температуре. Слично комаду гвожђа које усијамо, беле звезде су врелије, а црвене су мање вреле.

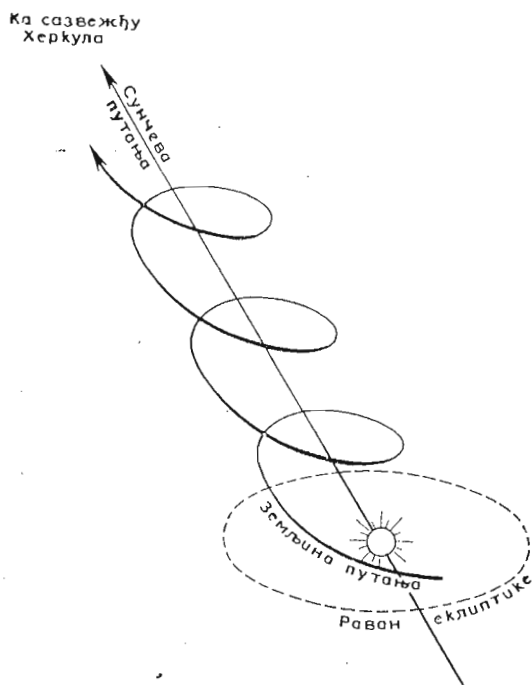
Разлике у звезданим спектрима састоје се у различитом распореду сјаја дуж непрекидног спектра и у томе што су положај и интензитет тамних линија на позадини тога непрекидног спектра различити.

Карактер звезданих спектра одређен је углавном температуром звезданих атмосфера, зато што се спектри атома сваког хемијског елемента мењају при великој промени температуре.

Температуре звезда мере се методама описаним у § 34. Утврђено је да су најврелије плаве, затим беле звезде. Температура њихових површина креће се од 10 000 до 30 000°C, али се понекад срећу и врелије звезде — до 100 000°C. Жуте звезде су хладније: температура на њиховој површини је око 6 000°C. Најмање су вреле црвене звезде: температура је на њиховим површинама свега 3 000°C, а понекад чак и 2 000°C и мање. У унутрашњости звезда као и у унутрашњости Сунца температура достиже много милиона степена.



Слика 92. — Промене у положајима сјајних звезда Великог Медведа услед њиховог сопственог кретања; горе: прс 50 000 година; у средини: у данашње време; доле: после 50 000 година



Слика 93. — Кретање Земље и Сунца у простору у односу на звезде

Упоређујући Сунце по спектру и по температури са звездама, долазимо до закључка да је Сунце жута звезда средње температуре ($6\,000^{\circ}\text{C}$).

По спектрима се, сем разлике у температурама, откривају и неке разлике у хемијском саставу звезда, који је у свих звезда уопште сличан хемијском саставу Сунца и Земље. Изучавајући звездане спектре откривамо на звездама исте хемијске елементе који су нам познати на Земљи и на Сунцу. То потврђује јединство материје из које се састоје Земља и друга небеска тела и оповргавају религиозна тврђења о разлици између земаљског и небеског.

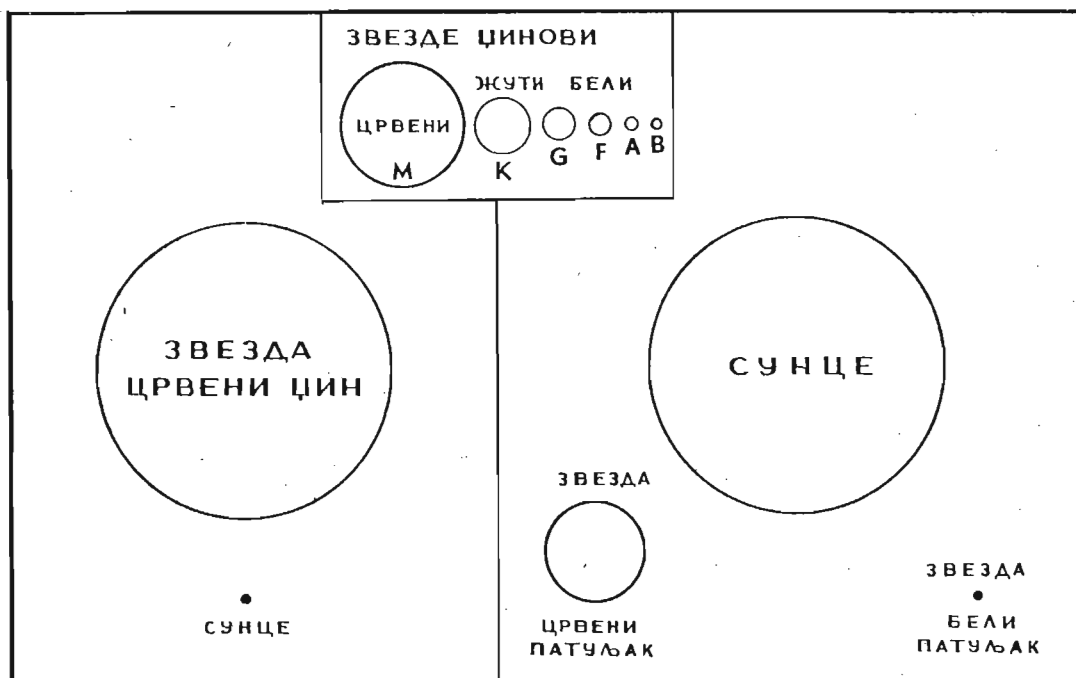
Наука располаже данас неколиким методама за одређивање првих величина звезда. Неке од њих ћемо објаснити на примеру.

Познато је да количина енергије коју испушта квадратни центиметар површине расте с њеном температуром. Укупно зрачење звезде једнако је количини енергије коју зрачи 1 cm^2 површине помноженој величином целе површине. Зато, ако нека звезда има исту температуру

и сјај као наше Сунце, можемо тврдити да је и величина њене површине (па и њеног пречника) иста као и код Сунца.

Ако је при истој температури као и код Сунца сјај звезде 16 пута већи, значи да је њена површина 16 пута, а пречник 4 пута већи него Сунчев. На сличан начин могу се одредити пречници других звезда уводећи поправку за разлику њихове температуре од температуре Сунца. Добијени резултати проверавају се другим методама и међусобно се слажу.

Звезде великог сјаја називају се *звезде џинови*, а звезде малог сјаја *звезде патуљци*. Међутим и по величинама срећемо међу звездама џинове и патуљке (сл. 94).



Слика 94. — Упоређење величине Сунца, звезда џинова и звезда патуљака

Црвеним звездама — џиновима припадају Бетелгез и Антарес. Пречник прве је око 400, а друге око 300 пута већи од Сунчевог. У унутрашњости Бетелгеца могле би се сместити путање свих планета закључно са Марсовом. Гас из кога се састоје црвене звезде — џинови веома је разређен: он је око хиљаду пута ређи од ваздуха у соби.

Црвене звезде — патуљци не виде се голим оком. Једна од њих нама веома блиска звезда (№ 60 у Кригеровом каталогу) 2,5 пута је мањег пречника од Сунца. Гасови из којих се она састоји толико су збијени да је њихова средња густина 4,5 пута већа од густине воде а трипут већа од густине Сунца.

Што су звезде мање, тим се у већем броју срећу у васионском простору: огромне звезде — џинови срећу се веома ретко. По величини Сунце је обична звезда, ни нарочито велика, ни нарочито мала.

Постоје звезде које по сјају припадају звездама — патуљцима; имају белу боју и високу температуру. По величини *беле звезде — патуљци* најмање су од свих звезда (неке су мање чак и од Земље).

Пример белог патуљка је Сиријусов пратилац. Ова слаба звезда обилази око Сиријуса као планета, иако је њена маса скоро једнака маси Сунца и зрачи сопствену светлост.

Средња густина белих звезда — патуљака необично је висока: она је хиљаду пута већа од густине воде. Густина једне звезде — патуљка је толико велика да би њеном материјом напуњен напрстак могао држати равнотежу локомотиви (густина $5 \cdot 10^7 \text{ g/cm}^3$).

На Земљи не познајемо материју која би имала такву чудовишну густину. Међутим, бели патуљци се састоје из атома истих хемијских елемената као и Земља. Та се загонетка може решити ако се пође од грађе атома и физичких услова у унутрашњости звезда.

Атоми хемијских елемената су сложени системи, који се састоје из језгра и електрона који око њих обилазе. Скоро сва маса атома усредсређена је у његовом језгру, а величина атома одређена је величином путање електрона најудаљенијег од језгра. Ове величине атома одређују границу до које атоми могу да се приближе притиском. У унутрашњости белих звезда — патуљака владају чудовишно високе температуре и притисци. Под утицајем високе температуре атоми се брзо крећу и сударају, електрони се откидају од атома и од ових последњих остају само језгра, која су врло мала у поређењу с путањама електрона. Зато се под утицајем огромних притисака овако оголели атоми, знатно смањених размера, могу знатно више зближити, а као резултат свега тога добија се изванредно густа материја. На Земљи нема ни толико високих температура ни тако великих притисака који би могли довести материје у такво стање.

На примеру изучавања белих звезда — патуљака видимо како астрономија обогаћује наша знања о грађи материје.

Већина звезда подлеже важној законитости — уколико је маса већа утолико је већи сјај. Ова веза осветљава физичке услове под којима звезде могу стабилно да постоје.

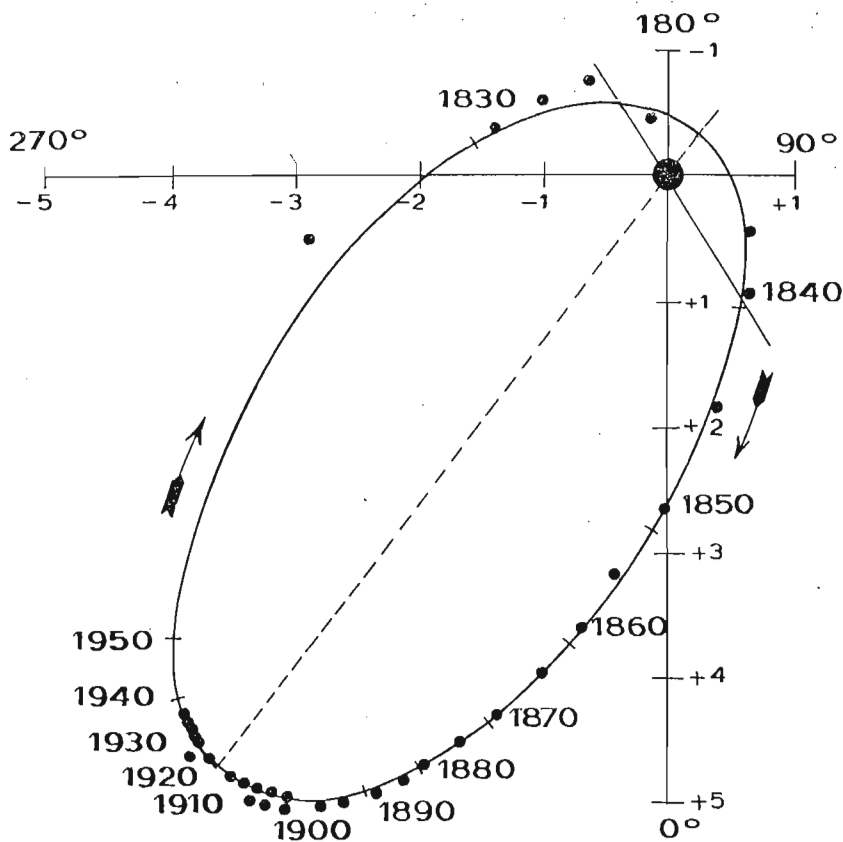
Масе звезда — џинова веће су него масе звезда патуљака, али ове разлике нису тако велике као разлике у сјају. Масе тешких звезда су десетак пута веће од масе Сунца. Сасвим су ретке звезде с масама неколико десетина пута већим од масе Сунца. Према томе, и по својој маси Сунце је осредња звезда.

Видимо да је по свим физичким одликама — боји, спектру, величини, температури и маси — Сунце осредња звезда која се ничим нарочито не одликује.

52. ДВОЈНЕ И ПРОМЕНЉИВЕ ЗВЕЗДЕ

Често две звезде образују систем. Оне обилазе око заједничког тежишта под утицајем узајамног привлачења (гравитације). Такве се звезде називају *физичке двојне*. За голо око такве се звезде обично сливају у једну и видимо их као једну звезду. Само дурбином, а понекад само спектралном анализом можемо утврдити да је дата звезда двојна.

Понекад се дешава да се две звезде, далеко једна од друге и независно узајамним привлачењем, виде скоро у једном истом правцу, тако да се за голо око сливају у једну звезду. Такве се звезде називају *оптичке двојне*.



Слика 95. — Путања пратиоца двојних звезда (γ Девојке) у односу на главне звезде. Тачке означавају мерење положаја пратиоца одређене године. Њихово растурање изазвано је грешком мерења

Физичке двојне звезде обилазе око тежишта с различитим периодима и на разним размацама од њега (сл. 95). Што су звезде ближе једна другој, то је њихов период обилажења краћи. (Код неких двојних звезда периоди обиласка трају само неколико часова, а код других читава столећа.)

Често је од две звезде једна жута или црвена, а друга бела или плавичаста. Посматрати их дурбином врло је занимљиво.

Замислите како се мора мењати осветљење на планетама које обилазе око таквих двојних звезда кад над хоризонтом излази час црвено, час плаво Сунце, час оба Сунца заједно!

Многе двојне звезде открио је и измерио прво директор Пулковске опсерваторије В. Ј. Струве и његов син О. В. Струве.

Понекад се срећу системи који се састоје не из две, већ из три или чак четири звезде. То су тзв. *вишеструке* звезде.

