

*L. Jasuta*  
*511-1*  
*100.000*  
*18*

М. Е. НАБОВИЧ И Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЉАМИНОВ

# АСТРОНОМИЈА

ЗА УЧЕНИКЕ СРЕДЊИХ ШКОЛА



ПРОСВЕТА  
ИЗДАВАЧКО ПРЕДУЗЕЋЕ СРБИЈЕ  
БЕОГРАД, 1946

М. Е. НАБОКОВ и Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

## АСТРОНОМИЈА

УЧЕБНИК ДЛЈА 10-го КЛАССА СРЕДНЕЈ ШКОЛЫ

ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ

Утверждено Наркомпросом РСФСР

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМПРОСА РСФСР  
МОСКВА — 1943



Ова књига одобрена је као приручник за ученике средњих школа одлуком Министарства просвете Србије

Н. с. бр. 917/46

## ОПШТИ ДЕО

ГЛАВА I

УВОД

§ 1. **Астрономија, њени задаци и методе.** — *Астрономија изучава кретање, састав, узајамну везу и начин постанка небеских тела.*<sup>1)</sup> Астрономија се с правом сматра за најстарију од свих наука. Већ на 5-6 хиљада година пре нашег доба, номади Африке и Азије су се, при својим путовањима преко пустиње, оријентисали по звезданом небу. Истина, њихова знања нису претстављала никакву науку, али су јој они ипак поставили основу путем прикупљања чињеница и утврђивања најпростијих закона. Каснији општи развој економије и свих наука уопште, био је од уплива и на развој астрономије. Стари грчки астроном Хи пар х одредио је већ у II. веку пре наше ере положаје неколико хиљада звезда на небу и проучио привидна кретања Сунца и Месеца. Тиме је он положио темељ астрономији као науци, и увећао могућност за њену практичну примену, неопходну за унапређење трговине и морепловства. Основни задатак астрономије у то доба био је да пружи тачно време, а исто тако и олакша морепловцима тачну оријентацију на мору. Ту своју службу астрономија још и сада испуњава, нарочито у доба рата. Израда тачних, детаљних карата, безусловно потребних за извођење војних операција, могућа је само путем тачних одређивања положаја небеских тела. Ако се не могу оријентисати према земаљским предметима, капетан брода и авијатичар могу да одреде свој положај на мору, одн. у ваздуху, на основи посматрања небеских тела. У савременом рату, са његовом високом техником и многобројним родовима војске, тачно познавање времена је необично важно. Сигнали тачног времена одашиљу се путем радија непосредно са астрономских опсерваторија, на којима се проверавања часовника врше непосредним посматрањем звезда.

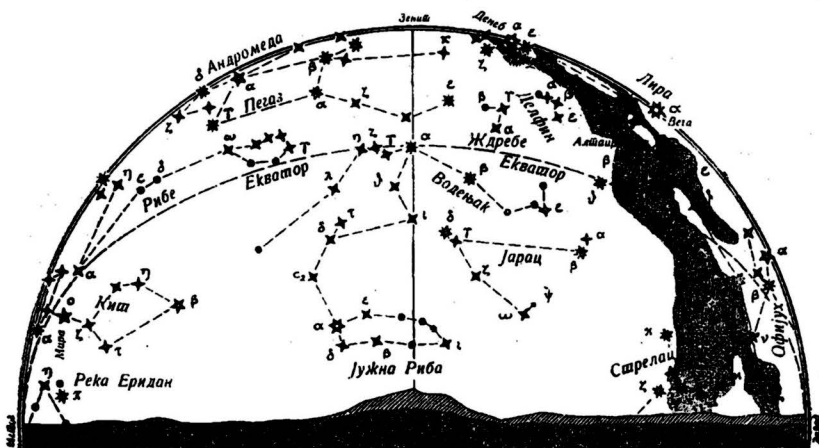
<sup>1)</sup> Реч „астрономија“ је грчког порекла и састављена је од два дела: „астрон“ — звезда и „номос“ — закон.



Астрономска посматрања омогућују, поред тога, да се открију и наслаге корисних ископина у Земљиној унутрашњости, као што су: гвоздене руде, камени угаљ и слично.

Поникле практичне потребе изазвале су током времена и развој знања о свету који нас окружује, испитивање узрока појава и откриће природних закона. Притом је прелаз са привидних на стварна кретања небеских тела, био од великог значаја. Тај прелаз, кога је извео велики астроном Коперник на основи претходних вишевековних посматрања, поставио је границу између древне астрономије, која је изучавала само привидна кретања, и нове астрономије, којој су позната стварна кретања небеских тела.

По развој астрономије биле су од особита значаја науке математика и физика. У заједници са техником, физика је за проучавање неба омогућила астрономији примену дурбина, спектралну анализу, фотографију и фотометрију, а

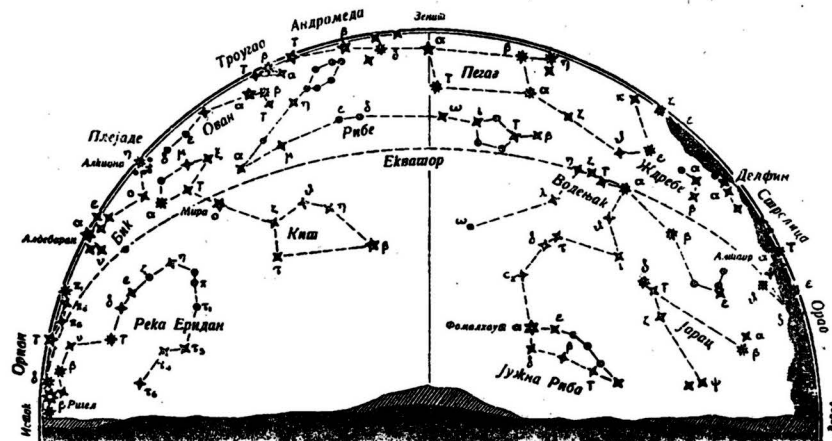


Сл. 1. — Изглед јужне половине неба 23. септембра у 21<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> (за ширину Београда).

у новије време ставила пред њу и задатак испитивања процеса развића материје у васиони. Веза астрономије и физике је сад постала толико тесна, да се појавила чак и посебна грана астрономије — астрофизика. Астрофизика, која користи тековине физике и хемије, даје све новији и новији материјал за што потпуније познавање природе небеских тела. Читав низ веома значајних закључака у погледу састава материје, што су их извели научници новијег доба, у тесној је вези са резултатима астрономских посматрања, и обрнуто, испитивања развоја небеских тела вршена су баш на подлози познавања физичких закона. Мате-

матика, пак, даје астрономији методе, које су јој потребне за обраду извршених посматрања и развијање астрономских теорија.

Основна разлика између астрономије и физике лежи у самим методама добивања материјала. Физика је експериментална, а астрономија опсервативна (посматрачка) наука. Физика, која тежи да открије законе и узроке појава, врши своје огледе у погодно време и под условима подесним за испитивање. Астрономија, међутим, принуђена је да иде за током појава, те нема могућности ни да понови, нити да измени кретање небеских тела. Астрономи због тога посматрају пажљиво појаве, описују их са свим појединостима, тачно одређујући притом време, и тако, после сакупљених



Сл. 2. — Изглед јужне половине неба 23. септембра у 23<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> (за ширину Београда).

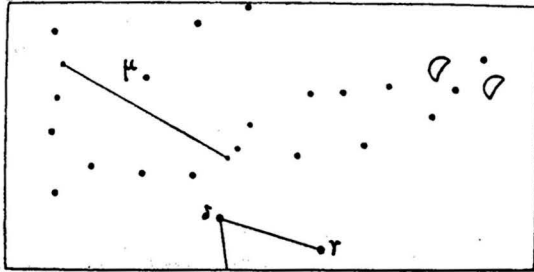
података посматрања, имају могућности да изведу закључке. Астрономска посматрања помажу и физици. Тако напр. савремена физика није у стању да изврши огледе који би допустили изучавање материје при температури од 10.000° и више; астрономима, међутим, није тешко да посматрају звезде тих температура и да затим посматрачки материјал ставе физици на расположење.

§ 2. Скица васионе. — После Сунчева залаза ноћ не наступа нагло, већ небески свод тамни постепено, а на њему се појављују звезде; у почетку их је мало, али, уколико се више смрачује, звезда је више. При наступању пуног мрака, небески се свод оспе звездама различита сјаја. Још најранији посматрачи поделили су звезде у групе или сазвезђа, и дали им ова или она имена, која су се сачувала

све до данас, као на пр. Велики Медвед, Лабуд, Лав, Рибе итд. Између звезда запажа се светлуцава трака, која се зове Млечни пут. Поред Месеца, могу се међу звездама посматрати и сјајна, звездама слична тела — планете. Планете се разликују од звезда по томе што не трепере.

Изглед се неба непрекидно мења, али тако, да узајамни положај звезда остаје исти, а цело звездано небо креће као целина (сл. 1 и 2). То се може приметити и слободним оком за 15—20 минута. Иако учествују у општем кретању неба, Месец и планете мењају за све време свој положај у односу на звезде, ма да не подједнако изразито. Најлакше је од свега запазити Месечево кретање (сл. 3). Ова се појава може приметити слободним оком у току пола часа. Померање планета је мање приметно, па је потребно пратити их неколико дана, да би се установила њихова промена положаја у односу на оближње звезде.

Не треба ипак мислити да су звезде пример за мир и непокретност. Вишегодишња посматрања великим астро-

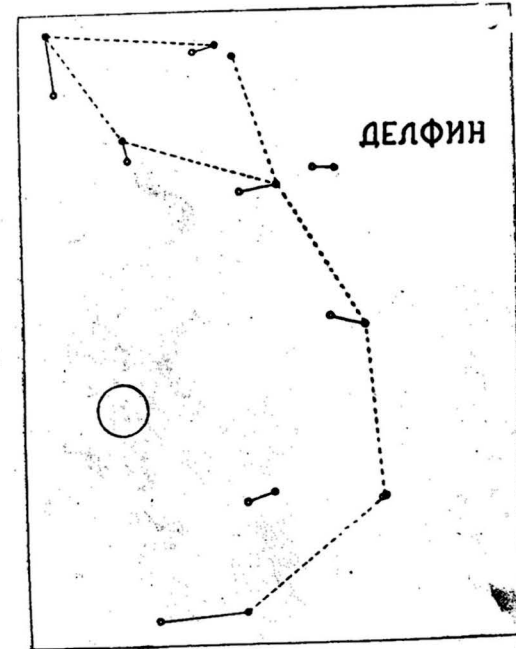


Сл. 3. — Област неба на којој су означена привидна кретања Месеца (за 3 часа) и планете Сатурна (за 3 месеца; црта недалеко од звезде) међу звездама.

номским дурбинима показују, да се и звезде на небу крећу, једне у односу на друге, али је потребно више година посматрања, да би се применом нарочитих инструмената та померања могла одредити (сл. 4). Према томе небо се, са свим телима која се на њему опажају, стално мења.

У суштини сва су кретања, што их на небу посматрамо, релативна, јер се и сва тела налазе у кретању. Познавање стварних даљина небеских тела показују нам, да наши непосредни утисци изазивају у нама често погрешне претставе. Посматрање Месечева кретања на небу је најочевидније од свих других због тога, што нам је Месец најближе небеско тело; уистину, пак, и планете, и звезде, у односу на које запажамо кретање Месеца, крећу се далеко већим брзинама него Месец.

Досад смо говорили једино о померању самих небеских тела. Међутим, астрономска посматрања показују нам, да и на површини, као и у унутаршњости тих тела, долази до промена, које нису само механичке природе. Као пример може се навести најближа нам звезда — наше Сунце, на чијој се површини опажају појаве и ишчезавања тамних пега, сложени физичко-хемијски процеси, електромагнетске промене, одавање топлоте и светлости, и, у вези с тим, очевидно кретање огромних маса усијаних гасова. Па, ако и не можемо да посматрамо површине далеких звезда, изучавањем



Сл. 4. — Привидна кретања звезда у сазвезђу Делфина за 10.000 година. Кружић одговара величини Месеца на небу, а величина и правац стрелица — померању звезда.

светлости што нам је шаљу долазимо ипак до сазнања, да се и на њиховим површинама одигравају сличне промене, каткад чак и грандиозније. Отуда у васиони, свуда и увек, постоји кретање, и само кретање. Закони по којима се та кретања врше толико су већ познати, да је наука у стању да предвиди промене, и унапред, и уназад, да објасни историју развића небеских тела и, према томе, да оповргне све религиозне легенде о „постанку света“.



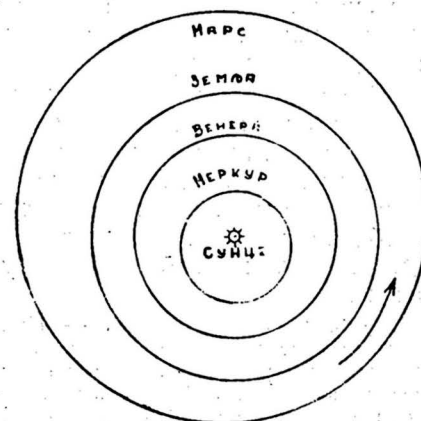
Сл. 5. — Тамна маглина у сазвежђу Офијуха (област Млечног пута).

Димензије дела васионе што га можемо изучавати помоћу савремених астрономских инструмената, изванредно су велике. Удаљење извесних небеских тела, тзв. спиралних маглина, такво је, да њихова светлост (при брзини од око 300.000 км/сек) путује до нас стотинама милиона година. Али, ни то нису највеће даљине.

Тела, што их посматрамо на небу, састоје се из материје која се налази у различитим облицима, почев од тамних, без сопствене светлости, сличних облацима — тамних маглина (сл. 5), па до материје, згуснуте у гасовите лопте огромних размера — звезде, које одају светлост и топлоту, и чије се површинске температуре крећу између 3.000° и 30.000°. Наше је Сунце само једна међу многим звездама, не нарочито велика, нити јако топла (температура површине Сунца је око 6.000°). Звезде се налазе у разним стадијима свога развитка, — оне постају из хладних гасовитих и неизмерно великих лопти, које се скупљају и загревају до веома високих температура, а затим постепено гасе. Процеси развића звезда су врло спори и трају билионима година.

На разним местима у васиони звезде нису хаотично расуте, већ распоређене тако, да образују спиралне или лоптасте скупине. Због своје велике удаљености ти нам се звездани скупови прикузују као ситна светлосна тела, која се могу разликовати само помоћу великих телескопа. И наше је Сунце једна од звезда сличног скупа, који запажамо на небу као светлуцаву траку Млечног пута. Моћним телескопима може се утврдити да је Млечни пут састављен од огромног броја звезда (сл. 5), док слободном оку изгледа као искрзани појас, налик на облак. Има основа за претпоставку, да је скуп звезда — Млечни пут — уствари спирална састава, слично спиралним маглинама које видимо на небу, и да се звезде у њему крећу око заједничког средишта.

Наша Земља је Сунчев пратилац; око Сунца круже и друга тамна тела, која светле одбијеном сунчаном светлости —



Сл. 6. — Путање четири Сунцу најближих планета.



планете (сл. 6). Земља — једна од сразмерно мањих планета, кружи око Сунца на растојању од око 150 мил. км. Најудаљенија засад позната планета — Плуто, кружи око Сунца на 40 пута већем удаљењу од Земљина. Око већине планета, опет, круже мања тела, која су добила назив „сапутници планета“. Месец — Земљин сапутник, који кружи око ње на растојању од око 380.000 км., најближе нам је небеско тело.

Поред маглина, звезда и планета, небеским се простором крећу и скупови ситних телашаца. Кад се те скупине приближе Сунцу, из њих се почињу да издвајају гасови, који под дејством Сунчевог светлосног притиска бивају потиснути на супротну страну од њега. Са Земље ми то опажамо у почетку само као светлу мрљу на небу, а затим као појаву „репате звезде“. Оваква светла небеска тела добила су назив „комете“. Комете се крећу око Сунца по веома издуженим путањама. Путање су многих комета довољно проучене, и астрономи могу унапред претсказати њихову појаву.

Из овог кратког описа може се видети, да је наука већ прилично упознала васиону. Научна истраживања, која се проширују и продубљују из године у годину, дају нам права да верујемо, да ће засад још неразумљиве појаве бити протумачене и постати схватљиве кад се подробније испитају. Треба ипак знати, да звездани свет, како га сад изучавамо, одговара тек једном стадију своје еволуције — свога развитака.

**§ 3. О посматрањима.** — При изучавању основа астрономије, неопходно је вршити посматрања у складу са наставниковим упутствима. Истовремено са описом појава, у овој ће књизи бити дата (у засебним одељцима) упутства за посматрања слободним оком, а погледкад и својеручно израђеним, једноставним инструментима.

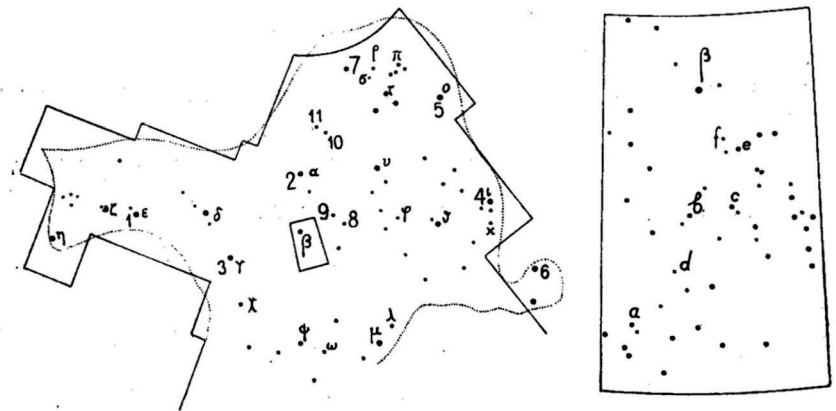
Некоја посматрања је потребно обављати током месеца или године, али ипак не трошећи за свако појединачно одвише времена. У одељцима где се описују посматрања, дају се и подаци о трајању и учестаности сваког од њих.

Потребно је старати се да посматрање буде сваки пут обављено са једног истог места, и брижљиво прибележено, са ознаком датума (године, месеца и дана) и времена (час и минут). За вођење бележака о посматрањима у току године, треба увести посебну свешчицу, назначивши на корицама своје презиме, име и место посматрања (назив места посматрања и његов географски положај, ако је познат).

**§ 4. Небески свод и сазвезђа.** — Са слободна места, где ништа не омета посматрање, небо — и ведро, и облачно, — изгледа нам као полулоптасти свод изнад нас, који се спушта према крајевима предела са кога посматрамо. Површина земљишта, која нам личи на кружну, и у чијем се средишту налазимо, на први поглед изгледа као да се састаје са небом. Линија по којој се привидно сучељавају небо и земља, зове се линија привидног хоризонта.

У току дана примећујемо да се Сунце креће по небеском своду; оно излази за свако место на линији његова хоризонта, пење се све више, а затим почиње да спушта и залази. После залаза Сунца, плави небески свод тамни и на њему се појављују звезде.

Узајамни положај звезда на небу не мења се приметно у току врло дугих временских размака, па је зато још у давно доба небо било подељено у групе нарочито сјајних звезда; те су групе назване сазвезђа. Свакој групи звезда — сазвезђу, дато је име према некоме од легендарних јунака, или име неке животиње, или, чак, и каквог домаћег посла, или верског обреда, који је падао у време видљивости тог сазвезђа. Тако су настали називи сазвезђа која су и у да-



Сл. 7. — Сазвезђе Великог медведа са привидним величинама звезда.  
Ознака звезде: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 а б с д е ф  
Прив. величина: 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6 6,5 7 7,5 8 8,5 9 9,5

Границе сазвезђа означене су пуном, црном линијом, у складу са закључцима Међународне астрономске уније. Тачкасто су обележене границе његове границе. Правоугаоником око звезде омеђена је област, чија је детаљна карта дата са стране.

нашње време позната под именима: Велики Медвед, Орион, Цефеј, Вага, итд.

У новије време астрономија је одредила положаје многих звезда на небу, — чак и оних, које се голим оком не виде. Једном сазвезђу припада одређени део неба, који обухвата групу звезда са било каквим карактеристичним узајамним положајем.

На сл. 7 приказано је сазвезђе Великог медведа, онако како се црта на савременим звезданим картама — тачним цртежима неба, уз одговарајуће услове означавања привидних величина звезда и граница сазвезђа. Конвенција у обележавању привидних величина звезда огледа се у њиховом



претстављању већим или мањим црним кружићима (обично на белој основи), — према сјају звезде. Границе сазвежђа означавају се обично пуним или тачкастим линијама.

**§ 5. Сјај звезда.** — За означавање сјаја звезда установљена је нарочита јединица, која је добила назив „звездана величина“. Та јединица означава степен сјаја, а не димензије звезда. Притом треба упамтити да је нека звезда слабија за једну звездану величину од друге, ако јој је сјај 0,4 њена сјаја. На тај се начин добива подела звезда по сјају. Најсјајније се звезде означавају као звезде 1-ве величине; сјај звезде 2-ге величине износи 0,4 сјаја звезде 1-ве величине; сјај звезда 3-ће величине је 0,4 сјаја звезде 2-ге величине, итд. Појединости разлога оваквог начина означавања видећемо у астрофизичком делу уџбеника. Сад ћемо, пак, приметити само, да су најслабије звезде што их видимо простим оком 5-те, или 6-те привидне величине (зависи од човека вида), тј. по сјају 100 пута слабије од звезда 1-ве величине (вид. § 42 другог дела књиге, а и посматрање 4).

**§. 6. Број видљивих звезда.** — Ако се посматрања обаве обичним, или каквим астрономским дурбином, могу се приметити још слабије звезде на оним местима, где се иначе голим оком не виде (сл. 7). Већ обични, пољски дурбин, омогућује да се виде звезде до 8-е привидне величине, сразмерно мањи астрономски дурбин, звезде 10—11 привидне величине, док се савременим циновским телескопима могу сагледати звезде до 18-те привидне величине.

Голим оком се на целом небу (на обема полулоптама) могу набројати 6—7 хиљада звезда, обичним дурбином око 45 хиљада, а у астрономске каталогe уведено је око 1 милион звезда, чији су сјај и положаји измерени на небу. У следећа два реда дат је број звезда првих шест величина на целом дебу:

|                 |    |    |     |     |      |       |
|-----------------|----|----|-----|-----|------|-------|
| Прив. величина: | 1  | 2  | 3   | 4   | 5    | 6     |
| Број звезда:    | 20 | 46 | 134 | 458 | 1476 | 4840. |

**§ 7. Боје звезда.** — Звезде се међусобно не разликују само по сјају, него и по боји, која је на први поглед неприметна, али која се тачно одређује за многе звезде помоћу нарочитих апарата и метода. Код неких је звезда боја врло упадљива. Боје звезда су: црвена, наранџаста, жута, бела и плавичасто-бела.

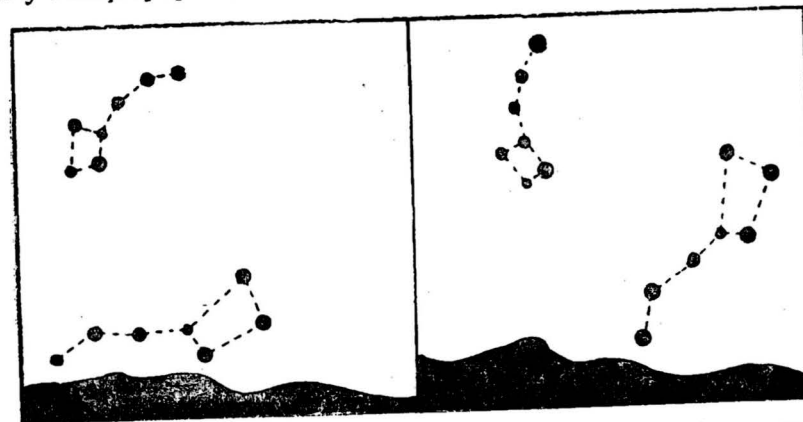
**§ 8. Ознаке звезда.** — За означавање звезда примењен је већ давно начин обележавања словима грчке азбуке уз назив сазвежђа, на пр.  $\alpha$  (алфа) Великог медведа. Кад су у XVI столећу састављене прве подробне карте неба, није било још тачних фотометара за мерење сјаја небеских тела. Тада се сјај звезда оцењивао од ока, а звезде означаваће словима грчке азбуке по реду њихова сјаја. Тако се по самој ознаци

(слову) познавао ред сјаја звезде у једном сазвежђу, али тек приближно, јер савремена, тачна мерења сјаја дају каткад нешто друкчији ред.

У данашње време је ово означавање словима задржано по међународном уговору само за сјајне звезде, док је иначе усвојено обележавање звезда просто бројем „звезданог каталога“, у коме су дати њихови положаји и величине.

**§ 9. Привидно дневно кретање звезданог неба.** — Звездано се небо може тачно претставити на лопти (небеском глобусу, вид. § 14).

Лоптина се површина, међутим, не може прострети на раван, па се зато за претстављање звезданог неба у равни прибегава практичним начинима (картографске пројекције), као и у географији за Земљу.



Сл. 8. — Положај сазвежђа Великог и Малог медведа, ујесен, рано с вечери и око поноћи.

Један од таквих начина примењен је при изради сл. 1, на којој је претстављена јужна половина неба, са најглавнијим сазвежђима. Овај цртеж приказује изглед звезданог неба ујесен, у 9<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> увече, а сл. 2, изглед 2 часа касније (у 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> увече). Сравнићемо ових двеју слика, а исто тако и својих посматрања (посм. 1, 2, 3), можете извести следећи закључак: на јужној половини небеског свода сва се сазвежђа крећу у току времена с лева на десно (с истока на запад), излазе на истоку а залазе на западу, — слично кретању Сунца по небу, дању. Слична се појава запажа и на северној половини небеског свода, из чега је лако закључити да сазвежђа круже око једне његове тачке. Ово се кружење може најлакше видети на сазвежђу Великог медведа, ако се његов

положај на небу уочи рано с вечери и око поноћи (сл. 8). Скупно кретање звезданог неба, при коме се узајамни положај сазвежђа не мења, може се назвати обртањем око неке тачке.

На сл. 9 приказана је фотографија северног дела небеског свода, узета непомичним апаратом. На њој су трагови звезда претстављени луцима различите дужине. Из концентричности лукова и једнакости углова, који им одговарају, излази, да се овде ради о кружном кретању око једне тачке. Ову тачку можете на фотографији одредити обичном геометријском конструкцијом (средиште круга кад је познат лук). Та се тачка назива небески (светски) пол. Северни небески



Сл. 9.

пол се налази у сазвежђу Малог медведа, близу звезде која је на звезданим картама означена грчким словом  $\alpha$ . По томе се звезда  $\alpha$  Малог медведа назива још и Поларна звезда (сл. 10).

Тачка хоризонта која се налази испод небеског пола, тј. приближно испод Поларне звезде, назива се по договору северном тачком и означава словом N („норд“ — север). Отуда се према Поларној звезди може одредити правац севера.

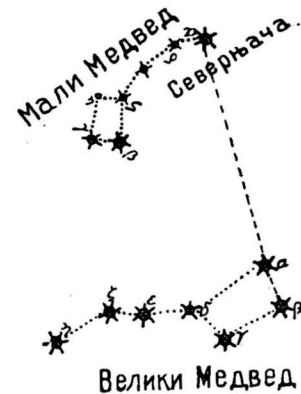
Све небо се обрће као целина; небеска се тела појављују — излазе с једне стране хоризонта, а залазе на другој. То се догађа и са Сунцем, дању. На основи тога можемо закључити, да звездано небо има изглед огромне лопте, или сфере, у чијем се средишту ми налазимо, и од које видимо само једну половину, док је друга скривена нашем погледу испод хоризонта. Та сфера се обрће око замишљене осе с истока

на запад, па је то узрок што нам се чини као да тела излазе, крећу се над хоризонтом, и залазе.

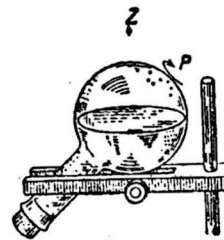
Да бисте добили очигледну претставу онога што запажате, узмите лоптасту боцу (флашу), напуните је до половине водом, и добро запушену преврните, а на спољној површини њеној обележите тачке, које треба да означавају звезде (сл. 11). Ако сад обрћете боцу око осе, која пролази средином грлића, и ако замислите да се налазите у унутрашњости боце, добићете модел обртања небеског свода (у томе моделу површина воде претставља површину хоризонта). Нешто слично томе можете добити, ако на унутрашњој површини отворена кишобрана кредом обележите звезде, па кишобран станете обртати око дршке као осе, а сами се налазите под њим и посматрате кретање тачака што сте их обележили.

Вратимо се поново нашем моделу — боци; замислимо да се она сразмерно повећала и претворила у огромну лопту — небески свод, која је као замишљену осу обртања задржала ону, око које смо обртали боцу, а ми се сами налазимо у тачци S њене унутрашњости (сл. 12).

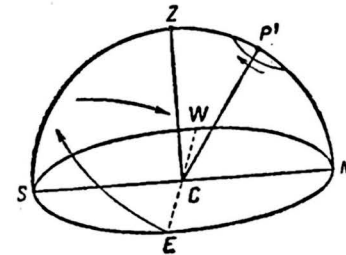
Оса обртања ове лопте назива се договорно светском или поларном осом, а тачке њених продора кроз небеску



Сл. 10. — Сазвежђа Великог и Малог медведа. На слици је приказано, да се Поларна звезда налази на замишљеној правој, која спаја  $\alpha$  и  $\beta$  Великог медведа.



Сл. 11.

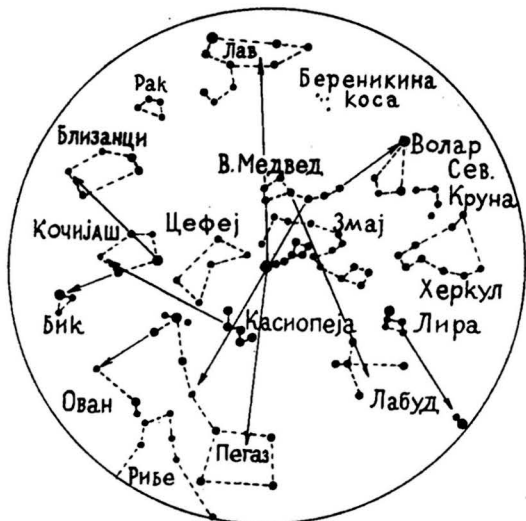


Сл. 12.

лопту, — светским (небеским) половима. Светска оса је нагнута према хоризонту, па се због тога небеска тела више издижу према јужној страни небеског свода.

Како узајамни положај звезда не зависи од њихова положаја над хоризонтом, то се можемо лако упознати са сазвежђима, без обзира на њихов положај према хоризонту. На сл. 13 претстављена је у равни половина звезданог неба у виду круга, у чијем се средишту налази Поларна звезда. У кругу су уцртана најглавнија сазвежђа, а стрелицама је показано како се по сазвежђима Великог и Малог медведа могу наћи друга сазвежђа (посматрање 5).

Упоређењем дневног кретања Сунца и ноћног кретања звезда према хоризонту, долази се до закључка да су та кретања истоветна. Сунце је једна од звезда на небу и ње-



Сл. 13.

гово дневно кретање се објашњава скупним обртањем звезданог неба. Звезде се дању не виде због тога, што је Земљина атмосфера обасјана Сунцем, чији сјај превазилази сјај звезда. Ово потврђује и појава звезда у сумраку. Најбољи доказ за то дају ипак посматрања астрономским дурбинима, помоћу којих звезде можемо видети и дању.

Приликом пењања стратостатима на велике висине, небо добија тамно-плави изглед и звезде бивају видљиве.

§ 10. Мерење углова. — У недостатку непосредних претстава о растојањима небеских тела, принуђени смо да их све замислимо на једнаком удаљењу од нашег ока; због тога и сматрамо да се сва небеска тела налазе на унутрашњој површини лопте, у чијем је средишту наше око. По-

лупречник те лопте може се изабрати произвољно велик (в. § 14).

Кроз две произвољне тачке на површини лопте можемо провући кружни лук и изразити његову дужину у степенима и њиховим деловима. Повучемо ли у мислима две праве (два радијуса) из посматрачевог ока кроз две тачке на површини лопте, можемо тада измерити средишњи угао, који одговара луку између тих двеју тачака на лопти.

На небу можемо вршити само мерења у угловој мери. Ако, дакле, визирамо најпре једну, а затим другу звезду, то се између праваца према тим звездама добија један угао, који се назива угловно растојање. Угловно растојање које се изражава у угловој мери, одређује се помоћу прибора који омогућује мерење угла међу два правим.

Најпростији облик таквог прибора је транспортер. Држећи код ока његово средиште, транспортер тако постављамо, да његова равна пролази кроз две тачке, између којих меримо угловно растојање. Гледајући на поделе, преко којих видимо те тачке, и налазећи разлику читања тих подела, добивамо и угловно растојање које нас интересује. Угловно растојање можемо мерити између било којих двеју тачака: међу два звезда на небу, између два удаљена предмета, и по ободу небеских тела као на пр. Месечева котура. Ако небеско тело има изглед кружног котура, или диска, онда се угловно растојање између двеју крајњих тачака његова пречника назива привидни пречник небеског тела; на пр. привидни пречник Сунца је  $1/2^\circ$ , а Месеца исто тако  $1/2^\circ$ .

Мерење се угловних растојања може извршити са разном тачношћу. Грубу, приближну оцену угловних растојања можемо извршити користећи се палцем и кажипрстом испружене десне руке. Угао под којим видимо растојање између крајева ова два прста испружене руке за већину људи је око  $16^\circ$ .

§ 11. Секстант. — За тачно мерење угловних растојања конструисани су нарочити астрономски инструменти, са тачно издељеним круговима. Један од таквих инструмената је секстант, који служи за мерење висина небеских тела над хоризонтом. Његов основни део је кружни сектор, са поделама нанетим на његов лук EF (сл. 15).

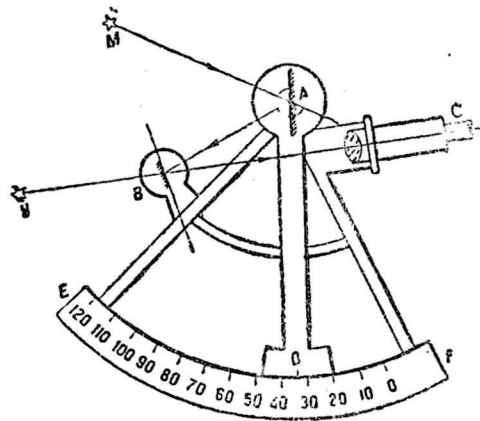
На секстанту се налазе два огледала А и В. Огледало А постављено је на покретној полузи, чији крај D клизи дуж лука са поделама. Огледало В је непокретно; са једне његове половине скинут је амалгам. Гледајући кроз дурбин С, можемо једновремено видети звезду N кроз неамалгамисани део огледала В (привидно стакло) и



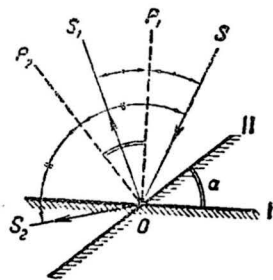
Сл. 14.

звезду М (после одбијања од огледала А и В). Кад је полука постављена на нулу поделе, огледала А и В су паралелна и у дурбину видимо и звезду N и њен одбивени лик (од огледала А и В). Полуку можемо тако померати, а са њом и огледало А, да у истом правцу видимо и одбивени лик друге звезде М. Према закону одбијања светлости од огледала, скретање полуке мора бити два пута мање од угла међу правцима ка М и N. Нека је I почетни положај равни огледала А (сл. 16), SO — упадни зрак, OP<sub>1</sub> — нормала на огледало у упадној тачки, OS<sub>1</sub> — одбивени зрак. Скретемо ли огледало за угао α (положај II), тада ће правац нормале бити OP<sub>2</sub>, а правац одбивеног зрака OS<sub>2</sub>. Означимо ли угао SOP<sub>1</sub> са i, тада је

$$\sphericalangle SOS_1 = 2i; \quad \sphericalangle SOP_2 = \alpha + i \text{ и } \sphericalangle SOS_2 = 2\alpha + 2i$$



Сл. 15.



Сл. 16.

При скретању огледала за угао α, одбивени зрак скреће за угао S<sub>1</sub>OS<sub>2</sub>:

$$\sphericalangle S_1OS_2 = \sphericalangle SOS_2 - \sphericalangle SOS_1 = 2\alpha + 2i - 2i = 2\alpha.$$

На тај начин скретањем огледала за један извесан угао, одбивени зрак скреће за двапут већи угао. То је баш и принцип секстанта. Због тога су поделе на луку EF обележене двапут већим бројкама, него што су њихови средишни углови.

За мерење висина небеских тела на мору, секстантом се мери угао између линије привидна хоризонта и небеског тела.

Секстант су пронашли почетком XVIII века, скоро једновремено и независно, Њутн и два његова савременика. Он није случајно пронађен, — већ је проналазак био изазван потребама морепловства.

**§ 12. Небески меридијан.** — При посматрању дневног кретања небеских тела није тешко приметити, да се на једној половини небеског свода сва тела издижу изнад хоризонта, а на другој, опет, спуштају. Цели се небески свод обично дели на две основне половине — источну и западну. Замишљена линија, која на такав начин дели небески свод, од великог је значаја за сва тумачења у вези са дневним кретањем небеских тела.

Тренутак, кад се Сунце нађе на тој линији, зове се подне. Та, пак, zamiшљена линија назива се небески меридијан (од латинског „меридиес“ — подне).

Тачка, која лежи изнад посматрача у правцу вертикале, назива се **зенит**. Положај небеског меридијана одређује се геометријски. Раван која пролази кроз посматрачево око, небески пол и зенит, назива се **раван меридијана**. На сл. 17 је CSZPN раван меридијана, а Z — зенит посматрачевог места. Пресек равни меридијана са небеским сводом иде по линији која дели источну од западне половине неба. Линија пресека равни меридијана са небеским сводом назива се небески меридијан.

Та линија пролази кроз тачке S, Z, P и N (сл. 17).

У тренутку пролаза кроз небески меридијан свако се небеско тело налази на највећој, или обрнуто, на најмањој висини над хоризонтом.

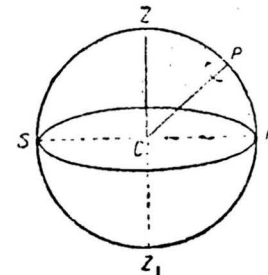
Раван меридијана можемо у мислима продужити и испод равни хоризонта (а такође и линију небеског меридијана).

Кад Сунце у подне достигне највећу висину, оно тада „пролази кроз меридијан“, а сенка вертикалног предмета пада по линији CN. Отуда је линија CN, продужена у смеру тачке S, добила назив подневачке линије. Подневачка линија (подневак) је линија пресека равни меридијана са хоризонтском равни.

И као што се страна хоризонта, на којој Сунце доспева до највеће висине<sup>1)</sup>, назива јужном, очевидно је да се четири главне тачке хоризонта: југ (S), север (N), исток (E) и запад (W), могу одредити кад је познат смер подневачке линије. Усвојено је да се тренутак, кад се тело при пролазу кроз меридијан налази на највећој висини, назива тренутком горњег пролаза (кулминације) небеског тела, и, напротив, тренутак најмање висине небеског тела, тренутком доњег пролаза (доње кулминације).

И горњи, и доњи пролаз, тј. и горња и доња кулминација бивају једино на линији небеског меридијана. Горње се кулминације догађају јужно од небеског пола, а доње северно од њега. Пролази се догађају и испод равни хоризонта, па смо стога у праву да поноћ назовемо тренутком доњег Сунчевог пролаза.

<sup>1)</sup> На северној Земљиној полулопти.



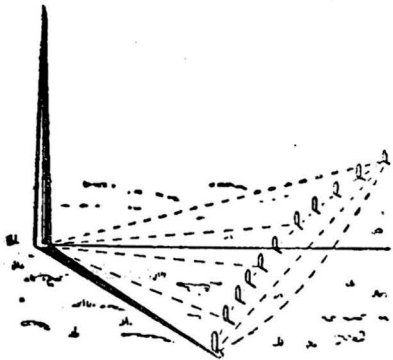
Сл. 17.



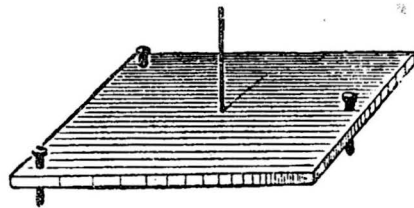
§ 13. **Одређивање правца меридијана.** — Познавање положаја равни меридијана је необично важно за сва посматрања и закључке. Он је потпуно одређен ако је дат смер подневачке линије, тј. смер SN (сл. 17). У практичној се астрономији изучавају многи начини одређивања правца равни меридијана и подневачке линије.

Ми ћемо се овде зауставити само на најпростијим и најприближнијим методама.

Ако се располаже тачним временом, правац меридијана може се одредити посматрањем Сунца у подне.<sup>1)</sup> Замишљена раван, која у томе тренутку пролази кроз Сунце, зенит и посматрачево око, биће раван меридијана. Без сата се правац подневачке линије може одредити посматрањем сенке што је на хоризонталну раван баца вертикални штап (стиллет) — гномон; у подне кад се Сунце налази на највећој висини, та ће сенка бити најкраћа, а њен правац даће правац подневачке линије.



Сл. 18.



Сл. 19.

Уместо да посматрамо најкраћу сенку, можемо преи поподне забележити сенке једнаке дужине (посматрање 7). Симетрала угла између свака два одговарајућа правца сенке биће подневачка линија (сл. 18), одређена тачније него претходним начином. Ово ће одређивање бити још тачније, ако га извршимо на глаткој табли, која је претходно доведена у хоризонталан положај помоћу корекционих завртњева (сл. 19).

Ноћно приближно одређивање равни меридијана може се извести помоћу Поларне звезде, јер се она, као што знамо, налази у близини небеског пола. Ако обесимо висак, или изаберемо ивицу зида високе зграде, и поставимо се тако, да Поларну звезду видимо на концу виска, или ивици зида (сл. 20), тада ће раван меридијана пролазити кроз посматрачево око и висак. Због тога што је Поларна звезда уствари удаљена од небеског пола за  $1^{\circ}4'$ , тачност оваквог

<sup>1)</sup> Имајући у виду „право“ подне. Вид. § 32 и 33.

одређивања равни меридијана зависи од положаја Поларне звезде према њој у тренутку посматрања.

При тачним астрономским посматрањима узима се у обзир и угао отступања Поларне звезде од меридијама.

§ 14. **Небеска сфера.** — Звезде и друга небеска тела налазе се на различитим отстојањима од нас, али нам изгледају распоређена по унутрашњој површини лопте.

Звезда S и S' на сл. 21 можемо на пр. замислити да се налазе, како на површини A, тако и на површини B; овим се њихово угловно растојање неће изменити.

Приликом описивања начина мерења на небу, били смо поменули да небеска тела замишљамо распоређена по унутрашњој површини лопте (грчки — сфере), произвољна полупречника, јер нам је непозната стварна њихова удаљеност од нас. Отуда се у астрономији ради простијег резонувања користе овом претставом и, називајући површину те лопте (која уствари не постоји) небеском сфером, придаје овој онакво кретање, као што се код неба запажа.

Према томе, небеска сфера је лопта произвољна полупречника, чије средиште можемо ставити у посматрачево око. Само средиште може се у мислима пренети у било коју тачку, под условом, ипак, да се правци, у којима видимо небеска тела, притом не промене.

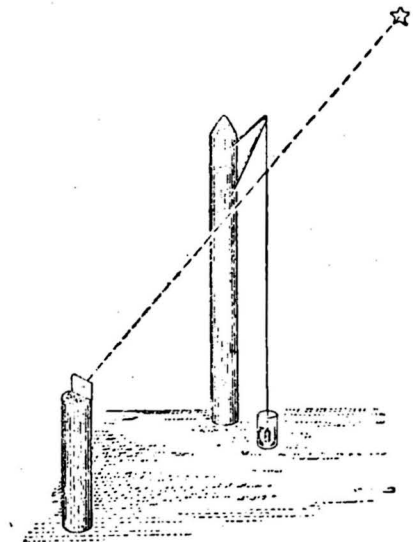
Небеску сферу можемо приказати цртежом и на њему разматрати различите небеске појаве.

Привидно дневно кретање небеског свода треба да схватимо као обртање небеске сфере око осе, која пролази кроз њено средиште и пробија је у тачкама названим небески полови.

Хоризонтална раван је раван управна на линији виска; она се поклапа са површином течности у суду.

Математичким хоризонтом називаћемо линију пресека небеске сфере са хоризонталном равни кроз њено средиште.

Ако кроз средиште небеске сфере повучемо управну праву на хоризонталну раван, овај ће се правац називати зе-



Сл. 20.

2.1.

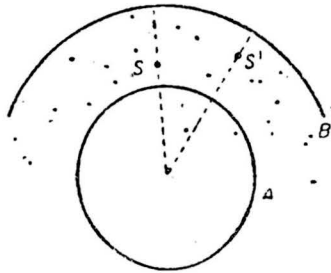
нитским, а тачка његова продора кроз видљиву половину сфере зенит, док ће она кроз невидљиву носити назив надир.

Као модел небеске сфере може послужити свака лопта на којој су означене звезде. Таква лопта на којој су поред звезда обележене и извесне линије, и која је утврђена на обртној осовини, добила је назив небески глобус.

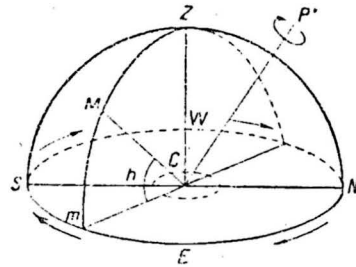
Сазвежђа се на небеском глобусу виде као у огледалу. Планетаријум је исто тако велики небески глобус, али се његова површина изнутра посматра, те је изглед сазвежђа природно приказан.

Небески су глобуси значајни стога, што пружају могућност различитих приказа путем промене нагиба осе према хоризонталном кругу, који претставља хоризонтску раван.

§ 15. Хоризонтске координате. — У многим задацима, како теоријским, тако и практичним, потребно је често да се одреди тачан положај небеских тела према хоризонту.



Сл. 21.



Сл. 22.

На сл. 22 претстављена је половина небеске сфере. NESW је равна хоризонта, посматрач се налази у тачци С, и над њим се уздиже половина небеске сфере. М означава посматрано небеско тело.

Равна меридијана је SZN, подневачка линија SCN, а зенит Z. Замислите да посматрач најпре визира у правцу S (у равни меридијана), а затим у правцу небеског тела М. За то му је потребно: 1) да се окрене око вертикалне осе за угао SCM дотле, док лицем не буде окренут у правцу CM; 2) да подигне главу за угао mCM, док не сагледа небеско тело.

Два наведена угла потпуно одређују положај небеског тела на небеској сфери, при чему се угао скретања од равни меридијана мери од јужне тачке (S) у смеру казаљке на сату, кад се посматра из зенита. Два угла, који одређују положај небеског тела, добили су назив „хоризонтске координате“. Угао између равни меридијана и вертикалне равни у којој се налази небеско тело (угао SCM), назива се азимут

(на сл. 22 он је већи од  $270^\circ$ ). Угао од хоризонтске равни до посматраног тела (мерен у вертикалној равни) назива се његовом висином (угао mCM).

Због тога се место ознака S, W, N, E, може казати да су то тачке чије су висине једнаке нули, а азимути  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ .

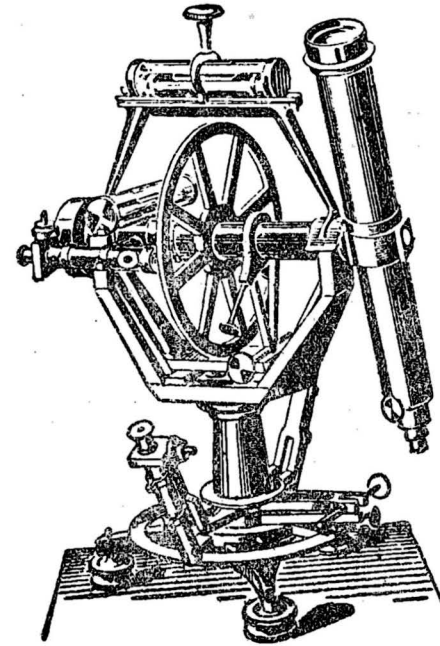
Висина зенитске тачке је  $90^\circ$ . Тачка М на сл. 22 има за координате: азимут  $315^\circ$ , а висину  $45^\circ$ .

У практичној астрономији висини претпостављају одређивање угла ZCM, који се назива зенитска даљина. Очевидно је  $\sphericalangle ZCM + \sphericalangle MCM = 90^\circ$ , па се зато, при познатој висини, лако може одредити зенитска даљина, и обрнуто. Висина може бити позитивна (над хоризонтом) и негативна (испод хоризонта), а зенитска се опет даљина може кретати у границама између  $0^\circ$  и  $180^\circ$ .

За обележавање хоризонтских координата уведени су знаци: за азимут A, за висину h, за зенитску даљину z;  $h = 90^\circ - z$ ,  $z = 90^\circ - h$ .

У Београду на пр. координате небеског пола могу се означити са: азимут  $A = 180^\circ$  и висина  $h = 44^\circ 48' 8''$ , или  $A = 180^\circ$ ,  $z = 45^\circ 11' 52''$ .

Због обртања небеске сфере хоризонтске се координате стално мењају,



Сл. 23. — Универзални инструмент

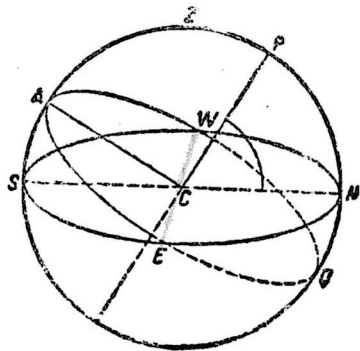
па је при давању положаја небеских тела помоћу њих потребно назначити и временски тренутак коме те координате одговарају.

§ 16. Универзални инструмент. — За одређивање (мерење) хоризонтских координата употребљава се тзв. универзални инструмент. Он се састоји из два обртна круга са поделама на лучне степене; равни тих кругова стоје управно једна на другој. Хоризонтални круг почива на три корекциона завртња, који омогућују довођење у тачан хоризонтални положај (помоћу либела). У средини тога круга је вер-

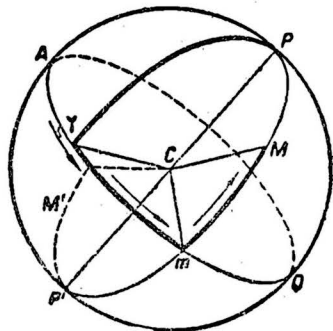
тикална обртна осовина, на којој су утврђена два једнака носача са лежиштима. Лежишта примају хоризонталну осовину, на којој су учвршћени вертикални круг, са поделом на степене, и дурбин, са кончаницама у пољу вида.

Да бисмо помоћу универзална инструмента одредили зенитску даљину и азимут каквог небеског тела, дурбин инструмента треба управити према телу и прочитати вертикални и хоризонтални круг.

Може се, међутим, догодити, да нулти поделак вертикалног круга на универзалном инструменту не одговара зенитском положају дурбина. У том случају се подела круга, која одговара зенитском ставу дурбина, одређује нарочитим посматрањем. (Тога ради, дурбин се двапут управити према једном истом удаљеном и непокретном предмету: први пут тако, да се круг налази с десне, а други пут с леве посматрачеве стране. Полуразлика читања круга у једном и другом



Сл. 24.



Сл. 25.

положају инструмента даје „место зенита на кругу“; ма које читавање може се тада лако превести у зенитску даљину).

Да би се из читања хоризонтална круга могао одредити азимут небеског тела, потребно је да се после посматрања тела, дурбин управити према неком земаљском или небеском телу позната азимута, и круг понова прочита. Из разлике двају читања хоризонтална круга није тешко затим наћи тражени азимут небеског тела. За тачније читавање кругова служе нонијуси.

§ 17. **Небески екватор и хоризонтска равна.** — На сл. 24 приказани су: небеска сфера, хоризонт ESWN, небеска оса CP, подневачка линија SCN и равна меридијана SAPN. Равна, која стоји управно на небеској оси и која пролази кроз средиште небеске сфере, назива се екваторска равна,

а линија њеног пресека са небеском лоптом — небески екватор. Екватор дели сферу на две полулопте, северну и јужну.

Права EW је управна на CP и на праву CZ, па према томе и на SN.

Екватор сече линију хоризонта у источној и западној тачци, и са сваког места на Земљиној површини види се само једна његова половина.

У разним местима на Земљи висина пола је различита. Ту ћемо висину убудуће обележавати словом  $\varphi$ .

Потражимо сад начин за одређивање угла између равни хоризонта и екватора, који ћемо означити са  $h_0$ . Та се веза налази из следећег расуђивања:

$$SA + 90^\circ + \varphi = SAPN = 180^\circ;$$

отуда излази

$$h_0 = SA = 90^\circ - \varphi.$$

Другим речима, одређивање угла између равни екватора и хоризонтске равни је врло просто: тражени угао једнак је допуни до  $90^\circ$  висине пола.

У Београду на пр.,  $\varphi = + 44^\circ 48' 8''$ , па стога излази да је највиша тачка екватора А на висини од  $45^\circ 11' 52''$  над хоризонтом.

§ 18. **Екваторске координате.** — Како се небеска сфера обрће као целина, и како је екватор на њој основна линија, за одређивање узајамног положаја тела на небеској сфери можемо употребити координате, које су у основи сличне хоризонтским. У том случају се за основну равна узима екваторска равна небеске сфере; време, пак, као податак, потребно је давати само уз координате тела која се приметно крећу по небеској сфери (на пр. Сунце, Месец, планете).

Ако кроз звезду М и небеску поларну осу поставимо равна, она ће небеску сферу сећи по великом кругу (в. сл. 25). Такав круг на небеској сфери, који пролази кроз звезду, називајемо деклинацијским кругом небеског тела. Угао од екватора до небеског тела, мерен по луку (mM) деклинацијског круга, назива се деклинација небеског тела. Деклинација је позитивна (+) на северној, а негативна (—) на јужној небеској полулопти.

Лако је увидети, да се кроз сваку тачку небеске сфере може повући деклинацијски круг, и да свакој датој деклинацији одговара на небеској сфери безброј тачака. Да би се избегла неодређеност при давању положаја звезда на небеској сфери, одређује се и положај самог деклинацијског

круга небеске сфере на коме се налази небеско тело. Тај се положај одређује углом  $\gamma$ Ст између равни деклинацијског круга звезде М и равни почетног круга  $\gamma$ Р.

*Угао у равни екватора између почетног и деклинацијског круга звезде назива се ректасцензија, а мери се у смеру супротном од обртања небеске сфере.*

На нашој слици је  $\gamma$ т ректасцензија, а  $\alpha$ М деклинација небеског тела. Почетна тачка, од које се у екватору рачунају углови означава се грчким словом  $\gamma$ . На томе месту на небу нема никакве сјајне звезде, а сама тачка налази се у сазвежђу Риба. Разлог због кога је ова тачка изабрана као почетна, видећемо доцније.

Деклинација и ректасцензија изражавају се у угловој мери (степенима, минутима и секундама). За ректасцензију је усвојено да се означава словом  $\alpha$ , а за деклинацију словом  $\delta$ <sup>1)</sup>. У практичној се астрономији ректасцензија изражава временским јединицама (часовима, минутима и секундима времена), усвајајући 24 часа као време пуног обрта небеске сфере, тј. повратка почетног деклинацијског круга у првобитни положај. Отуда се добивају ове просте везе:

|      |            |           |
|------|------------|-----------|
| 360° | одговарају | 24 часа   |
| 15°  | „          | 1 часу    |
| 15′  | „          | 1 минути  |
| 15″  | „          | 1 секунду |

На тај се начин свака ректасцензија може претворити из временске у лучну.

За све звезде које се виде голим оком, и за многе од њих, што их запажамо само дурбином, одређене су тачне екваторске координате. Спискови звезда са таквим координатама и податком о привидној величини називају се *звездани каталози*.

За очигледно претстављање координата оба система употребимо модел небеске сфере помоћу боце (в. сл. 11). На њеној површини учртајемо мастилом или тушем екватор и мрежу деклинацијских кругова и паралела. Сличну мрежу направимо од жице и поставити као капу на боцу. Придржавајући затим мрежу од жице руком, обртањем боце моћи ће се пратити узајамна промена положаја екваторских и хоризонтских координата.

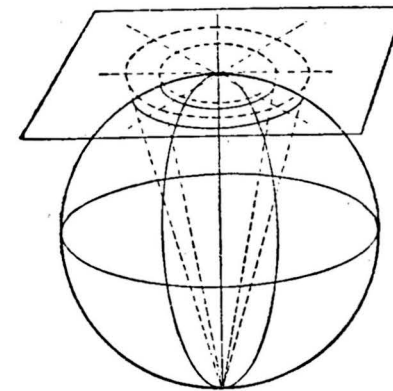
**§ 19. Звездане карте.** — На основи података звезданих каталога може се начинити звездана карта, слична географској карти, — са мрежом меридијана и паралела. На таквој карти распоред се звезда на небеској сфери не може сасвим тачно приказати, јер се лоптина површина без расечања не да развити у равни. Има много начина да се површина

<sup>1)</sup>  $\alpha$  — грчко слово „алфа“,  $\delta$  — грчко слово „делта“.

небеске сфере пренесе у раван, било пројектовањем површине лопте непосредно на раван или, пак, на цилиндричну, или још коничну површину, које се могу распрострти у равни. Сваки од ових начина повлачи за собом извесну нетачност, али што је део лопте који се на овај начин пројектује мањи, отступања су незнатнија.

На сл. 26 приказан је један од таквих начина, познат под именом *стереографска пројекција*. Код те се пројекције лопта пројектује на додирну раван. Из дијаметрално супротне тачке повлаче се зраци кроз сваку тачку на лопти — коју треба пројектовати — до пресека са равни.

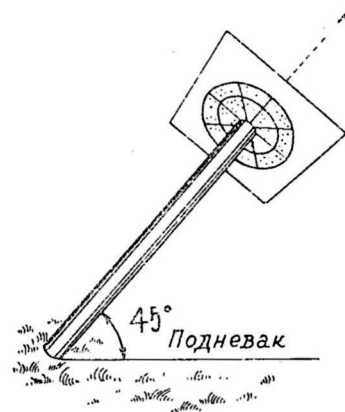
Ако погледамо на слику 26, видећемо да ће се паралели пресликати у кругове, кад је додирна тачка лопте и равни у полу, али растојања између тих кругова неће бити једнака, него ће се повећавати идући од пола ка екватору. На карти звезданог неба, која је добијена таквом пројекцијом, екваторска сазвежђа биће претстављена већом размером него поларна (биће више развучена). Не обзирајући се на некоје недостатке ове пројекције, она се често употребљава при изради општих карата неба.



Сл. 26.

У звезданим атласима цело се небо не даје на једном листу, већ само поједини његови делови. У таквим се атласима изглед поларне области неба даје већином одвојено, а остали делови у виду појасева.

Покрај линија што претстављају паралеле и деклинацијске кругове стављају се бројке, које означавају деклинације и ректасцензије. Сазвежђа се одвајају границама



Сл. 27.



које иду дуж паралела и деклинацијских кругова. За звезде различита сјаја, звездана јата и маглине, постоји систем утврђених ознака, које се дају поред карте. Небеска сфера је најправилније претстављена небеским глобусом, на коме су нацртана сазвежђа и означене екваторске координате.

Проучавајући сазвежђа помоћу опште звездане карте, треба ову развити изнад себе тако, да небески пол видимо у истом правцу у коме се он и на небу налази (в. сл. 27). После тога треба окренути карту око њена средишта и настојати да се у тренутку посматрања цртеж једног од сазвежђа поклопи са истим тим сазвежђем на небу. Благодарећи таквом положају карте лако ће се наћи сва остала сазвежђа. Кад се привикнемо на употребу карте и кад нам изврстан број звезда буде довољно познат, карту можемо ставити на сто, и у мислима преносити њена сазвежђа на небо као што је горе речено. На сл. 27 приказано је како се, при почетним упознавањима са сазвежђима, карта може подесно учврстити средиштем за штап побивен у земљу и управљен према полу.

**§ 20. Еклиптика.** — Познато је да лети, у подне, Сунце стоји високо на небу, а зими ниско; лети је дан дужи од ноћи, зими — обрнуто. Мерењем висине Сунца у подне, у горњој кулминацији, и израчунавањем висине екватора у меридијану по обрасцу (стр. 25) може се одредити његова деклинација.

Нека је на пр. у неком месту висина Сунца у подне била  $69^\circ$ , а висина пола  $\varphi = 44\frac{1}{2}^\circ$ , тако да је  $h_0 = 45\frac{1}{2}^\circ$ . Ако од  $69^\circ$  одузмемо  $45\frac{1}{2}^\circ$ , добићемо  $23\frac{1}{2}^\circ$ . Према томе деклинација Сунца је  $23\frac{1}{2}^\circ$ .

Вршимо ли свакодневно оваква посматрања, за сваки дан у години можемо одредити деклинацију Сунца. Тако ће се показати да је Сунце у току године једно време изнад, а једно, опет, испод екватора.

Посматрања са било кога места Земљине површине дају следећу таблицу Сунчевих деклинација (месеци су обележени римским цифрама):

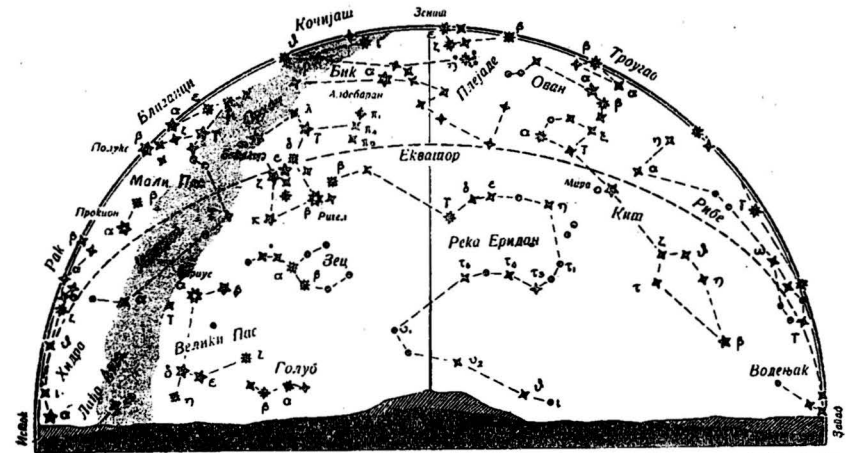
|                         |                          |                          |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1/I — $23^\circ 2'$ ;   | 1/V + $15^\circ 1'$ ;    | 1/IX + $8^\circ 22'$ ;   |
| 1/II — $17^\circ 9'$ ;  | 1/VI + $22^\circ 2'$ ;   | 1/X — $3^\circ 6'$ ;     |
| 1/III — $7^\circ 40'$ ; | 1/VII + $23^\circ 8'$ ;  | 1/XI — $14^\circ 22'$ ;  |
| 1/IV + $4^\circ 28'$ ;  | 1/VIII + $18^\circ 5'$ ; | 1/XII — $21^\circ 47'$ ; |

Ако конструишемо график из података ове таблице, приметимо лако да се двапут у години, 21 марта и 23 септембра, Сунце налази у екватору.

Како је Сунце ноћу под хоризонтом, кроз северни део меридијана оно пролази у поноћ. У то време се виде звезде, па се посматрањем неба у поноћ може утврдити које од њих тада кулминирају.

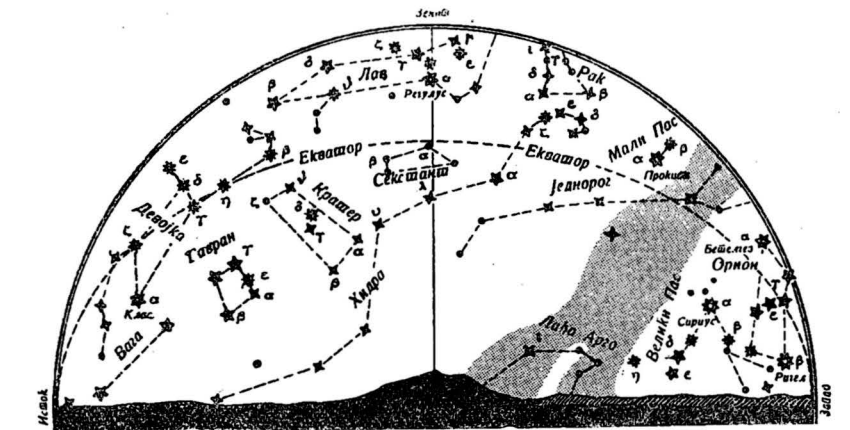
Промену изгледа северне половине небеске полулопте лако је пратити по сазвежђима око пола: у јесен, око по-

ноћи, у доњој се кулминацији налази сазвежђе Велики медвед, зими — Змај, у пролеће — Касиопеја, а лети — Жирафа и Кочијаш.



Сл. 28. — Јужна половина небеског свода 22 децембра око 21<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> (за ширину Београда).

Промена изгледа јужне половине небеског свода претстављена је сликама 1, 2, 28, 29, 30.

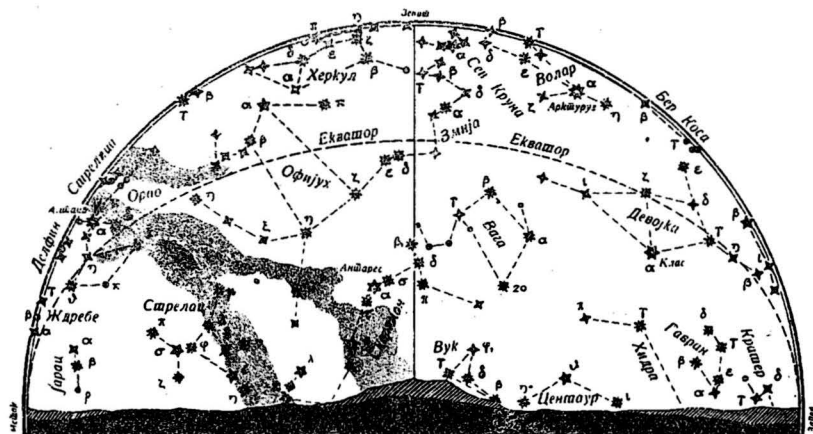


Сл. 29. — Јужна половина небеског свода 21 марта око 21<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> (за ширину Београда).

Упоредњем свих горњих разматрања долазимо до следећих закључака:

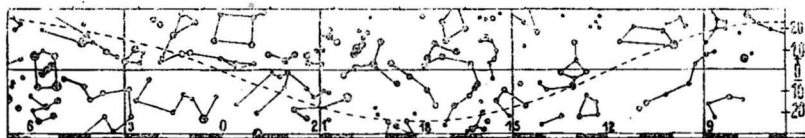
1. У току године Сунце непрекидно мења свој положај према екватору: пола године је оно изнад екватора, а пола испод њега. Његова се деклинација мења од  $+23\frac{1}{2}^\circ$  до  $-23\frac{1}{2}^\circ$ .

2. Сунце се једновремено помера међу звездама с десна на лево: његова се ректасцензија мења — она је увек за 12<sup>h</sup> већа од ректасцензија звезда које кулминирају у поноћ.



Сл. 30. — Јужна половина небеског свода 21 јуна око 21<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> (за ширину Београда).

Према томе, Сунце се креће на небеској сфери, али не паралелно небеском екватору, већ час изнад, час испод њега, а двапут га у години пресеца.



Сл. 31.

Сваке се године ове појаве периодично понављају; другим речима, годину дана касније Сунце се опет враћа у првобитни положај.

На карти екваторског појаса (сл. 31) можемо означити положаје Сунца на следећи начин: деклинације Сунца — према посматрањима његове висине у подне, а ректасцензије према ректасцензијама звезда које се у поноћ налазе у доњој кулминацији.

Уцртамо ли на карти помоћу тих података привидну путању Сунца међу звездама, видимо да она сече екватор двапут и да од њега отступа за највише  $23\frac{1}{2}^\circ$ .

Линија привидне Сунчеве путање на небеској сфери назива се **еклиптика**. Еклиптика је велики круг небеске сфере, чија раван заклапа са равни екватора угао  $23\frac{1}{2}^\circ$ . (сл. 32).

На еклиптици се могу обележити тачке следећих координата:

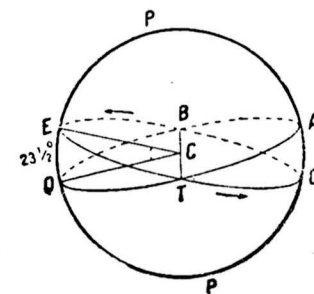
| Ректасцензија  | Деклинација       | Назив                       | Усвојена ознака и време |
|----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0 <sup>h</sup> | 0°                | Тачка пролећне равнодневице | γ<br>21 марта           |
| 6              | +23 $\frac{1}{2}$ | Тачка летњег солстиција     | ♋<br>22 јуна            |
| 12             | 0                 | Тачка јесење равнодневице   | ♏<br>23 септембра       |
| 18             | -23 $\frac{1}{2}$ | Тачка зимског солстиција    | ♐<br>22 децембра        |

Кад је Сунчева деклинација 0°, оно се налази у екватору, па због тога што раван хоризонта дели екватор на два једнака дела, дан је раван ноћи. При  $+23\frac{1}{2}^\circ$  деклинације, на северној Земљиној полулопти настају најдужи дани, а при деклинацији  $-23\frac{1}{2}^\circ$  — најкраћи (в. § 24).

Сунце обави један обрт по еклиптици у току годину дана. Година се дели на 12 месеци, па је отуда још у давно време еклиптика подељена у 12 сазвежђа. Та сазвежђа носе имена различитих животиња, и зато се зову зодијакална сазвежђа (зоон — грчки, животиња), а сама област неба, у којој лежи еклиптика — зодијак. Зодијакална сазвежђа су: Рибе, Ован, Бик, Близанци, Рак, Лав, Девојка, Вага, Скорпија, Стрелац, Јарац и Водолија.

§ 21. Звездани дан, звездано време и часовни угао. — Из онога што је речено при описивању екваторских координата следи, да се деклинација небеских тела мери по деклинацијском кругу, почев од небеског екватора.

За почетну тачку ректасцензија одабира се тачка кроз коју пролази Сунце при прелазу са јужне ( $\delta < 0^\circ$ ) на северну полулопту ( $\delta > 0^\circ$ ). Отуда је пролећна равноднечка тачка, тачка од које се рачунају ректасцензије (в. § 18).



Сл. 32.

Познато нам је да се небеска сфера креће привидно од истока на запад. Помоћу часовника и дурбина, који је постављен у равни меридијана, можемо одредити време једног пуног обрта небеске сфере, — треба само изабрати било какву звезду на небу, и двапут је посматрати у горњој кулминацији (посм. 14).

Време једног пуног обрта небеске сфере назива се звездани дан. Као почетак звезданог дана усваја се тренутак горњег пролаза (кулминације) пролећне равнодневичке тачке.

Звездани дан је временски размак између двају узастопних горњих пролаза пролећне еквинокцијске тачке. Звездани дан се дели на 24 дела — звездана часа, сваки час на 60 звезданих минута, а сваки минут на 60 звезданих секунда.

Замислите да је начињен сат са бројчаником подељеним на 24 часа, и да сатна казаљка изврши пун обрт за један звездани дан. Такви се сатови стално употребљавају при посматрањима на астрономским опсерваторијама и називају се звездани часовници.

Време што га показују звездани часовници, називамо звезданим временом.

Није тешко увидети, да је звездано време увек једнако ректасцензији звезда које се налазе у горњој кулминацији. Замислимо да смо прибележили тренутак горње кулминације пролећне равнодневичке тачке и дотерали казаљке наших звезданих часовника на  $0^h 0^m 0^s$ . Ако је после тога прошло 2 часа, небеска се сфера покренула за  $2/24$  свога обрта, тј. у горњој се кулминацији налазе звезде чија је ректасцензија 2 часа, те се звездано време поклапа са ректасцензијом звезда које се налазе у горњој кулминацији.

Једнакост звезданог времена са ректасцензијом звезда у горњој кулминацији, омогућује нам да посматрањем звезда у тренутку њихова горњег пролаза кроз меридијан проверимо звездане часовнике и, обрнуто, да према тачним звезданим часовницима знамо које се звезде налазе у горњој кулминацији.

Кад нам је позната ректасцензија било каквог небеског тела и звездано време у датом тренутку, лако је одредити колики угао (мерен по екватору) заклапа деклинацијски круг тога тела са меридијаном.

Угао између равни меридијана и равни деклинацијског круга неког небеског тела назива се часовним углом небеског тела и рачуна се од југа према западу. На сл. 32а приказан је небески екватор, гледан са северног небеског пола. Са слике се види, да се угао тачке  $\gamma$ , тј. звездано време, са-

стоји из ректасцензије небеског тела и његова часовног угла, тј.  $S = t + \alpha$  и  $t = S - \alpha$ .

У овом обрасцу  $S$  означава звездано време. При рачунању по том обрасцу<sup>1)</sup>, ако је  $t < 12^h$ , небеско се тело налази западно од меридијана, а ако је  $t > 12^h$ , оно је на истоку.

Пример. —  $\alpha$  небеског тела је  $17^h 35^m$ , а звездано време  $20^h 45^m$ . Тада је часовни угао небеског тела једнак  $20^h 45^m - 17^h 35^m = 3^h 10^m$ . Према томе, небеско се тело налази западно од меридијана, тј. оно је прошло кроз меридијан  $3^h 10^m$  раније.

Познавање часовног угла небеског тела неопходно је за изучавања помоћу небеског глобуса и при усмеравању дурбина према небеском телу. После оријентисања небеског глобуса према часовном углу било које звезде, може се распознати изглед целокупног звезданог неба.

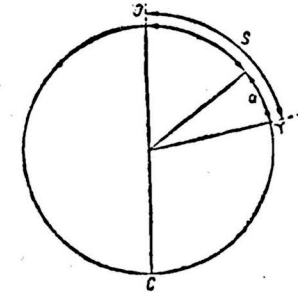
Као што је раније казано, за почетак од кога се рачунају ректасцензије усвојена је пролећна еквинокцијска тачка. На дан пролећне равноднице Сунце се у подне налази у горњој кулминацији и у том тренутку звездани часовници показују  $0^h 0^m 0^s$ .

Следећег дана Сунце се удаљило од пролећне равнодневичке тачке, и кад доспе у горњу кулминацију, звездани часовници неће више показивати онолико, колико закасни горња кулминација Сунца у односу на тачку пролећне равноднице. У подне звездани часовници показују увек ректасцензију Сунца. Отуда је лако схватити, да су звездани дани краћи од размака двеју узастопних горњих кулминација Сунца, и да почетак звезданих дана (горња кулминација тачке  $\gamma$ ) пада у различито време сунчаног дана.

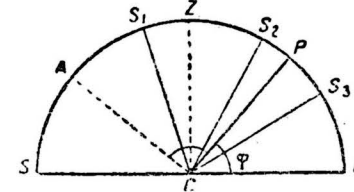
У подне звездани часовници показују увек ректасцензију Сунца. Отуда је лако схватити, да су звездани дани краћи од размака двеју узастопних горњих кулминација Сунца, и да почетак звезданих дана (горња кулминација тачке  $\gamma$ ) пада у различито време сунчаног дана.

**§ 22. Висина небеских тела у тренутку кулминације.** — У тренутку пролаза небеског тела кроз јужни или северни део небеског меридијана, мерењем његове висине може се одредити деклинација тела и обрнуто.

<sup>1)</sup> Ако је  $S$  мање од  $12^h$  на  $S$  треба додати  $24^h$ .



Сл. 32а.



Сл. 33.

Точном  
сеће

На слици 33 приказана је раван меридијана SPN; CP је небеска оса, CA пресек равни екватора са равни меридијана, ACS<sub>1</sub> — деклинација небеског тела S у тренутку пролаза кроз јужни део небеског меридијана,  $\sphericalangle$  NCP — висина небеског тела над хоризонтом места.

Нека је:  $\sphericalangle$  ACS<sub>1</sub> =  $\delta$ ;

$\sphericalangle$  NCP =  $\sphericalangle$  ACZ =  $\varphi$ ;  $\sphericalangle$  S<sub>1</sub>CZ =  $z$ .