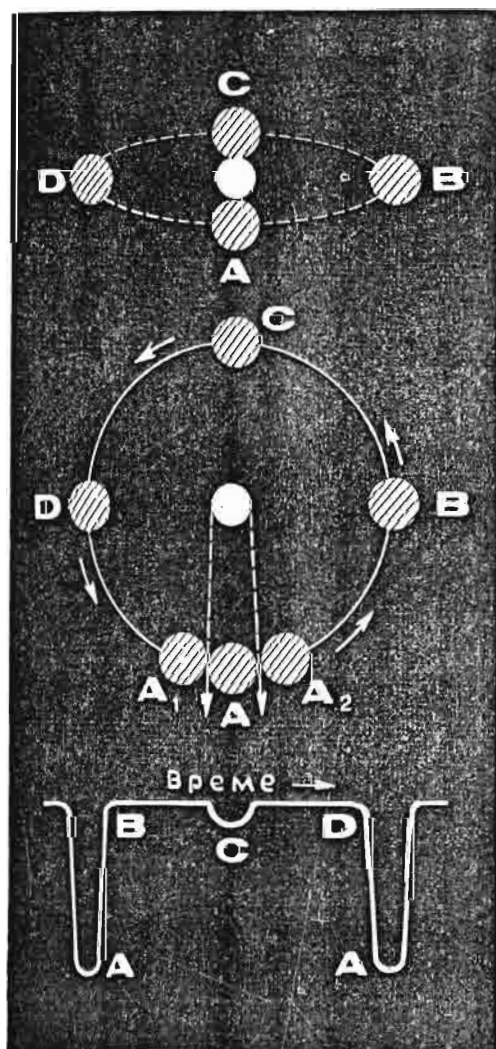
Понекад се две звезде при узајамном обилажењу толико приближавају једна другој да се чак и у најјачем дурбину не могу видети одвојено. У том случају у помоћ долази спектрална анализа. Спектри двојних звезда добијају се један преко другог. А како је разлика у брзинама тих звезда велика, то се линије у њиховим спектрима померају на супротне стране, па изгледа да се спектралне линије цепају и

раздвајају. Величина њихова померања периодички се мења, јер обилазећи по својој путањи свака звезда се час приближава, час удаљава од нас. Звезде чија се двојност открива само спектралном анализом називају се *спектралне двојне*.

У неким случајевима, кад је раван путање двојне звезде блиска видном правцу, једна звезда периодично заклања другу. Зато се посматрани збирни сјај таквог система две звезде периодично мења.

Звезде чији се привидни збирни сјај периодично мења услед тога што су двојне и што једна од звезда с времена на време заклања другу, називају се *помрачне (еклипсне) двојне* или *помрачне (еклипсне) променљиве* звезде. Типична звезда такве врсте је Алгол (β Персеја). Промена Алголова сјаја, типична за сличне звезде, представљена је кривом на сл. 96. Почетком помрачења сјај почиње брзо да опада, достиже минимум у средини помрачења и затим поново расте. Доказано је да се звезде обрћу око својих оса као и Сунце, и то понекад знатно брже од њега.

Према томе, постоје звезде чија је промена укупног сјаја привидна и изазвана геометријским узроком — помрачењима. Количина енергије коју зраче те звезде у ствари се не мења. Напореда с тим постоје



Слика 96. — Системи еклипсне или помрачне двојне звезде Алгола и крива промене њена сјаја

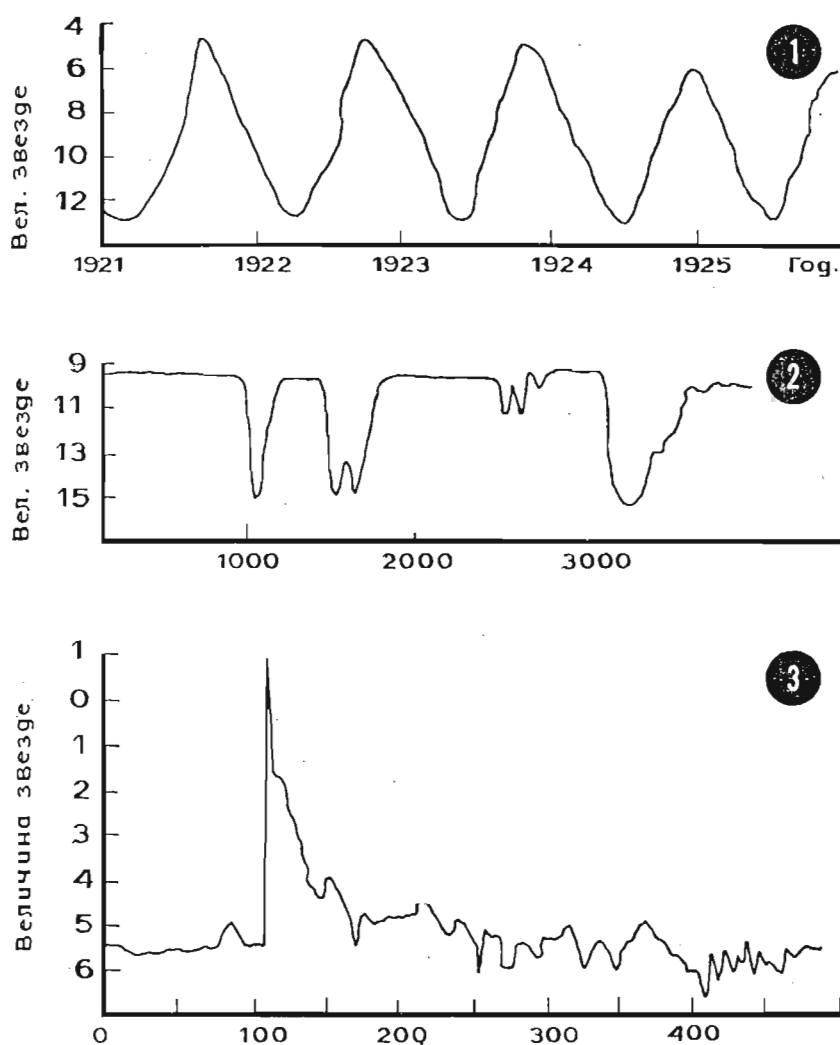
и звезде чија се енергија зрачења колеба. Такве се звезде називају *физичке променљиве*.

Постоји неколико различитих типова физичких променљивих звезда, које се разликују како кривом промене сјаја, тако и другим физичким одликама.

Пре свега, физичке променљиве звезде деле се на *периодичне* и *неправилне*. Код првих се промена сјаја догађа непрекидно, по одређеном закону и строго периодично. За њих се може раније предсказати какву ће привидну величину имати и у ком тренутку. Код других се ове промене догађају неправилно, без икакве периодичности и сама колебања сјаја су час јача час слабија, без икакве законитости.

Криве промене сјаја неких звезда приказане су на сл. 97. Узроци промене сјаја неправилних променљивих звезда још су мало изучени.

Периоди промене сјаја неких периодичних променљивих звезда износе само око једног часа, а код других достижу годину дана и више. Узрок промене сјаја састоји се у периодичној пулсацији, тј. ширењу и скупљању звезде, које је праћено променом температуре.



Слика 97. — Криве промене сјаја различитих типова физичких променљивих и нових звезда: 1 — периодичка; (Н Лабуда); 2 — неправилна (СУ Бика); 3 — нова

Код многих физичких променљивих звезда (типа *цефеида*) јачина сјаја зависи од периода и начина његове промене и она се може одредити кад се посматрањем одреди период промене сјаја. Упоредивањем тог сјаја с привидном величином такве променљиве звезде можемо одредити њену даљину. Тако су одређене даљине далеких звезданих система у чији састав улазе променљиве звезде типа *цефеида*. Како те звезде имају велики сјај и виде се далеко, њих понекад називају „светиљкама васионе“.

Ређе се догађа да се на неком месту на небу изненада разбукти звезда која се тамо раније није видела и потом њен сјај почне да опада и она се изгуби из вида. Такве се звезде називају *нове*. Касније је објашњено да такве звезде у ствари нису нове: оне су постојале и раније као врло слабе звезде, али им је из неког разлога сјај почео да расте десетинама хиљада пута. *Новим звездама се називају оне које изненада постану сјајније и затим се постепено врате на ранији сјај*. На пример, нова звезда у сазвежђу Орла пре и после разбуктавања била је 10,5 привидне величине, али је у току неколико дана 1918. године сијала као звезда прве привидне величине.

Свестраније изучавање нових звезда показало је да се звезда по величини као Сунце у току неколико часова надује као мехур и њен пречник постане већи од пречника Земљине путање. Узрок надимања су извесне експлозије у унутрашњости звезде. Наше Сунце не може да доживи такву експлозију, јер експлодирају веома вреле звезде одређених типова у које Сунце не спада.

Кад звезда достигне најјачи сјај, надувана атмосфера од ње се одваја ширећи се нагло, гасови атмосфере разилазе се на све стране од звезде брзином од неколико стотина километара у секунди, образујући магличасти облак и на крају крајева се растурају у васионском простору. Гасовите маглине образоване после експлозија најсјајнијих нових звезда најмоћнији су извори радио-зрачења у нашем Звезданом систему.

ЗВЕЗДАНИ СИСТЕМИ И ДИФУЗНА МАТЕРИЈА

53. ЗВЕЗДАНА ЈАТА. МЛЕЧНИ ПУТ И ГАЛАКСИЈА

На неким местима на небу дурбином, а понекад и простим оком могу се запазити збијене групе звезда или *звездана јата*. Њих има два типа: *развијена и глобуларна*.

У *развијаним* звезданим јатима неколико десетина или стотина звезда *разбацано* је без реда на малом делу неба. Све су те звезде у ствари блиске једна другој у простору и везане су *узајамним* привлачењем (гравитацијом).

Глобуларна *звездана јата* садрже стотине хиљада звезда које се *збијају* ка средишту јата које има *лоптаст* облик. Звезде у тим јатима везане су гравитацијом и, што се иде ближе средишту, звезде су све *збијеније*. *Праве* величине глобуларних јата много пута су веће од величина *развијаних* звезданих јата, но како су глобуларна јата од нас много даља, то се њихова *грађа* може *распознати* само моћним дурбином или телескопом.

Типично *развијано* звездано јато су Плејаде у сазвежђу Бика, које наш народ зове *Влашићи* (сл. 98). Голим оком се у том јату види шест звезда, догледом неколико десетина, а у дурбину читаво видно поље *осуто* је звездама.

Типично *глобуларно* звездано јато налази се у сазвежђу Жеркула, но у догледу или слабијем дурбину оно изгледа као *магличаста* звезда. Тек у моћном дурбину или телескопу види се да је то густо *глобуларно* јато које се састоји од око сто хиљада звезда (сл. 99). Пречник таквог звезданог јата износи око 100 парсека, док пречници *развијаних* звезданих јата, на пример Плејада, не прелазе неколико парсека.

Назив *Млечни Пут* носи светла сребрнаста трака, која се види на звезданом небу *ведре* тамне ноћи. Млечни Пут *опасује* цело небо као *циновски* обруч. На једним местима је он *шири*, на другим *ужи*, на једним *блеђи*, на другим *сјајнији* (сл. 100).

У дурбину, а нарочито на фото-снимцима, види се да се и Млечни Пут састоји из огромне скупине *изванредно* слабих звезда (сл. 101). То показује да се наш Звездани систем протеже најдаље у равни Млечног Пута, јер се у правцима у овој равни види највећи број *веома* слабих, *дакле* *веома* удаљених звезда. Из тога што се *средња* линија Млечног Пута скоро тачно протеже дуж великог круга небеске сфере, закључујемо да се *цео* наш Звездани систем протеже у равни Млечног Пута и да се ми налазимо близу те равни.

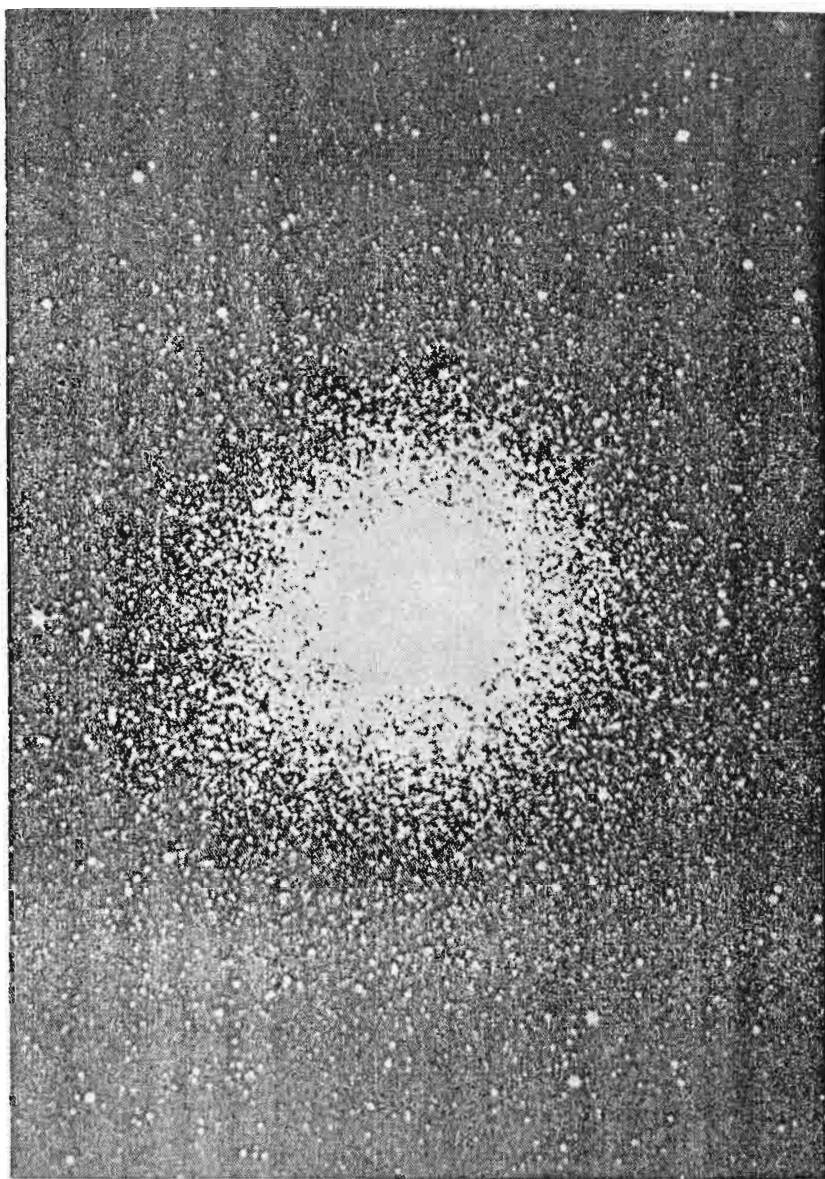


Слика 98. — Растурено звездано јато — Плејаде

Изучавање распореда звезда у простору показало је да све звезде које се виде у сазвежђима и које улазе у Млечни Пут образују јединствен циновски звездани систем који се назива *Галаксија*. У свој њеној сложености Галаксију образују више од сто милијарди звезда од којих је једна наше Сунце. Општим распоредом већине звезда Галаксија подсећа на сочиво. Око тог сочива распоређене су знатно ређе звезде које образују сферни систем.