Посматрајући  $\sphericalangle$  ACZ можемо писати:

$\sphericalangle$  ACZ =  $\sphericalangle$  ACS<sub>1</sub> +  $\sphericalangle$  S<sub>1</sub>CZ или  $\varphi = \delta + z$ .

Отуда добијамо:

$$z = \varphi - \delta,$$

или, како је  $z = 90^\circ - h$ , биће

$$90^\circ - h = \varphi - \delta, \text{ одн. } h = 90^\circ - \varphi + \delta.$$

Сваки од ових двају образаца,  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$  и  $z = \varphi - \delta$ , даје везу између трију величина. Према томе, ако су познате две од њих, трећа се може одредити простим аритметичким поступком.

Тако на пр., у случају кад помоћу универзалног инструмента измеримо  $h$  (или  $z$ ), а знамо  $\varphi$ , није нам тешко да одредимо  $\delta$  посматраног небеског тела.

Ако звезда пролази кроз меридијан између пола и зенита (у тачци S<sub>2</sub>), или ниже пола (у тачци S<sub>3</sub> — доња кулминација), однос би се међу величинама  $z$ ,  $\varphi$  и  $\delta$  нашао онако исто, као и у случају кулминације звезде на јужном делу меридијана (у тачци S<sub>1</sub>).

За звезде које кулминирају у тачци S<sub>2</sub> имаћемо:

$$\sphericalangle$$
 ZCS<sub>2</sub> =  $\sphericalangle$  ACS<sub>2</sub> —  $\sphericalangle$  ACZ;  $z = \delta - \varphi,$

а код звезда које кулминирају у тачци S<sub>3</sub>:

$$\sphericalangle$$
 ZCS<sub>3</sub> =  $\sphericalangle$  ZCP +  $\sphericalangle$  PCS<sub>3</sub>.

тј.

$$z = 90^\circ - \varphi + 90^\circ - \delta, \text{ или } z = 180^\circ - \varphi - \delta.$$

У ова три изведена обрасца  $\delta$  улази са својим знаком.

Ови обрасци показују да се у тренутку кулминације небеских тела прелаз са хоризонтских на екваторске координате, и обрнуто, обавља путем обичних аритметичких радњи.

У даљем излагању доказаће се да је висина пола једнака географској ширини места посматрања. Отуда видљивост небеских тела зависи не само од њихове деклинације, већ и од ширине места посматрања. Горе дати обрасци могу да послуже за одређивање ширине места, кад је измерено  $h$  или  $z$ .

§ 23. Видљивост небеских тела у зависности од њихове деклинације. — Сва небеска тела, чија је висина над хоризонтом неког места у тренутку пролаза кроз меридијан

негативна (тј.  $z > 90^\circ$ ), или равна нули, остају за то место увек невидљива.

На основи обрасца

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

можемо одредити деклинацију тела, која се не појављују изнад хоризонта места географске ширине  $\varphi$ .

Ако у обрасцу  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , ставимо  $h = 0$ , добива се

$$0 = 90^\circ - \varphi + \delta \text{ и } \delta = \varphi - 90^\circ = -(90^\circ - \varphi).$$

Према томе, сва небеска тела, чија је деклинација по апсолутној вредности већа од  $\varphi - 90^\circ$ , не појављују се изнад хоризонта.

Известан број небеских тела око пола не залази никако за хоризонт. Деклинације тих тела можемо такође одредити, ако обратимо пажњу на то, да је њихова висина у тренутку доњег пролаза кроз меридијан (доња кулминација) увек већа од нуле.

У тренутку доње кулминације је

$$h = \delta - 90^\circ + \varphi, \text{ при } h = 0, \delta = 90^\circ - \varphi.$$

Наведени обрасци могу послужити за одређивање ширине места кад су измерени  $h$  или  $z$ .

Ти су обрасци изведени за северну Земљину полулопту. За јужну полулопту добивају се исти обрасци, али са обрнутим знаком код  $90^\circ$ .

Према томе, са једног места на Земљи не може се видети цела небеска сфера: један се део њен (са деклинацијом мањом од  $\varphi - 90^\circ$ ) никад не види; други део, опет, (са деклинацијом већом од  $90^\circ - \varphi$ ) стално је видљив, а остали део може се сав посматрати, иако не једновремено, захваљујући обртању небеске сфере. Лако је схватити да се област невидљивих небеских тела простире од једног пола па до паралела који одговара деклинацији  $\varphi - 90^\circ$ ; област циркуларних звезда (звезда које никако не залазе) се простире од другог небеског пола до паралела  $90^\circ - \varphi$ , и, најзад, област звезда, које и излазе и залазе, простире се између ових двају наведених паралела; ту област екватор дели на два једнака дела.

За Београд је на пр.,  $\varphi = +44^\circ 48'$  и ту се стално виде сва небеска тела чија је деклинација већа од  $90^\circ - 44^\circ 48' = 45^\circ 12'$ . Не виде се, међутим, никад тела са деклинацијом мањом од  $44^\circ 48' - 90^\circ = -45^\circ 12'$ .

§ 24. Равнодневице и солстицији. Неједнакости трајања дана. — Познато нам је већ, да је еклиптика нагнута према екватору под углом од  $23\frac{1}{2}^\circ$  и да се деклинација Сунца при његову кретању по еклиптици стално мења. Кад је деклинација Сунца  $0^\circ$ , средиште његова котура се налази на



екватору, па је његов дневни лук на небу једнак ноћноме, тј. трајање дана и ноћи је скоро једнако<sup>1)</sup>. То наступа око 21. марта и 23. септембра, па су зато ти тренуци добили назив пролећна и јесења равнодневица, као и тачке еклиптике у којима се Сунце тада налази.

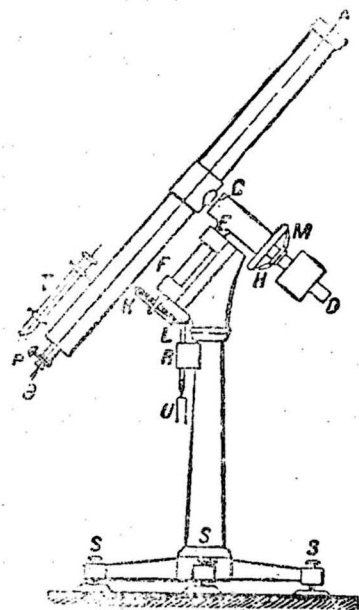
При негативним деклинацијама је дневни лук краћи од ноћног, код позитивних — обрнуто. У току приближно пола године, од 23. септембра до 21. марта, дани су краћи од ноћи, а у остало време — обрнуто.

Најдужи и најкраћи дани наступају кад је деклинација Сунца  $+23\frac{1}{2}^\circ$ , одн.  $-23\frac{1}{2}^\circ$ . Ти се тренуци називају солстицији: летњи и зимски; исто се тако називају и одговарајуће тачке еклиптике (тачка летњег и тачка зимског солстиција).

На јужној полулопти најдужи дани наступају кад је деклинација Сунца  $-23\frac{1}{2}^\circ$ , а најкраћи при деклинацији  $+23\frac{1}{2}^\circ$ .

§ 25. Екваторијална конструкција астрономских дурбина. — Астрономски дурбини који би били постављени онако исто као визирни дурбин универзалног инструмента, нису подесни за дуга посматрања небеских тела; за обезбеђење непрекидности посматрања, не само да дурбин треба покретати с лева на десно, него се мора и његов нагиб да мења.

Отуда се за дуга посматрања граде дурбини са два управна осовинама, од којих се једна поставља паралелно светској оси и назива: поларна оса. Код ове врсте дурбина постоји и нарочити „часовни механизам“ који га тако по-



Сл. 34. — Екваторијал.

A — објектив; B — окулар; CD — деклинацијска оса; FE — поларна оса; R — часовни механизам; KL — часовни круг; AM — деклинацијски круг; P — тачкић за померање окулара; T — извиђач; S — корекциони завртањ; U — ручица за фино кретање.

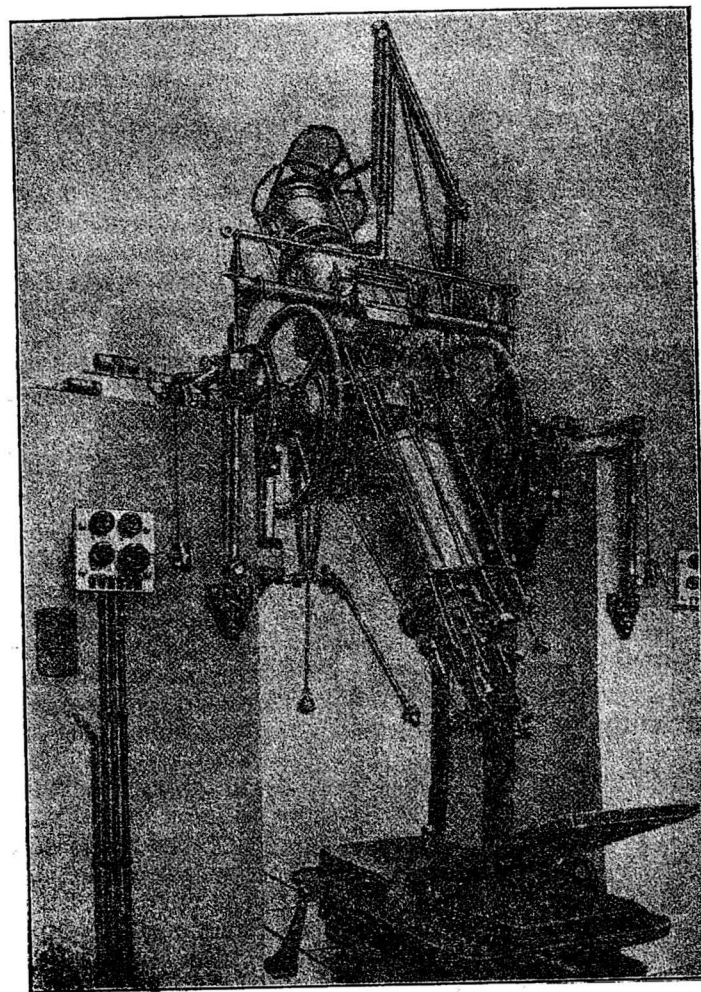
креће, да дурбин стално прати небеско тело према коме је претходно био управљен. На осовинама екваторијално постављена дурбина налазе се, као и код универзалног инструмента, подеони кругови, који омогућују оријентисање инструмента према небеском телу на основи његових екваторских координата.

Зато се описана врста инструмента назива екваторијал (сл. 34), а примењује се при научним посматрањима на астрономским опсерва-

<sup>1)</sup> Деклинација Сунца мења се и у току пола дана.

торијама. Но и без часовна механизма и подеоних кругова таква конструкција знатно олакшава посматрања.

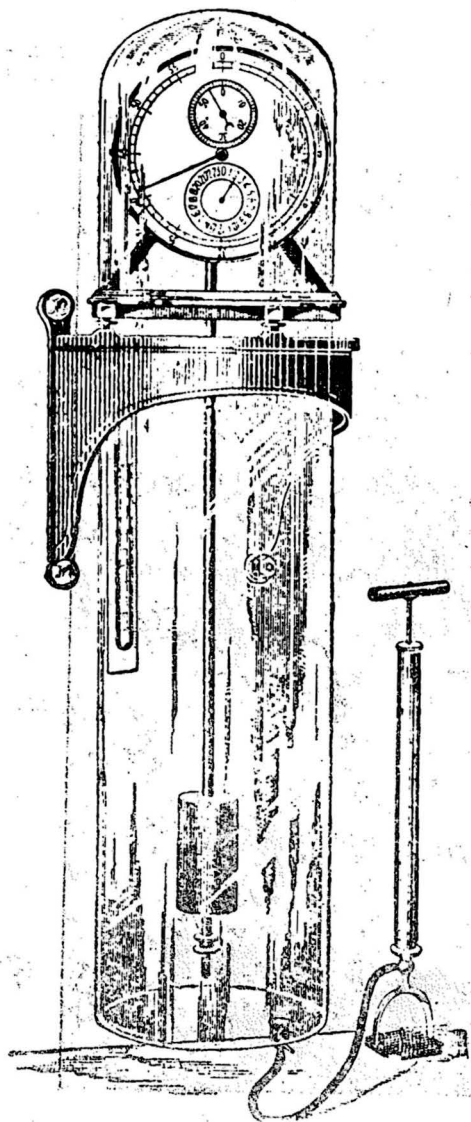
При посматрањима помоћу екваторијала, дурбин се најпре постави на деклинацију небеског тела, па се затим, одредивши часовни



Сл. 35. — Меридијански круг.

угао небеског тела, дурбин покрене за одговарајући угао око поларне осе апарата.

§ 26. Меридијански инструмент. — За одређивање деклинација небеских тела, универзални инструмент треба да је



Сл. 36. — Астрономски часовник. Два мања бројчаника показују сате и секунде, већи — минуте. Часовник се држи под стакленим звоном у коме се одржава сталан притисак.

постављен у равни меридијана. И уколико су тачније поделе његових кругова, тим прецизније ће бити одређена деклинација небеског тела.

Инструмент који служи за истовремено одређивање и деклинација и ректасцензија небеских тела, назива се меридијански круг (сл. 35). Дурбин меридијанског круга се обрће око хоризонталне осовине, која се ослања на два камена стуба; он лежи у равни меридијана при сваком свом нагибу. Круг који је чврсто везан са дурбином, и који је подељен на степене и делове његове, креће се заједно с њим. На тај се начин помоћу нонија на стубу, може тачно прочитати нагиб дурбина, па према томе и висина небеског тела. У циљу повећања тачности, очитавања подела круга врше се помоћу микроскопа. При посматрањима меридијанским кругом, неопходно је водити рачуна о појави преламања светлости у атмосфери (вид. § 28).

За тачно постављање на звезду, у пољу вида меридијан-

ског дурбина налазе се нити. Тренутак се посматрања бележи помоћу електричне сигнализације, са тачношћу до стотог дела временске секунде.

Према томе, меридијански инструмент може служити за одређивање и деклинација, и ректасцензија небеских тела, — зашта је потребно поред њега поставити и поуздан звездани часовник и тачно прочитати тренутак кулминације звезде. На астрономским опсерваторијама прецизни звездани часовници (сл. 36) смештају у подруме са сталном температуром, па се применом принципа електромагнетског телеграфа, на нарочитој траци бележе секунде часовника и тренуци пролаза звезда кроз меридијан. На тај се начин могу одредити ректасцензије са тачношћу до 0,01 временске секунде.

**§ 27. Пасажни инструмент.** — Ако се има списак звезда са тачно одређеним координатама, може се, обрнуто, посматрањем звезда познатих ректасцензија проверити ход звезданих часовника. Као инструмент за таква одређивања може послужити меридијански круг; на астрономским опсерваторијама за проверавање часовника постоје нарочити „пасажни инструменти“. При посматрањима пасажним инструментом, као и код посматрања са другим астрономским инструментима, користе се поред сталних часовника и преносни тачни часовници — хронометри. Астрономски часовници и хронометри откуцавају јасно секунде, па се помоћу њих може водити рачуна о времену на слух. За погон механизма код хронометра, као и код цепних часовника, служи спирална опруга. У конструкцији механизма има и нарочитих појединости, које омогућавају што тачнији ход. Хронометри су смештени у нарочите кутије са шарнирима, који обезбеђују стални, хоризонтални положај бројчаника.

Пасажни инструмент је сличан меридијанском кругу, али код њега није потребно радити тачне кругове за читање деклинације. Кругови код пасажног инструмента служе само за тачно постављање дурбина према координатама звезда, сходно обрасцу  $z = \varphi - \delta$ .

За постављање меридијанских и пасажних инструмената, на опсерваторијама се граде нарочити павиљони, без загревања и добро ветрени. То је неопходно за тачност посматрања, јер струјање топлог ваздуха изазива треперење слика небеских тела.

**§ 28. Рефракција и њен утицај на посматрања.** — О преламању светлости у Земљиној атмосфери треба водити рачуна не само при обради посматрања, већ и при одређивању хоризонтских координата небеских тела. Светлосни зрак, који улази у Земљину атмосферу, прелама се и мења свој правац простирања. Кад би Земљина атмосфера била једнолика по саству, светлосни би зрак, после преламања што га је претрпео на горњој граничној површини атмосфере, продужио да се праволинијски простире. Уствари индекс преламања атмосфере је утолико већи, што је одговарајући слој ваздуха, кроз који пролази светлост, ближе површини Земље (сл. 37). Он се стално мења, од највиших до најнижих слојева, па се отуда и светлосни зрак при пролазу

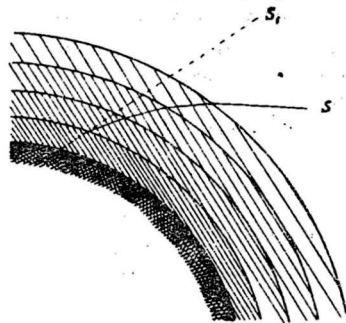
кроз атмосферу стално свија, и небеско тело  $S$  посматрано са Земље изгледа уздигнуто ( $SS_1$ ). Та се појава назива атмосферска рефракција. Испитивања читавог низа физичара и астронома омогућила су да се утврди образац, на основи кога се одређује рефракција у зависности од притиска и температуре ваздуха.

Испитивања показују, да је рефракција утолико већа што је мања висина небеског тела. У зениту нема рефракције. На хоризонту рефракција је  $34'$ , на висини од  $10^\circ$  износи  $5'$ , а на  $40^\circ$  висине над хоризонтом,  $1'$ .

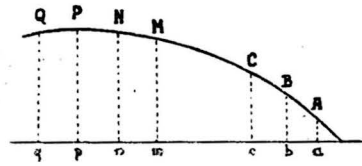
Рефракција, дакле, уздиже привидно место небеских тела над хоризонтом; шта више, због ње понекад видимо небеска тела изнад хоризонта иако су она стварно још испод њега. При излазу и залазу Сунца и Месеца рефракција више уздиже доњи руб небеског тела од горњег, па нам отуда Сунце и Месец близу хоризонта изгледају сљоштени.

Висина небеског тела, која се добија посматрањем, поправља се помоћу тачног обрасца за износ рефракције. Ако је на пр. мерењем нађена висина небеског тела  $10^\circ$ , она је стварно  $9^\circ 55'$ . Утицај рефракције је само један од фактора који утичу на тачност резултата. Астрономи га веома брижљиво одређују и тако омогућују постизање резултата високе тачности.

**§ 29. Сумрак.** — Земљина атмосфера утиче на продужење дневне светлости. Због преламања и одбијања сунчаних зракова у Земљиној атмосфери, осветљење се небеског свода продужује и онда, кад је Сунце већ испод хоризонта. У временском размаку од залазак Сунца па до тренутка кад се оно спусти на  $6\frac{1}{2}^\circ$  испод хоризонта, још увек је толико светло, да се у кући може пословати без лампе, а на небу се по-



Сл. 37.



Сл. 38.

јављују само најсјајније звезде. Тај се временски размак назива грађански сумрак. Тек кад Сунце буде на  $18^\circ$  испод хоризонта виде се и слабе звезде и светла трака Млечног пута.

Овај моменат означава крај астрономског сумрака. Дужина сумрака зависи од места посматрања (ширине његове) и годишњег доба. Уколико је место посматрања ближе екватору, сумрак је краћи, — Сунце брже залази, тј. његов паралел гради са хоризонтом већи угао. На самом екватору грађански сумрак траје 26 минута, а на половима Земљиним — и до 16 дана (при шестомесечној ноћи). Код нас се његово трајање мења од 30 минута (у доба равнодневице) до 39 минута (лети). У северним областима Земље, на пр. у С. С. С. Р., сумрак летњи траје по читаву ноћ (беле ноћи).

Познавање трајања сумрака важно је у многим областима народне привреде (на пр. осветљавање улица, светиљке на превозним средствима, нарочито у доба рата).

**§ 30. Мерење времена.** — За мерење времена као и код сваког другог мерења потребна је јединствена, стална мерна јединица.

Одавно је већ примећено било да се обртање небеске сфере у односу на раван меридијана обавља са непроменљивом правиношћу. Савремена наука утврдила је да је временски размак између двеју узастопних кулминација пролећне равнодневичке тачке сталан, и да је обртање небеске сфере врло равномерно. Тај се временски размак назива звездани дан (в. § 21).

Људи су одавно још почели распоређивати време свога пословања према дневном кретању Сунца, и за средину дана узимали подне, — тренутак горње кулминације Сунчевог средишта. Тај тренутак зваћемо право подне.

Временски размак између двеју узастопних горњих кулминација Сунца, називаћемо прави сунчани дан.

Сунчани дани су дужи од звезданих. Због померања Сунца по еклиптици, оно свакодневно кулминира у односу на неку другу звезду, а не ону према којој је кулминирало у неко раније подне. Пракса показује да је удобније и тачније регулисати часовнике према посматрањима звезда. Због тога се и у обичном животу, где се управља према дневном кретању Сунца, часовници дотерују према звездама. А да би се време могло на тај начин одредити, потребно је наћи тачну везу између привидног кретања звезданог неба и привидна кретања Сунца.

**§ 31. Средње и право време.** — Обртање небеске сфере је равномерно, и кад се Сунце не би по њој кретало, часовни механизам, искоришћен у обичном животу, могао би се једноставно, без икаквих тешкоћа, проверавати по Сунцу. Стварно, пак, Сунце се помера по еклиптици. Ако свакодневно одређујемо тренутак подна према звезданом часовнику, који се проверава на основи астрономских посматрања, приметићемо да је временски размак између двају узастопних подна у развојно доба године различит. Сходно правилу о одређивању тренутка кулминације можемо на основи тога закључити, да се ректасцензија Сунца неједнако мења.

Узрок томе лежи у чињеници, да се Сунце:

- 1) креће по еклиптици, а не по екватору;
- 2) да је кретање по еклиптици неравномерно.

Па и кад би се Сунце кретало једнолико по еклиптици, временски размаци између подна не би били једнаки. На сл. 38 приказана су два места небеске сфере са екватором и



еклиптиком. Десни крај слике одговара пролећном, а леви летњем времену.

Ако по еклиптици одмеримо једнаке дужине, које одговарају путевима што их Сунце преваљује у току једнога дана, —  $\gamma A, AB, BC, \dots, MN, NP, PQ$ , па кроз тачке  $A, B, C, \dots, M, N, P, Q$  повучемо деклинацијске кругове, одговарајуће дужи (пројекције дужи  $\gamma A, AB, BC, \dots$  итд.) на екватору  $\gamma a, ab, bc, \dots, mp, pr$  неће бити једнаке: на десном крају цртежа су краће него на левом. Отуда излази да је временски размак између подна лети дужи, него у пролеће.

Сунце се не креће по еклиптици равномерно — зими је брже него лети, и то уноси нове неједнакости у дужину временског размака међу поднима.

Да би се избегло неопходно свакодневно дотеривање часовника према посматрањима правога Сунца, усвојено је да се време рачуна према тзв. „средњем Сунцу“. Средње Сунце је замишљена тачка, која се креће по екватору равномерном брзином.

Тачно познавање кретања правога Сунца омогућује да се одреди разлика између горње кулминације средњег и правога Сунца, за било који дан. Часовни механизми, који иду према средњем Сунцу проверавају се или на основу звезда, или по правом Сунцу, узевши притом у обзир горе наведену разлику.

*Тренутак горње кулминације средњег Сунца назива се средње подне, а размак времена између двају узастопних једноимених кулминација средњег Сунца — средњи сунчани дан.*

Према томе, на небеској сфери замишљамо да имамо два Сунца: право и средње Сунце.

Право Сунце

Средње Сунце

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. Креће се по еклиптици                             | 1. Креће се по екватору   |
| 2. Има неравномерно кретање                          | 2. Има равномерно кретање |
| 3. Оба имају четири пута годишње исту ректасцензију. |                           |

**§ 32. Временско изједначење.** — Право Сунце час касни, а час жури испред средњег Сунца, па према томе и средње време или предњачи или заостаје за правим. Кретање је правога Сунца тачно испитано, па се за сваки тренутак може унапред одредити разлика између средњег и правога Сунца. Та је разлика добила назив *временско изједначење*. Ако са  $t \odot$  означимо тренутак по правом сунчаном времену, са  $m$  — тренутак по средњем, а са  $\eta$  временско изједначење, имамо:

$$m = t \odot + \eta;$$

$\eta$  може бити позитивно и негативно.

Временско изједначење даје се у астрономским годишњацима за поноћ сваког дана. По апсолутној величини оно не прелази 17 минута времена, а четири је пута у години једнако нули.

Познавањем временског изједначења могу се проверити часовници према сунчаним часовницима или по гномону (в. § 33).

**Пример:** 15 маја, у тренутку правога подна, часовник показује  $12^h 1^m$ . Да ли часовник заиста показује средње време?

Временско је изједначење 15 маја: —  $4^m$ .

У тренутку правога подна часовник треба да показује:

$$12^h - 0^h 4^m = 11^h 56^m.$$

Према томе, часовник не показује тачно за

$$12^h 1^m - 11^h 56^m = + 5^m.$$

Часовник је испредњачио за 5 минута испред стварног средњег времена.

**§ 33. Одређивање месног времена по Сунцу.** — За одређивање правога подна или правога времена могу се употребити разни прибори, који дају сенку каквог штапа, кад га Сунце осветли. Такав се прибор зове сунчани часовник. Најпростији се сунчани часовник може овако направити.

Штап, управљен према небеском полу (приближно према поларној звезди) учврсти се на бројчанику, који је подељен на 24 дела и чија је равна управна на правац штапа. Раван бројчаника ће се очевидно слагати са равни небеског екватора, а сенка штапа за трајања судчана дана равномерно кретати по бројчанику у зависности од угловног опстојања Сунца од равни меридијана.

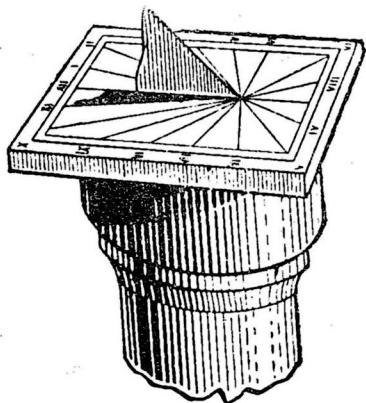
Могу се начинити и часовници са хоризонталним бројчаником (сл. 39), али су тада часовне поделе на њему неједнаке, јер се Сунце у свом дневном кретању помера равномерно паралелно екватору, а не у односу на хоризонт.

**§ 34. Звездано и средње време.** — И звездани и средњи дан деле се на сате, минуте и секунде. За звездано и средње време трајање тих поделака није једнако. Због претпоставке да се средње Сунце креће равномерно дуж екватора, његова кулминација свакодневно заостаје за кулминацијом звезде, која је у неко подне кулминирала заједно са њим.



Средње Сунце начини један пун обрт по екватору за годину дана. У години има  $365 \frac{1}{4}$  дана. Према томе средње Сунце заостаје свакодневно од изабране звезде за

$$\frac{360^\circ}{365 \frac{1}{4}} = \frac{24^h}{365 \frac{1}{4}} = 4^m \text{ (прибл.)}$$



Сл. 39. — Сунчани часовник.

Нека било којег дана средњи и звездани тачни часовници показују једновремено  $0^h 0^m 0^s$ ; то значи да се Сунце у томе тренутку налази баш у пролећној равнодневничкој тачци. Следећег дана, кад средњи часовници буду показивали  $0^h 0^m 0^s$ , звездани ће означавати  $0^h 4^m$ . Није тешко саставити таблицу, која ће показивати за колико предњаче звездани часовници од средњих у разним временским размацима.

- За један дан звездани часовници предњаче  $4^m$ .
- За један месец звездани часовници предњаче  $2^h$ .
- За три месеца звездани часовници предњаче  $6^h$ .
- За дванаест месеци звездани часовници предњаче  $24^h$ .

Пролећна равнодневничка тачка је у горњој кулминацији, у подне, око 21 марта сваке године (због смене простих и прстурних година, тај дан пада 21 или 22 марта). Запамтимо да се средње и звездано време поклапају 21 марта сваке године. Помоћу напред поменуте таблице можемо наћи, да ће у подне 21 априла, звездани часовници показивати  $2^h$ , 21 маја  $4^h$ , итд.

А кад смо у могућности да одредимо звездано време у подне произвољна дана, можемо онда прећи и на изналажење звезданог времена у било коме тренутку.

Хоћемо, рецимо, да одредимо колико ће показивати звездани часовници 18 фебруара, у  $10^h$  увече. Решаваћемо овако: 21 марта, у подне, звездани часовници показују  $0^h$  (или  $24^h$ ). 21 фебруара они у подне показују  $22^h$ , а 18 фебруара за  $4^m \times 3$  мање, тј.  $21^h 48^m$ . У  $10^h$  увече звездани ће часовници означавати  $21^h 48^m + 10^h = 31^h 48^m$ ; одузме ли се један пуни звездани дан, тј.  $24^h$ , добива се да је 18 фебруара, у  $10^h$  средњег времена, звездано време:  $7^h 48^m$ . Овакав поступак је само приближно тачан.

Код тачних одређивања примењује се стварна вредност звезданих дана и води рачуна не само о дневном предњачењу звезданих часовника, већ и о промени за одговарајући део дана. При томе се користе подаци астрономског годишњака („ефемериде“), у коме је за сваки дан у години дато звездано време.

Прелаз са звезданог на средње време обавља се, опет, на тај начин, што се узима у обзир разлика између звезданог и средњег времена.

Нека је, на пример, потребно прећи са  $8^h 45^m$  звезданог на средње време, 18 фебруара.

У подне 18 фебруара, као што смо напред видели, звездани часовници показују  $21^h 48^m$ , тј. они предњаче од средњих за

$$21^h 48^m - 12^h = 9^h 48^m.$$

Према томе, у  $8^h 45^m$ , средњи ће часовници показивати

$$\begin{aligned} 8^h 45^m - 9^h 48^m &= -1^h 3^m, \\ -1^h 3^m + 24 &= 22^h 57^m. \end{aligned}$$

§ 35. Одређивање изгледа звезданог неба. — Умети прећи са средњег на звездано време необично је корисно при одређивању изгледа звезданог неба, јер нам звездано време даје ректасцензију звезда које у томе тренутку кулминирају.

Нађимо на пр. изглед звездана неба 26 априла, у  $11^h$  увече.

26 априла, у подне, звездано време је:  $2^h + 4^m \times 5 = 2^h 20^m$ .

26 априла, у  $11^h$  увече, звездано време биће:  $2^h 20^m + 11^h = 13^h 20^m$ .

Према томе, у  $11^h$  увече, 26 априла, у горњој се кулминацији налазе звезде чија је ректасцензија  $13^h 20^m$ . Узмимо звездану карту, или атлас, па погледајмо у којим се сазвежђима налазе звезде, чија је ректасцензија око  $13^h 20^m$ . Тако налазимо да ту ректасцензију има средина сазвежђа Девојке, затим средњи делови сазвежђа Береникина коса и Ловачки пси, и звезда  $\xi$  Великог медведа. Ова ће сазвежђа бити видљива на јужној страни неба; према западу биће сазвежђа са звездама мање ректасцензије (Лав, Рак, Близани), на истоку — звезде са већом ректасцензијом (Волар, Херкул), а на северу, опет, сазвежђа чије звезде имају ректасцензију:  $13^h 20^m + 12^h - 25^h 20^m = 1^h 20^m$ , тј. Касиопеја и Андромеда.

Помоћу обичне карте звезданог неба изглед његов је лако остварити за звезде у кулминацији, али је за дати тренутак врло тешко одредити која сазвежђа излазе, а која залазе. То се може лако постићи помоћу небеског глобуса, али је он неудобан за ношење.

За брзо одређивање изгледа неба примењује се обично „обртна звездана карта“. То је стереографска пројекција неба, на коју се поставља други један круг са прорезом. Прорез допушта да се види само онај део неба, који се може посматрати са места одговарајуће географске ширине (в. § 23). Поделе омогућују да се постављањем месеца и датума на ободу једног, а времена по ободу другог круга, одмах добије изглед звезданог неба и распоред звезда у односу на хоризонт.

## ПОСМАТРАЊА

1. Изиђите предвече на отворено место и посматрајте на источном небу појављивање звезда при настајању ноћи. Приметивши неку звезду која се појавила на небу, запишите тренутак посматрања и у посматрачкој бележници учртајте звезду тачком. Продужите са посматрањем појава других звезда у тој области неба, одредите им положаје на истом листу и нумеришите их према реду појављивања, дајући за сваки број време посматрања. Кад коначно наступи потпуни мрак, уоквирите тачке на цртежу кружићима, чије ће размере одговарати сјају звезда. Извршите ли нумерисање звезда према одговарајућој ознаци сјаја на вашем цртежу, уверићете се да видљивост звезда зависи од њихова сјаја и од осветљености неба. На основи тога може се закључити, да су дању звезде невидљиве једино због светлости неба.

2. По завршетку првог посматрања, нацртајте неколико сазвежђа на јужној и северној половини небеског свода на два полукруга<sup>1)</sup> и назначите час и минут посматрања. Исте вечери 2<sup>h</sup> касније направите опет два цртежа тих сазвежђа.

Да ли се променио узајамни положај звезда у сазвежђима? Да ли се изменио положај сазвежђа према хоризонту? На којим се цртежима (северног или јужног дела неба) та промена боље види?

3. Да бисте се уверили да се небески свод помера током времена у односу на хоризонт, изаберите било какав вертикалан предмет (на пр. мотку, телеграфски стуб и сл.) или још боље, обесите висак. Поставите затим столицу и седите тако, да можете видети неку звезду лево од вертикалног предмета и пратите је. Таква посматрања изведите у сва четири правца. Како се мења положај звезда?

Ово се посматрање може заменити још очигледнијим, ако се употреби непомицни доглед или марински дурбин (који се на пр. причврсте за какав непокретан предмет), па управе према неком небеском телу. Довољно је тада само неколико минута, да би се запазило кретање тог тела.

4. Према карти сазвежђа Велики медвед (сл. 7) испитајте до које звездане величине видите звезде слободним оком, догледом и астрономским дурбином.

5. Начините на прозочној хартији копију сл. 13 и пренесите је у своју посматрачку књижицу. Прве ведре вечери упознајте се са свима главним сазвежђима видљивим у то време на небу, и учртајте им положаје на два полукруга.

<sup>1)</sup> Као на сл. 1 и 2.

6. Измерите приступачном вам тачности угловна растојања сјајних звезда Великог медведа, и према тим подацима израдите карту сазвежђа.

7. Изаберите близу школе место са равним хоризонталним тлом, које није затворено зградама; на њему поставите гномон и проверите његову вертикалност. Гномон треба зарити око  $\frac{1}{2}$  метра у земљу, па стога најпре ископајте јаму (у уситњеној земљи — гномон се може померати), затим га поставите усправно и једновремено набијајте земљу око гнома. Кад је гномон помоћу виска доведен у вертикалан положај, да би стајао чврсто углавите око њега и набите у земљу неколико каменова.

Почињући од излаза Сунца, одређујте врх сенке гнома побивањем кочића у земљу. Радите то сваких 20—30 минута и завршите око 3<sup>h</sup> поподне.

Кад су посматрања готова, око гнома ће бити читав низ кочића (§ 13) који одређују и дужину и правац сенке. По њиховим положајима може се наћи како се кретала сенка уопште, и како се померало Сунце над хоризонтом.

Да би се одредила подневачка линија, потребно је изабрати најкраћу од свих дужина гномонове сенке, али како то није баш лако урадити, боље је искористити већ обележене крајеве сенки и наћи сенке једнаке дужине.

Лако је увидети, да најкраћа сенка мора лежати посред сенки једнаке дужине, јер сенке бивају једнаке за исте размаке времена пре и после подне.

Због тога, кад сте међу постављеним кочићима нашли оне који одговарају сенкама једнаке дужине, поделите њихово растојање на пола и наћи ћете тачку на површини земље, која мора лежати на подневачкој линији (сл. 18). Но може се догодити да сенке нису забележене у једнаком размаку од подна, па је зато боље применити ниже описани начин.

Тога ради потребно је на земљи нацртати линију кретања врха сенке гнома и то тако, да она што је могуће боље пролази кроз постављене кочиће и обележена места.

Начините петљу на врци од канапа, натакните је на гномон и помоћу ње опишите око гнома кружни лук који би секао линију врха сенке. Означите тачке пресека помоћу два кочића, затегните између њих канап и одмерите половину те дужине, па то место забележите трећим кочићем. Вежите сад канап између гнома и тога кочића и дуж њега побите ред камичака или одломака од црепа.

Тако добивена линија је подневичка линија.<sup>1)</sup>

Ако се не може наћи подесно, равно место за тај посао, начинићемо даску (таблу) на три завртња, са гномоном у средини (§ 13).

У циљу изналажења подневачке линије, даску треба поставити хоризонтално, и сва обележавања вршити оловком; а кад она буде на дасци одређена, пободу се чиоде на једном и другом крају линије и у њиховом правцу чврсто побивују у земљу два коца. Подневачка се линија може одредити и на поду собе. Тога ради се прозорско окно покрије даском са мањим кружним отвором и на поду прати кретање сунчана котура.

<sup>1)</sup> Да би се повећала тачност одређивања подневачке линије, треба горе наведену радњу извести неколико пута и од свих добивених линија узети средњи правац.

8. На отвореном месту обесите висак, па се према њему тако поставите, да му се нит поклапа са Поларном звездом. Обележите место на коме стојите и тачку под виском. Повуците линију између тих тачака и имајете правац север—југ.

9. Користећи се већ обављеним радом (или Поларном звездом), повуците у мислима небески меридијан и према звезданој карти утврдите која се сазвезђа налазе у горњој, а која у доњој кулминацији.

10. Помоћу простог угломера одредите висине и азимуте неколико сјајних звезда које сте изабрали на разним местима неба.

11. Поставите у мислима линију екватора и уочите сазвезђа која се на њему налазе. Сравните то са звезданом картом, па затим у мислима оцртајте еклиптику и запазите зодијачка сазвезђа.

12. Помоћу висиномера-еклиметра одређујте висину Сунца сваког ведрог дана око подне (између  $11\frac{1}{2}$  и  $12\frac{1}{2}$  часова). Измерене висине унесите на график, на коме је апсциса време у данима, а ордината висина у степенима.

13. Из астрономског годишњака извадите координате планета за датум кад ћете скупо посматрати. Пошто уочите положај планета на звезданој карти, потражите их на небу.

14. Посматрајте пажљиво залаз Сунца или Месеца са каквог слободног места. Нацртајте изглед котурова тих небеских тела, почев од тренутка кад се доњи руб тела дотакао хоризонта.

15. Започните посматрање кретања планета међу звездама. Израдите карту са мрежом деклинацијских кругова и паралела, означите крај њих одговарајуће вредности  $\alpha$  и  $\delta$ , и после сваког посматрања унесите на карту координате планета. Посматрања наставите за све време видљивости планета.

16. Посматрања Месечева кретања међу звездама изводите помоћу звездане карте; читавањем Месечевих координата одредите у угловној мери средњу часовну брзину Месечева кретања на небу. Ако у близини Месеца запазите с његове леве стране звезду, покушајте да посматрате „заклањање звезде“ — окултацију.

17. Измерите висину неколико сјајних звезда (најмање три) у тренутку горње кулминације. Измерите висину Поларне звезде. На основи деклинација свих тих звезда узетих из годишњака, одредите затим висину пола, начините њену средњу аритметичку вредност, па је упоредите са измереном висином Поларне звезде.

18. Пошто поставите у правцу линије меридијана висак и стуб са плочицом, која има отвор од око 4 мм пречника, посматрајте неколико узастопних вечери пролаз једне исте звезде кроз меридијан. Одређујте притом време ако је могуће по што тачнијем часовнику, кога ћете свакодневно проверавати помоћу радија.

19. Према тренутку кулминације неке сјајне звезде нађите поправку свога часовника.

#### Задаци и питања:

1. Колико звезда 5-те величине имају исти сјај као једна 1-ве величине.

2. Неко је при посматрању звезде приметио да се она све више уздиже према хоризонту. На коју је страну посматрач гледао — источну или западну?

3. Посматрајући кроз десни прозор вагона (рачунато према правцу кретања воза) путник је видео Поларну звезду најпре у правцу кретања воза, а после неког времена право кроз прозор. У коме је правцу воз изменио своје кретање?

4. Извидник крене изјутра у смеру Поларне звезде. После Сунчевог излаза он треба да се врати натраг. Како извидник мора да иде ако се управља по Сунцу и ако му је за повратак потребно један час хода?

5. На Земљиним полу се Поларна звезда види у зениту. Какав положај заузима тамо екватор?

6. На Земљиним екватору пролази небески екватор кроз зенитску тачку. Да ли се са њега види Поларна звезда, и ако се види, на коме месту небеског свода?

7. Да ли се хоризонтске координате небеских тела мењају у току времена?

8. У којим се деловима небеског свода зенитско растојање повећава, а у којима опада?

9. Азимут небеског тела је  $45^\circ$ , а висина  $60^\circ$ . На којој страни неба треба тражити то небеско тело?

10. Када је висина Сунца  $0^\circ$ ?

11. Када је његов азимут  $0^\circ$ ?

12. Висина пола над хоризонтом је  $44^\circ 48'$ . Колики угао заклапају раван екватора и хоризонтска раван?

13. Висина звезде која лежи на небеском екватору износи у тренутку горње кулминације  $45^\circ 12'$ . Колика је висина пола?

14. Одредите ширину места у коме је зенитско растојање звезде, чија је деклинација  $60^\circ 20'$ , у тренутку горње кулминације  $15^\circ 32'$  северно од зенита.

15. За колико су степени од небеског пола удаљене звезде деклинација  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ?

16. Колика је деклинација звезде чија је поларна даљина  $40^\circ$ ?

17. Деклинација је небеског тела  $+30^\circ$ , а ректасцензија  $7^h$ . У коме се сазвезђу тело налази?

18. У астрономском годишњаку дате су екваторске координате планете Марса у 1941 години:

|               |  |
|---------------|--|
| 1 јул         | 0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> — 3° 14' |
| 16 „          | 0 34 — 0 18                            |
| 1 август      | 1 2 — 0 17                             |
| 16 „          | 1 22 + 4 1                             |
| 1 септембар   | 1 34 + 4 57                            |
| 16 „          | 1 32 + 4 53                            |
| 1 октобар     | 1 19 + 4 7                             |
| 16 „          | 1 0 + 3 12                             |
| 1 новембар    | 0 46 + 2 54                            |
| 16 „          | 0 49 + 3 38                            |
| 1 децембар    | 0 51 + 5 16                            |
| 16 „          | 1 7 + 7 31                             |
| 1 јануар 1942 | 1 31 + 10 21                           |

Опозиција Марса била је 10. октобра 1941; његов привидни пречник износио је  $22''.6$ , а растојање од Земље 58 мил. километара.

Нацртајте на звезданој карти Марсову путању међу звездама.



19. Помоћу звездане карте, на којој је означена еклиптика, покажите (приближно) тачку на којој се Сунце данас налази, и тачку у којој ће се налазити кроз месец дана.

20. Како лежи еклиптика у односу на хоризонт Северног пола?

21. Колики је азимут Сунца у тренутку његова излаза на екватору (висина пола  $0^\circ$ ) 21. марта? 22. јуна? 22. септембра? 22. децембра?

22. У које се доба (месец и датум), у поноћ, еклиптика налази у највишем положају над хоризонтом?

23. Висина пола је  $45^\circ$ . Сунце је у подне имало висину од  $45^\circ$ , а неколико дана касније  $45\frac{1}{2}^\circ$ . У које су доба године извршена посматрања и колика је била деклинација Сунца?

24. Колика је висина пола у месту на Земљи, где је висина Сунца у подне, 22. јула,  $69^\circ 38'$ ? Колика је висина Сунца у истом месту у подне, 22. децембра?

25. Одредите (према обрасцу) највећу подневну висину, на коју се пење Сунце у вашем месту; најмању висину; данашњу подневну висину.

26. Деклинација звезде  $\alpha$  Лабуда је  $+ 45^\circ 2'$ . На коликој ће се зенитској даљини она налазити у тренутку горње кулминације, у месту где је висина пола  $44^\circ 48'$  (Београд)?

27. Колика је висина пола места на Земљи, где се 22. јуна тренутак свршетка астрономског вечерњег сумрака поклапа са почетком јутарњег астрономског сумрака?

28. Колика је висина пола места на Земљи, где се 22. јуна у поноћ, Сунце спушта само за половину свога котура испод хоризонта (пречник Сунца је  $32'$ ; претпоставити да нема рефракције)?

29. Висина пола је  $44\frac{1}{2}^\circ$ . Означите на карти сазвежђа која се стално виде изнад хоризонта.

30. Звезда  $\alpha$  Кочијаша види се у тренутку доње кулминације на хоризонту. Колика је висина Поларне звезде?

31. Колико је звездано време у тренутку кулминације звезде  $\alpha$  Орла?

32. Које звезде пролазе кроз меридијан места 3. октобра у  $10^h 30^m$  увече? Која су сазвежђа већ прошла кроз меридијан и видљива на југозападу, а која су видљива на југоистоку?

33. Звезда  $\beta$  Малог медведа посматрана је у доњој кулминацији, у  $5^h 59^m 33^s$  по звезданом часовнику. Колика је поправка часовника?

34. Астроном је посматрао пролаз небеског тела кроз меридијан (горња кулминација) у  $7^h 35^m 15^s$ , 4 звезданог времена и одредио зенитско растојање небеског тела  $45^\circ 12'$ . Поправка часовника, одређена те вечери, била је  $+ 0^m 33^s$ . 4. Које су координате небеског тела, ако је висина пола  $44^\circ 48'$ ?

35. На улазу у Беломорско-балтички канал посматрана је висина пола  $64^\circ 33'$ . На којој се висини над хоризонтом налази тамо Сунце у подне, 22. децембра?

36. Колика је ректасцензија Сунца 7. новембра, ако је временско изједначење тога дана  $-13^m$ ?

37. Сазвежђе Великог медведа налази се у равни меридијана, на северној страни неба, 20. новембра. Одредите средње месно време.

38. На којој се висини види Сунце на Јужном полу 22. децембра?

39. Сунчани часовник показује 15. јула  $4^h$  поподне. Које време треба да показује часовник по месном времену, а које по звезданом?

## ОБЛИК ЗЕМЉЕ И ЊЕНО ОБРТАЊЕ

**§ 36. Развој схватања о облику Земље.** — У древна времена, кад људи нису имали потребе нити могућности да се сувише удаљују од места свога становања, сматрало се да је Земља облика плоче. По тадањем схватању небо је било слично преврнутој чаши, по којој су се кретали Сунце и звезде. Али и блиска удаљавања од места становања приморала су људе да изаберу какве било знаке (репере) по којима се могу управљати приликом кретања. Један од таквих репера, и један од најпоузданијих, биле су оне звезде, које незнатно мењају свој положај због близине небеском полу.

Тако је још од самог почетка човекова живота његово познавање Земље било везано за изучавање неба, а привредне су потребе, касније, и развој трговачких односа захтевали све удаљенија путовања и подробније испитивање неба.

Као резултат путовања упознавање је Земљине површине постајало све потпуније, иако је још дуго преовлађивало гледиште да је Земља равна плоча.

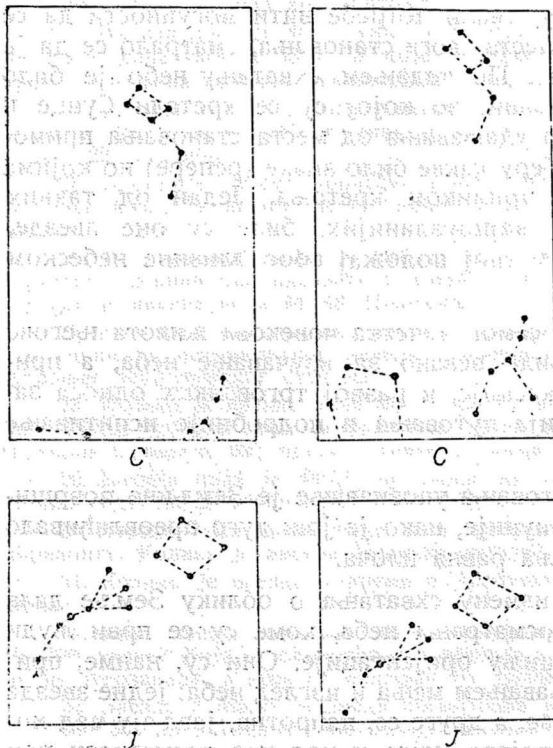
Први повод за измену схватања о облику Земље дала су баш практична посматрања неба, коме су се први људи морали обраћати у циљу оријентације. Они су, наиме, приметили да се са удаљавањем мења и изглед неба: једне звезде грестају бити видљиве, а друге се, напротив, јављају над хоризонтом. Таква се појава може и код нас посматрати при путовању од најсевернијих области наше земље у најјужније пределе, или обрнуто.

Слика 40. приказује једновремени изглед истих сазвежђа у Битољу (лево) и Бараждињу (десно). Померање из Битоља у Бараждињу даје осетну промену изгледа неба. Упоредимо ли делове слике, видимо да је Поларна звезда у Бараждињу виша него у Битољу, али се зато на јужној страни неба сазвежђе Скорпиона у Бараждињу не види цело, док је у Битољу високо над хоризонтом. Према томе, кретању на Земљи са севера на југ одговара увек померање небеске сфере: њени се северни делови спуштају, а јужни уздижу. Овој



чињеници треба додати још и то, да свуда, на сваком месту на Земљи, хоризонт има кружни изглед.

Према асирско-вавилонском схватању Земља је полулоптасти брег, над којим се простире чврсто небо, а целокупно то „здање“



Сл. 40. — Положај сазвежђа на јужном и северном делу неба у Битољу (лево) и у Вараждину (десно).

лежи на светском океану. У тој претстави (сл. 41) огледа се и познавање далеких предела (светски океан, полулоптасти брег), и велика наивност у то доба, (као да се светски океан могао било где налазити) и слепа вера у натприродно, што су је подржавали жреци.

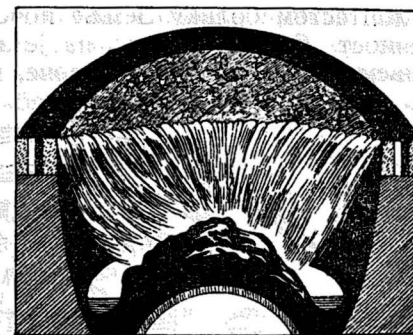
Даљи развој трговачких односа, путовања Феничана и Грка. поход Александра Македонског до саме Индије, све је то дало не само нове закључке о површини Земље, већ и довело у сумњу схватања о равном или полулоптастом облику Земље. Посматрања Месечевих помрачења, за време којих је на Месечеву котуру примећен несумњиво округли руб Земљине сенке, показивала су да је Земља лоптастог облика.

Велики грчки учењак Аристотел, који је живео у IV веку пре наше ере, развио је и установио учење о лоптастом облику Земље. Аристотел је тврдио да сва „тешка“ тела на-

стоје да се приближе средишту света, и, скупљена око тог средишта, образују Земаљску лопту. Гледиште Аристотелово, које су прихватили не само његови савременици, већ и каснија поколења грчких учењака, положило је основу грчком учењу о саставу света (в. § 37) и довело до првих покушаја одређивања димензија Земљине лопте (Ератостен).

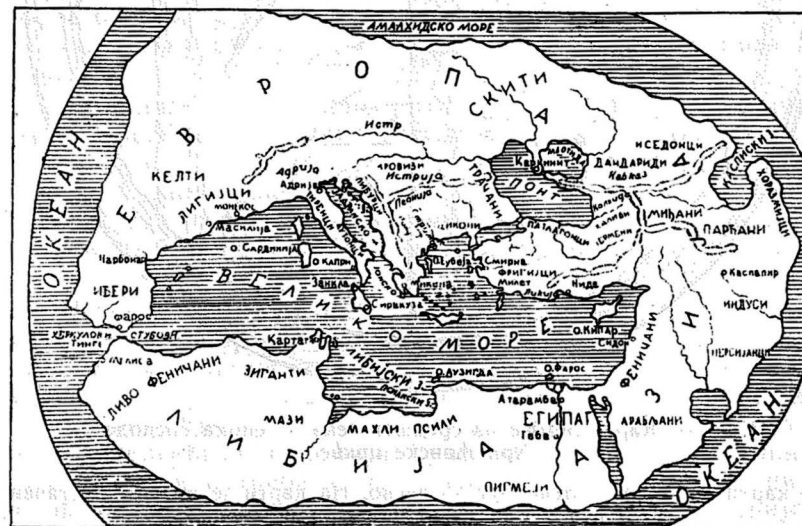
О висини на којој је у то време стајало познавање Земљине површине, може се делимично судити према географским картама из Аристотелова доба. На сл. 42. види се

стоје да се приближе средишту света, и, скупљена око тог средишта, образују Земаљску лопту. Гледиште Аристотелово, које су прихватили не само његови савременици, већ и каснија поколења грчких учењака, положило је основу грчком учењу о саставу света (в. § 37) и довело до првих покушаја одређивања димензија Земљине лопте (Ератостен).



Сл. 41. — Земља и небо према вавилонском схватању.

О висини на којој је у то време стајало познавање Земљине површине, може се делимично судити према географским картама из Аристотелова доба. На сл. 42. види се

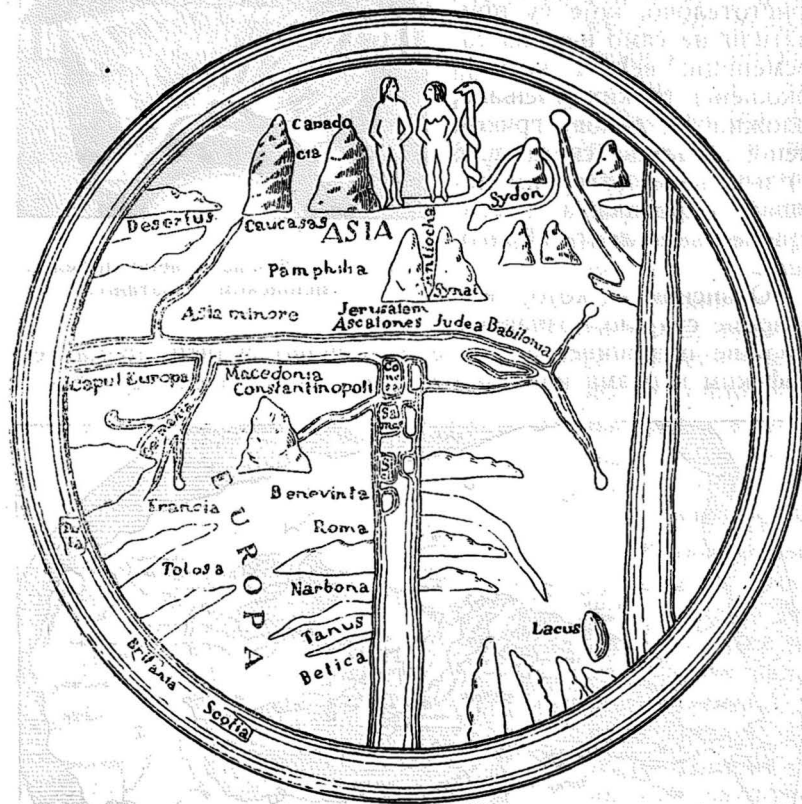


Сл. 42. — Хекатејева карта Земље (V в. пре наше ере). Удртана копна и мора на карти врло су упечатљива.

да је грчки историк и географ Хекатеј, у V веку пре наше ере, дао правилну карту оног дела Земљине површине, који је у то време био познат.

Но кад је хришћанска религија загосподарила Римском империјом и започела прогањање „јеретичке науке“, учење

о лоптастом облику Земље почело се сматрати за противуречност „Светом писму“, па је замењено примитивним схватањем Земље као равне плоче, прекривене чврстим поклоп-



Сл. 43. — Карта Земље из средњег века — епоха господства Хришћанске цркве.

На карти је север — лево, југ — десно. На карти је потпуно нетачан распоред и положај мора и копна.

цем — небеским сводом. Реакционарни појмови цркве јасно су се испојили и на практичним знањима уопште. Иако је у време Хекатеја карта Земље била блиска стварности, у средњем веку су географске карте биле фантастичне (сл. 43.). На слици 43. Земљина је површина тако приказана, да се северне области налазе лево, а јужне десно. Узмете ли у обзир ту оријентацију и ако упоредите слике 42. и 43. лако ћете се

уверити у примитивност друге слике. Познати приказ Евразијског копна (континента) нећете на њој наћи, али су зато, угодно цркви, дате „свете“ земље, Јерусалим и замишљени рај. Шта више, кад се Колумбо крајем XV века спремао на свој знаменити пут преко Атланског океана, морао је да отрпи изазивања и потсмех од стране „отаца“ хришћанске цркве, који су одрицали могућност да се западним морским путем може допловити у Индију. Магеланов пут око света доказао је, коначно, да је Земља издвојена у простору, да нема никаквих ослонаца и да је очевидно лоптаста облика.

**§ 37. Обртање Земље.** — Као што смо видели, својим супротстављањем грчком учењу о лоптастом облику Земље, црква је временски много омела напредак знања о Земљи. Код учења о обртању Земље и њеном кружењу око Сунца опиранје цркве било је још много жешће.

Посматрачи из древно доба мислили су да се небо заиста обрће око Земље. Па ако су путовања могла оповргнути теорију да је Земља равна плоча, теорију о њеној непокретности оборила су посматрања кретања небеских тела, која су путницима служила за одређивање правца кретања и времена.

У античкој Грчкој био је опште признат геоцентрички систем света (ге — грчки, Земља); по њему се лоптаста Земља налази у средишту света, а око ње круже сва небеска тела — Сунце, планете, звезде. Тај се систем често назива Птолемејев систем, по имену грчког учењака Птолемеја, који га је подробно изложио у свом делу, познатом под арапским називом „Алмагест“, што значи „Велики састав“.

Птолемеј, који је живео у II веку, био је један од најистакнутијих астронома, а у својим делима је сакупио све резултате астронома свога доба. Његова теорија о обртању небеских тела око Земље била је геометријски довољно оштроумно објашњена, па се могла и практично искористити за предвиђање положаја Сунца и планета. Све тачнија посматрања и потреба за све тачнијим предвиђањима нису се напослетку могле задовољити Птолемејевом теоријом (в. § 62.).

Хришћанска је црква признала Птолемејеву теорију доста касно — уствари тек у XIII веку, — а до тог времена њени су приврженици, као што смо видели, одбијали да прихвате учење о лоптастом облику Земље. Непопустљиви средњовековни монаси су претстављали Земљу и небо у виду кружне плоче, наткривене прозрачним капком са звездама, иза кога се налази „божанска небеска машина.“ Напреднији су учењаци због тога били противници таквог гледишта о



свету, а многи међу њима, каткад и недовољно опредељени, тврдили су не само да је Земља лоптаста облика, него и да се обрће.



Сл. 44. — Никола Коперник (1473-1543).

Те је идеје допунио и изложио јасно тек *Никола Коперник* (сл. 44), који је после дугогодишњих испитивања и посматрања, у књизи „О кретању небеских тела“ развио и основао учење о кружењу Земље (подробније о значају Коперникова учења и његовим последицама вид. § 69.).

**§ 38. Докази за лоптасти облик Земље.** — Неколико доказа о кривини Земљине површине, њеној издвојености у простору и лоптастом облику битни су.

Површина је Земљина крива, јер:

1. При посматрању брода који се приближава посматрачу, најпре се појављује катарка, а затим његов труп.

2. Пењањем на висину повећава се даљина видика, па се због тога брод може приметити на много већој даљини (сл. 45.).

3. После Сунчева залаза врхови гора, или високи апарати (балон, авион), осветљени су још неко време, јер Сунце које је зашло за посматрача у тачци А (сл. 45.), није још зашло за посматрача у тачкама В и С.

4. При кретању посматрача по површини Земље мења се висина небеског пола.

Земља је издвојена у простору, јер:

5. Кружни пут око света јасно показује да се путовањем стално у једном истом правцу може понова доћи у полазно место.

Земља је лоптаста облика, јер:

6. При кретању по Земљиној површини посматрач види себе увек у средишту круга, а то је могуће само онда, ако се он налази на лоптастој површини.

7. У време помрачења Земљина сенка, која пада на Месец, има увек изглед круга, а округлу сенку при ма каквом положају може имати само лоптасто тело.

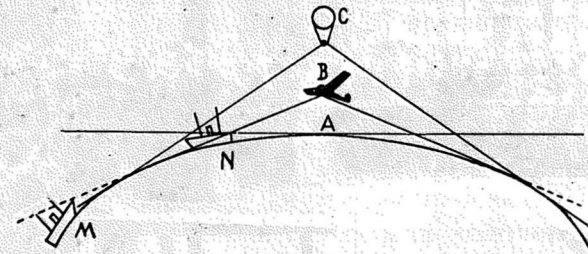
Ми унеколико грешимо кад кажемо да је Земља лоптаста; у даљем излагању размотрићемо за колико Земљин облик отступа од геометриског појма лопте. Тачна гео-

детска мерења доказују нам кривину Земље, но истовремено и уверавају да она није баш права лопта.

**§ 39. Докази за Земљино обртање.** — За потврду Земљина обртања немогуће је навести тако проста запажања, као код доказа за лоптасти њен изглед. Непосредно осећање не само што нам не даје, већ и не показује да се Земља стварно креће. Кад из воза посматрамо кроз прозор други воз, у кретању, ми често нисмо у стању да одредимо који је од њих двају стварно пошао.

Непосредних доказа за стварност Земљина обртања у Коперниково доба није још било, јер се није знало ни за законе механике, помоћу којих се ти докази коначно и дају.

У суштини, сви докази о Земљиним обртањима имају за основу закон инерције и независности кретања. Један од експерименталних доказа, заснован на инерцији клатна, у



Сл. 45.

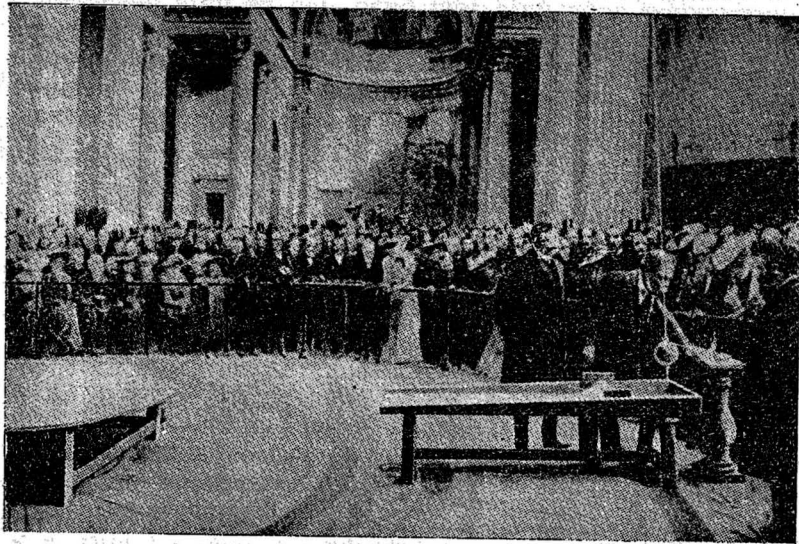
томе је, да равна осциловања задржава свој положај у простору без обзира на обртање статива о који је клатно обешено.

Замислимо тешко, дугачко клатно, обешено о предмет који почива на површини Земље. Претпоставимо, сем тога, да смо му омогућили клаћење у равни меридијана. Кроз извесно време Земља ће се обрнути за извесан угао, док ће клатно осциловати у првобитном правцу. Нама, међутим, који се налазимо на Земљиној површини и са њом крећемо, изгледаће да се клатно удаљило од претходне равни свог осциловања, и клати се не у равни меридијана, већ по линији која с њим заклапа извесан угао.

Такав је оглед извео физичар Фуко 1851 г. у Паризу, искористивши у ту сврху високо здање париског Пантеона. При томе се на најсјајнији начин потврдило учење о обртању Земље, — клатно се удаљавало од првобитног правца сваке минуте баш за онај износ који је рачуном предвиђен.

Лако је увидети да би при таквом огледу на половима Земље скретање клатна било  $15^\circ$  за 1 час. На свакој другој ширини кретање је утолико мање, што је место огледа ближе екватору. На екватору нема уопште скретања.

Фуко-ов оглед је много пута понављан (сл. 46.) и на разним местима на Земљи. Тако се у Лењинграду он показује публици у Антиралигиозном музеју, много већим и дужим клатном него у свим претходним огледима.



Сл. 46. — Обнављање Фуко-овог огледа у париском Пантеону 1902 год.

Сви су огледи са Фуко-овим клатном давали и дају један исти резултат — раван се клаћења помера онако, као што треба да одговара обртању Земље.

Други се доказ за обртање Земље добива при падању тела са велике висине. Замислимо какав високи торањ, који се креће заједно са Земљом (сл. 47); његова основа и врх имају различиту линеарну брзину кретања. Брзина је на врху већа него у подножју. Замислимо сад, да је какав тешки предмет, који се налази на врху торања, склизнуо и почео падати према тлу. Падајући тај ће предмет сачувати

свој правац кретања. За један исти временски размак врх торања и његово подножје прећи ће различите путеве: врх — већи од подножја. Због тога ће предмет, који пада с врха торања, стално отступати од вертикалног правца и дотакав се тла, лежаће источно. То „скретање ка истоку при слободном падању тела“ је утолико веће што је висина падања већа. Његова се величина може теоријски одредити.

Оглед се са падањем тела не може вршити у слободном ваздуху, јер случајна ваздушна струја или ветар, могу довести у питање износ скретања, које је и онако незнатно.

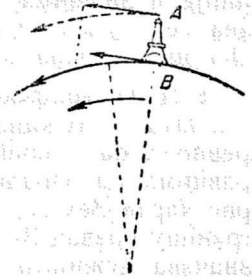
Такви су огледи обично извођени у дубоким јамама, па је том приликом на несумњив начин утврђено, да је скретање по својој вредности врло блиско теориском.

При првом таквом огледу (1804. г.), који је извршен у унутрашњости вертикална бунара, дубине 85 м., скретање је износило 11.4 мм., а теориска вредност је била 10.5мм. Разлика је сасвим мала (0.9мм.), и може се потпуно објаснити случајним ваздушним струјањем у унутрашњости јаме.

На тај начин, два описана огледа несумњиво доказују стварност Земљина обртања.

**§ 40. Привидни и математички хоризонт.** — У претходном поглављу рассмотрели смо читав низ појава која се запажају са Земљине површине. Полазећи од теорије лоптаста облика Земље, све те појаве можемо сад понова прегледати и разјаснити. Посматрача можемо замислити као тачку на површини лопте.

Раван која пролази кроз неку тачку на површини Земље, а управна је на вертикални правац, договорили смо се да називамо хоризонталном равни. Хоризонтална раван може или додиривати површину Земље, или бити изнад ње. Линију пресека небеске сфере са хоризонталном равни називаћемо *математички хоризонт* места посматрања. Уствари, посматрачево је око увек изнад Земљине површине. Отуда је и линија пресека хоризонталне равни са небеском сфером, увек нешто виша, него видљива граница Земљине површине. Ту граничну линију зваћемо *привидни хоризонт* (в. § 4.). Математички хоризонт дели увек небеску сферу на пола, а привидни допушта да се види утолико већи део небеске сфере, што је посматрач на узвишенијем положају (сл. 45.). Кад



Сл. 47.

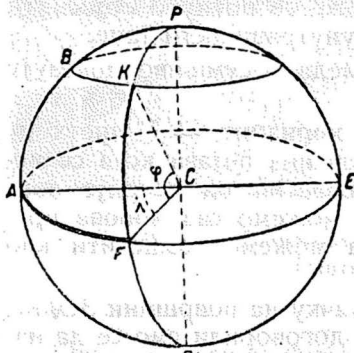


стојимо на брегу веће надморске висине, или кад се подигнемо увис (ваздушни брод, авион), привидни хоризонт нам се оцртава као равна кружна линија. Угао између хоризонталне линије и визирног правца према привидном хоризонту, назива се *спуштање (депресија) хоризонта*. Тај је угао тим већи, што је већа посматрачева висина.

**§ 41. Географске координате.** — Називи географских координата — дужина и ширина — врло су старог порекла; у древно доба површина је Земље била проучавана само по правцима од запада на исток и с југа на север. Отуда су прве карте Земље, у облику правоугаоника, имале за дужу страну правца З—И, што је и дало повода да се тај правац означава дужином.

Лук великог круга, који пролази кроз Земљине полове и даје место на њеној површини, назива се *меридијан тога места*. На површини Земље можемо замислити колико хоћемо меридијана. И зато је потребно назначити угао што га заклапа раван датог меридијана са равни било кога другог који је усвојен за почетни.

Угао између равни меридијана датог места и равни почетног меридијана назива се *географска дужина*.



Сл. 48.

Дужина се рачуна у правцу обртања Земље и изражава било у угловној мери (тј. у степенима, минутима и секундама), било у временским јединицама (час, минут, секунд).

Може се тако исто рећи да је дужина лук између почетног и датог меридијана, мерен по Земљину екватору, или по кругу који му је паралелан. Као почетни узима се меридијан који пролази кроз астрономску опсерваторију у Гринуичу (Енглеска, близу Лондона).

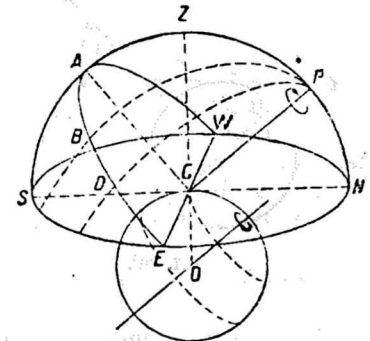
Угао FCK (сл. 48.) између равни екватора и правца из средишта Земљине лопте, кроз тачку на њеној површини, зове се *ширина места*; иначе може се рећи: *географска ширина је лук меридијана између екватора и дате тачке*. А како се од екватора ширина може рачунати и према северу и према југу, усвојено је да се северна ширина означава знаком + (плус), а јужна знаком — (минус). Кругови на Земљиној лопти, који везују места исте ширине, називају се паралели.

**§ 42. Земаљска лопта и небеска сфера.** — У првом поглављу упознали смо се са неким појмовима у вези са привидним појавама, које се догађају на небеском своду, и претставили раван хоризонта, меридијана и подневачку линију онако, као што их у мислима постављамо, налазећи се на површини Земље. Делимице прешли смо затим са привидног на стварно, кад смо Земљу посматрали као обртну лопту, а раван хоризонта као додирну равн њене површине. Тај ћемо прелаз закључити путем даљег разликовања привидног од стварног.

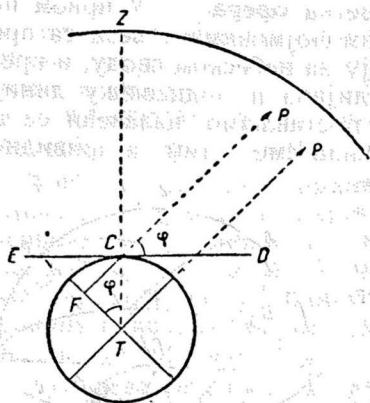
Почнимо тиме да посматрач С на површини Земље (сл. 49.) види сва тела на звезданом небу у истом правцу као и посматрач који би небо посматрао из средишта Земље. То излази из чињенице да су Земљине димензије занемарљиво мале у поређењу са растојањем звезда. Продужена Земљина оса обртања има правац према некој тачци небеског свода, коју посматрач С види у том правцу. Замислимо део небеске сфере са средиштем у С. Линија CP — светска оса — паралелна је оси Земљина обртања; CZ је правац зенита — и претставља продужење Земљина полупречника из средишта кроз тачку С. Раван NPZS пролази кроз светску осу и вертикалну линију. За посматрача у тачки С то је раван небеског меридијана, али је иста раван и раван географског меридијана кроз тачку С; правац подневачке линије CN је и правац географског меридијана у тачки С. Раван небеског екватора EAW је паралелна са равни Земљина екватора, а правац EW додирује паралел тачке С. Земља се обрће у смеру W → E (ако се посматра са Северног пола) и односи са собом посматрача С; посматрачу у С изгледа, међутим, да се небеска сфера обрће у смеру E → W и кроз његов меридијан пролазе деклинацијски кругови PA, PB, PD.

Ако се посматрач креће по Земљиној површини, и небеска се сфера помера с њим; притом се мења не само висина светског пола, већ и положај небеског екватора.

**§ 43. Ширина места и висина пола.** — Говорили смо већ да се висина пола над хоризонтом мења у зависности од посматрачева места на Земљи. Није тешко доказати да је висина пола над хоризонтом једнака ширини тога места. На сл. 50. приказан је пресек Земљине лопте и небеске сфере



Сл. 49.



Сл. 50.

равни која пролази кроз осу Земљина обртања и тачку посматрања С. Из тачке С посматрач види пол у правцу Р, а зенит места у правцу Z. Раван CZP је раван посматрачеве небеског меридијана. Угао PCD је висина пола над хоризонтом, а угао STF ширина места. Лако је видети да су углови  $\angle PCD$  и  $\angle STF$  једнаки као углови са узајамно управним крацима. Одавде произлази веома важан закључак: *ширина места једнака је угловној висини пола над хоризонтом.*

Како смо већ извели образац за висину звезде у тренутку њене горње кулминације  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , где је  $\varphi$  висина пола, то га сад можемо применити не само за одређивање висине небеског тела кад је позната ширина, него и обрнуто, на одређивање ширине, кад су нам дати висина и деклинација небеског тела у тренутку његове горње кулминације.

Користећи се овим закључком није нам тешко претставити и изглед звезданог неба, и низ појава у вези са обртањем небеске сфере.

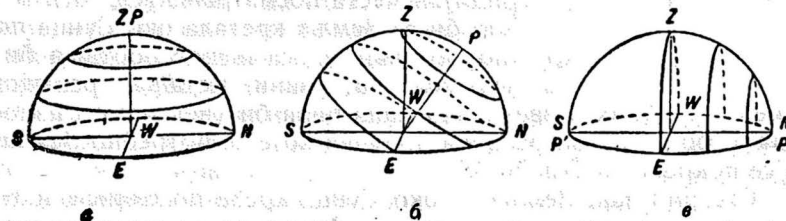
Почнимо расматрања са северним Земљиним полом. Посматрач који се на њему налази видео би небески пол у зениту, а небески би се екватор поклапао са хоризонтом; небеска тела неће ни излазити ни залазити, већ ће се кретати паралелно хоризонту. Сваки правац у равни хоризонта лежаће у равни неког меридијана, полудневних лукова нема, а исто тако ни страна хоризонта. Ма у ком месту северне ширине појаве се догађају онако као што смо већ видели у расматрањима главе I. На земаљском екватору небеска оса лежи у равни хоризонта, небески екватор пролази кроз зенит места, а дневно кретање небеских тела врши се управно на хоризонт (сл. 50-а).

На јужној полулопти Земље све се догађа као и на северној, само се тела у односу на посматрача крећу с десна на лево.

Како Сунце, при кретању по еклиптици, може да има деклинације између  $+23\frac{1}{2}^\circ$  и  $-23\frac{1}{2}^\circ$ , то са полова може оно бити једновремено видљиво само у дане равнодневица, док се у свако друго време види са једног или другог пола.

На половима дан и ноћ трају по шест месеци, а излаз и залаз Сунца, који су условљени његовим кретањем по еклиптици, продужују се после његова пролаза кроз еквинокцијске тачке још за 33 часа.

На северном полу излаз Сунца почиње нешто пре пролећне равнодневице.<sup>1)</sup> До дана летњег солстиција Сунце се у сталном кретању по небеском своду пење до  $23\frac{1}{2}^\circ$  висине, а затим опет спушта према хоризонту. Оно залази нешто после јесење равнодневице. Од пола до поларног круга (повратник, — ширина  $66\frac{1}{2}^\circ$ ) у току године наступају два периода: светли и тамни, кад Сунце или не залази или не излази. Ти су периоди утолико краћи уколико је место ближе ширини  $66\frac{1}{2}^\circ$ . На самом повратнику (ширина  $66\frac{1}{2}^\circ$ ) на дан летњег застоја (солстиција) Сунце не залази, већ се у поноћ само дотиче хоризонта. На дан зимског солстиција оно се ту не би појављивало, али се због рефракције и привидна полупречника види кратко време над хоризонтом.



Сл. 50а. — Дневне путање небеских тела у односу на хоризонт посматрача, који се налази: а) на северном Земљиним полу, б) на средњим ширинама и в) на екватору.

Од те ширине, па до  $23\frac{1}{2}^\circ$  Сунце излази и залази, али никад не доспева у зенит места посматрања. На ширини  $+23\frac{1}{2}^\circ$  Сунце се налази у зениту један једини пут у години — на дан летњег солстиција.