Слика 102 приказује како би изгледала Галаксија кад би је посматрач гледао са разних страна из васионског простора.

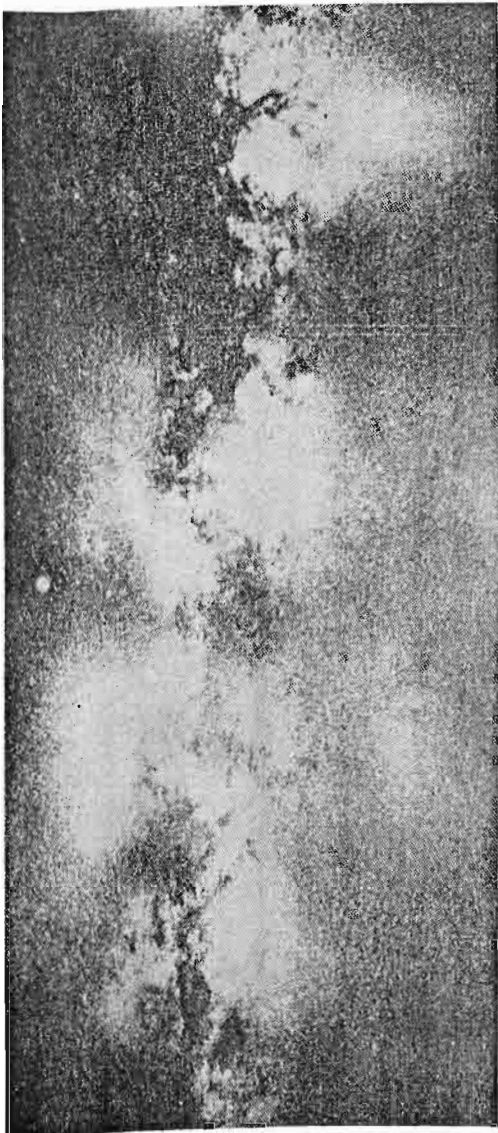
Звезде у Галаксији збијају се према њеној равни симетрије и ка њеном средишту. У читавој маси тих звезда постоје, међутим, циновска згушњења као облаци од звезда, а у тим облацима постоје још мања згушњења — звездана јата.



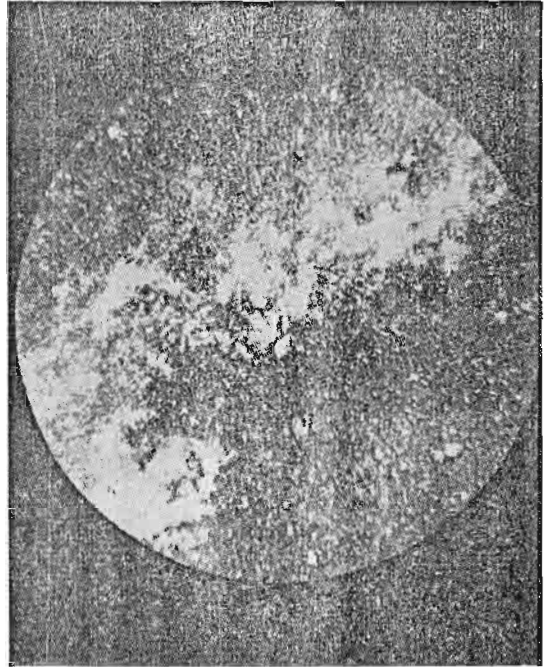
Слика 99. — Збијено (глобуларно) звездано јато у Херкулу

Из упоређења наше Галаксије са другим звезданим системима, који ће бити описани у наредном параграфу, може се закључити да она има, сем тога, спиралну структуру (сл. 102). То се потврђује и непосредним мерењима у нашој Галаксији. Наш Сунчев систем има у унутрашњости Галаксије положај близу њене равни. Зато, када гледамо ма у ком правцу у тој равни, наш поглед продире кроз тај део простора кроз који се Галаксија најдаље протеже и који је испуњен највећим бројем звезда. Наш поглед ту среће мноштво далеких звезда које нам зато изгледају врло слабе и сливају се за ненаоружано око у непрекидан магличасти појас — Млечни Пут.

Сунчев систем не налази се у средишту Галаксије чији је положај у правцу сазвежђа Стрелац. Од нас до средишта Галаксије има око 8 000 парсека, а пречник Галаксије износи скоро 30 000 парсека, тј.

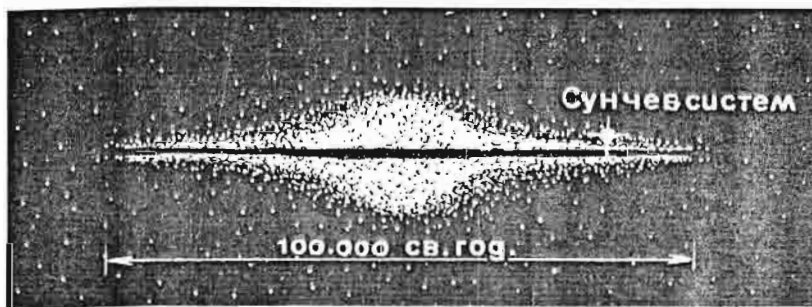


Слика 100. — Део Млечног Пута како се види голим оком

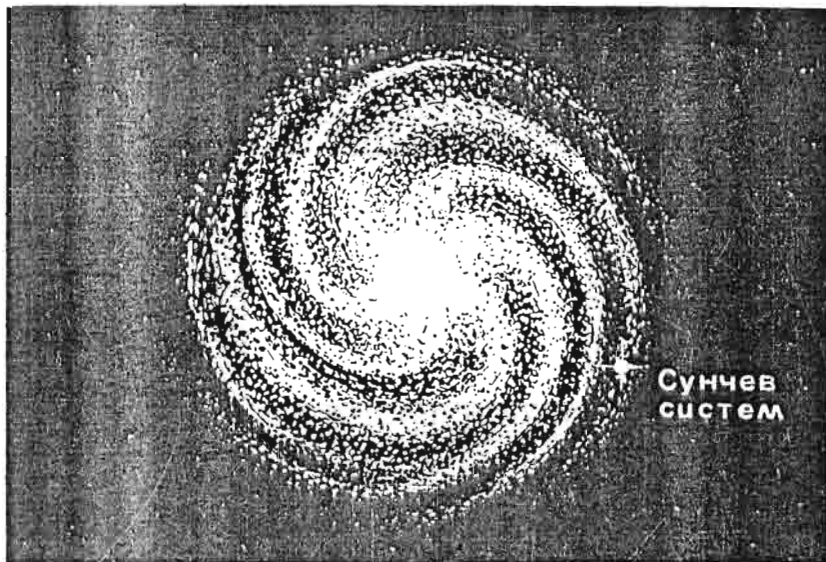


Слика 101. — Фотографија једног дела Млечног Пута

светлост путује с једног њеног краја на други скоро 100 000 година, но оштро одређених крајева Галаксије нема. Цела се Галаксија обрће око осе управне на њену раван, која се зато назива раван галактичког екватора. Она се окреће око средишта целог тог звезданог система.



Слика 102. — Схема грађе Галаксије



Слика 102а. — Схема положаја Сунчева система

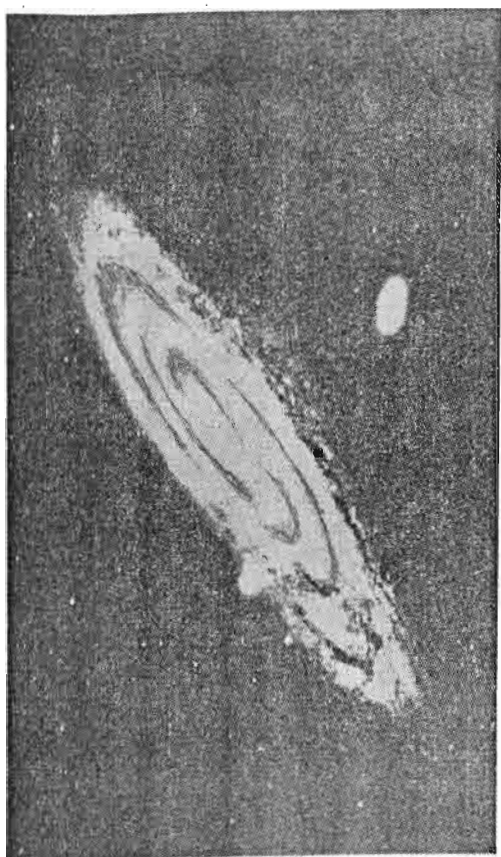
Сунчев систем такође учествује у том општем кретању и, крећући се по својој путањи брзином од преко 200 km/sec, обиђе једанпут око средишта Галаксије за приближно 200 милиона година.

Кретање, пак, Сунчева система брзином од 20 km/sec је његово кретање у односу на звезде звезданог облака коме оно припада. Сви подаци о Галаксији из дана у дан постају све тачнији.

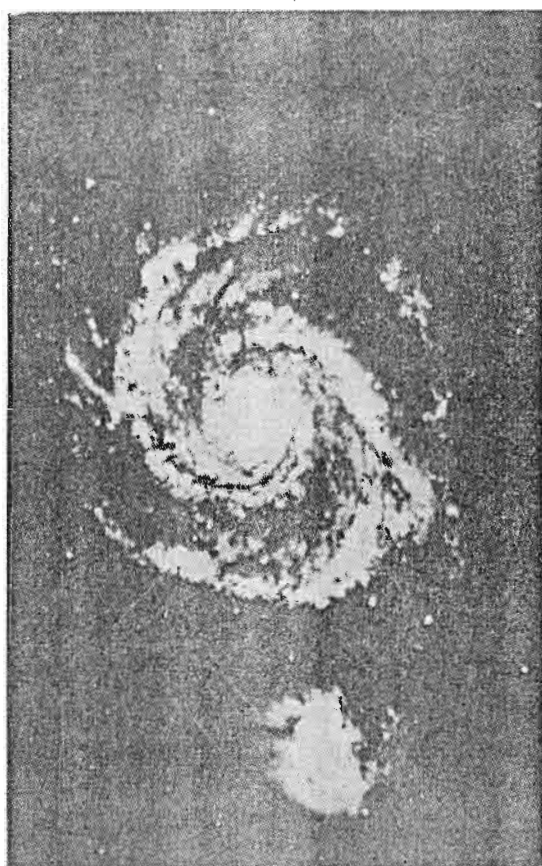
54. ДРУГИ ЗВЕЗДАНИ СИСТЕМ — ГАЛАКСИЈА

Утврђено је да наша Галаксија није једини звездани систем. Постоји мноштво других сличних њој звезданих система који се називају *галаксије*. Спирална галаксија у сазвежђу Андромеде (сл. 103) за слободно око, па и у дурбину, има изглед магличасте пеге. Фотографије снимљене помоћу моћних телескопа показују да је то у ствари огромна скупина звезда. Како ми ту галаксију видимо под извесним углом према њеној оси, то она има дугуљаст облик. Друга слична галаксија у сазвежђу Ловачког Пса (сл. 104) окренута нам је „лицем“ и њене спиралне гране видимо у неизмењеном облику. Неке галаксије видимо „из профила“ и зато оне (иако су такође спиралног облика) имају изглед вретена (сл. 105). Сличан изглед имала би и наша Галаксија посматрана под разним угловима из велике даљине. Неке галаксије имају лоптаст, а неке неправилан облик. Наша Галаксија припада највећим звезданим системима. Све се галаксије обрћу око својих оса, слично нашој Галаксији.

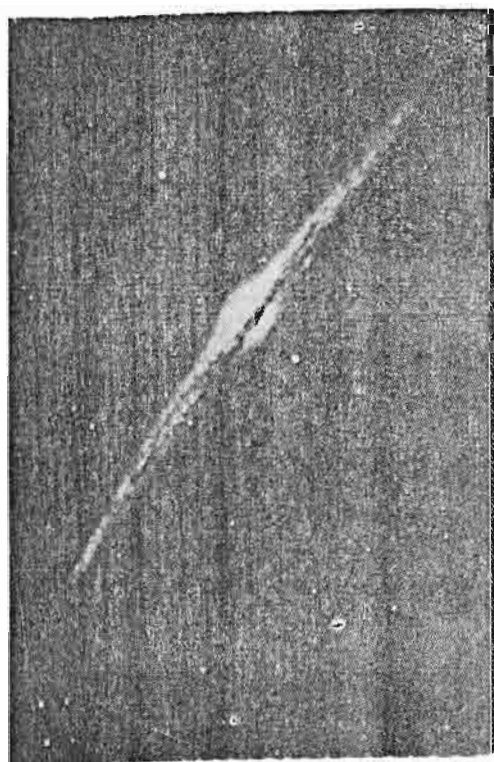
Галаксија у Андромеди је једна од галаксија најближих нама, далеко је од нас приближно милион светлосних година. Најдаље галаксије, које се сад снимају помоћу највећег телескопа на свету, чији је отвор 5 метара, налазе се од нас на даљинама од неколико милијарди светлосних година. Томе је телескопу приступачно за посматрање преко милијарду галаксија. Већина их је обједињена у групе или велике скупове, који садрже стотине па и хиљаде појединачних галаксија.