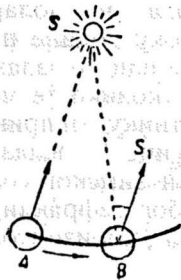
На екватору је дан увек једнак ноћи, а Сунце се налази у зениту двапут у години, у дане равнодневица.

**§ 44. Обртање Земље и мерење времена.** — Ми смо се већ упознали са основним временским размацима: правим, средњим и звезданим даном. Ако посматрамо сад лоптасту, обртну Земљу, можемо разјаснити и проширити појам одређивања времена и поправке часовника.

<sup>1)</sup> Тај најранији излаз условљен је двома околностима: 1. Сунце има привидни пречник око  $\frac{1}{2}^\circ$  и због тога се његов горњи руб појављује над хоризонтом већ онда кад деклинација Сунца (негативна) износи  $\frac{1}{4}^\circ$ ; 2. рефракција, која привидно издиже небеска тела, омогућује да се горњи руб Сунца види кад се он налази на неких  $\frac{1}{2}^\circ$  испод математичког хоризонта.



Поставите упаљену лампу на извесном отстојању од Земљина глобуса са пободеном иглом, која претставља гномон. Обрћући глобус произвешћете за неко место на његовој површини смену дана и ноћи и померање гномонове сенке. Таквим моделом није нам тешко објаснити да у подне сенка гномона пада дуж земаљског меридијана и да ће у један исти тренутак на разним меридијанима бити разво време: у западним деловима — јутро (доподне), у источним деловима — вече. Кад се Земља не би кретала око Сунца, временски размак између два подна у једном истом месту био би једнак звезданом дану. Уствари, због кретања Земље по њеној путањи, свако следеће подне наступа нешто касније од завршетка пуног обрта око њене осе, и то за онолико, колико је потребно да се она окрене за  $\sphericalangle S_1BS$  и да Сунце поново дође у меридијан места посматрања (сл. 51).



Сл. 51.

Кад би се Земља кретала око Сунца по кружној путањи, а оса њеног обртања била управна на равни кетања, разлика између сунчаних и звезданих дана била би увек иста и износила  $3^m 56^s$ , тј. као разлика времена које је потребно Земљи да се покрене за угао  $S_1BS$ .

Стварно пак, Земља се око Сунца креће по елипси, и то лети нешто спорије него зими. Са Земље ми то опажамо као неравномерно Сунчево кретање по еклиптици, те за упрошћење мерења времена уводимо поред правог Сунца и појам средњег Сунца.

**§ 45. Месно време и географска дужина.** — Помоћу простог модела, описаног у претходном параграфу, лако је увидети да се Сунце, посматрано у једном истом физичком тренутку са сваког меридијана на Земљи види под разним угловима према небеском меридијану места посматрања. Ако изаберемо ма који меридијан с географском дужином  $L$ , на коме је у датом тренутку подне, из неког другог места на Земљи, с географском дужином  $L_1$ , видеће се да Сунце отступа од небеског меридијана тога места за изван часовни угао.

За та два места, дакле, Сунце се у једном истом физичком тренутку не налази у једном истом положају према равни њихових меридијана. Свако од тих места има своје „месно“ време, једнако часовном углу Сунца. *Разлика месних времена једнака је разлици часовних углова Сунца*, или, што је исто, временском размаку који протекне од Сунчевог пролаза кроз меридијан првог места, до његовог пролаза кроз

меридијан другог места. Како је небески меридијан пресек равни Земљина меридијана с небеском сфером, разлика је између часовних углова једнака углу између равни меридијана  $L$  и  $L_1$ , тј.  $L - L_1$ .

Свако место на Земљи има своје „месно“ време, и разлика географских дужина једнака је разлици времена та два места. Отуда је уобичајено да се географске дужине тачака на Земљи изражавају не само у лучној мери, него и у временским јединицама, сходно вези  $360^\circ = 24$  часа.

**§ 46. Међународно зонско одређивање времена.** — Месно време би у потпуности задовољавало потребе кад би људи усамљено живели, и кад не би имали могућности брзог путовања. Савремени живот човечанства, са усавршеном техником брзих путовања и још бржом међусобном везом (телеграф), захтева већу једнообразност у одређивању времена. Узмите, доиста, путника који креће из Београда на исток. Он би морао непрестано да гледа на часовник и дотерује га тако, да казаљке на њему показују увек месно време сваког од безбројних меридијана што их прелази. То би заиста било крајње незгодно. И да би се отклонила та незгода, установљено је за читаву Земљину лопту зонско одређивање времена. Замислимо Земљину лопту подељену на 24 једнаке области, омеђене меридијанима, на растојању  $15^\circ$  један од другог. Средњи меридијани свих тих области разликоваће се у свом месном времену за равно 1 час. *Те су области назване зоне. Сва места обухваћена том области не рачунају време по својој месном времену, већ по времену средњег меридијана своје зоне.* Отуда се то конвенционално зонско време може разликовати од месног за највише пола часа.

Наш путник, који из Београда креће према истоку, мора дакле да помера казаљке свога часовника за по један час напред сваки пут кад прелази погранични меридијан. Зоне се обележавају бројкама које показују за колико време у њима предњачи од времена нулте, Гриничке зоне. Западна Европа обухвата две зоне (нулту и 1-ву, средње-европску), С. С. С. Р. обухвата 10 зона (од 2-ге до 12-те).

Увођење зонског времена предложено је и прихваћено на међународној конференцији, на којој су узеле учешћа многе државе. Било би ипак незгодно да се границе зона равнају тачно према меридијанима, јер би се тада могле одвојити и области које су иначе економски повезане. Због тога зонске границе, уопште, иду по меридијанима, али се држе и тока обласних граница или пограничних река.

Из економских разлога (уштеда на светлосној енергији, итд.) у садање се доба у многим земљама одлуком управних

власти време лети помера за 1 час напред, и то је тзв. летње време.

Развојем међународних односа и сретстава за везу појавила се и неопходност увођења „датумске границе“ на Земљиној површини.

Замислимо путника, који полази на кружно путовање око Земље, и одлази према истоку. Прелазећи из једне зоне у другу, он ће 24 пута померати свој часовник за један час напред, па ако би на његовом часовнику била казаљка (што и постоји погдекад) који означава дане, за време његова кружног пута та би се казаљка померила за једну поделу више, него на часовнику у месту откуда је пошао. Из тога излази, да би за путника који се креће у правцу обртања Земље дани били нешто краћи, и обиласком око Земље он би учинио један обрт више. Путнику, који иде на запад, догодило би се обрнуто. Ако би сваки од ових двају путника имао уза се календар са листићима који се цепају, идући на исток они би отцепили један листић више, а идући на запад један листић мање, него да су остали у једном истом месту. У сваком месту на Земљи дани се рачунају од поноћи, а свако место има своје „месно“ време, па је зато почетак дана за разна места различит.

С обзиром на то установљена је „датумска граница“, — линија која приближно иде меридијаном  $180^\circ$  дужине. Источно од те линије датум је у месецу увек за један мањи, него западно. Отуда капетан брода, при прелазу датумске границе са запада на исток, двапут рачуна један исти датум и тиме отклања горе поменути разлику у рачунању времена. При прелазу датумске границе са истока на запад један се дан прескаче.

**§ 47. Претварање времена.** — Како се у обичну животу служимо зонским временом, за одређивање тренутака астрономских појава по том времену потребно је водити рачуна о географској дужини места. Шема је прелаза с једног на друго време:

1.) Посматрање Сунца → право време → средње месно време → зонско време;

2.) посматрање звезда → звездано време → средње месно време → зонско време.

За лакши прелаз са месног времена на зонско време, може се за свако место на Земљи увести „зонска поправка“. Зонска поправка је једнака разлици зонског и месног времена и показује колико треба додати на месно време, да би се добило зонско (узевши у обзир алгебарски знак). Тако

на пр. Београд лежи у 1-вој часовној зони, а његова је дужина  $1^h 22^m 3^s.2$  од Гринуича.

Зонска поправка је према томе (за Београд):  $1^h 0^m 0^s$  —  $1^h 22^m 3^s.2$  =  $-22^m 3^s.2$ .

**Пример 1.** — Колико треба да показују часовници који дају зонско време у право подне 20 септембра у Београду. Из таблице, или из астрономског годишњака налазимо да је временско изједначење:  $-5^m$ . Према томе је месно време  $11^h 55^m 0^s$ . Унесемо ли зонску поправку, имаћемо:  $11^h 55^m 0^s - 22^m 3^s = 11^h 32^m 57^s$ , као време што га у право подне треба да показују тачни зонски часовници. Ако су часовници означавали на пр.  $11^h 31^m 24^s$ , њихова ће поправка бити  $+1^m 33^s$ . Означимо ли, уопште, са  $T_1$  зонско време, са  $t\odot$  — право време, са  $\eta$  — временско изједначење, а са  $\theta$  — зонску поправку, имаћемо везу:

$$T_1 = t\odot + \eta + \theta.$$

Одавде је лако видети, да се сваки од ових података може одредити кад су позната три друга, тј. можемо на пр. из зонског прећи најпре на месно, па затим на право време.

**Пример 2.** — Колико треба да показују часовници зонског времена у тренутку горње кулминације звезде  $\alpha$  Вел. пса (Сириус), 9 новембра, у Београду.

Ректасцензија је Сириуса  $6^h 42^m$ , па према томе звездани часовници треба да показују у тренутку његове кулминације  $6^h 42^m$ . Прелаз са звезданог на средње време извршићемо према ранијем упутству, тј.:

| Средње месно време   | Звездано време |
|----------------------|----------------|
| 21 новембра у $12^h$ | $16^h 0^m$     |
| 9 новембра у $12^h$  | $15^h 12^m$    |

Према томе, 9 новембра звездани часовници предњаче од средњих за  $3^h 12^m$ , и зато имамо:  $6^h 42^m - 3^h 12^m = 3^h 30^m$  средњег месног времена.

Унесемо ли зонску поправку за Београд, биће:

$$3^h 30^m - 22^m 3^s = 3^h 7^m 57^s.$$

У тренутку кулминације Сириуса зонски часовници треба да показују  $3^h 7^m 57^s$ .

**§ 48. Служба времена.** — На астрономским опсерваторијама часовници се проверавају путем посматрања звезда, што омогућује да се утврде најмање неправилности хода часовника.

Основни часовници опсерваторија иду по месном звезданом времену; но поред тих часовника опсерваторије имају и часовнике који дају зонско време, и који се упоређују преко звезданих часовника.

Сви званични часовници (на телеграфу, пошти, железницама, у многим државним установама, на трговима и улицама по већим градовима) у суштини иду по часовницима астрономске опсерваторије, који „одржавају“ основно вре-



ме. Отуда астрономске опсерваторије воде „службу тачног времена“, која се састоји у одржавању и давању тачног времена. Одржавање тачног времена обавља се помоћу меридијанских посматрања звезда, упоређења часовника и вођења њихових „стања“.

Предавање времена врши се, углавном, путем широке примене прогреса савремене технике, специјално електро-технике. Најпростији од тих начина — давање тачног времена телефоном или телеграфски, примењује се за давање тачног времена државним установама (пошти, телеграфу, министарствима, народним одборима). У великим градовима улични часовници обично су електрични — управо то и нису прави часовници, већ показивачи времена, електрично везани са тачним часовницима у надлештвима, који се управљају — „синхронизују“ према часовницима опсерваторије. Захваљујући електричној вези, ти бројчаници показују исто време као и основни часовници. Најраспрострањенији начин је начин давања времена — преко радија. Давање времена путем радија овако је изведено: астрономска опсерваторија је у директној вези са радио станицом, а веза је успостављена са часовником и може се укључити у тренутку емисије времена. Најпре се укључи микрофон, преко кога затим дежурни астроном саопштава време што ће га дати и тачан тренутак његова наступања. У најновије доба веза се укључује на сам часовник, те се у простор преносе откуцаји клатна часовника, у виду кратког удара. Овакав начин давања времена врши се са тачности до  $0^s.1$ .

Давање тачног времена путем радија организовано је у свим земљама, и свака опсерваторија, не само што даје тачно време, већ и упоређује своје часовнике са часовницима других опсерваторија.

Служба тачног времена изазвала је потребу међународне организације, јер су и практичним и теориским задацима те врсте рада заинтересовани и морепловство, и авијација и сви родови војске у рату, па и рударство. Отуда је организован међународни биро службе времена, који се стара о планској и редовној сарадњи свих земаља на томе послу.

И код нас, на нашој Опсерваторији у Београду, организована је служба времена.

§ 49. Начини проверавања часовника. — Најпростији начин проверавања часовника, по Сунцу, изложили смо већ (§ 35.). Но, ако није неопходна велика тачност, можемо се испомоћи. Уобичајене часовнике са механизмом, у местима мале облачности могу заменити у току дана сунчани часовници, који су довољно тачни за обичан живот, ако су само савесно постављени. Потребно је приметити да сунчани часовници дају право сунчано време.

Врло удобан и сразмерно доста тачан апарат, нарочито користан при експедицијама, кад се нема универзални инструмент, јесте конструкција проф. Глазенапа.

За одређивање тренутка правога подна, професор С. П. Глазенап израдио је „сунчани прстен“ (слика 52.). Прстен виси слободно на чивији, која има једну ослободу тачку. Под утицајем сопствене тежине прстен увек виси у једном истом положају у односу на вертикалну линију и независно од кретања основе. На горњем делу прстена избушен је отвор пречника једног милиметра, а на супротној и унутарњој страни његовој налепљена је трака са поделама, означеним извесним редом.

Померајући апарат тако, да раван прстена буде увек управљена према Сунцу, посматра се пре и поподне светли кружић отвора на једном истом подеку. Притом се бележи тренутак кад је кружић преполовљен неком од црта поделе. Ти тренуци, који очевидно одговарају једнаким висинама Сунца, упореде се, а дељењем њихова добивена збира на пола, изналази време правога подна. Ако се затим примени временско изједначење, са одговарајућим знаком, добива се тренутак средњег подна по часовнику, и на тај начин утврђује да ли он показује тачно време. Посматрање се може извршити више пута пре и поподне, па се из аритметичке средине може добити тачнија поправка часовника.

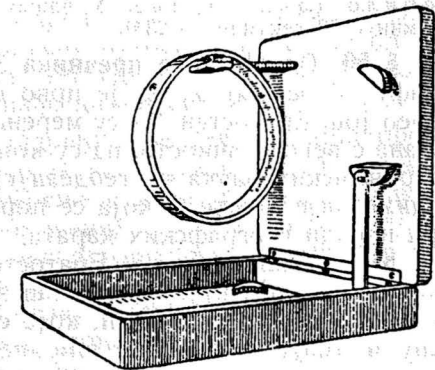
Тако одређени тренутак правога подна, међутим, неће одговарати тренутку пролаза Сунца кроз меридијан, због његова кретања по еклиптици. Због тога се при посматрањима помоћу сунчаног прстена мора применити нарочита поправка за подне, дата у таблицама (она је уосталом мала, и за средње ширине не прелази 30 сек.). На тај се начин помоћу сунчана прстена, већ и без урачунавања сопствена Сунчевог кретања, часовници могу проверити са тачности од  $1/2$  минуте, а ако се узме у обзир и поправка због Сунчевог кретања, поправка се може одредити и са тачности од 1 сек..

Пример посматрања и изналажења поправки часовника за 1. октобар 1926 године.

| Бр. црте | пре подне             | поподне                 | полузбир                |
|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 18.5     | 9h 1m 42 <sup>s</sup> | 14h 38m 48 <sup>s</sup> | 11h 50m 15 <sup>s</sup> |
| 19       | 9 4 44                | 14 35 49                | 11 50 16.5              |
| 20       | 9 11 47               | 14 28 45                | 11 50 16                |
| 21       | 9 18 28               | 14 21 58                | 11 50 13                |

Средња вредност: 11 50 15

Према томе, право подне је према часовнику наступило у 11h 50m 15<sup>s</sup>. Временско изједначење 1 октобра 1926 године било је — 10m 8<sup>s</sup>, па је по средњем времену право подне требало да буде у 12h — 10m 8<sup>s</sup> = 11h 49m 52<sup>s</sup>, тј. часовник жури за 23 сек.



Сл. 52. — Сунчани прстен

При упоређењу часовника по небеским телима, не дотерују се увек казаљке на његову бројчанику. Ако је поправка мала, прави се само разлика која се назива „поправка часовникова времена“.

Поправка часовникова времена, или просто „поправка“, показује колико треба додати (са знаком + или —) на часовниково време, да би се добило тачно време. У нашем примеру је поправка часовника минус 23 секунде (—23<sup>s</sup>).

**§ 50. Одређивање пречника Земљине лопте.** — У параграфу 36 речено је, да је прво одређивање размера Земље извео још Ератостен. Та су мерења била током времена обновљана с већом тачности, па су коначно дала и посебну област астрономских наука — геодезију, науку која изучава облик и димензије Земље, и која се поред тога редовно примењује при изради географских карата.

Код начина којим је Ератостен одредио размере земаљске лопте примењује се образац за висине (в. § 22.). Нека је из двеју тачака на Земљи, које се налазе на истом меридијану и имају географске ширине  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , једновремено посматрано једно исто небеско тело у тренутку горње кулминације. Нека је сем тога деклинација тела  $\delta$ , а одговарајуће висине  $h$  и  $h_1$ . На основи познатог обрасца имамо најпре,

$$h = 90 - \varphi + \delta,$$

$$h_1 = 90 - \varphi_1 + \delta,$$

па отуда

$$h - h_1 = \varphi_1 - \varphi,$$

што значи да је разлика Сунчевих висина једнака разлици географских ширине.

Посматрањем једног истог небеског тела можемо, дакле, наћи у степенима лука изражену дужину меридијана између места посматрања. А ако ту дужину одредимо и у дужинским мерама, на основи тога можемо наћи и читави обим, а затим и одговарајући полупречник, тј. полупречник земаљске лопте.

Одређивање се може извести на основи познатог обрасца који даје дужину лука  $l$  круга полупречника  $R$ :

$$l = 2\pi \frac{R \alpha}{360},$$

где је  $\alpha$  угао који одговара луку  $l$ . У нашем случају је  $\alpha = \varphi_1 - \varphi = h - h_1$ , па наш образац можемо писати

$$l = 2\pi R \frac{h - h_1}{360},$$

или, ако решимо по  $R$ :

$$R = \frac{180 \cdot l}{\pi (h - h_1)}$$

На идентичан начин је у старо доба (III в. пре наше ере) поступио и Ератостен. Он је одредио растојање између двају градова у Африци према времену путовања каравана од једног до другог од тих места; знајући уз то висине Сунца у њима, он је успео први да нађе димензије Земље.

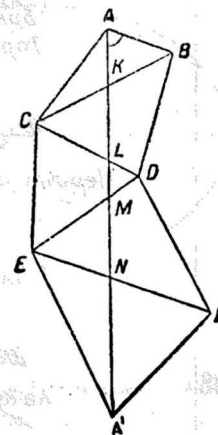
**§ 51. Триангулација.** — Одређивање Земљина полупречника је утолико тачније, што је већа дужина лука мереног на њеној површини. Тачно мерење дужине лука на Земљиној површини је врло тешко због њених неправилности. Зато се у садање време за изналагање дужине лука примењује метод триангулације, који је почетком XVII в. предложио холанђанин Снелиус. Триангулација (од латинске речи „триангулум“ — троугао) састоји се у постављању низа троуглова на Земљиној површини и одређивању њихових страна на основи једне од њих и углова (које је лакше измерити него стране).

Нека је потребно наћи растојање међу тачкама  $A$  и  $A'$  (сл. 53). Најпре се измери у јединицама за дужину размак  $AB$ , чији је један крај у  $A$ , а други на подесном месту. Размак  $AB$  назива се базис (основица) мерења.

Затим се изабере неколико тачака  $C, D, E$  и  $F$ , распоређених око правца  $AA'$  и помилу инструмената за мерење углова одреде углови у сваком од троуглова, који се добивају спајањем тачака  $A, B, C, D, E$  и  $F$ .

Знајући у троуглу  $ABC$  страну  $AB$  и углове  $CBA$  и  $CAB$ , могу се наћи стране  $AC$  и  $BC$ . Познавањем стране  $BC$  и мерењем углова у троуглу  $BCD$ , налазе се после тога стране  $BD$  и  $DC$ , итд. На такав се начин добивају све дужине  $AB, BC, AC, A$  и углови између њих. Није тешко, затим, да се на основи добивених података у подесној размери исцрта читав мрежа троуглова и мерењем нађе дужина  $AA'$ . При рачунском одређивању, цртеж се замењује тригонометријским обрасцима, и притом води рачуна о сферичности Земље. Како се положај базиса може произвољно изабрати, он се обично поставља на најудобније место и мери нарочито пажљиво.

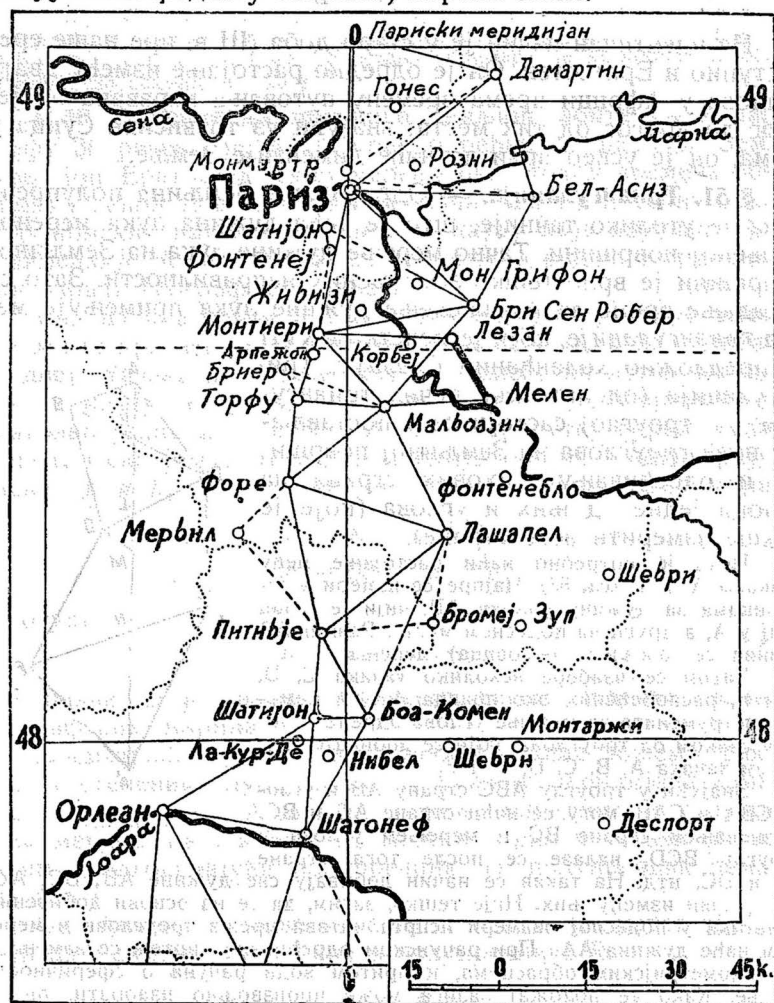
Један од најзначајнијих радова на мерењу Земље био је мерење париског меридијана, што су га у времену од 1792—1798 извели француски академици у циљу установљења јединице за дужину — метра. Мерење је обављено методом триангулације и захватило је лук од Денкерка (најсевернија тачка Француске, на обали Ламанша), па преко Париза и



Сл. 53.



Перпињана (на обали Средоземног мора) до Барселоне (у Шпанији). Слика 54. претставља један део тог великог мерења, при чему подебљано извучена линија код Мелун-а приказује непосредно у тоазама<sup>1)</sup> мерени базис.



Сл. 54. — Француска триангулација (1792—1793).

§ 52. Облик Земље. — Као резултат триангулационих мерења добива се дужина једног степена меридијана, па ако

<sup>1)</sup> Тоаза — стара француска мера за мерење дужине, која износи 1.949 м.

се триангулациони радови врше на различитим ширинама, те се дужине могу међусобно упоредити. Таква упоређења показују да мерења обављена у поларним областима дају као вредност једног степена лука меридијана друкчију вредност, него мерења око полутара. Кад би Земља била савршена лопта, те разлике не би било: на свим ширинама дужина једног степена била би иста.

Према томе пресек Земље који иде кроз осу њена обртања није круг, већ некаква друкчија крива линија. Криве линије карактеришу полупречници кривине.

Полупречником кривине у некој тачци криве линије назива се полупречник оног круга, који пролази кроз три бескрајно блиске тачке на луку криве.

Очевидно, полупречник кривине је утолико краћи, што је већа кривина лука, и обратно.

Па како је при мерењима Земље утврђено да је дужина једног степена меридијана у поларним областима већа него на екватору, то излази да је на екватору кривина Земље највећа, а на половима најмања.

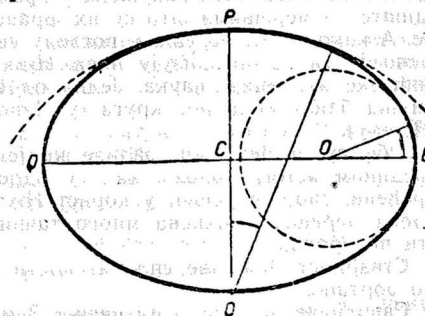
Отуда осовински пресек Земље има изглед спљоштене криве, са највећом кривином у екваторским областима (сл. 55). Тој спљоштеној кривој линији најбоље одговара елипса.

Земља, дакле, није лоптаста, већ има облик тела које настаје обртањем елипсе око мале осе. Такво се тело назива сбртни елипсоид. Обртни елипсоид потсећа на лопту, згњечену дуж једног пречника па је зато и усвојено да се каже да је Земља спљоштена на половима.

Димензије сваког елипсоида одређују се величином велике и мале полуосе елипсе, чијим је обртањем настао елипсоид. За обележавање (карактеристику) спљоштености елипсоида користи се однос разлике велике и мале полуосе према великој полуоси.

Означимо ли спљоштеност са  $\alpha$ , а дужину велике и мале полуосе са  $a$  и  $b$ , биће.

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$



Сл. 55.



За Земљин елипсоид је  $a = 6\,378.388$  км, а  $\alpha = \frac{1}{297}$ .

**§ 53. Спљоштеност Земље и њене последице.** — Земљина спљоштеност објашњава се њеним обртањем око осе: центрифугална сила обртања повукла је екваторске делове Земље и произвела њен елипсоидални облик. Слична појава спљоштености запажа се и код других планета; она је нарочито изразита код Јупитера и Сатурна.

Да бисте добили очигледну претставу о спљоштености због обртања ставите на центрифугалну машину гипки, челични обруч и покрените машину: тада ћете јасно запазити да се обруч утолико више сажима, уколико је већа брзина обртања.

Питање правог облика Земље изазвало је велики научни спор почетком XVIII века. Исак Њутн је теоријски нашао да Земља треба да буде спљоштена дуж осе обртања. Жак Касини, напротив, тврдио је да Земља мора бити издужена у правцу те осе, заснивајући то своје гледиште на мерењима што су их француски научници извели 1718 године. А како су та мерења у погледу своје тачности изазивала сумњу, решено је да се организују нова. Њих су извршиле две експедиције Француске академије наука. Једна од експедиција мерила је лук меридијана близу поларног круга (у Лапонији), а друга близу екватора (у Перу-у).

Обе су експедиције радиле крајем тридесетих година XVIII в., а средином истог столећа, кад су одређивања завршена и резултати упоређени, спор је решен у корист Њутнових теоријских разматрања. Следећа мерења, извршена много тачнијим методама, то су у потпуности потврдила.

Стварност Земљине спљоштености даје још један доказ више за њено обртање.

Савремене методе испитивања Земље омогућају да се још тачније утврди њен облик и отстапање од елипсоида.

**§ 54. Израда географских карата.** — Земљина лопта није још сва испитана, — на географским картама има још увек „белих пега“, које означавају мало или потпуно неиспитана места. То се нарочито односи на поларне пределе. За израду тачних карата треба путем посматрања одредити географске координате тих места на Земљи. Одређивање географских координата неопходно је, исто тако, у морепловству, у авијацији, за одбрану Земље. Астрономија пружа методе за таква одређивања и притом помаже давањем тачног времена.

**Ширина места одређује се посматрањем висина звезда у тренутку кулминације помоћу универзалног инструмента.** За то служи образац:  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ ; из тога излази  $\varphi = 90^\circ + \delta - h$ . На основи измерене висине звезде чија је деклинација позната налази се географска ширина. Тачност тако одређене ширине зависи од тачности инструмента и тачности са којом је позната деклинација звезде. На астрономским се опсерваторијама помоћу меридијанских кругова одређују нарочито деклинације сјајних звезда, подесних за по-

сматрање универзалним инструментом. И зато, на први поглед далека од праксе, теорија меридијанских посматрања има огромно значење у одређивању географских ширина.

**Географска дужина места одређује се упоређењем месног времена са временом неке од опсерваторија.**

Посматрач одређује било којим начином (једном од неколико нарочито разрађених метода) тренутак кулминације небеског тела познате ректасцензије.

Тренутак кулминације се одређује према часовнику — хронометру, којим посматрач располаже. Часовник се путем пријема временских сигнала упоређује са часовником неке од опсерваторија. Посматрач затим преводи ректасцензију звезде (тј. звездано време) у месно време, налази поправку свога часовника, и из времена које је показивао његов часовник у тренутку пријема часовних сигнала, налази географску дужину.

**Пример.** — Посматрач је посматрањем кулминације звезде и прелазом са звезданог на месно време нашао  $11^h 2^m 5^s$ , а његов је часовник показивао  $11^h 15^m 40^s$ . Према томе, поправка његова часовника износи —  $13^m 35^s$ .

При пријему часовних сигнала посматрач је сигнал Москве (који се даје у  $18^h$  III зонског времена) чуо у  $21^h 22^m 0^s$ .

Месно време тренутка пријема сигнала биће према томе:

$$21^h 22^m 0^s - 13^m 35^s = 21^h 8^m 25^s,$$

а разлика географских дужина посматрачевог места и Москве

$$21^h 8^m 25^s - 18^h 0^m 0^s = 3^h 8^m 25^s.$$

Исте вечери посматрач је одредио висину звезде  $\delta$  Офијуха (Змијоносца), чија је деклинација —  $3^\circ 30'.9$ . Посматрана висина била је  $47^\circ 23'.7$ . Према томе је ширина места посматрања

$$\varphi = 90^\circ + \delta - h = 90^\circ + (-3^\circ 30'.9) - 47^\circ 23'.7 = 39^\circ 5'.4.$$

На сличан начин морепловци одређују свој положај на мору, а авијатичари над Земљином површином. Разлика је у томе само, што за своја посматрања они користе секстант (§ 11.), а не универзални инструмент. Тачно одређивање географске дужине и ширине важно је са још једног гледишта — оне могу послужити као материјал за испитивање постојаности Земљине коре. Промене у ширини и дужини могу показати није ли се неко место на Земљиној површини покренуло.

#### Задачи и питања:

1. Изаберите равно место на земљи, пободите на њему два штапа и брижљиво измерите њихово растојање. Простим каквим прибором за мерење углова<sup>1)</sup> знађите углове између правца који спаја два

<sup>1)</sup> Модел прибора за мерење углова може се изградити из металних делова „конструктора“, на принципу универзалног инструмента. Он се може састојати из двају узајамно управних кругова са степеним поделама.

штапа и праваца који иду према трећем штапу, пободену на извесном растојању од њих. Тригонометријским обрасцима одредите затим друге две стране троугла.

2. За одређивање димензија Земљине лопте Ератостен се служи овим подацима:

У Сиени (горњи Египат) на дан летњег солстиција Сунце се налази у зениту (висина  $90^\circ$ ); истог дана у Александрији је висина Сунца  $82^\circ 42'$ . Оба се посматрања односе на право подне. Растојање између Сиене и Александрије износи 5.000 стадија.

Узевши да стадија мери 185 м, одредите полупречник Земљине лопте и нађите у процентима грешку првог одређивања димензија Земље.

3. При триангулацији што су је извели француски академици у циљу одређивања дужине метра, добивени су били ови подаци:

| Место           | Посматрана геогр. ширина | Растојање у тоазама |
|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Денкерк         | $51^\circ 2' 8''.50$     |                     |
| Пангеон (Париз) | $48 50 49.37$            | 124 944.8           |
| Ево             | $46 10 42.54$            | 152 293.1           |
| Каркјсон        | $43 12 54.30$            | 168 846.7           |

На основи тих података одредите у тоазама средњу дужину једног степена меридијана.

4. Из резултата Лапландске и Перуанске експедиције у 1736 г., за дужину једног степена нађено је:

у Перу-у . . . 362 000 стопа,  
у Лапландији 367 000 стопа.

Одредите радијус кривине Земље за ширину Перу-а и ширину Лапландије.

5. Колико километара треба прећи дуж меридијана вашег места да би се померили за један степен јужно?

6. Према Кларковим подацима (1880 г.) димензије су Земљиног елипсоида:

$a : 6\,378.249$  км.  $b : 1/293.5,$

а по Хајфорду (1909 г.):

$a : 6\,378.388$  км.  $b : 1/297.8.$

Колика је разлика поларних полуоса земаљског елипсоида према тим подацима?

7. Екваторски пречник планете Јупитра је 140 000 км., а спљоштеност  $1/16$ ; чему је једнак поларни пречник Јупитров?

8. Подне у Кладову наступа 36 м. раније, него у најзападнијем граду наше земље (Горица). Колико степени дужине обухвата приближно наша домовина?

9. У коме месту земаљске лопте екватор пролази кроз зенит места?

10. На којим је ширинама северне и јужне Земљине полулопте висина Сунца у подне 20. марта, 20. јуна, 20. септембра и 20. децембра истовремено  $60^\circ$ ?

11. Кад је у Београду подне, у Загребу часовници показују  $11^h 42^m$  месног времена. Колика је географска дужина Загреба, ако Београд лежи  $20^\circ 30'$  источно од Гринуича?

12. Изразити у временским јединицама дужину места које лежи  $18^\circ 25' 44''$  источно од Гринуича.

13. Као нулти меридијан узимао се раније меридијан острва Феро, па је на неким географским картама дужина дата од острва Феро. Острво лежи  $17^\circ 40'$  западно од Гринуича. Колика је географска дужина места, рачунато од Гринуича, које на карти лежи  $39^\circ 6'$  источно од острва Феро? Изразите ту дужину временским јединицама.

14. Са потонула „Челускина“ чланови Шмитове експедиције су прешли на ледену санту 13 фебруара 1934. 15 фебруара Кренкељ је послао радиограм: „Већ други дан Челускинци живе на леду. Преко ноћи се изведрило. Према звездама одредили смо свој положај:  $67^\circ 17'$  северне ширине,  $172^\circ 51'$  западне дужине...“

Колико је требало да показују часовници у логору (по месном времену), кад је Кренкељ примио Московске часовне сигнале који се дају у 12 часова, подне (по времену III часовне зоне)? Колика је била зенитска даљина пола у тренутку посматрања?

## Г Л А В А III

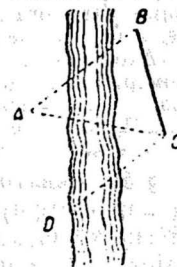
### РАЗВОЈ ПРЕТСТАВА О СУНЧЕВОМ СИСТЕМУ

Међу безбројним небеским телима само се мали број њихов налази релативно близу Земље, сачињавајући тзв. Сунчев систем. У састав Сунчева система улазе: Сунце, Месец, планете са својим сапутницима и комете. Захваљујући близини ових небеских тела у односу на Земљу, човек је могао много раније проучити њихова привидна и права кретања, као и удаљеност и праву њихову величину, него састав и кретање звезда.

§ 55. Паралакса. — Кад је позната величина и облик Земље, посматрањем положаја небеских тела може се одредити њихова даљина и величина у дужинској мери. Одређивање паралаксе планета почива на таквом принципу.

Паралакса се користи и код геодетских радова, при мерењу удаљења неприступачног предмета. Нека на пр. треба одредити даљину предмета А, који се налази на супротној обали реке (сл. 56). У том случају поступа се овако: Изаберу се две тачке В и С, одакле ће се посматрати предмет А. Дужину линије ВС, названу базис, одмеримо помоћу метра (пантљике). У тачкама В и С, најпре једној, а затим другој, поставља се било какав инструмент, помоћу кога се измере углови између правца базиса и правца у коме се види тачка А. На тај су начин у троуглу ВАС одређени — измерени страна ВС и два налегла угла. Одавде, на основи правила тригонометрије може се израчунати удаљеност АВ или АС.

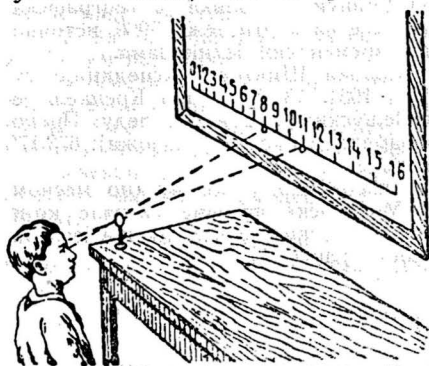
Растојања ће се одредити утолико тачније, што је угао у тачки А већи, тј. што се збир углова В и С буде више ра-



Сл. 56.



зликовао од  $180^\circ$ . Другим речима, базис ВС треба изабрати утолико већи, што се предмет налази даље.



Сл. 57.

Из свега реченог постаје јасно, да се паралакса предмета смањује уколико је он од нас даљи, а за бесконачно удаљење предмета једнака је нули.

Да је тако можемо се уверити следећим огледом: Повуцимо на табли кредом низ вертикалних линија, размака 5 см, па поставимо испред ње, на даљини од 1 метра, куглицу на високом столу (сл. 57) и то тако, да гледајући на куглицу са даљине три до четири метра, исту видимо посред нацртаних линија.

Не померајући главе, затварањем час левог, час десног ока, приметимо да се куглица види сад на једном, сад на другом месту низа повучених белих линија. Да би се могло проучити премештање куглице при приближавању посматрача, приђимо двапут ближе куглици и поновимо исти оглед. Тако ћемо запазити да је премештање постало веће, а његову величину у односу на раније можемо оценити од ока.