Слика 103. — Спирална маглина у сазвезђу Андромеде



Слика 104. — Спирална маглина у сазвезђу Ловачког Пса



Слика 105. — Спирална маглина посматрана са стране



Слика 106. — Планетарна маглина

55. ДИФУЗНА (РАСТУРЕНА) МАТЕРИЈА

Осим магличастих пега које су у ствари далеки звездани системи, на небу се могу видети слабе, светле магличасте пеге — *маглине*, које се састоје од изванредно разређене, тзв. *дифузне* или *растурене материје*.

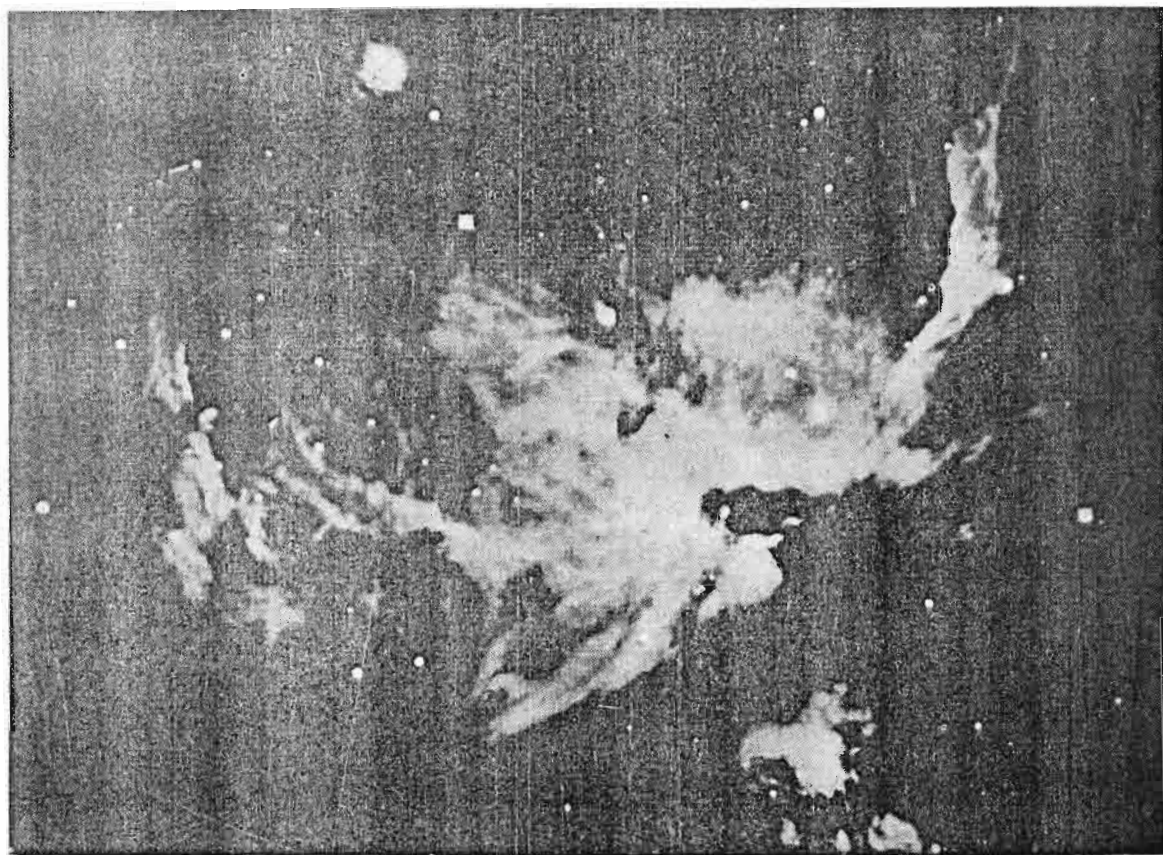
Такве светле маглине по изгледу се деле на *дифузне* (веће, сличне облацима) и планетне (мале, округле).

У средишту планетарних маглина (сл. 106) увек се налази слаба звезда, а сама маглина има изглед кружића или прстена. Пример за такве планетне маглине је маглина у сазвежђу Лире. Планетне маглине немају никакве везе с планетама и свој назив су добиле стога што у дурбину подсећају на планетске котуре.

Пример дифузне маглине је маглина у сазвежђу Ориона (сл. 107) која се добро види и у јаком догледу. Њихова се грађа најбоље открива на фотографијама. При јакој месечини маглине се, разуме се, не виде.

Спектралном анализом откривено је да се неке светле маглине (међу њима и све планетне) састоје од изванредно разређеног хладног гаса. Овај гас светли под утицајем светлости најврелијих звезда које се налазе око тог гаса. У извесној мери ова је светлост слична светлости гаса у гасним цевима под дејством електричног пражњења.

Друге светле маглине састоје се из честица прашине које светле одбијеном светлошћу какве блиске звезде јачег сјаја. Постоје и маг-



Слика 107. — Дифузна гасовита маглина у сазвежђу Ориона

лине које се састоје из смесе прашине и гасова, међу којима преовлађују водоник, кисеоник, хелијум и азот.

По правој величини планетне маглине ретко прелазе један парсек, док се дифузне протежу и до 100 парсека. И једне и друге улазе у састав Галаксије и других галаксија, одакле су добиле заједнички назив — *галактичке маглине*.

Напоредо са светлим маглинама у појасу Млечног Пута виде се и *тамне маглине* у виду црних пега на светлој позадини Млечног Пута (сл. 108). На јужној небеској полусфери две овакве упечатљиве црне мрље у Млечном Путу добиле су назив „угљене вреће“.

Испитивања су показала да су тамне маглине циновски облаци најситније прашине која од нас заклања светлост далеких звезда. На њима се виде само оне звезде које се налазе између нас и такве маглине, а светлост сјајних звезда иза њих знатно је ослабљена. Највећи број тамних маглина груписан је у екваторској равни Галаксије. Апсорпцијом светлости у таквим маглинама објашњавају се тамне траке које видимо у екваторским равнима галаксија које видимо „из профила“ и које зато имају вретенаст изглед (сл. 105).

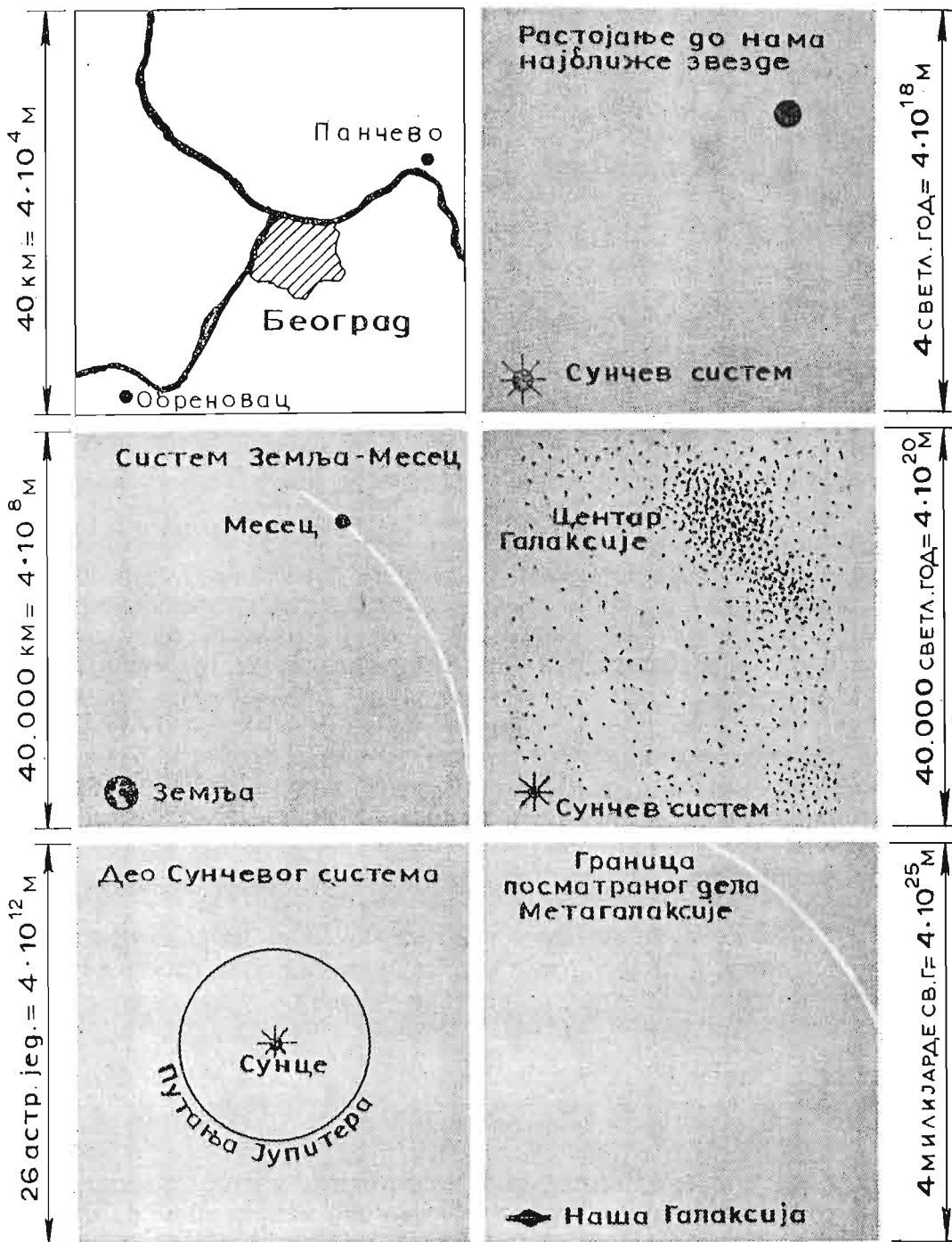
Облаци космичке прашине (тамне маглине) изгледају као светле дифузне маглине ако их осветљава нека блиска или сјајна звезда.

Простор између планета, звезда, маглина и галаксија није апсолутно празан, већ је ипуњен дифузном материјом. У њему се крећу метеорска тела и честице, космичка прашина, молекули, слободни атоми и електрони.

Густина ове дифузне средине ванредно је мала, 10^{24} пута мања од густине воде, док је густина маглина испуњена гасовима и космичком



Слика 108. — Тамна прашна маглина „Коњска глава“ у сазвезђу Ориона, која заклања далеке звезде



Слика 109. — Размере у васиони

прашином 100 до 1 000 пута већа од густине те средине. Али ни такву густину ми још не можемо достићи разређивањем ваздуха под звоном нашим најбољим ваздушних шмрковима.

Ма како била мала густина међузвездане дифузне средине, та средина осетно упија светлост врло далеких звезда. Она слаби њихов сјај и њену боју чини црвенкастијом.

Године 1847. познати астроном, директор Пулковске опсерваторије, В. Ј. Струве утврдио је да постоји апсорпција светлости у међузвезданом простору, али је то откриће опште признато тек у XX веку.

Астрономи се стално суочавају с чињеницом да се светлост делимично апсорбује у васионском простору и о томе морају да воде рачуна при изучавању далеких звезда.

Међузвездана средина, као и маглине, згушњавају се у галактичкој равни. Гасовите маглине и међузвездани гас испуштају радио-таласе, чије нам изучавање помаже да сазнамо њихову природу и да утврдимо њихов положај и кад не светле.

56. БЕСКОНАЧНОСТ ВАСИОНЕ

Присталице религиозних погледа обично тврде да је васиона коначна и ограничена. Ово тврђење доводи до признања да иза граница материјалног света постоји област друкчијег света — нематеријалног, неприступачног чулима и тобоже несазнатљивог. У постављању ова два света једног према другом и састоји се основа сваког религиозног, идеалистичког погледа на свет. Напредна материјалистичка наука произлази из дубоког убеђења у то да је свет јединствен, да се његово јединство састоји у материјалности свега што постоји и да је он зато потпуно приступачан сазнању. У свету нема ничег несазнатљивог, натприродног.

Нова научна открића сваки пут потврђују ове основне поставке.

Било је време када се сматрало да су сва небеска тела распоређена на небеској сфери, на једнакој даљини од Земље. Затим је утврђено да већ до Сунца даљина износи око 150 милиона километара. Та даљина је усвојена за астрономску јединицу дужине. Касније су одређене и даљине најближих звезда и уведена је нова, још већа јединица — парсек. Неки су истраживачи претпостављали да Млечни Пут обухвата сву васиону, али је на крају било утврђено да су спиралне магличасте мрље други звездани системи удаљени стотинама хиљада и милионима парсека. То је изазвало потребу да се уведу још веће јединице за дужину — *килопарсек* (1000 парсека) и *мегапарсек* (милион парсека).

Што се више усавршавају телескопи и истраживачке методе, откривају се све даљи и даљи светови и ми се уверавамо да васиона нема границу, да је бесконачна. Ма у ком правцу пошли, никада не бисмо дошли до њеног краја и сретали бисмо све нове и нове светове, који се налазе у стању непрестаног кретања и промене.