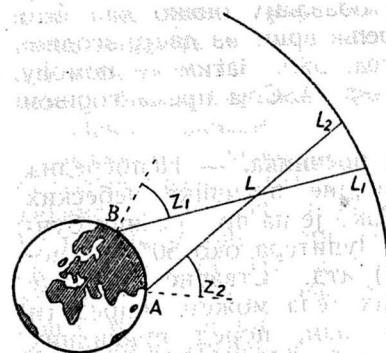
Ако, пак, за све време будемо посматрали само једним оком, а померамо се удесно и улево без приближавања куглици или удаљавања од ње, запазићемо да већем нашем покрету одговара и већа паралакса. Према томе, паралакса је утолико већа, што нам је куглица ближе и што је веће посматрачево померање.

**§ 56. Екваторска хоризонтска паралакса.** — Сунце, Месец и планете треба да покажу паралаксу, ако их посматрамо са разних тачака Земљине лопте. Положаји тих небеских тела пројектују се на небеској сфери, чији се центар премешта заједно са посматрачем, док тачке саме небеске сфере не показују никакво паралактичко померање. Узмите, на пример, (сл. 58) да се Месец посматра истовремено са две тачке Земљине површине, А и В. Посматрач који се налази у тачци А видеће Месец на небеској сфери у тачци  $L_2$  (на зенитској даљини  $Z_2$ ), а посматрач из тачке В, у тачци  $L_1$  (на зенитској даљини  $Z_1$ ). Угао  $ALB$ , који одговара луку  $L_1 L_2$  привидног померања Месеца на небеској сфери, називамо паралаксом. А ако знамо и растојање од једне тачке посматрања до друге,

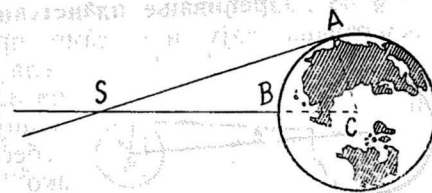
тј. дужину тетиве  $AB$ , из троугла  $ALB$  можемо лако израчунати све његове углове и стране, а затим и удаљење Месеца од Земље. То растојање (ма да са мањом тачношћу) можемо одредити и геометријски, ако конструишемо троугао  $ALB$ , са познатом страном  $AB$  и два њена налегла угла. Сва тешкоћа у одређивању удаљености небеских тела лежи у остварењу потребне тачности при практичном мерењу углова  $Z_1$  и  $Z_2$ , неопходних за тачно изналажење паралаксе (тј.  $\sphericalangle ALB$ ). Израчунавање, пак, растојања на основи познате паралаксе изводи се просто и брзо, јер се задатак сматра решеним, чим је одређена паралакса која одговара датоме базису.

И зато уместо да упоређујемо удаљености небеских тела од Земље, можемо упоређивати њихове паралаксе које се односе на један исти базис, узет на површини Земље.

За одређивање паралаксе чланова Сунчева система најподеснији базис је екваторски полупречник Земље, чија нам је дужина позната. На сл. 59., тачка С је центар Земље, S нека буде нека планета, Сунце или Месец. Ако би се у тачци А Земљина екватора небеско тело виде-



Сл. 58.



Сл. 59.

ло баш на хоризонту — посматрач у В (такође на екватору) видео би га у зениту, у правцу  $BS$ , у истом правцу, дакле, у коме би видео и посматрач из С. Према томе  $\sphericalangle ASB$  једнак је паралакси која одговара базису  $SA$  — екваторском полупречнику Земље. Отуда се паралакса одређена  $\sphericalangle ASC$  назива **екваторска хоризонтска паралакса**. И кад је реч о паралакси неког члана Сунчева система, има се у виду баш та екваторска хоризонтска паралакса.

Очевидно, посматрач који би се налазио на небеском телу, видео би екваторски полупречник Земљин под истим тим  $\sphericalangle ASC$ . Према томе, паралакса се може дефинисати на два начина:



1. *Екваторска хоризонтска паралакса је привидно померање небеског тела у односу на два посматрача, од којих један види то тело у хоризонту, а други у зениту.*

2. *Екваторска хоризонтска паралакса небеског тела је угао под којим се са тела види полупречник Земље (који одговара оној тачки екватора за коју се посматрано небеско тело налази на хоризонту).*

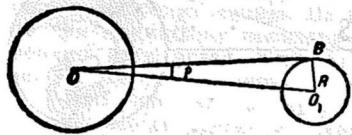
Знајући величину Земље, мерењем паралакса Сунца, Месеца и планета можемо израчунати и њихове даљине.

§ 57. *Отстојање и паралакса.* — Отстојање се небеског тела од центра Земље  $S$  израчунава овако (в. сл. 59.). У троуглу  $ASC \sphericalangle A$  је прав, а  $CA$  једнако је  $R$  ( $R$  је екваторски полупречник Земље у километрима), те је

$$SC = \frac{R}{\sin ASC}$$

У пракси се посматрања не обављају онако као што је приказано на сл. 59., већ се мерења врше из двеју zgodније изабраних тачака на Земљи (сл. 58.). Затим се помоћу специјалних образаца израчунава  $\sphericalangle ASC$ , а према горњем образцу и отстојање  $SC$ .

§ 58. *Одређивање планетских пречника.* — Непосредна посматрања дају нам само привидне пречнике небеских



Сл. 60.

тела. Тако је на пр. пречник Сунца  $32''$ , Јупитера око  $50''$  (у опозицији) итд. Стварне пречнике небеских тела можемо одредити ако су нам, поред привидних пречника, позната и њихова отстојања од Земље. Нека је на сл. 60. тачка  $O$  центар Земље,  $O_1$

— центар небеског тела, чији је стварни полупречник  $R$ , и нека се тело налази на отстојању  $OO_1$  од Земље. Угао  $\sphericalangle BOO_1$  претставља привидни полупречник тога небеског тела. И као што се са слике види, биће:

$$R = OO_1 \sin \rho.$$

§ 59. *Привидно кретање Месеца међу звездама.* — Посматрање кретања небеских тела Сунчевог система најлакше се изводи, ако се почне са посматрањима Месечева кретања.

Пажљиво посматрајући положаје Месеца на небу током пар дана, уверићемо се лако, не само да он као и Сунце и звезде излази и залази, већ и да се помера међу звездама

са запада на исток (в. § 2). При свом кретању у односу на звезде Месец мења фазе тј. мења свој изглед. Кад се на небеској сфери налази у близини Сунца, Месец има облик танана српа, а кад се налази на супротној страни од Сунца, изгледа као пуни круг (Пун месец).

У току 24 часа Месец се помери улево (ка истоку) за приближно  $13^\circ$ , па зато његова горња кулминација касни свакодневно за око 50 минута. Месец се међу звездама креће толико брзо, да за два дана и четврт пређе из једног зодијачког сазвежђа у друго.

Пратећи промену Месечева положаја у току једне вечери, лако можемо запазити његово кретање, јер се већ за један час Месец помери на исток за  $13^\circ : 24 = 32'$ , тј. приближно за свој привидни пречник. Таква посматрања најбоље је вршити док Месец није одвише сјајан, јер се тад у његовој близини виде и слабије звезде. Тада се може приметити и како Месец повремено заклони нашем оку понеку од звезда, које леже на његовој путањи<sup>1)</sup>. Некад се може запазити и како Месец заклања Сунце (помрачење Сунца) и планете. Из свега овога може се извести закључак, да нам је Месец најближе тамно небеско тело.

Лако је запазити сем тога, да се Месец креће међу истим зодијачким сазвежђима као и Сунце. Ако тачно пратимо његов пут међу звездама и унесемо га у звездану карту, видећемо да ће Месец поново доћи до оних истих звезда међу којима је био и пре 27,32 дана, описавши пуни круг по звезданом небу. Његова се путања не поклапа са еклиптиком већ је двапут сече, а Месец се притом од ње не удаљава за више од  $5\frac{1}{7}^\circ$ . Период од 27,32 дана назива се звездани (сидерички) месец, и једнак је дужини стварног Месечевог обилажења око Земље.

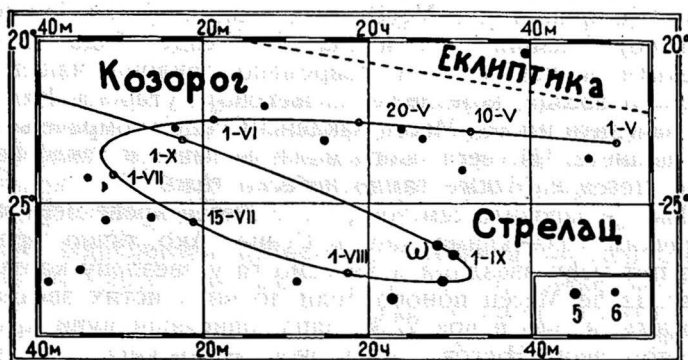
§ 60 *Привидно кретање планета.* — Међу сјајним звездама што се запажају на небу, људи су још у давна времена разликовали пет небеских тела „луталица“ (по грчком — планете). Те планете стално мењају свој положај између тзв. „звезда некретница“.

У прошлости није био познат прави склоп васионе. О физичком саставу планета није се до проналазка телескопа ништа могло наслућивати, те су планете разликоване, од звезда само по њихову привидном кретању. У то време било је познато само пет сјајних планета, доступних слободну оку: Меркур, Венера, Марс, Јупитер и Сатурн. После про-

<sup>1)</sup> Тренуци се тих „заклањања звезда Месецем“ дају сваке године у астрономским годишњацима.

наласка телескопа, откривене су у току три века и планете *Уран*, *Нептун*, *Плутон* и више од хиљаду и по малих планета-астероида. Пет главних планета се разликују на небу од звезда својим кретањем и мањим треперењем. После *Венере*, *Јупитер* је најсјајнија планета и светли мирном жутом светлости. Он је најсветлији међу звездама „некретницама“. Наћи на небу *Сатурн* није ништа теже, иако је слабијег сјаја. *Марс* је лако распознати због његове црвенкасте боје и доста брза кретања међу звездама. Његово се кретање може запазити после неколико дана посматрања.

Називи планета остали су нам још из давне прошлости. Они су везани за римску митологију. Тако је на пр., код Римљана име *Марс* носио бог рата, па је планета тако названа због своје крваве боје.



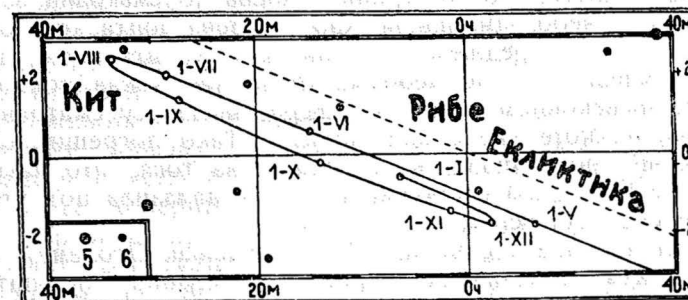
Сл. 61.

Ако посматрамо кретање планета (најбоље *Марса*) у току неколико месеци, видећемо да је њихово кретање далеко сложеније него кретање *Месеца*. Уопште узев, планете *Марс*, *Јупитер* и *Сатурн*, иако много спорије него *Месец*, крећу се међу звездама са запада на исток, или како се каже директним кретањем. Постепено то се кретање успорава, док не дође до тзв. „застоја“ планете, после чега се кретање обнавља, али у супротном смеру, у виду ретроградног кретања планете међу звездама (са истока на запад). Ово се кретање продужава до новог застоја планете, кад опет почиње њено директно кретање. А како се у међувремену деклинација планете нешто променила, привидна путања, коју је на небу описала планета, личи на петљу. Сл. 61. и 62. показују делове карте звезданог неба, на којима су учртање путање *Марса* и *Јупитера* међу звездама у 1939 години. Из слике се види да се путања планете не поклапа

са еклиптиком. Ипак, све велике планете крећу се у области 12 зодијачких сазвежђа. Изражена у степенима, величина петље што је описују планете, различита је: код *Марса* (сл. 61) износи  $11^\circ$ , док је код *Јупитера* свега  $8^\circ$ .

Разлика у брзини кретања планета и у величини њихових петљи наводила је већ одавно на помисао да је то мање више последица перспективе. Планета са бржим привидним кретањем и већом петљом (на пр. *Марс*) мора да нам је ближе него планета са споријим кретањем, која начини мању замку (на пр. *Јупитер*). Исту појаву запажамо кад посматрамо масу људи: ближи, чини нам се, крећу се брже, а удаљенији, спорије.

У своме кретању по небу, планете *Марс*, *Јупитер* и *Сатурн* приближују се каткад привидно *Сунцу*, које се, као што је речено, такође креће по небу. А како тада ишчезавају у сунчаним зрацима, не могу се посматрати. Тренутак, кад се



Сл. 62.

планета и *Сунце* виде са *Земље* у истом правцу, зове се конјункција планете са *Сунцем*. Некада се планете опажају на супротној страни од *Сунца* (пролазе горњу кулминацију у поноћ). Тај се положај назива опозиција планете.

§ 61. Привидно кретање *Меркура* и *Венере*. — Ове се планете крећу као и остале, тј. описују замке, али су им кретања много бржа. Међутим, нарочита особина *Меркура* и *Венере* је њихова стална привидна близина *Сунцу*. Те се планете никада не удаљују од *Сунца* за велико угловно растојање, па се зато могу видети само у зору, пред рађање *Сунца*, или почетком вечери. *Венера* се никад не удаљује од *Сунца* више од  $47^\circ$ , а *Меркур*  $28^\circ$ . Највеће привидне удаљености тих планета од *Сунца* називају се елонгације. За време тзв. источне елонгације *Меркур* и *Венера* се могу видети само с вечери, после заласка *Сунца*. Постепено, оне се привидно ретроградно крећу у сусрет *Сунцу*, и губе у



његовим зрацима. После неког времена оне се све више удаљују од њега према западу — и долазе у западну елонгацију. У то време планете излазе раније од Сунца и могу се видети пре зоре. Меркур је доста сјајан, али увек близу Сунца, па га је веома тешко уочити (нарочито на северним ширинама). Венера се више удаљава од Сунца него Меркур, а сем тога она је најсветлија од свих планета и може се посматрати врло често. Понекад се она може опазити и дању, при пуној сунчаној светлости, ако се приближно зна њен положај на небу. Неуки људи, који не разумеју појаву, називају Венеру било Зорњача, било Вечерњача, мислећи да су то два различита небеска тела.

**§ 62. Старо схватање о саставу Сунчевог система.** — Људи су се још у древно доба трудили да некако протумаче чудновата кретања планета. А то им је требало да би унапред могли одредити где се у коме тренутку налази извесна планета. До Коперника Земља је сматрана за непокретну, а небо замишљано као стаклена лопта која окружава Земљу. У средњем веку мислили су, шта више, да је Земља равна и да је небо наткрива као какав поклопац. По средњевековном учењу калуђера, звезде су сматране за светионике, које увече пале анђели. Тако погрешна слика о васиони проистацала је неизбежно из тога, што наука у то време није била слободна и што се налазила под утицајем верског сујеверја.

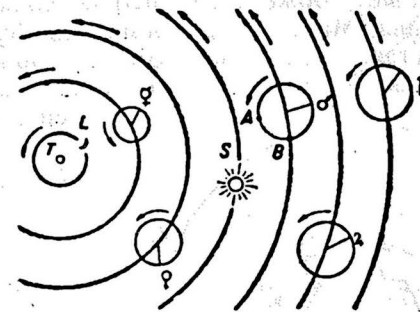
У II в. наше ере познати грчки учењак *Птолемеј*, који је изразити претставник старогрчког научног гледишта о васиони, објашњавао је кретање планета на овај начин. Он је рачунао да Сунце, Месец и све планете круже око непокретне Земље. Да би објаснио петље које настају у кретању планета, он је претпоставио да се свака планета креће по кругу, названом *епицикл*, чији се центар равномерно креће по другом кругу (званом *деферент*) око Земље. Према Птолемејевој претпоставци раван се деферента и раван епицикла скоро поклапају. Птолемејев систем приказан је на слици 63. Ако би се на пр. Марс налазио у тачци А епицикла, са Земље би изгледало да он има ретроградно кретање, а кад по епициклу дође до тачке В, Марс би почео да се креће директним кретањем. А како се истовремено центар епицикла кретао директним кретањем по деференту, изгледало би да је Марс описао на небу петљу. Обратите пажњу на знаке, који стоје уместо назива планета (то су уговорене ознаке планета, које се и данас још употребљавају.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> На сл. 63 знаци с лева на десно обележавају редом: Месец, Меркур, Венеру, Сунце, Марс, Јупитер и Сатурн.

Развој астрономских посматрања показао је, међутим, да Птолемејев систем света не задовољава. Да би довели у склад теорију са посматрањима, следбеници су Птолемејеви морали да претпоставе да се по епициклима не крећу саме планете, већ само центри замишљених мањих кругова — нових епицикала, по којима се тек крећу планете. Тако је увођењем све нових и нових епицикала Птолемејева теорија постајала све компликованија, и зато, не само да је прорачун кретања планета постао незгодан, већ је и тумачење планетских кретања према тој теорији постало мало вероватно.

**§ 63. Коперникова теорија.** — Велики научник *Никола Коперник*, рођен 1473 г. у пољском граду Торунју, дошао је до закључка да се сва привидна кретања небеских тела могу објаснити простије и природније, ако претпоставимо да се Земља обрће око своје осе, а истовремено и да обилази (кружи) око Сунца.

Сличне претпоставке чињене су и раније, али нису биле поткрепљене научним доказима. Епоха XV—XVI в. која је оживотворила револуционарну човечију мисао, морала је утицати и на науку, па се Коперник јавља као изразити претставник сазрелих револуционарних научних идеја. Он је покупио све дотадање доказе да се Земља заиста обрће око осе и кружи око Сунца. Он је показао, да се слично Зе-



Сл. 63.

мљи и друге планете крећу око Сунца по одређеним путањама (орбитима), само на различитим растојањима од њега. Меркур и Венера, који се налазе ближе Сунцу, морају се кретати брже од Земље. Путање осталих планета леже ван путање Земље — даље од Сунца, те је и време њиховог пуног обиласка утолјико дужи, што су планете даље од Сунца. По Коперниковој се теорији једино Месец креће око Земље, а заједно са њом око Сунца.

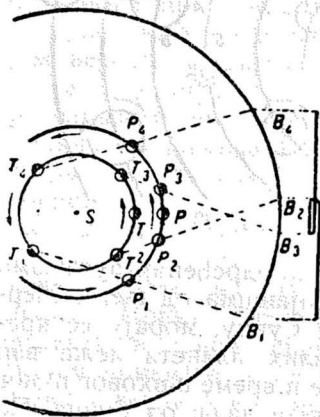
Излаз и залаз небеских тела објашњава се према Копернику обртањем Земље око њене осе. Сложена кретања планета — петље, објашњавају се тиме, што кретање планета дуж њихових путања око Сунца посматрамо са покретне Земље, па ако их она прстиже или заостаје за њима, изгледа нам да се планете крећу најпре на једну, а затим на другу



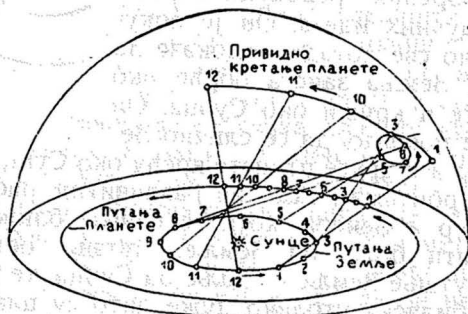
страну. Коперник није располагао оним доказима о кретању Земље што их ми имамо данас, али су његови наводи ипак били доста убедљиви (в. § 70 и 71).

**§ 64. Објашњење привидних планетских кретања.** — Привидна директна и ретроградна кретања планета могу се врло лако објаснити на основи Коперникове теорије. Разгледајмо сл. 64, која претставља део Сунчева система. Тачка  $S$  означава Сунце, први унутарњи круг претставља путању Земље, а други путању какве било спољне планете (на пр. Марса), тј. планете која је даља од Сунца него од Земље. Део спољнег круга претставља део површине небеске сфере, који ћемо у овом случају замислити као сферу чији се центар поклапа са тачком  $S$ , тј. са Сунцем. Посматран са Земље, Марс ће се видети у извесној тачки небеске сфере, међу звездама које леже у истом правцу.

Нека се на пр. у неком тренутку Марс налази у тачки  $P_1$  своје путање, а Земља тачки  $T_1$ . Марс ће се за Земље видети тада на небеској сфери у тачки  $B_1$ . Познато је (§ 76) да се планета брже креће што је ближе Сунцу. Због споријег кретања, Марс ће, за време док Земља доспе у тачку  $T_2$  своје путање, прећи на својој путањи мање растојање и стићи у тачку  $P_2$ . Са Земље он ће се тада видети у тачки  $B_2$  небеске сфере. У међувремену Марс се кретао по небеској сфери из тачке  $B_1$  у тачку  $B_2$ , тј. кретао се директно.



Сл. 64.

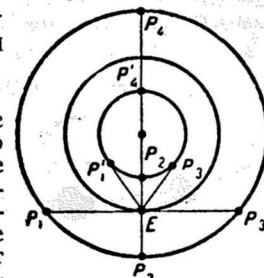


Сл. 64а.

Кроз извесно време Земља ће стићи у тачку  $T_3$ , а Марс у тачку  $P_3$ , па ће се са Земље видети у правцу  $B_3$ . Очеvidно, у току тог времена, са Земље нам се чини као да је Марс, зауставив се у свом директном кретању, променио смер и прешао у ретроградно кретање, те се креће уназад од тачке

$B_2$  ка тачки  $B_3$ . После неког времена Земља и Марс ће заузети положаје  $T_4$  и  $P_4$ . Марс се овога пута помакао из  $B_3$  у тачку  $B_4$  директним кретањем. На тај начин Марс је на нашој слици променио своје првобитно директно кретање у ретроградно, а затим ретроградно понова у директно. Но како се раван његове путање не поклапа са равни еклиптике, већ са њом заклапа мали угао, са Земље нам изгледа да је Марс на небу описао криву сличну замци (сл. 64а). На исти се начин као у проученом примеру објашњава кретање у облику замке и осталих спољних планета, тј. оних, чије се путање налазе даље од Сунца него Земљина. Спољним планетама припадају Марс, Јупитер, Сатурн и, после Коперника пронађене, још удаљеније планете — Уран, Нептун и Плутон. Слично се овако да протумачити и привидно кретање унутарњих планета — Меркура и Венере.

**Вежбање:** Нацртајте путању Венере и Земље и небеску сферу, па проучите како се креће Венера по небеској сфери кад је посматрамо са Земље. Узмите у обзир да пречник Венерине путање износи 0,7 пречника Земљине путање, и да за једно исто време Венера на својој путањи описује лук  $1\frac{1}{2}$  пут већи него Земља (ако луке изразимо у степенима).



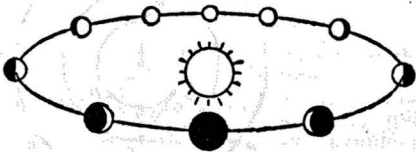
Сл. 65.

**§ 65. Узајамни положаји планета.** — Спољне планете, крећући се по својим путањама, могу у односу на Земљу заузимати разне положаје. Неки одређени узајамни положаји Земље, Сунца и планете имају специјалне називе. На сл. 65 приказана је путања једне од унутрашњих планета (на пр. Венере), путања Земље и путања неке спољне планете (напр. Марса). Рецимо да се Земља налази у тачки  $E$ . У разним тренутцима, у односу на Земљу, Марс очевидно може заузимати разне положаје. Од тих положаја најзанимљивији су положаји Марса у тачкама  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_1$  и  $P_3$ . Положај  $P_2$  назива се *опозиција* и он је најподеснији за посматрање планете, јер се у то време Марс види на небу у тачки супротној од Сунца. У то доба Марс кулминира у поноћ и видљив је преко целе ноћи. Тада се Марс истовремено највише приближава Земљи, па је у дурбину његов привидни пречник највећи, а то значи да се на његовој површини у то време најбоље могу видети појединости. Кад се спољна планета налази у тачки  $P_4$  (*конјункција*), она се са Земље види на истој страни где је и Сунце и кулминира заједно с њим; губећи се у његовим зрацима, она се тад не може уопште посматрати. Ако се спољна планета налази у

тачкама  $P_1$  или  $P_3$  (ови се положаји називају *квадратуре*), угао ће међу правцима Земља — Сунце и Земља — планета бити прав, тј.  $90^\circ$ .

У овим положајима планета је даља од Земље, него у опозицији, и може се посматрати само у првој или другој половини ноћи, што зависи од тога, каква је квадратура — источна или западна ( $P_3$  је западна квадратура).

Унутарња се планета (на пр. Венера) може налазити или испред Сунца, у тачци  $P'_2$  — *доња конјункција*, или иза Сунца, у тачци  $P'_4$  — *горња конјункција*. У првом је положају планета најближа Земљи, а у другом најудаљенија од ње, али у оба случаја планету не можемо посматрати, јер се губи у сунчаним зрацима. Унутарње се планете могу посматрати само близу источне или западне *елонгације* — тачка  $P'_1$  или  $P'_3$  — и то у првом случају рано са вечери, а у другом пред



Сл. 66.

излаз Сунца. Највеће од могућих привидних удаљења (елонгација) планете од Сунца одређује угао  $P'_1ES$ . За Венеру, казали смо, тај угао не прелази  $47^\circ$ , а за Меркур  $28^\circ$  (в. § 61).

**§ 66. Фазе Меркура и Венере.** — Због свог нарочита положаја и кретања у односу на Земљу, а такође и због тога што светле само одбијеном Сунчевом светлости — *Меркур и Венера показују, као и Месец, различите фазе (мѐне)*. Другим речима, они бивају или сасвим невидљиви, или се виде у облику српа, а онда полукруга, и на крају у облику светлог кружића. Те мене унутрашњих планета можемо разумети са слике 66. Кад се планета налази између Земље и Сунца, нама је окренута њена тамна, Сунцем неосветљена страна. Кад се, пак планета нађе у горњој конјункцији, Земљи је окренут осветљени део њене површине. Истовремено планета је привидно близу Сунца и губи се у његовој светлости, — не види се. У осталим положајима Меркур и Венера имају облик српа или дела круга. Смена фаза ових планета показује да су оне тамна лоптаста тела, која немају сопствене светлости, јер само таква лоптаста тела осветљена са стране, могу имати изглед приказан на слици 66. Венерине се фазе могу видети чак и обичним, мањим дурбином. Спољне планете такође показују мале промене фаза, али се у телескопу могу приметити само код Марса. У доњој конјункцији Меркур и Венера обично пролазе привидно или изнад или испод Сунчевог котура, а само понекад испред њега и пројектују се на Сунчевој површини у облику малих црних кружића. Ове се појаве на-

зивају *пролази Венере и Меркура преко Сунчевог диска*. Пролаз Венере преко диска Сунчевог бива ређе; они су се догодили: 1639, 1761, 1769, 1874 и 1882 године, а биће их: 2004 и 2012 године. Са Меркуром се то дешава чешће: 1907, 1914, 1924, 1927, 1937, 1940, 1953, 1960, 1970, 1973, 1986 и 1999 г.

**§ 67. Сидеричка и синодичка револуција планета.** — Трајање пуног обиласка планете око Сунца назива се њеном *сидеричком* (тј. *звезданом*) *револуцијом*. Размак времена који протече између два истоимена положаја планете, у односу на Земљу, назива се *синодичком револуцијом*. Што синодичка и сидеричка револуција нису једнаке лако је разумљиво: планете се око Сунца крећу различитим брзинама, па Земља и планета, по истеку сидеричне револуције планете, неће бити ни једна према другој нити према Сунцу, у истом положају у коме су раније биле.

Сидеричке су револуције Меркура, Венере и Марса мање од синодичких; код осталих планета то је обрнуто.

Посматрања су показала да је *сидеричка револуција* (време стварног обиласка око Сунца) *утолико већа, што се планета налази даље од Сунца* (в. таблицу на крају књиге).

Због тога *радијус-вектор* Земље (линија која спаја Земљу са Сунцем) описује у јединици времена већи угао него *радијус-вектор* спољне планете. Погледајмо на пр. кретање Јупитра, почевши од тренутка његове опозиције. Кроз колико ће дана наступити следећа његова опозиција, ако је позната сидеричка Јупитрова револуција ( $S$  дана)?

Јупитер прелази по својој путањи за дан  $360^\circ/S$ , а Земља  $360^\circ/T$ . ( $T$  — сидеричка револуција Земље, једнака години дана, тј.  $365\frac{1}{4}$  дана). Земља се креће брже, па ће према томе свакодневно претичати Јупитра за  $360^\circ/T - 360^\circ/S$ . Повећавајући се из дана у дан, овај лук кроз  $P$  дана (за време синодичке револуције) достигне  $360^\circ$ , тј. Јупитер опет долази у опозицију са Сунцем, дакле  $(360^\circ/T - 360^\circ/S) \times P = 360^\circ$ , откуда

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{S}.$$

Овај се образац зове *једначина синодичког кретања*. Познавањем  $T$  и једне од других двеју величина, може се помоћу њега израчунати трећа. За унутрашњу планету, која се креће брже од Земље, тај ће образац овако изгледати:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{S} - \frac{1}{T},$$

до њега можемо доћи путем истих размишљања као и пре.



§ 68. **Астрологија.** — Још од памтивека постојала је лажна наука — астрологија, која је учила да се по положају небеских тела може прорећи судбина човека, па и целог народа. Вера да небеска тела утичу на судбину човека и његов рад, вера у моћ претсказивања судбине и, у вези с тим, уверење да се догађаји могу предупредити, све је то поникло исто тако давно као и сама астрономија. Астрологија је уживала нарочиту пажњу тзв. више класе. Цареви, кнежеви и различити богаташи, држали су често уза се нарочита лица, астрологе, са задатком да им пишу хороскопе за чланове породице, тј. таблице, у којим су на магловит и противуречан начин претсказивани догађаји од интереса за домаће. А да би се могло одредити „предвиђање“, била је потребна теорија, помоћу које се могу унапред прорачунати положаји планета на небу. Таква је теорија била и Птолемејева. За усавршавање теорије међутим, неопходно су потребна посматрања неба.

Лажна у својој основи, постављањем практичних захтева, астрологија је доприносила развоју астрономских посматрања и математичке теорије кретања планета, и припремала терен за појаву Коперникове теорије и будуће њено усавршење. Коперникова је теорија једно пољуљала веру у чудеса и веру у астрологију, а даљи научни проналасци коначно доказали апсурдност и њену неистинитост.

§ 69. **Револуционарно Коперниково учење и борба цркве са Коперниковим следбеницима.** — Коперникове идеје биле су и нове, и необичне. Оне су се косиле са многим схватањима о грађи васионе и улози Земље у свмиру, и сукобљавале са свима постојећим појмовима и теоријама. Шта више, те су идеје поништавале све што је речено у Библији „о небеском своду“ и томе како је „Исус Навин зауставио Сунце“. Појам о човеку, као божјој творевини, и циљу постојања васионе, о Земљи као арени силаска божјег — све то није допуштало црквеним претставницима да признају Коперникову теорију и омогуће њено ширење.

То је предвидео и Коперник, па се зато дуго није одлучивао да штампа своју књигу. Тек пред крај Коперникова живота успели су његови пријатељи да га наговоре да објави своја изванредна открића, плод дугогодишњег рада. Бојећи се осуде за безбожништво, он је у предговору посветио своју књигу римском папи. Калуђер, пак, коме је била додељена редакција књиге, написао је предговор, у коме је изопачио Коперникове мисли. У предговору се говорило да изложени систем света стварно не постоји, већ да је измишљен само као начин за прорачунавање положаја Сунца и планета на небу. Коперник је, међутим, био убеђен да је склоп Сунчева система *заиста* такав.

Антирелигиозни значај Коперникове књиге (која је штампана при крају његова живота) није био одмах у потпуности схватљив католичком свештенству. То се догодило тек доцније, и мржња цркве према слободној науци свалила се тек на Коперникове следбенике — *Ђордана Бруна* и *Галилеја*.

Коперниково је учење неминовно изазвало бујицу нових мисли, ослобођених притиска религије. Било је јасно, да разлика између неба и земље није онаква како су то учили Библија и калуђери. Постало је разумљиво, да се ван земаљских области налази огромна или, боље, бескрајна васиона, у којој, можда, постоје и други светови, насељени живим и разумним бићима. Такве је погледе, ускоро после смрти Коперникове, почео излагати филозоф Ђордано Бруно.

Ђордано, као противник цркве и књишког учења средњег века, борио се углавном за филозофску стану Коперникова учења, за јединство претстава о васиони, негирајући њену поделу на земљу и небо. Његова су схватања била противна учењу цркве и поткопавала су њен ауторитет, ништећи уједно и непросвећеност народних маса у којој их је буржоазија из користољубља настојала да задржи. Због тога је Ђордана Бруна католичка инквизиција ухапсила и држала у тамници 8 година, и најзад, (1600 г.), спалила на ломачи као злогласног јеретика.

Галилеј познати научник те епохе, учинио је многе проналаске из области физике и механике, а борбу за Коперников систем водио је углавном путем прикупљања доказа и факата који су потврђивали његову исправност. Он је први применио дурбин за посматрање небеских тела и помоћу њега дошао до читавог низа открића, која су потврђивала Коперникову теорију и широка Брунова уопштења (Венерине фазе, сапутници Јупитрови, састав Млечног пута итд.). У својој књизи „Расправа о два система света“ он се не само показао као присталица Коперникових схватања, већ је и исмејао преовлађујуће учење о непокретности Земље. Црква је после ове књиге подвргла Галилеја суду инквизиције и, користећи његову слабост и старост, приморали га да се одрекне своје „јереси“ и до краја живота држала у изгнанству.

Коперникова је књига била спаљена и унета у списак књига, које католици одани вери нису смели читати. Из списка забрањених књига Коперниково је дело избрисано тек 1835 г.



Сл. 67. Ђордано Бруно (1548—1600).



Коперниковим учењем биле су пољуљане све основне догме хришћанске цркве, па није никакво чудо што се и касније, упркос научно признатог Коперниковог учења, црква тврдоглаво истрајности старала да сачува старе појмове о непокретности Земље.

Коперников рад био је од огромна значаја не само за астрономију, него и за познавање природе уопште. Ево шта о томе каже Енгелс: „Издање бесмртна Коперниковог дела, у коме је он, иако скромно и готово на самртном одру, бацио рукавицу црквеном ауторитету по питањима природних наука, био је револуционарни акт, којим су природне науке објавиле своју независност“.

**§ 70. Аберација.** — У Коперниково доба била су непозната два основна доказа кретања Земље око Сунца: појава годишње аберације светлости и годишња паралакса.

У овом параграфу ми ћемо се упознати са првом од ових појава, — са годишњом аберацијом светлости, коју је 1721 г открио Брадлеј.

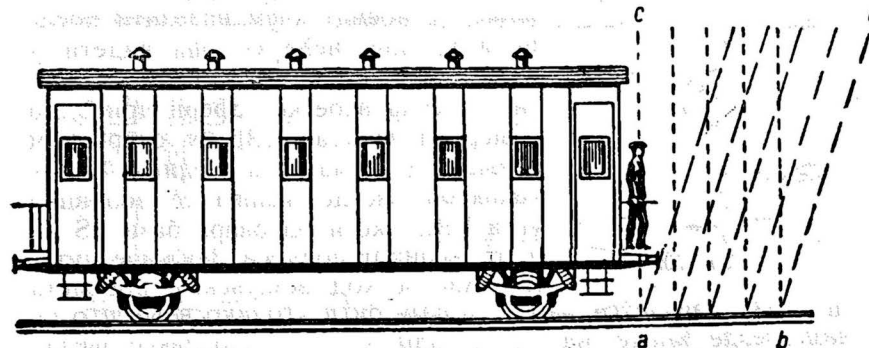


Сл. 68. — Галилео Галилеј (1564—1642).

Кад се Земља не би кретала, све би се звезде виделе увек на истим местима небеске сфере. У противном случају слагањем брзине Земљиног кретања са брзином простирања светлости, која нам доспева од звезда, изазвало би се њихово привидно померање.

Следећи пример помоћи ће нам да објаснимо појаву аберације. Кад се за време кише налазимо у вагону непокретна трамваја или воза, чини нам се да кишне капи падају вертикално (ако нема ветра). Али ако се вагон креће, изгледаће нам да кишне капи падају косо у сусрет нашем кретању (сл. 69), а угао падања биће утолико већи, што је већи однос брзине вагона према брзини падања капи. Описана појава је последица познатог физичког закона слагања брзина у релативном кретању. За време нашег кретања из *a* у *b* кишне капи прелазе растојање *Са* и на нас неће пасти капља *С*, која је била над нашом главом кад смо се налазили у *a*, већ кап која је у почетку кретања заузимала место *с*. Због тога ће нам се учинити да кишне капи не падају вертикално (како стварно падају), него у косом правцу *сд*,

у сусрет кретању. Исто се то догађа и у небеском простору, само што на слици вагон треба заменити Земљом која се креће око Сунца, а млазеве кише зрацима светлости који долазе од звезде. Од звезде *S* (сл. 70) светлост се креће ка посматрачу у правцу *SA* брзином *c*. Растојање *OA* (дужину телескопа) светлост прелази за време *t*, тј  $OA = ct$ . Али за то време посматрачево око и крај телескопа, *A*, преместиће се заједно са Земљом у тачку *B*, брзином *v*, којом се Земља креће око Сунца. Да би зрак светлости *SA* пао у посматрачево око, потребно је нагнути телескоп у правцу кретања — у положај *AO*. Ако телескоп буде нагнут за угао  $\alpha$ , изгледаће као да се звезда за тај угао спустила у правцу кретања Земље. При обилажењу око Сунца, мења се правац кретања Земље и звезда која се налази у полу еклиптике описује у току године круг око свог правог положаја.



Сл. 69.

Звезде које се на небеској сфери налазе између еклиптике и њеног пола, описују у току године, под утицајем аберације, елипсу, а не круг. Звезде пак, које леже на еклиптици крећу се у току године по правој линији. Дужина те линије, као и велике осе елипсе (у претходном случају), једнаке су и равне пречнику аберационог круга који опише звезда у полу еклиптике.

Појава годишње аберације светлости, које не би било у случају мировања Земље, физички је доказ њеног кретања око Сунца. Посматрања показују да је највеће аберационо скретање било које звезде  $20''{,}5$ . Овај се износ назива константа аберације.

Одредивши на основи посматрања ту величину, и знајући брзину светлости (300.000 км/сек), као и узрок постанка

аберације, можемо одредити брзину кретања Земље око Сунца. Једноставности ради нека је угао у тачци В прав. тада се из слике види, да је

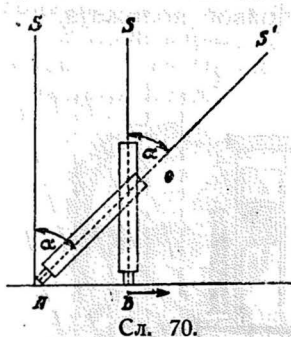
$$\sin \alpha = AB : OA = v.t : ct = v : 300.000.$$

Ако у тај образац уврстимо уместо  $\alpha$ ,  $20''.5$ , добићемо:

$$v = 30 \text{ км/сек},$$

тј. Земља се по својој путањи око Сунца креће брзином 30 км/сек. Брзина кретања Земље на њеној путањи може се одредити и на многе друге начине.

**§ 71. Годишња паралакса.** — Коперник још тврдио је да звезде морају показивати паралактичко померање, изазвано кретањем Земље око Сунца. Доиста, ако се посматра ма која

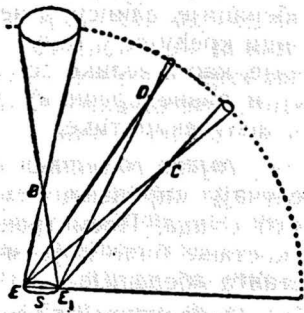


Сл. 70.

звезда В из тачке Е (сл. 71), а затим из тачке Е<sub>1</sub> у којој ће се Земља заједно са посматрачем налазити после пола године, неће се она видети у једном истом правцу, већ ће изгледати да се на небеској сфери привидно померила за угао ЕВЕ<sub>1</sub> у супротном правцу од посматрача. Годишњом паралаксом звезде назива се половина угла ЕВЕ<sub>1</sub>, који одговара бази ES = а, тј. великој полуоси Земљине путање. Као и код земаљских предмета

(в. § 63), паралаксе звезде морају бити уколико веће што су нам звезде ближе (на сл. 71 види се да су паралаксе звезде D и C, удаљенијих од В, — мање). Због непрекидног кретања Земље око Сунца, изгледа нам да звезде на небеској сфери описују у току године мале елипсе, које су одраз годишњег кретања Земље (сл.71).

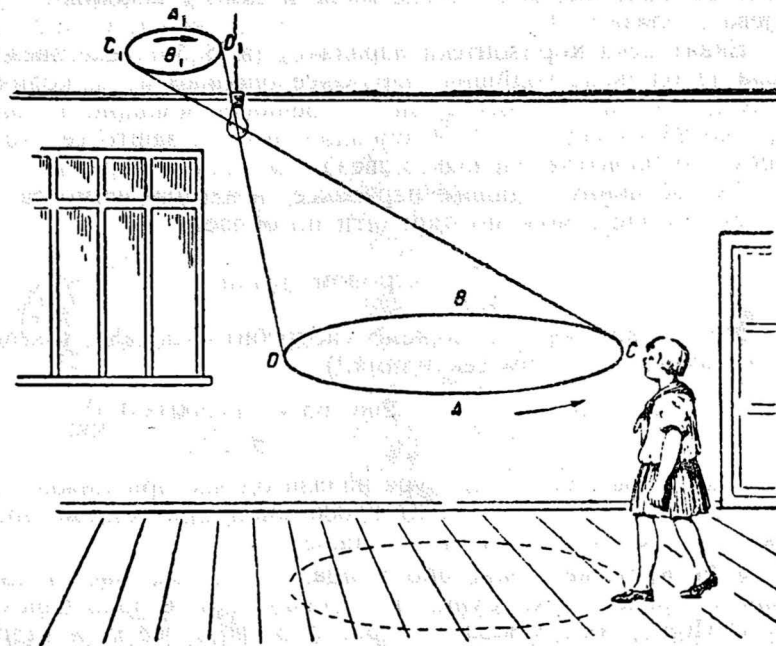
Треба упамтити следећу дефиницију: годишња паралакса звезде је највећи угао под којим се са звезде види полупречник Земљине путање. Откриће годишњих паралакса звезда дало је још један доказ за правилност Коперникове теорије. Кад би Земља мировала, не би постојала никаква годишња паралакса. Мерење звезданих паралакса омогућује нам да одредимо даљине звезда и изучимо њихов распоред у простору.



Сл. 71.

Да бисте схватили како настаје паралактичко померање звезде услед кретања Земље по путањи, извршите овај оглед. Окачите о таваницу канап са куглицом, тако да се куглица може дизати и спуштати (у исту се сврху може искористити и електрична сијалица). Ако се кружно крећете (сл. 72) и гледате у куглицу (или сијалицу), приметите да ће се она пројектовати на разним местима таванице, описујући круг. Што вам је куглица ближе, њено привидно кружно кретање биће уочљивије. Крећете ли се по кругу чије средиште не лежи испод куглице (или сијалице), приметите да је њено привидно кретање прешло из кружног у елиптичко. У овоме огледу посматрач претставља Земљу, која се креће по својој путањи, куглица — звезда; а таваница — небеску сферу.

**§ 72. Паралаксе звезда.** — Дуго времена се није могла измерити годишња паралакса звезда, па се на основу тога и закључило да су звезде много даље од Земље него Сунце



Сл. 72.

и планете. То је пошло за руком астрономима Беселу, Хендерсону и Струвеу тек 1836 године, кад се довољно усавршила техника израде прецизних астрономских инструмената. Бесел је измерио паралаксу слабе звезде 61 у сазвежђу Лабуда. Паралакса је те звезде само  $0''.30$ . Струве је одредио паралаксу сјајне звезде Вега у сазвежђу Лире, за коју је добио  $0''.36$ . Никакво чудо, дакле, што се пређашњим ин-

струментима грубе конструкције нису могле измерити тако мале угловне величине. У старо време није се могло ни замислити да су звезде толико удаљене и њихове паралаксе тако мале. Отсуство приметне годишње паралаксе код звезда послужило је као један од разлога против Коперникове теорије, а делимично и дало повода данском астроному Тихо Брахеу да изгради сопствену теорију о склопу Сунчева система.

Највећу паралаксу има нама најближа звезда названа Проxima, тј. „најближа“, у сазвежђу Центаура. Паралакса ове слабе звезде (величине 10.5), која је неприступачна слободну оку, износи  $0''.760$ . Следеће место за њом заузима веома сјајна звезда  $\alpha$  Центаура са паралаксом  $0''.756$ . Паралаксе осталих звезда су много мање и само у неколико случајева прелазе  $0''.1$ .

Екваторска хоризонтска паралакса (в. § 55) неке звезде мања је од њене годишње паралаксе онолико пута, колико је пута Земљин пречник мањи од пречника Земљине путање (тј. око 25 хиљада пута). Разумљиво је онда зашто се екваторске хоризонтске паралаксе звезда не могу измерити.

Ако величину годишње паралаксе звезде означимо са  $p$ , даљину звезде  $r$  можемо одредити по обрасцу:

$$r = \frac{a}{\operatorname{tg} p} \text{ астроном. једин.}$$

Место овог обрасца можемо употребити следећи, у коме је  $p$  изражено лучним секундима:<sup>1)</sup>

$$r = \frac{206\,265}{p} \text{ астр. јед.} = \frac{206\,265 \cdot 149\,500\,000}{p} \text{ км.}$$

Тако се звезда  $\alpha$  Центаура налази од нас приближно на 273 хиљаде астр. јед., тј. око 40.000 милијарди километара, док су друге звезде још много даље.

**§ 73. Кретање Земље око Сунца.** — Земља, као и све планете, креће се око Сунца по путањи која је врло блиска кругу. Поред тога Земља се обрће око своје осе која задржава сталан положај у простору. На сл. 73 приказана су четири положаја Земље на њеној путањи.

За северну Земљину полулопту положај II одговара почетку лета, III — почетку јесени, IV — почетку зиме, I — почетку пролећа. Ако те положаје упоредимо са цртежем еклиптике, лако ћемо схватити да је у време кад се Земља налази у положају I — Сунце у екватору. А како хоризонт дели

<sup>1)</sup> 206 265 — је број секунда у луку који је по дужини једнак полупречнику круга (тј. број секунда у радијану).

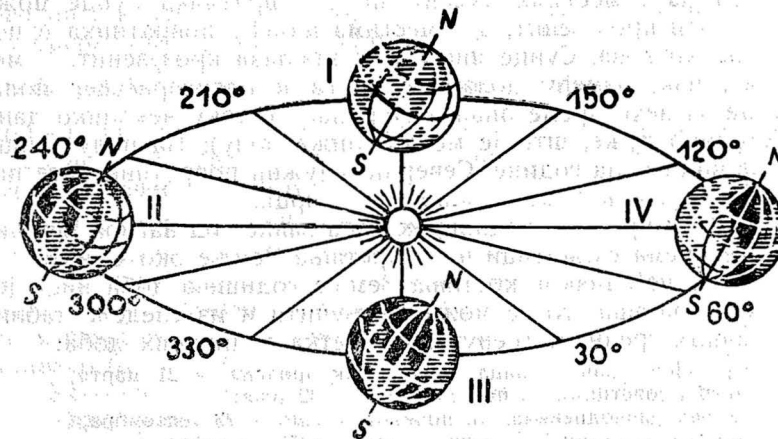
екватор на две половине, дан је у то доба раван ноћи, те се тачка I зове тачка пролећне равнодневице. Из истог разлога III ће бити тачка јесење равнодневице. Тачке II и IV називају се тачке солстиција (летњег и зимског).

Посматрања показују да је привидно Сунчево кретање по еклиптици неравномерно. Средња дневна брзина кретања Сунца може се израчунати ако  $360^\circ$  поделимо са трајањем пуног обиласка Земље око Сунца.

За време пуног обиласка Земље око Сунца, које називамо годином, на Земљи се догоди  $365\frac{1}{4}$  пута смена дана и ноћи. Средње дневно кретање Сунца по еклиптици биће, дакле, једнако:

$$360^\circ : 365.25 = 59'.$$

Међутим, око летњег солстиција (за северну полулопту) средње је дневно кретање  $57'$ , а око зимског солстиција  $1^\circ.1$ . Испитивање узрока те појаве показује да она настапа услед тога, што Земљина путања око Сунца није круг, већ елипса;



Сл. 73.

Сунце је зими нешто ближе Земљи, па је зато брзина кретања Земље по њеној путањи зими нешто већа него лети (вид. § 77, II Кеплеров закон).

Промена даљине Земље од Сунца нема велики утицај на количину топлоте и светлости коју Земља добија од Сунца, јер та промена износи само 3.3% средњег њихова растојања.

У складу са привидним кретањем Сунца по небеској сфери, које се јавља као последица стварног обилажења Земље око Сунца (при чему се нагиб његових зракова према Земљиној површини периодично мења), настапа смена годишњих доба. Поред тога, разлика у нагибу Земљине осе пре-



ма правцу Сунчевих зракова, ствара на Земљи различите климатске појасеве. Тих појасева, као што је познато из географичке, има пет: два су поларна, два умерена, а један екваторски. Границе тих појасева поклапају се с паралелима који се налазе на одређеним географским ширинама.

Границе климатских појасева називају се: 1) поларни кругови, који иду паралелима  $\pm 66\frac{1}{2}^\circ$  ширине, између поларних и умерених појасева; 2) повратници, који иду паралелима  $\pm 23\frac{1}{2}^\circ$  ширине, између умерених појасева и екваторског појаса.

Ако применимо образац за висину небеског тела у тренутку кулминације,  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , па заменимо у њему граничне вредности Сунчеве деклинације  $+ 23\frac{1}{2}^\circ$  и  $- 23\frac{1}{2}^\circ$ , а исто тако и  $\delta = 0^\circ$ , можемо закључити да на линијама повратника ( $\varphi = \pm 23\frac{1}{2}^\circ$ ) Сунце једном годишње пролази кроз зенит, а на поларним круговима ( $\varphi = \pm 66\frac{1}{2}^\circ$ ) један дан у години не излази, а један не залази.

Отуда у местима између двају повратника Сунце може пролазити кроз зенит, а у местима између повратника и поларних кругова, Сунце никада не пролази кроз зенит. У местима, пак, између поларног круга и одговарајућег пола, Сунце за неко време бива невидљиво (у току неколико дана и утолико дуже, што је место ближе полу). На полу Сунце се не види пола године. Северни и јужни повратник носе називе повратник Рака и повратник Јарца.

Све те промене годишњих доба зависе од нагиба Земљине осе према еклиптици и од кретања Земље око Сунца.

Због неједнаког кретања Земље годишња доба нису једнако трајања; то се може закључити и из следеће таблице тачних средњих тренутака почетка годишњих доба:

Пролећна равнодневица, тј. почетак пролећа — 21 марта;  
Летњи солстициј, тј. почетак лета — 22 јуна;  
Јесења равнодневица, тј. почетак јесени — 23 септембра;  
Зимски солстициј, тј. почетак зиме — 22 децембра.

Није тешко израчунати, да на северној полулопти летњи период траје 186, а зимски само 179 дана.

**§ 74. Основа календара.** — Основа за рачунање времена је кретање небеских тела, посматрано са Земље. У почетку се за рачунање времена користило само дневно кретање Сунца над хоризонтом, тим пре, што смена дана и ноћи одговара животним условима човечанства.

За мерење размака времена дужих од дана, природно је што се користе привидна кретања двају најсјајнијих небеских тела — Сунца и Месеца.

**Синодички месец** (тј. време потпуне смене Месечевих фаза) траје 29.5305881 средњих дана, а година (време пуног

обиласка Земље око Сунца) траје 365 средњих дана,  $5^h 48^m 46^s.1$ , или 365.24219879 средњих сунчаних дана.

Ниједан од ових бројева, ма како тачно узет, не садржи се у другоме ни цео, нити разломљени број пута, па је према томе немогуће изабрати временску јединицу која ће се једновремено садржати без остатка и у средњем дану, и у синодичком месецу, и у години.

Начин рачунања времена заснован на кретању небеских тела, а истовремено и довољно једноставан, добио је назив календарско рачунање времена. Код разних народа, и у разна времена, постојали су различити календари, засновани било на кретању Месеца, или на годишњем кретању Сунца. Било је и таквих календара где је рачунање времена починвало на кретању и Месеца и Сунца, али су они били сложени.

Наш савремени календар постао је усавршавањем старинског календара, у коме је за основу било узето годишње кретање Сунца. У њему је нетачно било то, што је година рачуната равно 365 дана, тј. била за  $\frac{1}{4}$  дана краћа него што одговара поменутој природној појави. Лако је прорачунати

да би кроз  $\frac{365}{2} : \frac{1}{4}$  година ова грешка морала достићи пола године, па ако је на пр. почетак прве године падао на дан пролећне равнодневице, кроз 730 година он би се поклапао са јесењом равнодневицом.

**§ 75. Стари и нови календарски стил.** — Да би се исправио тај недостатак календара предложио је астроном Созиген (за време римског управљача Јулија Цезара) да се календар овако измени: три године да се рачунају са по 365 дана, а свака четврта година са 366 дана. Тај прекобројни дан додавао би се фебруару, који би тада имао 29, а не 28 дана.

Усвојено је да се та година, која има један дан више, зове *преступна година*. Одлучено је, сем тога, да се као преступна рачуна она година чији је редни број дељив са 4 без остатка. Тај се календар обично зове *јулијански*, јер га је озаконио Јулије Цезар.

Али ни овај календар не одговара правој дужини године, јер се у њему усваја да година има 365,25 дана. Јулијанска година је дужа од стварне године за

$365.25 \text{ дана} - 365.24219879 \text{ дана} = 0.00780121 \text{ дана.}$

Ова разлика од 0.0078 дана (за годину) кроз 128 година изнесе један цео дан. Године 1852 та је разлика била већ 10 дана (рачунајући од 325. године, када је јулијански календар примила хришћанска црква).

Астрономи су тада предложили нов начин рачунања времена, који се састојао у томе, да се три пута за четири сто-

тине година пропусте преступне године. На тај би начин грешка, која се накупи за 400 година, била скоро поништена. Наредбом римског папе Григорија XIII тај је календар 1582. године био примљен од католика, а грешка од 10 дана одмах избачена тако, што је те године 5. октобар узет за 15. октобар. Уз то је, сходно горњој реформи, усвојено да се од столетних година узимају за преступне само оне, чији је број векова дељив са 4.

Отуда се после прелаза на нови календар године: 1700, 1900, 2100 рачунају као просте, док су по старом (јулијанском) календару биле преступне. Садања је разлика између старог и новог календара („старог“ и „новог“ стила) већ 13 дана (до 1900 г. разлика је била 12 дана).

2100. г. стари ће се календар разликовати од новог за 14 дана.

Ни нови (грегоријански) стил није потпуно тачан, али се погрешке новог стила нагомилавају тек кроз 3000 година на један дан. Та је грешка тако мала, да нема никакве потребе мењати и нови стил.

**§ 76. Ера.** — Као почетак од кога се броје године може се узети било који дан; време се од њега рачуна унапред и уназад, са знаком + или знаком — уз одговарајући број, који означава протекло време. Разни народи су у разна времена за почетну годину усвајали какав догађај из свог живота. Римљани су, на пример, рачунали године од оснивања свога главног града — Рима. Често је за почетак рачунања времена служио и какав митолошки догађај. *Почетак од кога се рачуна време назива се ера.*

У садашње доба код већине народа прихваћена је ера у вези са митолошким догађајем — Христовим рођењем, али је она сасвим произвољна, јер историјска проучавања доказују да Христос није ни постојао.

У источним земљама број година се дуго рачунао по владавини императора, а тек касније усвојио је неки римски калуђер 248. г. од почетка Диоклецијанове владавине (римског императора) за 532-гу годину од Христовог рођења; тај његов начин рачунања ушао је у обичај код свих тадашњих хришћанских народа. Према томе, *почетак наше ере* (која се означава са „н. е.“) установљен је сасвим произвољно. У току 1500 година већи део културног човечанства користи ту еру, једно због верских предрасуда, а друго услед тога што је подесно да сви народи имају једнако рачунање времена и заједничку почетну еру.

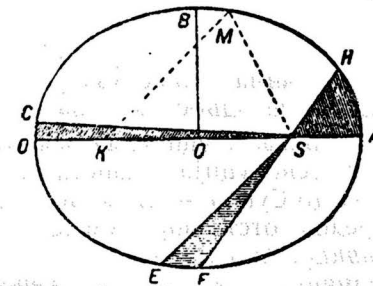
**§ 77. Кеплерови закони.** — Практично примењена на састављање таблица кретања планета, Коперникова теорија се убрзо показала као недовољно тачна. Предвиђени по-

ложаји планета нису се потпуно поклапали са посматраним. Јохан Кеплер, астроном XVII века, који је живео и радио у Прагу, открио је три закона који су допунили Коперникову теорију, и који у част његовог имена носе назив Кеплерови закони. Кеплер је те законе пронашао после дугогодишњег проучавања Марсових посматрања што их је извршио Тихо Брахе.

*Први Кеплеров закон одређује облик планетских путања и њихов положај према Сунцу. Он гласи: путања сваке планете је елипса, у чијој се једној жижи налази Сунце.*

Елипса је крива линија у равни, која мање више личи на развучени круг (сл. 74.). Коперник признаје код планета само кружно кретање, а

Кеплер утврђује да су путање планета елипсе (елипса је геометријско место тачака, чији је збир отстојања од двеју сталних тачака — жижа, сталан и једнак великој оси елипсе). На слици 74., AD је велика оса, OA и OB, велика и мала полуоса. Тачке S и K су жиже. Ма за коју тачку елипсе, на пр. за тачку M, збир њеног отстојања од тачака K и S, тј.  $KM + MS = AD$ . Велика се полуоса означава словом  $a$ , а мала словом  $b$ . Ако слика 74. претставља путању планете, Сунце се налази у једној од њених жижа, на пр. у тачки S. Сунцу најближа тачка планетске путање назива се перихел, а најдаља афхел (на сл. 74. тачке A и D). Ексцентричност елипсе ( $e$ ) је однос растојања међу жижама елипсе према њеној великој оси.



Сл. 74.

Први Кеплеров закон био је велики корак унапред, јер је он потпуно одбацио епицикле што их је Коперник делимично сачувао у својој теорији, да би у кретању планета објаснио неједнакости другог реда.

Да би се нацртала елипса, треба побости две чиоде које ће претстављати жиже. За ове чиоде треба привезати конач чија би дужина била равна дужини жељене велике осе елипсе. Ако оловком затегнемо конач и ову крећемо тако да конач за све време буде затегнут, врх оловке ће описати елипсу. Она ће бити утолико развученија, што су чиоде даље једна од друге.

*Други Кеплеров закон одређује брзину кретања планете у разним тачкама њене путање. Он гласи: у једнаким временима радијус-вектор планете описује једнаке површине.* А то значи да се у близини Сунца планета креће брже, него кад је даље од њега. Нека на пр. за 100 дана планета опише



на својој путањи лук АН (сл. 74.). Њен радијус-вектор за тих 100 дана прешао би из положаја SA у положај SH, тј. описао би површину SAH.

По другом Кеплеровом закону, на другим деловима путање планета ће за 100 дана описати мање лукове CD или EF, али тако, да површине SCD или ESF буду једнаке површини HSA.

Трећи Кеплеров закон даје везу између удаљења планета од Сунца и времена њихова сидеричког обилажења. Ако велике полуосе двеју планета (тј. средња њихова отстојања од Сунца) означимо са  $a_1$  и  $a_2$ , а њихове сидеричке револуције са  $T_1$  и  $T_2$ , трећи Кеплеров закон гласи:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

или, речима, однос квадрата сидеричких револуција планета једнак је односу кубова великих полуоса њихових путања.

Захваљујући томе закону, на основи познатих сидеричких револуција планета и средњег удаљења ма које од њих до Сунца, — можемо лако одредити даљине свих других. Средње отстојање Земље од Сунца зове се астрономска јединица. Ако средње растојање Земље од Сунца усвојимо за јединицу, а време обилажења изразимо у годинама — то ће нам израз  $a = \sqrt[3]{T^2}$  дати велику полуосу путање планете, која има сидеричку револуцију  $T$  година, где је  $a$  изражено у астрономским јединицама.

Кеплерови закони су од великог значаја у астрономији, јер нам омогућују да израчунамо у којој ће се тачки своје путање налазити дата планета у одређеном тренутку. А кад то знамо, лако је израчунати и њен привидни положај међу звездама на небеској сфери ма за који тренутак унапред или унатраг. Преглед тих израчунатих положаја планета зове се ефемерида.

На основи Кеплерових закона можемо решити и обрнути (тежи) задатак: из посматраних положаја новопронађене планете на небеској сфери, можемо одредити величину, облик и положај њене путање.

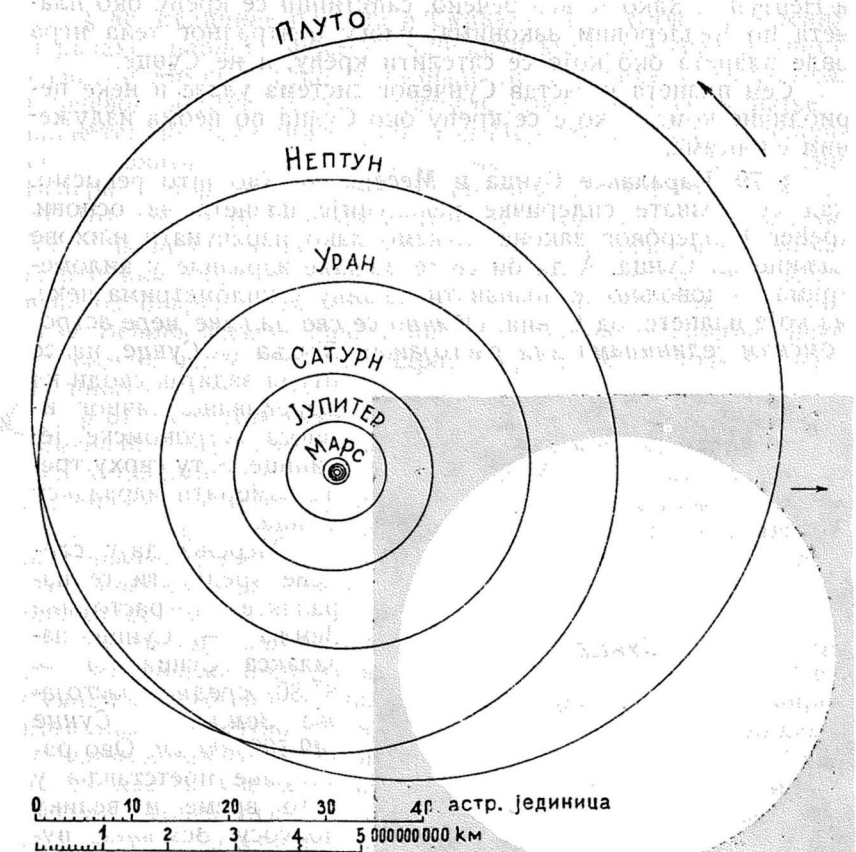
Кеплерови закони важе не само за планете, већ и за комете, сапутнике планета (сателите), двојне звезде итд. Поред тога тим се законима користи у физици при изучавању склопа и кретања најситнијих делића материје (атома).

Вежбање. За планету Марс је  $a = 1.524$  астр. јед.,  $e = 0.14$ . Нацртајте његову путању, узевши за јединицу размере (астр. јед.) 20 см.

Према урађеној слици, која претставља путању Марса, прорачунајте за које ће време Марс прећи угао од  $45^\circ$  у близини перихела и афела, усвојивши да је сидеричко обилажење Марса равно 687 дана.

Како су по II Кеплеровом закону површине елиптичних исечка пропорционалне времену, да бисмо добили време за које Марс пређе лук исечка чији је средишни угао  $45^\circ$ , упоредићемо његову површину са површином читаве елипсе. Израчунавање ових површина избећи ћемо мерењем тежина изрезане целе елипсе, а затим уочена исечка. Размера ових тежина биће једнака размери сидеричке револуције према траженом времену.

§ 78. Састав Сунчевог система. — На сл. 75. приказан је „нацрт“ Сунчевог система. Ево прегледа планета по реду



Сл. 75. — Сунчев систем.

њихове удаљености од Сунца: Меркур, Венера, Земља, Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плуту. Меркур је  $2\frac{1}{2}$  пута ближи Сунцу него Земља, а Плуту је 40 пута даље од ње. Ових девет планета зову се велике планете.



Између путања Марса и Јупитера постоји већи размак. У том простору налазе се путање тзв. малих планета или астероида; познато их је преко 1600. Путање већине малих планета имају велике нагибе према еклиптици (до  $43^\circ$ ) и велике ексцентричности (до 0.65). Неке од великих планета имају сапутнике — мање лопте, који се крећу око њих и заједно с њима крећу око Сунца. Земља има једног пратиоца — Месец, Марс има два сателита, Јупитер 11, Сатурн 9, Уран 4 и Нептун 1. Како је већ речено, сапутници се крећу око планета по Кеплеровим законима; улогу централног тела игра овде планета око које се сателити крећу, а не Сунце.

Сем планета у састав Сунчевог система улазе и неке периодичне комете, које се крећу око Сунца по веома издуженим елипсама.

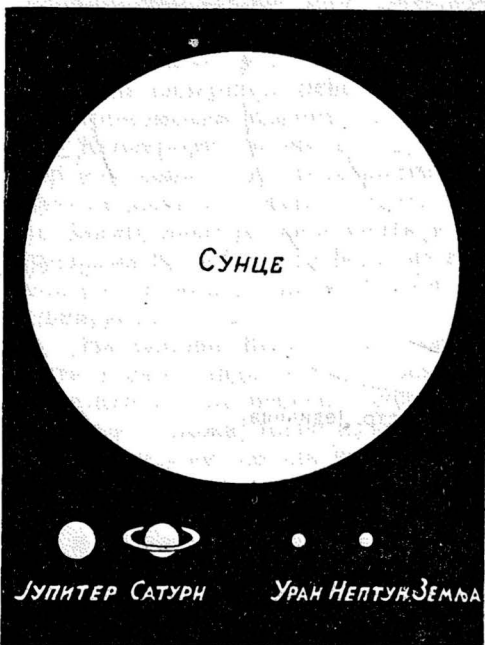
**§ 79. Паралаксе Сунца и Месеца.** — Као што рекосмо, кад су познате сидеричке револуције планета на основи трећег Кеплеровог закона можемо лако израчунати њихове даљине од Сунца. А да би се те даљине изразиле у километрима — довољно је познавати даљину у километрима неке, ма које планете, од Сунца. Обично се све даљине мере астрономским јединицама или растојањем Земља — Сунце, па се

отуда задатак своди на одређивање тачног односа астрономске јединице. У ту сврху треба измерити паралаксу Сунца.

Мерења дају следеће вредности те паралаксе и растојања Земља — Сунце: паралакса Сунца  $\pi_\odot = 8''.80$ , средње растојање Земља — Сунце 149 500 000 км. Ово растојање претставља у исто време и велику полуосу Земљине путање.

Слична посматрања Месеца дају за Месечеву паралаксу  $\pi_\zeta = 57' 2''.7$ , а за средње растојање Месеца од Земље: 384 400 км.

При одређивању паралаксе планета не



Сл. 76. — Упоредне величине Сунца и планета.

може се узети базис већи од екваторског полупречника Земље. И зато се при одређеној величини базиса, паралакса може тачно измерити само за најближе планете. Отуда се растојање Земља—Сунце обично не одређује непосредно, већ најпре измери паралакса неке планете која се највише приближује Земљи, па се паралакса Сунца изведе рачунски. За ову сврху најподеснији су за посматрање Марс и мале планете (на пр. Ерос).

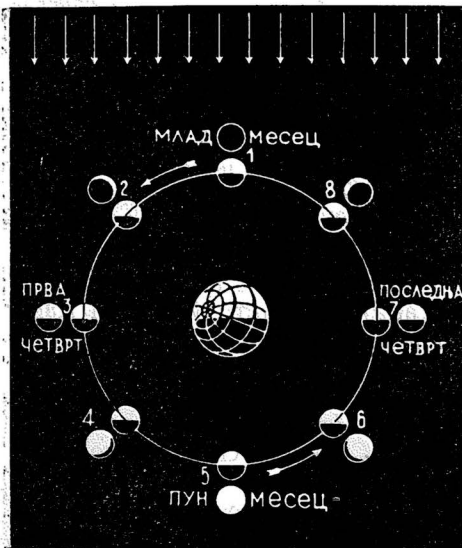
**§ 80. Величине планета и Сунца.** — На основи измерених паралакса планета може се одредити величина свих планета, Сунца и Месеца. Тако се сазнало да је Сунце највеће тело Сунчевог система; Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун су највеће планете; оне пак ближе Сунцу (од Меркура до Марса закључно) — знатно су мање; највећа међу њима је Земља, затим Венера. (Упоредна величина Сунца и планета показана је на сл. 76). Свака је планета знатно већа од својих сапутника. Мале планете су незнатних размера. Највећа међу њима, Церес, има у пречнику свега 770 км, те јој је површина мало већа од површине Велике Британије, а нешто мања од Кавказа. Већина малих планета личе на стеновите блокове; неке од њих би могле утонати у Црно Море, а да не издигну знатно ниво воде.

**§ 81. Месечеве мена и пепељава светлост.** — Пошто смо упознали у основним цртама склоп Сунчевог система, можемо сад детаљније проучити кретање најближег нам суседа — Месеца. Месец се креће око Земље и уједно са њом око Сунца, па се зато и назива њеним сапутником. *Измена привидна Месечева облика — његове мена — долазе отуда, што при свом кретању око Земље он заузима различите положаје у односу на Сунце.*

Месец има, као и остале планете, лоптаст облик; он је тамно тело, а ми видимо само онај део његов који је осветљен Сунцем. Кад се Месец налази између Земље и Сунца, окренута нам је његова осенчена страна, те Месец не видимо (*младина*); кад се Месец налази на супротној страни од Сунца, тј. кад је Земља између Месеца и Сунца, видимо читаву његову Сунцем осветљену половину (*пун месец*). У осталим положајима Месеца видимо његову осветљену половину са стране, па зато Месец има изглед непотпуна круга или српа. Сл. 77. објашњава везу Месечевих мена са положајем Месеца на његовој путањи. На тој слици Сунчани зраци падају озго, у равни цртежа

Није тешко схватити да горња кулминација Месеца у доба младине наступа — у подне, кад је пун Месец — у поноћ, кад је прва четврт — око 6 часова увече, а кад је последња четврт — око 6 часова изјутра.

Кад би се налазили на Месецу, видели бисмо да и Земља заузима различите положаје према Сунцу. — и њену осветљену половину посматрали бисмо под различитим угловима. Посматрана са Месеца, Земља мора такође показивати различите мене и у истом периоду од  $29\frac{1}{2}$  дана, с том разликом само, што се са Земље види пун Месец онда кад би за Месец Земља била у младини и обрнуто. То се такође може лако разумети



Сл. 77. — Месечеве мене.

§ 82. Месец (дана). — Сидерички месец, тј. период обилазак Месеца око Земље, износи  $27\frac{1}{3}$  дана (в. § 59.). Размак времена између две истоимене фазе Месеца зове се синодички месец и раван је  $29\frac{1}{2}$  дана. Сидерички и синодички месеци слични су сидеричким и синодичким револуцијама планета. Месец обавља пун обилазак по звезданом небу у току сидеричког месеца, а пун месец наступа онда, кад се Месец налази у положају супротном од Сунца.

Дужину синодичког месеца (29.53 дана), која је позната из посматрања, можемо израчунати и на основи посматране дужине сидеричког месеца (27.32 дана). А ево како. Од младине до младине, тј. од Месечеве конјункције са Сунцем па све до следеће конјункције нека протекне  $P$  дана; Месец се креће брзином  $360^\circ/27.32$  степени на дан, Сунце брзином од  $360^\circ/365.24$  степени на дан ( $365.24$  је дужина го-

<sup>1)</sup> То долази и услед тога што Земљина површина боље одбија Сунчеве зраке него Месец.

дине у данима). По истеку синодичког месеца ( $P$  дана), Месец предњачи Сунцу за  $360/27.32 - 360/365.24$  степени. Притом Месец успева да пређе читаву своју путању на небу и да поново стигне Сунце. Отуда:

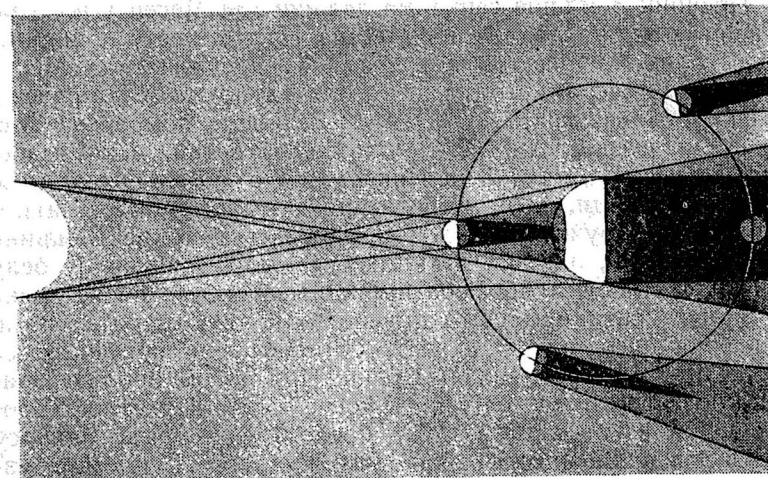
$$\left( \frac{360^\circ}{27.32} - \frac{360^\circ}{365.24} \right) \cdot P = 360^\circ,$$

или

$$P = \frac{27.32 \times 365.24}{365.24 - 27.32} = 29.53 \text{ дана.}$$

Треба обратити пажњу на сличност обрасца овог параграфа са обрасцима § 67.

§ 83. Помрачења. — Ако би се раван Месечеве путање поклапала са равни еклиптике, наступала би сваког месеца помрачења (сл. 78.).



Сл. 78. — Помрачења Месеца и Сунца.

Месец би сваке младине био тачно на правој линији између Земље и Сунца и својим непровидним телом заклањао од нас Сунце. Тако би се сваки пут посматрала појава коју називамо помрачење Сунца. Исто тако Месец би при сваком уштапу улазио у сенку што је за собом баца Земља, па би отуда редовно долазило до помрачења Месеца. Али због нагиба Месечеве путање према еклиптици, Месец за време младине и уштапа пролази већином испод или изнад еклиптике, те помрачење не наступа. Помрачења се могу догодити само кад младина и уштап буду близу чворова Месе-



чеве путање, тј. близу тачака пресека Месечеве путање са равни еклиптике. Другим речима, Сунце и Месец треба да се истовремено налазе у близини чворова Месечеве путање.

А пошто постоје два таква чвора, и Сунце описује пуну круг по еклиптици у току године, то сваке године наступају два периода (у размаку од око пола године), кад се помрачења могу јавити. Тачнији рачуни показују да сваке године мора бити најмање два, а највише пет Сунчевих помрачења. Месечевих помрачења у години не може бити више од три, а могу и сасвим изостати.

**§ 84. Помрачење Месеца.** — Земља, као непровидно тело лоптаста облика, баца сенку у облику конуса на супротну страну од Сунца. Ако уштап наступи у близини чвора Месечеве путање, онда Месец улази делимично или потпуно у Земљину сенку, те тако настаје помрачење Месеца.

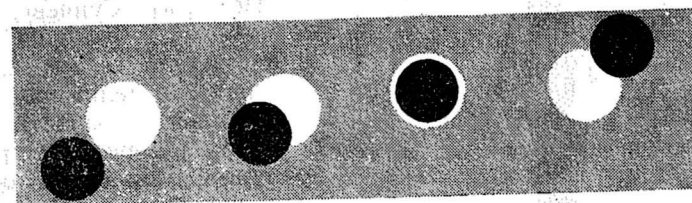
Пречник Земљине сенке, на даљини где Месец у њу улази, већи је од пречника самог Месеца. На том месту је ширина сенке толико велика ( $2 \frac{2}{3}$  Месечев пречника) да Месец може у њу сасвим утонати, те понекад потпуно помрачење Месеца може да траје и  $1^h 40^m$ . За време помрачења Месец не ишчезава потпуно, већ и даље светли, иако слабо. Тада Месец има отсјај црвенкасто-мрке боје. Узрок томе лежи у чињеници, да Сунчеви зраци, преламајући се у атмосфери што окружава Земљу, продиру и у конус Земљине сенке. Међутим, од свих дугиних боја, које сачињавају белу сунчану светлост, атмосфера највише апсорбује плаве зраке и у конус сенке пропушта црвене, које она слабије упија. Јака апсорпција плавих зракова у атмосфери примећује се такође при излазу и залазу Сунца. При косом пролазу зракова кроз атмосферу, изјутра и увече, сунчана светлост продира кроз дебљи слој ваздуха него усред дана, и зато су љубичасти зраци апсорбовани јаче. Због тога Сунце при излазу и залазу изгледа црвено. Месечево се помрачење види једновремено са свих места земаљске кугле која су за време помрачења окренута Месецу.