Глава V

ПОСТАНАК И РАЗВОЈ НЕБЕСКИХ ТЕЛА

57. ПОСТАВЉАЊЕ ПРОБЛЕМА О ПОСТАНКУ НЕБЕСКИХ ТЕЛА И ЊИХОВОМ РАЗВОЈУ

За постанак небеских тела и Земље човечанство се интересује већ од првих ступњева свога сазнајног живота. Овим питањем људи су се у старини обраћали жрецима — слугама вере, који су, како се то верницима чинило, знали све тајне битисања. Међутим жреци, као и народ, нису тада располагали никаквим научним подацима о постанку небеских тела. С друге стране, жреци су ширили религију, поштовање према богу и својој касти. Зато они нису могли такво питање оставити без одговора. Жреци су ширили легенде о томе да је бог (или богови, што је зависило од религије датог народа) створио свет по својој вољи.

Једна од таквих легенди је и прича о томе како је бог створио свет за шест дана. Она је унесена у Библију — свештену књигу Јудејаца и Хришћана — и тобоже записана по речима самог бога, но у ствари ову су причу позајмили стари Јевреји од вавилонских жреца. Тамо се, на пример, говори да је у почетку бог „створио светлост“ и „оделио је од таме“, а после тога тек четвртог дана, створио Сунце, Месец и звезде. То је груба заблуда заснована на томе што стари народи нису познавали просту истину да свака светлост мора имати свој извор. Пре постанка Сунца и других небеских тела није могло бити уопште никакве светлости, па није могло бити ни дана којима се у легенди мери трајање стварања света. Ове легенде су уопште у противречностима са основним научним подацима. Оне греше пре свега у тврђењу да је свет уопште био створен, и то још из „ничега“.

Из огледа је добро познато да се ни из чега не може створити, да је материја вечна, да се не може ни створити ни уништити и да су могућа само претварања материје из једног вида и стања у друга. Исто је тако неуништиво и кретање материје, као и енергија која је од материје нераздвојива. Енергија постоји одувек и само мења своје видове и облике. Закон о одржању материје, који су открили Лавоазје и Ломоносов и закон одржања материје који је открио Р. Мајер, темељи су свих научних закључака о постанку света.

Верске легенде и божанско откровење да је свет створио бог нису смели подвргавати критици и задржавали су развој науке. Они и данас играју важну реакционарну улогу.

Позивање на то да је бог створио свет уопште ништа не објашњава и само замењује једно непојмљиво, другим још мање појмљивим. С друге стране, знајући да су материја и њено кретање неуништиви, не можемо уопште поставити питање о постанку света у целини. Такво питање нема смисла. Могу се само постављати питања о постанку појединих небеских тела: Земље, Сунца, звезданих система, зато што су и материја из којих се она састоје, као и њихова кретања, морали постојати и раније само у другом облику. После постанка, свако небеско тело, као и све у природи, не остаје непроменљиво, већ се развија и мења вид. Према томе постанак и развој небеских тела тесно су везани међу собом.

Одељак астрономије који се бави питањима постанка и развоја небеских тела и њихових система назива се *космогонија*.

Старошћу небеских тела назива се временски размак од њиховог постанка до данас. То је време врло дуго и, у поређењу с њим, човечју живот, па и старост науке на Земљи, само су један тренутак. То можемо схватити по спорој, иако непрекидној, измени Земљине површине.

Земљина се старост одређује различитим методама. Најтачнија се састоји у овоме.

Познато је да се атоми радиоактивних хемијских елемената, који се распадају сами од себе (спонтано), претварају у атоме других хемијских елемената. На пример, извесна количина урана у току времена претвара се у одређену, унапред познату количину олова. Из односа количине олова према количини урана који се налази у једној радиоактивној руди може се одредити колико је времена трајало распадање датог урана у тој руди, тј. колико јој је година.

Одређивање старости разних руда показало је да су се најстарије од њих образовале пре неколико милијарди година. Толика је, очевидно, и старост Земљине коре. Старост Земље (од тренутка њеног постанка) као небеског тела мора бити већа од старости њене коре. Изучавање скамењених биљака у Земљиној кори (палеонтологија) показује да се за сто милиона година Сунчево зрачење није битно изменило, тј. да је оно и данас остало исте јачине. Значи Сунце је старије од Земље.

Старост нашег Звезданог система — Галаксије, несумњиво је већа од старости Сунца па значи и Земље.

О свим тим подацима неопходно је повести рачуна када хоћемо себи да представимо постанак и развој небеских тела и њихових система.

58. ПОСТАНАК ПЛАНЕТСКИХ СИСТЕМА

Објашњење постанка Сунчевог система, тј. образовања планета, па дакле и Земље, скопчано је с великим тешкоћама. Основна тешкоћа састоји се у томе што ми тако рећи не знамо друге сличне системе, иако они морају постојати. У ствари, ако бисмо посматрали друге сунчане системе, вероватно би међу њима било система који се налазе на разним ступњевима свог развоја. Упоредјујући их међу собом, ми бисмо успели да репродукујемо историју постанка и развоја нашег Сунчевог система.

Не треба заборавити ни то да планете сличне Земљи, ако постоје чак и око најближих звезда, морају светлети тако слабо да их не можемо видети ни савременим џиновским телескопима. Зато невидљивост таквих планета нипошто није доказ да оне у стварности не постоје.

Ипак су добијени подаци о постојању невидљивих врло великих планета које обилазе око неких звезда. Њихово је присуство откривено по малим периодичним одступањима неких звезда од кретања по правој под утицајем привлачења невидљивих тела знатно мање масе. Чест наилазак на такве системе показује да постојање сунчаних система није ретка појава.

Средином XVIII века немачки филозоф Кант први је поставио научну претпоставку — хипотезу о постанку Сунчева система. Сличну у извесном смислу хипотезу, независно од Канта, поставио је француски научник Лаплас. Кант је сматрао да је Сунчев систем постао из ситних чврстих честица које су биле хладне. Неједнака густина читаве ове хаотичне материје честица изазвала је гомилање материје на местима веће густине, а њихови међусобни судари свели су сва кретања на кружна око највећег згушњења од кога је касније постало Сунце. Од мањих згушњења, која су се око њега образовала, постале су планете.

Лаплас је претпоставио да се Сунчев систем образовао из велике гасовите маглине која се обртала. При згушњењу маглине услед хлађења њено се обртање убрзавало, што је довело до њеног спљоштавања. При даљем повећању брзине обртања на екватору су се од маглине почели одвајати један за другим гасовити прстенови, који су се затим згуснули у лоптасте планете. Сила гравитације ка средишту одиграла је улогу центрипеталне силе. При великој брзини обртања сила гравитације није успела да задржи честице маглине на њиховим путањама и оне су се, крећући се по инерцији (по тангенти) почеле удаљавати од обртне осе. То је у почетку изазвало спљоштавање маглине, а затим одвајање гасовитих прстенова на периферији њеног централног дела, који се смањило и затим претворио у Сунце.

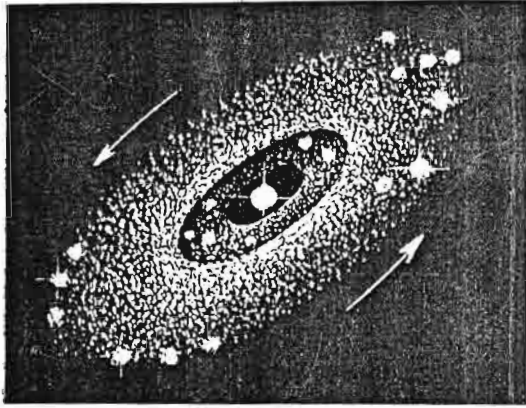
Савремени подаци говоре о томе да планетни системи из читавог низа узрока нису могли да се образују како су претпостављали Кант и Лаплас. Али могућност постепеног постанка и развоја небеских тела из других облика материје на коју су указали Кант и Лаплас показала се као важна подршка материјалистичког објашњења развоја васионе.

У данашње време совјетски научници развили су Кантове материјалистичке идеје о образовању планета из хладних ситних честица и из гаса ослањајући се на тачно познавање закона механике, физике и хемије.

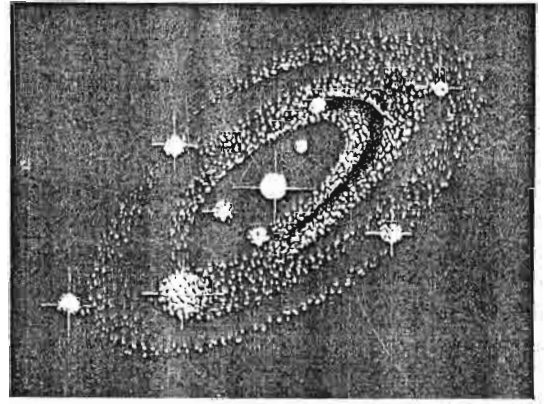
Најподробнија је слика постанка Сунчева система из гасовито-прашног облака коју је разрадио академик О. Ј. Шмит.

Совјетски научници су доказали да је велики облак, који се обртао око Сунца и састојао из гаса и прашине, морао добити спљоштен облик као резултат судара честица и њиховог кретања у средини испуњеној гасом и прашином. Услед међусобних судара честице су се објединиле у згушњења. Већа згушњења привлачила су мања и на тај начин расла на рачун околне средине. Путање ових згушњења, образованих из спљоштеног облака, морале су постати скоро кружне и лежати скоро у једној равни. Згушњавања су постала замеци планета у које су се

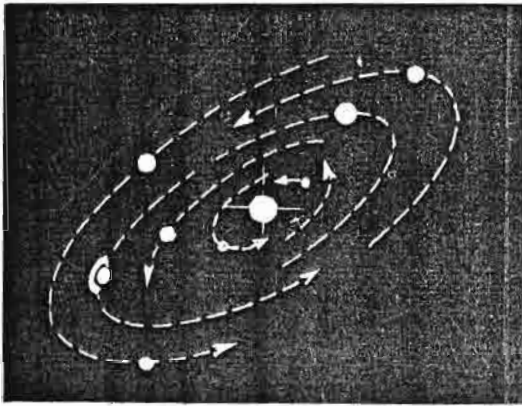
претвориле покупивши у себе скоро сву материју између својих путања (сл. 110).



a)



b)



б)

Слика 110. — Образовање планета из гасовито-прашног диска

Доказано је да су растојања међу тако посталим планетама по закону гравитације морала да се повећавају по одређеном правилу с удаљењем од Сунца, као што се и запажа на плану Сунчева система.

Мање је јасан постанак гасовито-прашног облака који је некад окружавао Сунце. По мишљењу О. Ј. Шмита и научника који деле његово мишљење, Сунце је могло својом гравитацијом отргнути и задржати део још већег облака од кога је раније постало згушњавањем. Академик В. Г. Фесенков сматра вероватнијим да је из сличног облака који се обртао постало згушњавањем само Сунце, а да су планете постале из другостепених згушњења у том облаку. Даље се, по његовим рачунима, Сунце силно смањило и охладило до савременог стања.

У данашње време још није могуће дати објашњење свих појединости у грађи Сунчева система на основи постојећих хипотеза. То ће бити учињено у току даљег развоја науке.

59. РАЗВОЈ ЗВЕЗДА, СУНЦА И МАГЛИНА. ВЕЧНОСТ ВАСИОНЕ

Физичка природа звезда још није изучена довољно да би се могло поуздано говорити о томе како постају звезде (на пример Сунце) и каква је њихова судбина.

Потпуно је могуће да се у току времена на неким местима у простору међузвездана прашина и гас згушњавају у тела великих размера. Даље сабијање таквих тела доводи до њиховог усијавања и светљења, тј. до претварања у звезде. Када у њима температура довољно порасте, почиње претварање водоника у теже хемијске елементе, што је праћено дуготрајним ослобађањем енергије. У таквом стању, звезде се могу налазити по десетине милијарди година (као наше Сунце).

Једновремено са звездама, или нешто касније, око њих се образују планете из облака гасова и прашине око њих. Када се на планетама створе услови подесни да се појави живот, као што се то догодило на Земљи, живот се тамо неизбежно појављује.

Ми не знамо тачно каква ће бити даља судбина звезда, али несумњиво је да ће се у току времена њихова енергија истрошити и да ће престати да светле. Њихова ће се материја на овај или онај начин морати утрошити на образовање нових небеских тела. Совјетски научници су утврдили да се дифузна материја у нашој Галаксији образује и сада као последица нагомилавања гасова које образују (најврелије и нове) звезде. Овај се гас вероватно може згушњавати и образовати звезде. В. А. Амбарцумјан и други совјетски научници сматрају да су многе звезде млађе од Земље и да постају и у данашње време. Не треба мислити да се звезде и маглине без краја претварају једна у друге, тј. да се место развоја догађа просто понављање пређених облика и стања материје. Услед процеса који се догађају у унутрашњости звезда, гасови који оне избацују имају нешто друкчији састав него што су имали у прошлости када су се згушњавали у те звезде.

Изучавање развоја небеских тела сукобљава се са огромним тешкоћама. Те се тешкоће углавном састоје у томе што развој небеских тела тече изванредно споро, тако споро да је, у поређењу с њим, не само дужина човекова живота само кратак миг већ и читаво време откако постоји човечанство на Земљи (око милион година). Тим се мање осетно изменила већина небеских тела откако се над њима врше научна посматрања.

Насупрот религији, која све што постоји приписује божјој вољи и тврди да је за људе свет несазнатљив, наука упознаје Васиону корак по корак. Наука строго разграничава познато од претпостављеног и представљено од још непознатог.

У томе се и састоји снага науке да се напредовањем постепено претпостављено претвори у утврђено, а место непознатог да се омогући претпостављање претпоставки. На тај начин наука стално доказује могућност сазнања природе и све већу тачност њеног познавања, иако сва наша сазнања не могу бити потпуно тачна. Наука у своме развоју све тачније обликује своје раније представе. Ако ове или оне научне представе мора да замени новим, то баш доказује снагу науке, а не њену слабост, јер се нове представе показују ближе истини од ранијих. Смена научних представа је у ствари пењање ка врху знања по пречагама њене лествице.

На пример из привидне противуречности у Урановом кретању са законом опште гравитације поникла је претпоставка да постоји планета иза Урана, а затим је на основи те претпоставке била откривена планета Нептун. Наука на основи хипотеза — научних претпоставки — објашњава постанак и развој небеских тела. Историја показује да се,

уколико се наука развија једне хипотезе морају замењивати другим, али се нове хипотезе показују ближе истини, јер оне ничу као резултат продубљивања научних знања.

Улога хипотеза у науци је врло велика. Фридрих Енгелс је, називајући хипотезу „обликом развоја природних наука“ подвукао да без хипотеза „никада не бисмо дошли до закона“.

Хипотезе изазивају потребу за новим теоријским истраживањима која доводе до открића у науци. Научне хипотезе разликују се од простих претпоставки по томе што се заснивају на целокупном нашем знању у датом тренутку и што теже да задовоље многе научне захтеве.

Слично ономе да је Вациона у светлости научних података бесконачна у простору, она је у светлости тих података бесконачна и у времену, тј. вечна Вациона никада није имала почетка и никад неће имати краја. Она је увек постојала и увек ће постојати. Све се то односи на Вациону као целину, тачније на материју из које се она састоји. Поједини њени делови, Сунчев систем, звезде, па чак и звездани системи — галаксије — постепено овде или онде постају, зачињу се, развијају се дуго на своме развојном путу и напослетку завршавају своје постојање у таквом виду да би њихова материја добила нови облик. И сама материја, мењајући стално свој облик, никада се не уништава. Она је вечна и њено кретање је вечно. Смењујући преживеле светове ничу нови, на којима се у току времена такође јавља живот, који се и сам поступно усавршава производећи свој виши облик — разумна мисаона бића.

ПРИЛОЗИ

I. ПРИБЛИЖНЕ БРОЈНЕ ВРЕДНОСТИ (ПОЖЕЉНО ЗАПАМТИТИ)

Најважније величине које се сусрећу у астрономији

Привидни угловни пречник Сунца и Месеца	1/2°
Нагиб еклиптике према екватору	23,5°
Разлика екваторског и поларног пречника Земље	20 km
Средњи полупречник Земље	6 370 km
Дужина тропске године	365 дана 5 час. 49 мин.
Дужина синодичког месеца (временски размак између две истоимене Месечеве мене)	29,5 дана
Дужина звезданог (сидеричког) месеца (Период обртања Месеца око Земље)	27 1/3 дана
Маса Сунца у поређењу са Земљином масом	330 000
Најкраћи период обртања планете (Меркура)	3 месеца (88 дана)
Најдужи период обртања планете (Плутона)	250 година
Пречник највеће планете (Јупитера)	11 пречника Земље
Средње даљине Месеца од Земље	380 000 km
Средње даљине Земље од Сунца или 1 астрономска јединица	150 000 000 km
1 парсек	206 265 астр. јединица или 3/4 светлосне год.
Растојање од Сунца до најближе планете (Меркура) у поређењу са растојањем Земље од Сунца	0,4 астр. јед.
Средње растојање од Сунца до најдаље планете (Плутона)	40 астр. јединица
Растојање од Сунчева система до најближе звезде (α Центаури)	4 светлосне године или 1 1/2 парсека или 270 000 астр. јединица
Пречник нашег Звезданог система — Галаксије	100 000 свет. год.
Даљина до најближег спиралног звезданог система галаксије у сазвежђу Андромеде	1 500 000 светл. год.
Број звезда видљивих голим ненаоружаним оком	око 6 000
Пречник Месеца у поређењу са пречником Земље	1/4
Пречник Сунца у поређењу са пречником Земље	109
Температура на површини Сунца	6 000°C
Средњи период промене броја Сунчевих пега	11 година
Температура звезда	око 3 000°C (црвене звезде)
	до 30 000°C (беле звезде)
Старост Земљине коре	око 3 милијарде година
Пролећна равнодневица	око 21. марта
Летњи солстициј	око 22. јуна
Јесења равнодневица	око 23. септембра
Зимски солстициј	око 22. децембра

II. ГРЧКА АЗБУКА

α — алфа	ν — ни
β — бета	ξ — кси
γ — гама	\omicron — омикрон
δ — делта	π — пи
ϵ — епсилон	ρ — ро
ζ — дзета	σ — сигма
η — ета	τ — тау
θ — тхета	υ — ипсилон
ι — јота	ϕ — фи
κ — капа	χ — хи
λ — ламбда	ψ — пси
μ — ми	ω — омега

III. НАЈВИШЕ УПОТРЕБЉАВАНА ИМЕНА СЈАЈНИХ ЗВЕЗДА

Алгол	— β Персеја	Кастор	— α Близанаца
Алдебаран	— α Бика	Мизар	— ζ Великог Медведа
Алтаир	— α Орла	Полукс	— β Близанаца
Ангарес	— α Скорпије	Полара (Северњача)	— α Малог Медведа
Арктур	— α Волара	Прокион	— α Малог Пса
Белатрикс	— γ Ориона	Регул	— α Лава
Бетелгес	— α Ориона	Ригел	— β Ориона
Вега	— α Лире	Сиријус	— α Великог Пса
Денеб	— α Лабуда	Спика	— α Девојке
Капела	— α Кочијаша	Фомалхаут	— α Јужне Рибе

IV. СПИСАК НЕКИХ СЈАЈНИХ ЗВЕЗДА КОЈЕ СЕ ВИДЕ У СФРЈ

У табlici ознака за спектралну класу у исто време одређује и боју звезда: беле су звезде класе O, B, A, жуте F, G, K, црвене M.

Звезда	Привидна величина	Ректасцензија			Деклинација		Спектрална класа
		α			β		
α Бика	1,06	4 ^h	31 ^m	54 ^s	+ 16°	22'',2	K
β Ориона	0,34	5	11	10	— 8	16,9	B
α Кочијаша	0,21	5	11	31	+ 45	55,7	G
α Ориона	0,92	5	51	23	+ 7	23,7	M
α В. Пса	— 1,58	6	42	4	— 16	37,1	A
α Близанаца	1,99	7	30	8	+ 32	2,6	A
α М. Пса	0,48	7	35	38	+ 5	24,3	F
β Близанаца	1,21	7	41	2	+ 28	11,8	K
α Лава	1,34	10	4	39	+ 12	18,6	B
α Девојке	1,21	13	21	30	— 10	47,8	B
α Волара	0,24	14	12	28	+ 19	32,8	K
α Скорпије	1,22	16	25	7	— 26	16,7	M
α Лире	0,14	18	34	34	+ 34	43,1	A
α Орла	0,89	19	47	22	+ 8	40,9	A
α Лабуда	1,33	20	39	3	+ 45	1,8	A
α Јуж. Рибе	1,28	22	53	47	— 29	59,6	A

V. ШИРИНЕ И ДУЖИНЕ ГРАДОВА (ОД ГРИНИЧА)

Град	Ширина	Дужина	Час зона	Град	Ширина	Дужина	Час зона
Алжир	36°48' N	0 ^h 12 ^m 1 E	0	Љубљана	46°3' N	0 ^h 58,1 E	I
Атина	37 58 N	1 34,9 E	II	Мадрид	40 25 N	0 14,7 W	0
Бејрут	33 54 N	2 21,9 E	II	Марсеј	43 18 N	0 21,6 E	0
Београд	44 48 N	1 22,1 E	I	Милано	45 28 N	0 16,8 E	I
Берлин	52 24 N	0 52,4 E	I	Минхен	48 9 N	0 46,4 E	I
Берн	46 57 N	0 29,7 E	0	Москва	55 45	2 30,5	II
Беч	48 14 N	1 5,4 E	I	Ниш	43 19 N	1 27,6 E	I
Битољ	41 2 N	1 25,4 E	I	Нови Сад	45 15 N	1 19,4 E	
Бомбај	18 54 N	4 51,3 E	V	Новосибирск	55 2 N	5 31,7	VI
Бон	50 44 N	0 28,4 E	0	Њујорк	40 49 N	4 55,8 W	XIX
Бордо	44 50 N	0 2,1 N	0	Оксфорд	51 46 N	0 5,0 W	0
Бостон	42 21 N	4 44,3 W	XIX	Осло	59 55 N	0 42,9 E	I
Брисел	50 48 N	0 17,4 E	0	Отава	45 24 N	5 2,9 W	XIX
Будимпешта	47 30 N	1 15,9 E	I	Париз	48 50 N	0 9,3 E	0
Буенос Аирес	34 37 S	3 53,4 W	XX	Пекинг	40 6 N	7 45,3 E	VIII
Букурешт	44 25 N	1 44,4 E	II	Праг	50 5 N	0 57,6 E	I
Варшава	52 13 N	1 24,1 E	I	Рига	56 58 N	1 36,5 E	II
Вашингтон	38 55 N	5 8,3 W	XIX	Рим	41 55 N	0 49,8 E	I
Вилна	54 41 N	1 41,0 E	II	Рио де Жанеиро	22 54 S	2 52,9 W	XXI
Владивосток	43 6 N	8 47,7 E	IX	Сао Паоло	23 39,9	3 6,5 W	XXI
Даблин	53 23 N	0 25,4 W	0	Сарајево	43 52 N	1 13,7 E	I
Единбург	55 56 N	0 12,7 W	0	Сингапур	1 16 N	6 55,3 E	VII
Женева	46 12 N	0 24,6 E	0	Скопље	42 0 N	1 25,8 E	I
Загреб	45 49 N	1 3,9 E	I	Софија	42 41 N	1 33,4 E	II
Истамбул	41 1 N	1 55,9 E	II	Сплит	43 31 N	1 5,8 E	I
Јоханесбург	26 11 S	1 52,3 E	II	Суботица	46 6 N	1 18,7 E	I
Калкута	22 35 N	5 53,5 E	VI	Такубаја	19 24 N	6 36,8 W	XVII
Квебек	46 48 N	4 44,9 W	XIX	Ташкент	41 19 N	4 37,1	V
Кијев	50 27 N	2 2 E	II	Титоград	42 26 N	1 17,1 E	I
К. Митровица	42 53 N	1 23,5 E	I	Торино	45 2 N	0 31,1 E	I
Копенхаген	55 41 N	0 50,3 E	I	Трст	45 39 N	0 55,1 E	I
Лавов	49 50 N	1 36,1 E	II	Хамбург	53 36 N	0 40,1 E	I
Ла Плата	34 55 S	3 51,7 W	XX	Хелсинки	60 10 N	1 39,8 E	II
Лајден	52 9 N	0 17,9 E	0	Цирих	47 23 N	0 34,2 E	I
Лењинград	59 56 N	2 1,3 E	II	Цакарта	6 16 S	7 7,5 E	VII
Лисабон	38°43' N	0 ^h 36,7 W					

VI. ТАБЛИЦА СУНЧЕВОГ СИСТЕМА

Небеско тело	Сидерични период обиласка (у годинама)	Синодични период обиласка (у данима)	Средње растојање од Сунца		Нагиб пута ње према еклиптици	Маса (Земље = 1)	Густина ρ/cm^3	Екваторски пречник		Слеште-ност	Време обртања око осе	Нагиб екватора према равни путање	Број познатих сателита
			у астр. једин.	у мин. кп.				Земље = 1	km				
Меркур	0,241 ¹	116	0,387	58	7°	0,50	5,48	0,39	5000	—	88 дана	0°	—
Венера	0,615 ²	584	0,723	108	3°23'	0,81	4,9	0,97	12400	—	225 дана	?	—
Земља	1,000	—	1,000	150	—	1,00	5,5	1,00	12756	1/298	23 ^h 56 ^m 3 ^s	23°27'	1
Марс	1,881	780	1,524	228	1 51	0,11	4,0	0,53	6780	1/192	24 ^h 37 ^m 23 ^s	25 10	2
Јупитер	11,86	399	5,203	778	1 18	318,36	1,3	11,25	143640	1/16	9 ^h 50 ^m	3 6	12
Сатурн	29,46	378	9,539	1426	2 29	95,22	0,7	9,02	120500	1/10	10 ^h 14 ^m	26 45	9
Уран	84,01	370	19,19	2869	0 46	14,58	1,01	4,00	53400	1/18	10 ^h 7 ^m	98	5
Нептун	164,7	368	30,07	4496	1 46	17,26	1,6	3,89	49600	1/40	15 ^h 8 ?	29	2
Плутон	248,9	367	39,65	5929	17	0,93	5?	1?	12000?	?	?	?	—
Сунце	—	—	—	—	—	3324000	1,4	109,0	1391000	—	25,4 дана (на екватору)	7°15'	—

1. Или 88 дана

2. Или 222 дана

VII. КОНСТРУКЦИЈА СУНЧАНОГ ЧАСОВНИКА

Направити екваторски сунчани часовник (сл. 111) врло је просто. Узмите даску и из средине повуците полуправе на све стране тако да углови међу суседним полуправима износе 15° . Поред тих полуправих обележите редне бројеве часова 12, 1, 2, итд. (зато што се у екваторској равни сенка помера равномерном брзином). У тачки из које су повучене полуправе углавите у даску, управно на њу, металну шипку, тако да пролази кроз даску.

Нагните даску са шипком према хоризонту за угао $90^\circ - \varphi$, где је φ географска ширина места, и учврстите је тако да се полуправа са ознаком 12^h поклопи са подневачком линијом. Последња се одређује и учртава на месту где желимо да поставимо сунчани часовник, како је раније било описана у § 7.

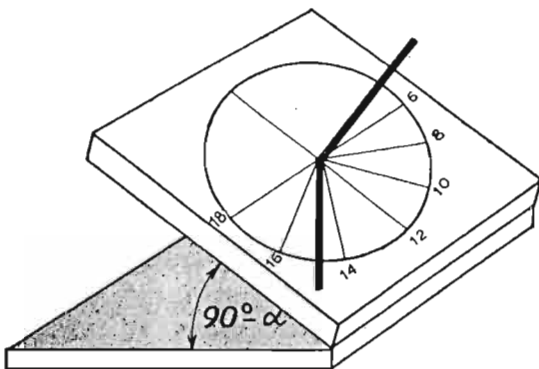
Овакви часовници нису најподеснији за употребу јер од 23. септембра до 21. марта сенка од шипке пада на цифарник оздо.

Хоризонтски сунчани часовник подеснији је за употребу. Узмите даску и учврстите управно на њу троугао са оштрим углом једнаким ширини места φ . У продужењу основице троугла повуците полуправу са ознаком 12^h . Полуправе које одговарају осталим целим часовима повуците према овој првој полуправој под угловима x које ћете добити из обрасца

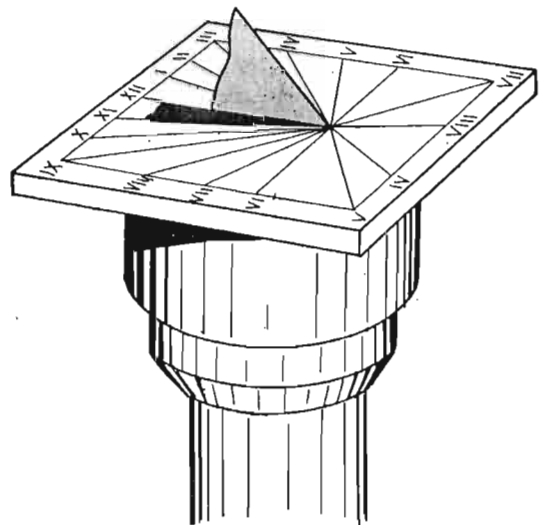
$$\operatorname{tg} x = \sin \varphi \operatorname{tg} t,$$

где је $t = 1^h, 2^h, 3^h \dots 12^h = 15^\circ; 30^\circ; 45^\circ; \dots$ углови међу суседним полуправима неће износити по 15° као код екваторског часовника, зато што се при привидном дневном кретању Сунчевом (заједно са небеском сфером око светске осе) сенка од шипке на хоризонтској равни помера неравномерно. Подневачку линију цифарника хоризонталног сунчаног часовника, која одговара 12^h , треба поставити у правац север—југ.

Сунчани часовници, разуме се, показују право сунчано време. Да бисмо претворили њихово показивање у зонско време, треба знати



Слика 111. — Екваторски сунчани часовник



Слика 112. — Хоризонтски сунчани часовник

разлику између зонског и месног времена у датом месту. После тога ће још увек остати разлика која се мења у току године и достиже до 1/4 часа. Ту разлику можемо узети у обзир из постојећих графика и таблица из астрономских годишњака. Уосталом, у пролеће и лето, када се обично и користе сунчани часовници, ова разлика не прелази 4^м, осим, од почетка јула до средине августа. У том периоду право време заостаје за средњим за 5 до 6^м.

VIII. УПУТСТВА ЗА ПОСМАТРАЊЕ

За сваког ученика крајње су неопходна посматрања основних небеских појава. Међутим, небеска тела могу се посматрати само ведрих вечери и ноћи. Сва небеска тела, осим Сунца и понекад Месеца, могу се видети само увече или ноћу. Неке се појаве догађају ујутру или само у одређеним ретким тренуцима, на пример помрачења, и ми их не можемо видети у за нас подесније друго време. Због тога и због мало времена које се астрономији поклања у школи, посматрања се ни у ком случају не могу одлагати. Њих треба вршити чим се укаже прва прилика, користећи ведре вечери и не трудећи се да посматрања врши-мо баш у време када се одређена партија из програма прелази на часу. Таква се сагласност не може постићи због временских прилика.

Треба тежити да се изврши што више посматрања у току септембра и октобра, јер су тада често ведре вечери и није тако хладно. У новембру и зими ведро време је доста ретко и мразеви прилично отежавају посматрања. Од марта време постаје чешће ведрије али вече долази све касније и касније.

Посматрања треба вршити на месту где не сметају осветљења из зграда. Звезде треба посматрати када не смета месечина. Треба имати код себе ручну сијалицу која не даје јаку светлост, а омогућује да се у потребном тренутку погледа на звездану карту и да се у посматрачку бележницу упишу или уцртају подаци посматрања.

У току септембра и октобра савршено је неопходно (и што раније то боље) извршити ова посматрања:

1) Приближно једанпут сваке две недеље (у зависности од временских прилика) треба забележити време и уцртати у односу на предмете на привидном хоризонту место Сунчева излаза или залаза. Уцртавање вршити сваки пут с једног истог места. После тога извести закључак о промени положаја тачке излаза или залаза.

2) Добро је исто то извршити и за Месец и уз то сваки пут бележити време његова залаза и излаза. За Месец посматрања треба вршити свакодневно бележећи три до четири његова излаза или залаза.

3) Пратити из дана у дан потпун циклус промена Месечева изгледа (циклус Месечевих мена). При том начинити бар два цртежа у два узастопна дана на копији звездане карте трудећи се да Месечев изглед као и његов положај међу звездама буде што тачније уцртан. Положај Месечев треба уцртати када он није сувише светао да би се могле видети и слабије звезде. Ако се уочи Месечев положај само у односу на најсјајније звезде, пошто је њих веома мало на небу, Месечево кретање од 13° на дан може се и не истаћи довољно јасно. Ова посматрања ће

нам показати како се Месец помера ка истоку на позадини звезданог неба.

4) У јесен уз помоћ помичне звездане карте треба наћи и запамтити сазвежђа Великог и Малог Медведа, положај Северњаче и још нека маркантна сазвежђа и сјајне звезде. Да се не би заборавила сазвежђа, сваки ученик треба сам с времена на време да их нађе на небу. При том треба у посматрачку бележницу записивати која су се сазвежђа видела на јужној страни неба.

5) У пролеће (а још боље зими) разгледати која се сазвежђа виде на јужном делу неба и распознати на небу позната сазвежђа око пола. При проналажењу сазвежђа неопходно је звездану карту држати тако да ознаке севера, истока итд. што боље одговарају положају тих тачака на хоризонту посматрачева места. Треба обраћати пажњу на разлику у сјају звезда приказаних на карти и у мислима их спајати правима како је приказано на карти. Кад је једно сазвежђе нађено, треба прећи на друго, користећи се напоменама у § 2.

6) При посматрању сазвежђа треба обратити пажњу на боје сјајних звезда које одговарају њиховим температурама.

7) У самом почетку и на крају посматрања сазвежђа треба уочити положаје извесних сјајних звезда према хоризонту да би се истакло привидно дневно обртање небеске сфере и звезда на разним поларним даљинама. Треба по могућству фотографисати привидно дневно обртање неба око пола, како је описано у § 5.

8) Ради провере знања треба пронаћи Северњачу а по њој и основне тачке хоризонта.

9) На скупној или појединачној вежби у школском дворишту повући подневачку линију користећи се Сунцем, као што је описано у § 7.

10) По Месечевој мени и његовом положају према хоризонту показати приближан положај основних тачака хоризонта.

11) Користећи се астрономским годишњаком и звезданом картом, самостално или уз помоћ наставника, наћи планете видљиве тога месеца. Ово посматрање треба извршити у септембру и тачно уцртати положај сваке планете међу звездама оног сазвежђа у коме се планета види. После једног до два месеца поновити ово уцртавање и закључити како се свака планета померила.

12) Запазити како метеори лете по небу за време упознавања са сазвежђима.

13) Користити посматрања дурбином или догледом. Ако је у питању доглед, боље је потражити онај са призмом који даје шестоструко увеличање. Помоћу њега се могу видети:

1) веће Сунчеве пеге (кроз тамно стакло), ако их тада има на Сунцу;

2) неравна граница између дана и ноћи на Месецу и најкрупнији циркови на њему;

3) много звезда у Млечном Путу и звезданом јату Плејаде, у коме слободно око при нормалном виду види само шест звезда;

4) гасовита Орионова маглина (зими) и магличаста пега — спирална галаксија у Андромеди (у јесен) која се оком једва види;

5) двојне звезде у Великом Медведу и Лири;

6) понекад Јупитерови сателити (врло близу њега).

IX. РУКОВАЊЕ ПОМИЧНОМ КАРТОМ ЗВЕЗДАНОГ НЕБА

Положај звезда у односу на хоризонт непрекидно се мења услед дневног Земљиног обртања око њене осе и њеног годишњег обилажења око Сунца. Зато је и положај звезда различит у разним часовима једног истог дана, као и у истим вечерњим часовима разних месеци у години. Помична карта звезданог неба пружа могућност да се просто одреде положаји звезда у односу на хоризонт у сваком тренутку.

Да би се картом успешно користило треба је правилно наместити и употребити.

Имајући у виду да ће се картом наредних година користити и други ученици, треба се потрудити и направити копије оба дела карте а оригинал сачувати. Још је боље да се при прецртавању оба дела карте увеличају линеарно 1,5; 2,5 пута (од 40 до 45 cm у пречнику). Таква размера карте омогућује бољу прегледност.

Карту и помоћни круг треба налепити на довољно чврст картон брашном или штирком од кога хартија неће пожутети. Просушити листове под извесним притиском да се не би искривили и пажљиво обрезасти у круг, а на помоћном кругу изрезати отвор по једној од затворених линија која одговара географској ширини места у коме ће карта бити коришћена: на пример за Београд 45° ; за Титоград (42°) по линији са ознаком 40° ; за Ниш (43°) по линији са ознаком 45° ; за Скопље (42°) по линији са ознаком 40° итд.

Картом се рукује на следећи начин: помоћни круг се стави преко карте тако да час који нас интересује и који је обележен на периферији помоћног круга дође према датуму који нас интересује, а који се налази на периферији карте. Тада ће се у отвору помоћног круга видети она сазвежђа и звезде који ће у датом тренутку бити над хоризонтом места посматрања, и то у правцима и положајима према хоризонту, који су баш означени на карти.

Обод отвора на помоћном кругу представља хоризонт, центар круга — зенит. Тачке хоризонта обележене су на помоћном кругу.

Слика на карти потпуно ће одговарати слици посматраној на звезданом небу ако карту подигнемо испред себе и окренемо њен крај с натписом „север“ према северној тачки на хоризонту. Ако карта лежи на столу, не треба заборавити да се у њој огледају положаји звезда које се налазе изнад нас, па зато треба њихове ликове у мислима преносити на небо водећи рачуна о оријентацији према странама хоризонта.

С друге стране, не треба заборавити да су сазвежђа на карти представљена мало деформисано, мало развучено, зато што се ни небеска сфера ни Земљина лопта не могу представити у равни без деформације.

Полупречници круга на карти су деклинацијски кругови. Часови ректасцензије који им одговарају обележени су на периферији карте (а четири деклинацијска круга обележена су цифрама). Да би се прочитала деклинација небеског тела, служе концентричне кружнице уцртане на сваких 30° (трећа кружница од центра је небески екватор са деклинацијом једнаком нули). Лако је увидети да су на карти приказане звезде са деклинацијом до -45° , и то закључно са четвртном привидном величином.

Ексцентрична кружница на карти је еклиптика чији пресеци са небеским екватором имају ректасцензије 0^h (тачка пролећне равнодневице) и 12^h (тачка јесење равнодневице).

Корисно је на еклиптици обележити положај Сунца, на пример за сваки 20. у месецу. Тада ће звездана карта постати прегледнија и лакша за употребу при посматрању.

Да би се карта сачувала од хабања због честе употребе, добро је налепити је на дебљи картон и евентуално заштитити прстеном од још дебљег картона или лесонита у коме се помоћни круг може лако окретати.

Ако карту обрћемо полако, супротно казаљки на часовнику, добијаћемо узастопне изгледе звезданог неба у односу на хоризонт, које видимо и у природи при Земљином дневном обртању.



АЗБУЧНИ ПРЕГЛЕД ПОЈМОВА И ИМЕНА

А

Азимут 57, 58
 Алгол 132, 133
 Алтаир 18
 Амбарцумјан В. А. 150
 Антарес 128, 129
 Апогеј 54
 Аристотел (384—322 н. е.) 30
 Арктур 18
 Астроиди 11, 99, 108
 Астрологија 28, 29
 Астрономија 38
 Астрономске јединице 38
 Астрономске методе 79, 89
 Астрономска посматрања 78, 79, 158, 159
 Афел 37, 100, 110

Б

Базис 40, 41
 Бетелгез 128, 129
 Белопољски А. А. (1854—1934), 85
 Бик 16
 Близанци 16
 Болид 113, 114
 Бредихин Ф. А. 110, 111
 Бруно Ђордано (1594—1600) 34

В

Васиона 10—13, 143—145, 149—151
 Вега 19, 128
 Велики Медвед 14, 15, 17, 127
 Венера 12, 26, 27, 32, 33, 36, 101, 102
 Венерине мене 101
 Време — грађанско 72
 „ звездано 70, 71
 „ зонско 70
 „ месно 70
 „ прáво 70
 „ средње 70
 „ сунчано 71
 „ указно 71
 Временско изједначење 71

Г

Галаксија 12, 13, 135—138, 141—143, 148, 150
 Галаксија 139, 140, 143, 151
 Галилеј, Галилео (1564—1642) 33, 34
 Геоцентрични систем света 32
 Година — преступна 76,
 „ проста 77
 „ тропска 76
 Годишње доба 69
 Гравитациона константа 43

Д

Датумска граница 75
 Деклинација 56
 Деферент 30
 Дифузна материја 135, 143, 150
 Дужина 56, 57, 75, 76, 155

Е

Еклиптика 62, 63, 88
 Ексцентричност 36
 Епицикл 30

З

Закон Њутнов 43
 Закон Кеплеров 35—38
 Звездана јата 135
 Звездане атмосфере 128—134
 „ брзине 127, 132
 „ густине 129, 130
 „ масе 131
 „ температуре 128—130, 131
 Звездани пречници 128—130
 Звездане (привидне) величине 14, 15, 20
 Звездани сјај 132, 134
 Звездано сопствено кретање 126, 127, 133
 Звездани спектри 128, 129, 132
 Звезде бели патуљци 130, 131
 „ вишеструке 129—131

Звезде двојне 131—132
 „ нове 129
 „ оптичке 9
 „ војне 131
 „ патуљци 132
 Звезде помрачне (еклипске) променљиве 131, 132, 134
 Звезде променљиве 130
 „ спектроскопске двојне 132
 „ физички двојне 131
 „ цинови 121—131
 Земља 8, 14, 17, 18, 38, 39, 47, 49—55, 59
 Земљина старост 147
 Земљин облик 38
 Земљино обртање 67—69
 Земљина маса 45
 Земљина величина 38, 39
 Земљина спљоштеност 38
 Зенит 21
 Зенитна даљина 57, 61
 Зодијак 63
 Зодијачка светлост 121
 Зрачење Сунчеве енергије 122, 124

И

Извори Сунчеве енергије 124

Ј

Јупитер 12, 26, 27, 32, 33, 39, 104—107.

К

Календар 77—79
 Капела 128
 Касиопеја 16, 17
 Кеплер, Јохан (1571—1630), 36—38
 Клатно Фукоово 47
 Комета Бијелина 112
 „ Енке-Баклундова 109
 „ Халејева 110
 „ 110
 Комете 11, 99—109, 113
 Кометина глава 109, 111
 Кометино језгро 109, 111
 Кометин постанак 111
 Кометино распадање 110, 111
 Кометин реп 109, 111
 Коперник, Никола (1473—1543) 36
 Космички летови 50—55
 Космичке брзине 54
 Космогонија 147
 Координатни систем 58
 Кретање планета директно 59
 Кретање планета повратно 60
 Крива сјаја 54
 Кулминација 24, 25, 61, 89

Л

Лебедев П. А. (1866—1912) 111
 Лира 16, 128, 140
 Ловачки Пси 139

М

Маглине гасовите 141
 „ дифузне 140, 141
 „ планетне 140, 141
 „ прашне 141, 143
 Мали Медвед 14, 15, 17
 Марс 12, 26, 27, 32, 102—104
 Мене Венерине 31, 101
 Мене Месечеве 11, 88
 Меридијан 22, 23
 Меридијански круг 58
 Меркур 12, 26, 27, 32, 36, 99, 101, 102,
 Месец сидерички 88, 89, 96
 Месец синодички 89
 Месечева атмосфера 95
 „ помрачења 90
 „ мора 92
 „ температура 90
 Месечеве мене 88
 „ путање, чворови 91
 Месечеви кратери 96
 „ циркови 96
 Месечево обртање 95
 Метеорити Тунгуски 116
 Метеори 114
 Метеорити 115—116
 Метеорски потоци 116
 Метеорско тело 114
 Млад месец 89
 Млечни Пут 13, 33, 135, 137, 142

Н

Надир 23
 Налажење сазвежђа на небу 15, 16
 Небеска сфера 19, 20, 23, 127
 Небески екватор 22, 24, 61, 68
 Небеских тела, постанак 146—152
 Небеских тела, развој 146—150
 Нептун 46, 104, 107
 Нови стил 76, 77

Њ

Њутн, Исак (1643—1727) 43, 44, 45

О

Одређивање брзина небеских тела 84, 85
 Одређивање величина Сунца, Месеца и планета 42
 Одређивање даљина до Месеца и Сунца 40—42
 Одређивање маса планета и Сунца 44—46
 Одређивање температуре небеских тела 86

Орао 16—18
Оријентација 23—25
Оса светска 21
Основица 40, 41

П

Паралакса годишња 41, 49, 50, 125, 126
Паралакса хоризонтска 40
Паралактичко кретање 40, 41, 49
Парсек 125, 126, 136, 144, 145
Пегаз 16, 19
„Пепељава светлост“ 86
Перигеј 54
Перихел 37, 110
Планете 10, 35—38, 99—109
Плејаде 135
Плима и осека 45, 46
Плутон 12, 99, 100
Повратник Јарчев 66
Повратник Раков 68
Подневачка линија 22, 23, 158
Поларна светлост звезда 123
Полови светски 21, 22, 59
Помоћна карта звезданог неба 17
Поремећаји 46
Постанак месеца и недеља 76—78
Привидна кретања планета 68
Привидно годишње кретање Сунца 65—67
Привидно дневно кретање небеске сфере 66
Принцип Доплер-Физоов 84
Проксима 50
Птоломеј, Клаудије (II в.) 30—32
Пун месец 89, 98

Р

Радијант 113
Радио-астрономија 86, 87
Радио-телескопи 10, 86
Рефлектор 81
Рефрактор 80

С

Сазвежђа 10, 14, 55, 128
Сателити Јупитерови 105
„ Марсови 104
„ Нептунови 106
„ Сатурнови 108
„ Уранови 106
Сателит Сиријусов 109
Сатурн 26, 27, 32, 39, 104—107
Сатурнови прстени 109
Светлосна година 125, 126
Секстант 78, 79
Сиријус 18, 128, 130

Систем координата екваторски 36
Систем координата хоризонтски 57
Сјај 65
Служба времена 65
Солстициј зимски 62
Солстициј летњи 62
Сунце 25, 31—33, 49, 62, 90, 113—124
Спектрална анализа 10, 82—86, 118, 127, 131, 141
Спектрограм 82
Спектрограф 83
Спектроскоп 83
Степенска мерења 48
Струве В. Ј. 39, 49, 88, 132, 142
Струве О. В. 132
Сунчани часовник 157
Сунчева активност 92
„ атмосфера 86
„ величина 147
„ корона 93, 119, 121
„ маса 16, 118
„ старост 147
„ фотосфера 118, 120, 121
„ хромосфера 119—124
Сунчеве грануле 118
„ пеге 116, 118, 121, 122
„ протуберанце 93, 119
„ факуле 118
Сунчев обртни слој 119—121
Сунчево обртање 118
„ помрачење, делимично 92
„ помрачење, потпуно 92—95
Сунчево помрачење прстенасто 92—94
Сунчево радио-зрачење 123
Сунчев систем 11, 28, 99—101, 126, 127, 129, 138, 148, 156
Сунчев спектар 115, 118, 120

Т

Тачка јесење равнодневице 63
Тачка пролећне равнодневице 56, 63
Тачке хоризонта 23
Телескоп 79—83, 131
Теодолит 63, 78
Титан 107
Тихов Г. А. 102
Тритон 107

У

Угловна мерења 20, 21
Уран 46, 104, 107, 150

Ф

Фесенков В. Г. 150
Фотографија 79—82
Фраунхофер Јозеф (1787—1828) 120
Фраунхоферове линије 120

Х

Хелиоцентрични систем 32
Херкул 128, 135
Хипотеза Кантова 148, 149
" Лапласова 148, 149
" Фесенковљева 150
" Шмитова 149, 150
Хоризонт 21
Хоризонтска равна 21

Ц

Центаур 50
Церес 108

Цефеиди 132
Циолковски К. Е. (1857—1935) 50

Ч

Часовна зона 70, 73
Часовни угао 70
Часовник кварцни 74
Часовник сунчани 157

Ш

Ширина географска 59—61
Ширина хелиографска 155
Шмит О. Ј. 149—150

САДРЖАЈ

	Страна
Предговор	3
Увод	5
1. Шта изучава астрономија	5
2. Небеска сфера и сазвежђа	9
1. Небеска сфера	9
2. Сазвежђа	10
3. Звездане величине и називи звезда	11
4. Налажење сазвежђа на небу	11
5. Помична карта звезданог неба	12
3. Привидно дневно обртање звезданог неба и Земљино обртање	14
4. Небеска сфера и њен практични значај	16
1. Небеска сфера	16
2. Угловна мерења	16
5. Основне тачке и линије небеске сфере	17
1. Зенит и хоризонт	17
2. Полови и светска осовина	17
3. Небески екватор	19
4. Небески меридијан и подневачка линија	19
5. Тачке хоризонта	19
6. Линије небеске сфере и Земље	20
6. Кулминација небеских тела	21
7. Приближна оријентација по звездама и Сунцу	22
8. Привидно кретање планета	22
<i>Глава I. Развој представа о Земљи и Сунчевом систему</i>	<i>26</i>
9. Астрономија у старини и верска сујевејра	26
10. Појам о геоцентричном систему света	27
11. Коперниково револуционарно откриће	29
12. Галилејева открића и борба цркве против науке	30
13. Право кретања планета и Кеплерови закони	32
14. Одређивање Земљина облика и величине	37
1. Лоптасти облик Земље	37
2. Одређивање Земљине величине	37
3. Земљина спљоштеност	38
15. Паралактичко померање и одређивање даљина небеских тела	39
16. Одређивање правих величина небеских тела	41
17. Закон опште гравитације и његове последице	42
1. Закон гравитације	42
2. Кретање Месеца и Земљина тежа	42
3. Кретање небеских тела и одређивање њихових маса. Земљина маса	44
4. Плима и осека	45
5. Поремећаји у кретању планета. Откриће планете Нептун	45

18. Докази Земљиног дневног обртања	47
19. Годишња паралакса звезда као доказ Земљиног обилажења око Сунца	48
20. Вештачки Земљини сателити и космички летови	50
<i>Глава II. Основне практичне примене астрономије и методе изучавања небеских тела</i>	<i>56</i>
21. Екваторске координате и звездана карта	56
22. Хоризонтски координатни систем	57
23. Методе практичног одређивања координата небеских тела	58
24. Веза између висине пола над хоризонтом и изгледа неба са географском ширином места	59
1. Висина пола и географска ширина	59
2. Изглед звезданог неба у зависности од посматрачева положаја на Земљи	61
25. Зенитне даљине небеских тела у тренутку њихове кулминације и одређивање географске ширине	62
26. Привидно годишње кретање Сунца по еклиптици	63
1. Годишње промене подневне висине Сунца и изгледа звезданог неба	63
2. Еклиптика и зодијак	64
27. Промена привидног дневног пута Сунца над хоризонтом на разним ширинама	66
28. Земљино обилажење око Сунца и његове последице	68
29. Мерење времена	71
1. Часовни угао и мерење времена	71
2. Прави сунчани дан	72
3. Средње сунчано време и временско изједначење	73
30. Системи за време	73
1. Месно, зонско и указно време	73
2. Датумска граница	75
3. Служба тачног времена	76
31. Одређивање географске дужине	76
32. Календар	77
1. Стари и нови стил	77
2. Постанак месеца и недеља	78
3. Календарска ера	78
33. Астрономска посматрања у морепловству и ваздухопловству	79
34. Астрономске методе изучавања небеских тела	80
1. Дурбини, телескопи и фотографија	80
2. Спектрална анализа	82
3. Одређивање хемијског састава, брзина и температура небеских тела	84
4. Појам о радио-астрономији	85
5. Астрономске опсерваторије	87
<i>Глава III. Физичка природа тела у Сунчевом систему</i>	<i>88</i>
35. Месечево кретање и његове мене	88
36. Помрачење Сунца и Месеца	90
1. Узроци помрачења	90
2. Месечева помрачења	91
3. Сунчева помрачења	92
37. Физичка природа Месеца	95
1. Обртање Месеца око осе	95
2. Грађа Месечеве површине	96
3. Физички услови на Месецу	99

	Страна
<i>Планете и сателити</i>	101
38. Општи поглед на Сунчев систем	101
39. Меркур и Венера	103
40. Марс и могућност живота на другим планетама	103
41. Планете — џинови	106
42. Мале планете — астероиди	109
<i>Комете. Метеори. Метеорити</i>	111
43. Комете, њихово кретање и природа	111
44. Метеори или „звезде падалице“ и њихова веза са кометама	114
<u><i>Сунце</i></u>	115
45. Болиди и метеорити	115
46. Сунце. Његов изглед у дурбину и обртање	118
47. Атмосфера и хемијски састав Сунца	120
48. Зрачење Сунчеве енергије и периодичност Сунчеве активности	124
1. Сунчево зрачење и сунчана константа	124
2. Сунчева активност и пеге	124
3. Поларна светлост	125
4. Значај Сунчева зрачења и извори његове енергије	126
<i>Глава IV. Звезде и звездани системи. Грађа Васионе</i>	127
49. Годишња паралакса и даљина звезда	127
50. Сјај и кретање звезда и Сунчевог система	128
51. Температуре и величине звезда	129
52. Двојне и променљиве звезде	132
<i>Звездани системи и дифузна материја</i>	137
53. Звездана јата. Млечни Пут и Галаксија	137
54. Други звездани системи — галаксије	141
55. Дифузна (растурена) материја	143
56. Бескочначност Васионе	146
<i>Глава V. Постанак и развој небеских тела</i>	147
57. Постављање проблема о постанку небеских тела и њиховом развоју	147
58. Постанак планетских система	148
59. Развој звезда, Сунца и маглина. Вечност Васионе	150
<i>Прилози</i>	153
<i>Азбучни преглед појмова и имена</i>	165

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЉАМИНОВ

АСТРОНОМИЈА

за IV разред гимназије природно-математичког смера

ИЗДАВАЧ

Завод за издавање уџбеника
Социјалистичке Републике Србије
Београд, Обилићев венац 5/1

Уредник

БОРБЕ ПРОТИГ

Корице израдио и илустровао

МИЛОШ РИСТИГ

Лектор

АНГЕЛИНА НЕНАДОВИГ

Технички уредник

СТЕВАН ТАДИРОВИГ

Коректори

**ВИШЕСЛАВА НИКОЛИГ, ЈЕЛЕНА ДАВИДОВИГ
ДРАГОСЛАВА ЈОВАНОВИГ**

Рукопис предат у штампу јула 1969. године;
штампање завршено јула 1969. године.

Обим: 10³/₄ штампарских табака

Тираж: 10.000 примерака

Формат: 17 × 24 см

Штампа Београдски графички завод, Београд,
Булевар војводе Мишића 17