Земља баца не само сенку, већ и полусенку (сл. 78.). Отуда Месец пре ступања у конус сенке улази најпре у полусенку, уз једва приметно слабљење сјаја.

**§ 85. Сунчева помрачења.** — Месец је мањи од Земље, и зато је пречник конуса његове сенке мањи од пречника Земље. Месечева сенка не може једновремено покрити не само читаву Земљу, него и већи њен део. *Потпуно помрачење Сунца* види се само у унутрашњости мале тамне мрље коју Месечева сенка ствара на површини Земље. Та округла сенкина мрља не прелази никад 250 до 300 км у пречнику. Ван

те мрље, из области на које пада Месечева полусенка може се посматрати *делимично помрачење*, тј. Месец прекрива само један део Сунчевог диска. Са осталих делова Земље, изван сенке и полусенке, помрачење Сунца се не види. Због Земљина обртања око осе и Месечева кретања око Земље, сенка се Месеца креће преко Земљине површине, па се Сунчева помрачења опажају у разном време и са различитих места појаса, што га Месечева сенка својим померањем описује на Земљиној површини. Тај се појас (који никад није шири од 250—300 км) назива појас потпуног помрачења. Изван њега види се само делимично помрачење, али утолико мање (са мањом фазом), што се место посматрања налази даље од појаса потпуног помрачења.

Услед елиптичког облика и Месечеве и Земљине путање, привидни је Месечев пречник већи, једнак или мањи од Сунчевог. У првом случају потпуно помрачење Сунца може трајати дуже време (но не дуже од  $7^m 40^s$ ).

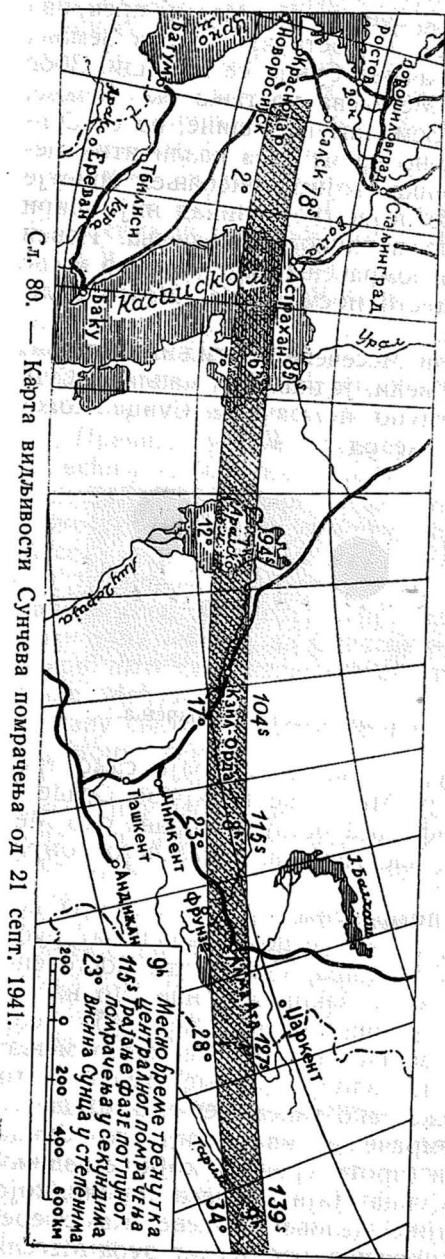


Сл. 79. — Узастопни стадији прстенаста помрачења.

У другом случају потпуно помрачење траје само тренутак, а у последњем случају Месец не прекрива Сунце у потпуности, већ његова периферија остаје видљива око Месечевог мрачног котура и тад наступа тзв. *прстенасто помрачење*.

**§ 86. Потпуна Сунчева помрачења.** — Ток Сунчевог помрачења је овакав. Ипрва се на десном (западном) рубу Сунца појављује мала црна удолина. Она затим постепено расте, и Месец све више и више закрива Сунце. До наступања потпуног помрачења, дневна светлост не слаби јако. Са наступањем потпуног помрачења слика се нагло мења: настаје мрак и на небу се појављују сјајније звезде. У то време код животиња се опажа јако узнемирење, а појаве се и ноћни лептирићи (ако помрачење бива лети). Око Сунца запажају се светли пламичци (протуберанце), који се издижу са Сунца, а око замрачене Сунца сјаји *Сунчева корона*, која у суштини претставља крајње делове Сунчеве атмосфере. После престанка потпуног помрачења, иза десног руба Месеца јавља се танани Сунчев срп, услед чега одмах ишчезавају ко-





рона, протуберанце и звезде. Тај срп расте и Месец се постепено повлачи са Сунчева диска.

За једно исто место на Земљи потпуна Сунчева помрачења су ретке појаве. Она се понављају тек у размаку од неколико столећа. Током потпуна Сунчева помрачења могу се посматрати појаве које се иначе не могу видети у друго доба, па се зато за посматрање потпуних помрачења шаљу у области потпуног помрачења специјалне експедиције.

Потпуно Сунчево помрачење од 9. јула 1945. године, видело се из наших крајева као делимично. За посматрања из области преко којих је прелазило појас потпуног помрачења организоване су биле многе експедиције. Резултати до којих се дошло значајни су: поред уобичајених посматрања короне, астрономима је пошло за руком да реше и низ астрономско-физичких проблема. Помрачење које ће се догодити 15. фебруара 1961. год. видеће се из наше земље као потпуно Сунчево помрачење.

Раније, док се још није знало за тачна предвиђања наступања помрачења, нити познавали њихови узроци, људи су се веома плашили помрачења и сматрали их за некакав фатални предзнак. Претставницима цркве су народна простота и сујевјерје у тим прили-

кама увек били добродошли. Проповедајући крај света, они су помрачења користили у сврху личне зараде и за пропаганду религије. Мање културни народи боје се и данас помрачења и мисле да при помрачењу ђаво нагриза Сунце.

**§ 87. Месечева путања.** — Месечева путања је слабо развучена елипса, у чијој се жики налази Земља. Тачка путање најближа Земљи назива се *перигеј*, а најудаљенија — *апогеј*<sup>1)</sup>. Кад је Месец у перигеју, привидни му је пречник највећи (33'30"), а кад је у апогеју, — најмањи (29'21"). Раван Месечеве путање нагнута је према равни Земљине путање под углом од 5½°, и зато Месец у току месец дана бива само двапут у равни еклиптике, када је и пресеца у тзв. *узлазном и силазном чвору* своје путање.

Не мењајући свој нагиб према еклиптици, Месечева се путања креће у простору. Притом чворови Месечеве путање клизе по еклиптици у сусрет кретању самог Месеца. За 18 година и 7 месеци чворови обаве пун обрт у равни еклиптике и долазе у пређашњи положај. То је од уплива на период видљивости помрачења: она отуда наступају сваке године 20 дана раније.

Време које протекне између два узастопна Месечева пролаза кроз један исти чвор, зове се *драконистички месец*. Овај је разумљиво краћи од сидеричког месеца и једнак је 27.21 дана. По истeku 242 драконистичка месеца, Месец долази у првобитне положаје према Сунцу, те се свако помрачење мора поновити после 242 драконистичка месеца, што износи 18 година и 11 дана. Овим се и објашњава постојање периода који се зове *сарос* (в. § 88.).

**§ 88. Предвиђање помрачења.** — Време наступања помрачења научници могу израчунати унапред са тачношћу до десетог дела секунде, јер им је позната теорија кретања Земље и Месеца. Притом се обично саставља карта (сл. 80.) на којој се уцртава путања Месечеве сенке по Земљи и повлаче линије — *изохроне* (линије истовремених почетака, средина и крајева помрачења) и *изофазе* (линије једнаких фаза). *Однос отсечка Сунчевог пречника заклоњеног Месецем, према целом пречнику, зове се фаза помрачења.*

За извесно место на Земљи тренутци помрачења могу се израчунати и за будућност и за прошлост. Чињеница, да се у једном истом месту Земље Сунчева помрачења ретко догађају, дала је могућности да се установе датуми многих догађаја, који су се одиграли у прошлости, ако се у њихову описивању помињу посматрања помрачења.

<sup>1)</sup> Перигеј значи „најближе Земљи“, апогеј — „најдаље од Земље“

Учењаци неких старих народа могли су, иако грубо, да претскажу помрачења. Посматрајући низ узастопних помрачења они су запазили циклус који се назива *сарос*. По истеку 18 год. и 11 дана помрачења се понављају, али се виде са других места.

**§ 89. Обртање Месеца и његова либрација.** — Физички услови на Месецу окарактерисани су већим делом особинама које зависе од његова обртања око сопствене осе. *Период обртања Месеца око његове осе једнак је трајању његова обилажења око Земље*, тј. 27.32 дана. Услед тога Месец је стално окренут Земљи једном истом полулоптом, и ми видимо увек само једну његову страну.

Да бисте лакше схватили како се догађа обртање Месечево око његове осе — изведите овај оглед. Нека један од ваших другова, који ће претстављати Сунце, стане напред собе, а други, који претставља Земљу, нека буде насупротив њему. Трећи друг, који треба да претставља Месец и његово кретање, нека обилази око „Земље“ (свога друга) увек окренут лицем. Тај друг („Земља“) видеће према томе увек само лице онога који се око њега креће (тј. са Земље ће се увек видети једна те иста Месечева полулопта). Лако је запознати да ће се у току једног обилажења трећи друг („Месец“) једанпут обрнути око себе и да ће први друг („Сунце“) видети за време једног његова обртања и лице и затиљак другог друга. Ово значи да Сунце у току једног Месечева обрта осветљава постепено обе његове половине — видљиву нам и ону што је за нас невидљива.

Према томе дан на Месецу траје пола месеца, тј: скоро 15 наших дана, толико је дуга и Месечева ноћ.

Иако Месец окреће Земљу увек једну исту страну, ми стварно познајемо нешто више од половине његове површине. То долази отуда, што се Месец у свом обртању око Земље лагано њише око своје осе; ова појава, унеколико стварна, а делимице и привидна, последица је разних узрока и названа је *либрација*. Главни узрок лежи у томе, што је Месечево обртање око његове осе једнолико, док му је кретање око Земље (по елипсастој путањи) напротив неравномерно. Захваљујући либрацији можемо постепено видети и мањи део друге Месечеве полулопте, те нам је данас познато у свему 0.6 делова целокупне његове површине.

### ПОСМАТРАЊА

1. Пратите Месечеве фазе, оцртавајући његов изглед и положај према хоризонту (висину и азимут). Не заборавите притом да запишете годину, дан и час посматрања. Ако при тим посматрањима запазите с леве стране у близини Месеца (не даље од 30') какву звезду, причекајте неко време па ћете видети како је Месец заклања, да се после приближно једног часа поново појави иза њега. Улучивши грилику кад се око Месеца виде неколико сјајнијих звезда, нацртајте

његов положај међу њима и поновите скицу после два часа. Упоређењем цртежа уверићете се да се Месец помера међу звездама са запада на исток.

2) Сазнавши из астрономског годишњака време вечерње Венерине елонгације, пратите како се она из дана у дан постепено све више удаљује, достиже највећу даљину, а затим опет привидно приближава Сунцу. Пратите уз то и промену Венерина привидна сјаја, а ако располагате астрономским дурбином, посматрајте промене фаза те планете и нацртајте их.

3) Кад из астрономског годишњака сазнате тренутке заклањања звезда Месецем, посматрајте их и забележите време ишчезавања звезда и њихова појављивања на супротном Месечевом рубу. Обратите пажњу на то, да ли звезда одмах ишчезава или јој светлост постепено слаби уколико се више приближава Месечеву рубу.

### Задаци и питања:

1) За време „заклањања звезде Месецем“, звезда се није видела током 20 минута. Да ли је то заклањање било централно? (Привидни пречник Месеца нека буде једнак  $1/2^\circ$ ).

2) Може ли се Меркур видети увече на истоку?

3) Зашто Марс не може да прође испред Сунчевог диска?

4) Може ли се Марс сваке године приближити Земљи на најмање растојање, тј. сваке године бити у опозицији?

5) Како би изгледала привидна кретања планета кад би се равни њихових путања поклапале с еклиптиком?

6) Кад је познато да од једне до друге Јупитрове опозиције прође 399 дана, одредите трајање његова обилажења око Сунца.

7) Каквог облика треба да је путања планете, да би јој кретање по путањи било једнолико?

8) Користећи решење 6-тог задатка, израчунајте велику полуосу Јупитрове путање узевши за јединицу растојање Земља—Сунце.

9) Пречник Месеца је 0.27 део Земљина пречника. Занемаривши растојање Земља-Месец, одредите хоризонтску паралаксу Сунца за посматрача који би се налазио на Месецу.

10) Колики ће бити привидни пречник Земље, посматране са Меркура за време опозиције (потребне податке узети из таблице на крају књиге).

11) Кад је растојање од Земље до Марса било 55 мил. км. његов је привидни пречник износио  $25''.1$ . Колики је прави полупречник Марса?

12) Човечије око може да раздвоји две тачке ако им угловно растојање није мање од  $4'$ . Може ли се под тим условом голим оком запазити кретање Земље око Сунца са звезде  $\alpha$  Центаура?

13) За које време доспе светлосни зрак са Сунца на Земљу?

14) Колико би времена брзи воз, који прелази без заустављања 80 км/час, морао да путује од Земље до Плутонове путање?

15) Како би се објаснио постанак израза „Прва Месечева четврт“?

16) У које доба године кулминира Месец за време уштапа на највећој висини над хоризонтом?

17) Може ли наступити прстенасто Месечево помрачење?

18) Може ли се догодити прстенасто помрачење Сунца, кад се Месец за време помрачења налази: а) у перигеју; б) у апогеју?



## ОПШТА ГРАВИТАЦИЈА

§ 90. Закон опште гравитације. — После слома друштвеног поретка у XV-XVI в., нова класа трговачко-индустриске буржоазије почела је поклањати велику пажњу развоју експерименталних наука. Утицај буржоазије на државни апарат у то време огледа се између осталог и у државном покровитељству наука, које су доприносиле развоју механике, морепловства и геодезије. Развој морепловства условљавао је потребу развитка и астрономских посматрања и теорија које би омогућиле тачно прорачунавање положаја небеских тела. У вези са овим 1675. г. била је крај Лондона подигнута и данас позната астрономска опсерваторија у Гриничу, а потом и друге астрономске опсерваторије.

У XVII веку појавило се код неких научника схватање, да је узрок криволинијском кретању планета Сунчева привлачна сила (тежа, гравитација). Пошав од Кеплерових закона, Њутн је математички расмотрио то питање и показао да се сила тог узајамног дејства, тог привлачења, мења са променом отстојања планета од Сунца. Разрађујући читав низ математичких појмова и закона механике он је дошао до уверења, да се Земљина тежа простире до Месеца. Он је доказао да су на Месечеву растојању од Земље, убрзање силе теже и центрипетално убрзање Месеца, при његовом кретању око Земље, међусобно једнаки. Из тога је он извео закључак: да су падање тела (слободни пад) и обилажење Месеца око Земље изазвани једним истим узроком — узајамном тежом, привлачном силом која постоји између ова два тела.

Њутн је сем тога доказао, да се и обртање пратилаца око планета врши по истом закону. Кеплерови закони последица су закона гравитације и примењују се, не само на планете које се око Сунца крећу по елипсама, него и на сва остала тела која се крећу по закону гравитације. Каснија проверавања доказала су потпуну исправност Њутнових закона и далеко ван области Сунчевог система, у васиони.

Њутново откриће закона динамике и закона гравитације послужило је као покретач за даљи развој технике и природних наука, а нарочито за развој практичне и теоријске астрономије. Та открића претстављају један од највећих успеха у историји читавог човечанства.

Енглески научник Исак Њутн (1643—1727) утврдио је да се свака два делића материје у простору узајамно привлаче силом ( $F$ ), која је управно сразмерна производу њихових маса  $m_1$  и  $m_2$ , а обрнуто квадрату њихова растојања ( $r$ ).

Математички тај се закон изражава обрасцем:

$$F = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где је  $k$  коефицијент пропорционалности. Ако хоћемо да  $F$  израчунамо у динима (најмања јединица силе), онда масе треба изражавати у грамима, а растојање у центиметрима. Величина  $k$ , која се зове константа гравитације, бројно је равна сили (у данима) којом се привлаче две куглице чије су масе по један грам, а налазе се на растојању 1 см једна од друге.<sup>1)</sup> Према савременим одређивањима  $k = 6.68 \times 10^{-8}$  или

$$k = \frac{1}{15\,000\,000}.$$

Јачину привлачне силе двеју металних куглица први пут је експериментално одредио физичар Кевндиш (1798. г.), и то му је омогућило да одреди величину гравитационе константе  $k$ . Сем поменутих открића, Њутну припада и велики број веома драгоцених научних радова из механике, математике, физике и астрономије. Он је положио основ вишој математици (анализа бескрајно малих величина). Резултате својих истраживања објавио је Њутн у књизи „Philosophiæ naturalis principia mathematica“ („Математски основи природне филозофије“). Њутнова су открића послужила као једна од основа материјалистичком схватању природе.



Сл. 81. — Њутн (1643—1727).

§ 91. Распоред силе теже на Земљиној површини. — Помоћу савремених метода, заснованих углавном на посматрању осциловања клатна, убрзање силе теже може се одредити са тачности до 0.001

<sup>1)</sup> Лоптаста хомогена тела привлаче се тако, као да им је сва маса усредсређена у средишту.



мм/сек<sup>2</sup>. Посматрања исто тако показују да је убрзање различито за разна места Земљине површине. Што је предмет ближе екватору, убрзање теже је мање.

Ево величине убрзања на неколико географских ширина:

| географска ширина | убрзање силе теже             |
|-------------------|-------------------------------|
| 0° (екватор)      | 978.030 см/сек <sup>2</sup> . |
| 45                | 980.616                       |
| 90 (пол)          | 983.216                       |

Ову разлику објашњавају два узрока. Прво, Земља није лопта него елипсоид, јер је на половима спљоштена, те се полови налазе ближе центру Земље него њен екваторски део. Према закону гравитације, предмети на половима јаче теже центру Земље. Друго, због обртања Земље на све предмете на њеној површини делује центрифугално убрзање, које тежи да их одвоји са Земљине површине. Центрифугално убрзање на половима једнако је нули, а највећу вредност има на екватору, где се највише противи Земљиним привлачењу и смањује убрзање силе теже.

Утицај двају наведених узрока можемо приказати и у виду образаца, помоћу којих се може лако израчунати убрзање силе теже у одређеном месту. Посматрања показују да у неким местима на Земљи постоје и велике аномалије силе теже, тј. посматрано убрзање силе теже у многоме се разликује од теоријског. Некад је сила теже већа него што даје теорија, а некад опет мања. То се објашњава нехомогеношћу Земље. У кори њеној, на извесној дубини испод површине налазе се негде веома тешки, а негде веома лаки слојеви. Њихова је маса у поређењу са масом читаве Земље незнатна, али се зато ти слојеви налазе ближе површини него средишту Земље. Отуда они и делују осетно на клатно које се налази над њима. На пр. теже масе, у месту које се налази изнад њих, повећавају силу теже према њеном нормалном износу. Према томе, изучавање аномалије (неправилности) силе теже омогућује испитивање не само облика Земље, него и склопа њене коре.

Аномалије силе теже изазване су често наслагама гвоздених руда, угља или нафте под Земљом, те изучавање аномалија претставља средство за изналажење корисних ископина. Наука овде непосредно служи одбрани земље, јер помаже изналажење нових извора сировина. За све те радове неопходно је потребно сасвим тачно познавање амплитуде клатна; тога ради потребно је имати часовнике, чије су поправке увек тачно познате из астрономских посматрања.

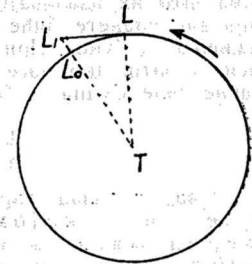
**§ 92. Одређивање Земљине масе.** — Маса Земље ( $M$ ) може се израчунати, кад је позната величина константе гравитације ( $k$ ). Ако у образац из § 90. унесемо вредност ( $R$ ) полупречника Земље, који нам је познат из мерења, и вредност  $g$ , за коју ћемо узети средњи износ 980.6 см/сек<sup>2</sup>, имаћемо

$$M = \frac{g \cdot R^2}{k} = \frac{980,6 \cdot (6,37 \cdot 10^8)^2}{6,6 \cdot 10^{-8}} = 5,97 \times 10^{27} \text{ гр.}$$

Поделимо ли ову величину Земљиним запремином, добићемо за средњу густину Земље 5.5 гр/см<sup>3</sup>. Уствари, унутар-

њи делови Земље имају много већу густину од ове, а површински два пута мању. Маса Земље може се одредити и на други начин.

**§ 93. Кретање Месеца.** — На откриће закона опште гравитације, као што смо већ видели, навело је Њутна (в. § 90.) разматрање кретања Месеца око Земље. Месец се креће око Земље под дејством оне исте Земљине привлачне силе којом Земља привлачи предмете на својој површини. Кад би Месец био непокретан, пао би на Земљу. Али до тога не долази, јер се Месец креће одређеном брзином у правцу тангенте на своју путању, тј. у правцу управном на правац убрзања силе теже. Из физике је познато да свако тело, које се креће по кругу, трпи центрипетално убрзање. Код Месеца је центрипетално убрзање изазвано дејством Земљине теже. Сваког секунда Месец пада к Земљи брзином којом би на Земљу падао камен са даљине на којој се налази Месец. Ако би у тренутку када се Месец налази у тачци  $L$  (сл. 82.), привлачна Земљина сила престала на њега да делује, Месец би за једну секунду по инерцији прешао растојање  $LL_1$  по правој линији. Али, под упливом гравитације, Месец за исту секунду скреће к Земљи за износ  $L_1L_0$ . Слагањем ових двају кретања уверићемо се да је Месец стварно прешао лук  $LL_0$ , а не пут  $LL_1$ , нити  $L_1L_0$ . Због непрекидног привлачног дејства Земље на Месец, Месечева се путања стално свија према Земљи.



Сл. 82.

**§ 94. Извођење закона гравитације из Кеплерових закона.** — Свој закон гравитације Њутн је извео из Кеплерових закона. Извођење се може упростити ако претпоставимо да су путање планета кружне. Узмимо две планете које се око Сунца крећу по кружним путањама полупречника  $r_1$  и  $r_2$ , а чије су сидеричке револуције  $T_1$  и  $T_2$ . Центрипетално убрзања<sup>1)</sup>  $j_1$  и  $j_2$  планета, односеће се једно према другоме као:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{4 \pi^2 r_1}{T_1^2} : \frac{4 \pi^2 r_2}{T_2^2} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

Према трећем Кеплеровом закону:

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{r_1^3}$$

<sup>1)</sup> Центрипетално убрзање при кружном кретању једнако је (као је то још Хајгенс показао) квадрату брзине, подељеном полупречником, тј.  $v^2 : r$ , али је  $v = 2\pi r : T$ , па је отуда центрипетално убрзање  $4\pi^2 r : T^2$ , где је  $T$  сидеричка револуција.

Ако ову вредност за  $\frac{T_2^2}{r_2^3}$  унесемо у претходни образац, добићемо:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_2^3}{r_1^3} = \frac{r_2^2}{r_1^2},$$

тј. центрипетална убрзања планета обрнуто су пропорционална квадратима њихових удаљења од Сунца. А како су силе сразмерне убрзањима што их изазивају, према горњем резултату силе којима Сунце привлачи планете биће обрнуто пропорционалне квадратима њихових удаљења од Сунца. При једном истом убрзању, сила је пропорционална маси, и зато, ако масе наших планета означимо са  $m_1$  и  $m_2$ , а привлачне силе Сунца са  $f_1$  и  $f_2$ , имаћемо:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{j_1}{j_2} = \frac{m_1 r_2^2}{m_2 r_1^2}.$$

Овај образац изражава баш закон гравитације. Он показује да је сила којом Сунце привлачи планету сразмерна маси, а обрнуто сразмерна квадрату њеног отстојања од Сунца. Из првог и другог Кеплеровог закона може се закључити да је сила, која присиљава планете да се крећу по елиптичким путањама, управљена ка Сунцу.

§ 95. Убрзање кретања планета у односу на Сунце. — Својом привлачном силом Сунце изазива убрзања у кретању планета, али и свака планета са своје стране привлачи Сунце и саопштава му извесно убрзање усмерено ка планети. Иако су масе планета врло мале према маси Сунца, оне га ипак привлаче и саопштавају му извесно мало убрзање. Према томе планета се не креће око непокретна Сунца, већ се и планета и Сунце крећу око заједничког тежишта, и за исто време. Притом планета описује око заједничког тежишта Сунчевог система велику елипсу, а Сунце врло малу. То се исто може рећи и о кретању планета и њихових пратилаца. Изразит је случај Земље и Месеца, јер Месечева маса, иако знатно мања од масе Земље, ипак није занемарљива.

Нас већином интересује кретање планета око Сунца, а не око тежишта Сунчева система. Величину стварног убрзања планета према Сунцу можемо израчунати овако. Нека је маса Сунца  $M$ , а маса планете  $m$ , и средње њихово растојање нека буде  $a$ . На основу закона гравитације убрзавање  $j$  планете према Сунцу биће тада:

$$j = \frac{F}{m} = k \frac{M}{a^2}.$$

Исто тако, убрзање Сунца под утицајем привлачне силе планете биће:

$$j_0 = \frac{F}{M} = k \frac{m}{a^2}.$$

Убрзање релативног кретања планете према Сунцу  $G$ , изразиће се збиром убрзања  $j$  и  $j_0$ , тј.

$$G = j + j_0 = k \frac{M}{a^2} + k \frac{m}{a^2} = k \frac{M + m}{a^2}.$$

Ова поправка омогућује тачније извођење трећег Кеплерова закона, а преко тога пружа и могућност да се одреде масе планета које имају пратиоце, као и масе двојних звезда.

§ 96. Тачно извођење трећег Кеплерова закона. — Убрзање планете у односу на Сунце ( $G$ ), изведено у претходном параграфу, једнако је центрипеталном убрзању, које се може изразити као  $\frac{4\pi^2 a}{T^2}$ .

На основи тога можемо написати:

$$\frac{4\pi^2 a}{k T^2} = \frac{M + m}{a^2}, \text{ или } \frac{4\pi^2}{k} \cdot a^3 = (M + m) \cdot T^2.$$

Исто тако, за другу планету масе  $m_1$ , сидеричке револуције  $T_1$  и средњег растојања  $a_1$ , добиће се израз:

$$\frac{4\pi^2}{k} \cdot a_1^3 = (M + m_1) \cdot T_1^2$$

Дељењем ових двеју једначина добија се:

$$\frac{a^3}{a_1^3} = \frac{(M + m)}{(M + m_1)} \cdot \frac{T^2}{T_1^2}.$$

Ова једначина претставља трећи Кеплеров закон у тачнијем облику: кубови средњих растојања планета од Сунца односе се као квадрати њихових сидеричких револуција, умножени односом сума маса одговарајуће планете и Сунца.

Трећи Кеплеров закон, како га је сам Кеплер извео и са којим смо се раније упознали, само је приближно тачан. Њега можемо добити ако у поређењу са масом Сунца занемаримо масе планете, тј. ако у претходном обрасцу узмемо да су масе  $m$  и  $m_1$  равне нули. Само благодарећи томе што су масе планета много мање од Сунца, Кеплеру је пошло за руком да изведе свој трећи закон у његову приближном облику.

§ 97. Поремећаји. — Кеплерови су закони тачни само у случају два тела, која се узајамно привлаче према Њутновом закону.

У Сунчеву систему Сунце и све планете дејствују узајамно једни на друге, али је узајамно привлачно дејство планета у поређењу са дејством Сунца врло мало (јер су масе планета далеко мање од масе Сунца). Отступања од Кеплерових закона у кретању планета зову се поремећаји. О поремећајима можемо водити рачуна и израчунати тачну ефемериду кретања небеског тела, тј. израдити таблицу која ће унапред давати координате планете за одређене тренутке.

Величина привлачне силе не зависи само од масе, већ и од растојања међу небеским телима. И зато, што се неко небеско тело више приближава извесној великој планети, њено привлачно дејство на то тело је тим веће. На малом растојању привлачно дејство планете, чак и мање масе, може бити веће од Сунчева и може изазвати веома велике поремећаје. Највеће поремећаје изазива Јупитер, чија је маса већа од масе ма које од осталих планета. Он изазива велике поремећаје у кретању малих планета и комета које долазе у његову близину. Ако није потребно знати



кретања небеских тела са великом тачности, њихове се ефемериде могу израчунати без обзира на поремећаје.

Математичка теорија поремећаја омогућује одређивање планетских маса на основи поремећаја што их оне производе, допушта претсказивање наступања плиме и осеке за потребе морепловства и даје могућност да се унапред тачно израчунају положаји свих тела Сунчева система; што је између осталог значајно и за разне практичне потребе (на пр. у морепловству).

**§ 98. Израчунавање маса небеских тела.** — Закон опште гравитације омогућује одређивање маса небеских тела. За планете са пратиоцима то се израчунавање овако изводи. Нек планета, која има пратиоца, има масу  $M$ , а друга планета (која такође има пратиоца) има масу  $M_1$ . Удаљења сателита од њихових планета и трајања њихових сидеричких револуција означимо са  $a$ ,  $a_1$ ,  $T$  и  $T_1$ . Убрзања што их планете саопштавају својим пратиоцима биће тада:

$$j = k \frac{M}{a^2} \text{ и } j_1 = k \frac{M_1}{a_1^2}.$$

С друге стране, како нам је већ познато, та су убрзања центрипетална и изражавају се обрасцем  $v^2 : a$ , тј. у нашем случају:

$$\frac{4\pi^2 a}{T^2} \text{ и } \frac{4\pi^2 a_1}{T_1^2}$$

Ако начинимо односе ових израза и сравнимо их један с другим, добићемо:

$$\frac{kM}{a^2} : \frac{kM_1}{a_1^2} = \frac{4\pi^2 a}{T^2} : \frac{4\pi^2 a_1}{T_1^2}; \text{ тј. } \frac{M}{M_1} = \frac{a^3}{a_1^3} \cdot \frac{T_1^2}{T^2}.$$

Ово нам омогућује да одредимо однос маса  $M$  и  $M_1$  двеју планета. Ако за прву планету узмемо Земљу, масе других планета, које имају пратиоце, можемо изразити јединицама Земљине масе. Сличним обрасцем можемо се послужити и за изналажење масе Сунца.

Одредити масе планета које немају пратиоце теже је. То можемо постићи изучавањем поремећаја што их њихове масе изазивају у кретању других планета. Међу телима Сунчева система највећу масу после Сунца има Јупитер, а затим Сатурн. Маса Сунца је приближно 750 пута већа од масе свих планета заједно (в. таблицу на крају књиге).

**Задатак.** — Израчунајте масу Сунца ако је маса Земље = 1, растојање Земље од Сунца  $a = 1$ , сидеричка револуција Земље  $T = 1$ , растојање Месеца од Земље  $a_1 = 1/390$ , а сидеричка револуција Месеца  $T_1 = 1/13.4$ . Притом Месец треба сматрати за пратиоца Земље, а Земљу за пратиоца Сунца.

**§ 99. Стабилност планетског система.** — Под утицајем поремећаја планетске се путање за све време мењају. Доказано је да велике полуосе планетских путања не могу достићи нулу или бесконачност, тј. планете (а међу њима и Земља) не могу пасти на Сунце, нити се од њега удаљити. То је доказано за већи размак времена, али не и за бесконачно велики, тј. није искључена могућност да кроз коју милијарду милијарди година нека од планета падне на Сунце.

Отуда у Сунчевом систему наступају непрекидне промене, те систем није сталан и нема једном за увек одређени склад и кретање.

**§ 100. Проналазак Нептуна и Плутона.** — 1781. год. енглески астроном Хершел пронашао је планету Уран; која је недоступна слободну оку. Током времена се показало да кретање Урана све више и више отступа од израчунате ефемериде, у којој је вођено рачуна о поремећајима познатих планета. То се могло објаснити претпоставком да Ураново кретање ремети некаква непозната планета, која се налази даље од Сунца него Уран. Француски научник Леверје и енглески Адамс, независно један од другог, одредили су помоћу веома сложених рачуна место, где се на небеској сфери мора налазити непозната планета. На основи Леверјеова саопштења, берлински астроном Гале нашао је 1846 г. ову планету на небу. Названа је Нептун. Поражавајуће предвиђање постојања Нептуна на основи теорије опште гравитације служило као један од највећих доказа исправности теорије и претставља триумф човекове мисли.

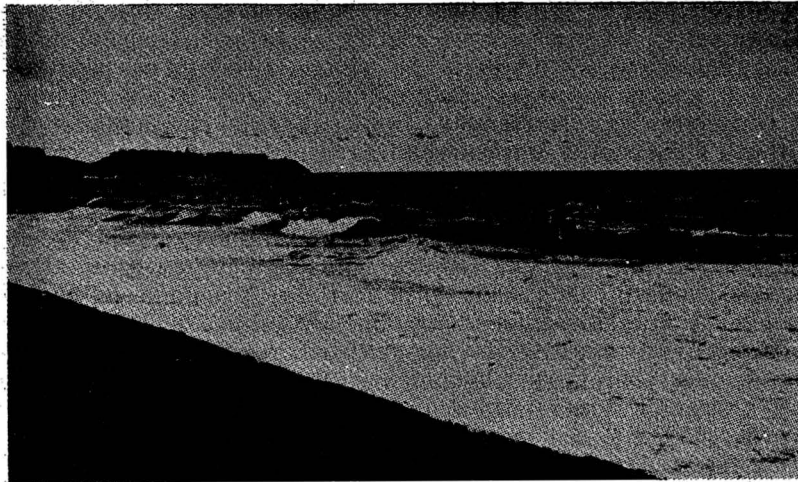
После открића Нептуна у кретању Урана остале су неправилности које се нису могле објаснити поремећајима познатих планета. Амерички астроном Ловел нашао је да отступања у кретању Урана могу бити објашњена поремећајима, проузрокованим још удаљенијом, транснептунском планетом, чију је путању и израчунао. Дуго времена та планета није могла бити пронађена и тек 14 година после Ловелове смрти (1930. г.), она је откривена и названа Плуто.

**§ 101. Зависност облика путање од почетне брзине.** — Подробија израчунавања показују да облик путање зависи од брзине кретања тела у односу на гравитациони центар. Камен бачен руком има малу брзину и пада на земљу. Кад бисмо га бацили хоризонтално, брзином 7.9 км/сек. он би се кретао око Земље по кружној путањи, као њен пратилац. При већој брзини он би се кретао око Земље по елиптичној путањи, утолико већег ексцентрицитета, што му је већа почетна брзина. Код брзине од 11 км/сек., камен би одлетео по отвореној кривој линији — по параболи и за свагда се удаљио од Земље. При још већој брзини камен би одлетео од Земље по кривој која се зове хипербола. Њутн је доказао да други Кеплеров закон важи за тела која се крећу по ма којој од ових путања, а не само за планете које се крећу по елипсама.



На тај начин небеска тела (на пр. неке од комета), која доспевају из звездана простора у област Сунчевог система, крећу се око Сунца по разним путањама, што зависи од почетне брзине са којом су дошла. Захваљујући Њутну, Кеплерови закони су уопштени и вреде за кретања небеских тела по свим наведеним путањама.

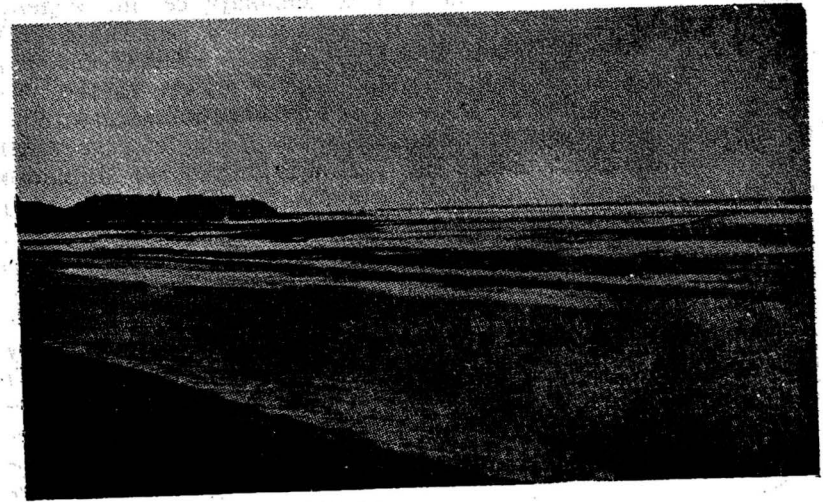
§ 102. Међупланетска путовања. — Одавно је човек размишљао да ли се са Земље може полетети на друге планете. Очигледно, тога ради треба савладати привлачну силу Земље, тј. треба са ње узлетети брзином већом од 11 км/сек. У данашње је време питање међупланетског саобраћаја разрађено: измишљена је нарочита машина за летење — ракета, која може са Земље полетети потребном почетном брзином. Први научни рад по том питању објавио је 1903. год. руски научник К. Е. Циолковски (умро 1935. год.). Таква ракета заснива се на истом принципу на коме почива употреба обичних ракета, које се примењују на пр. у војсци за сигнализацију. Ракета избаца из себе великом силом гасове и по закону једнакости акције и реакције креће се напред великом брзином. У последње су време већ извођени успешни огледи са моделима таквог апарата. Да би се могао извести међупланетски лет треба савладати још неке прилично значајне техничке тешкоће и наћи начина да се обезбеде људи који ће се налазити у апарату за време летења.



Сл. 83 а. — Плима на Ламаншу.

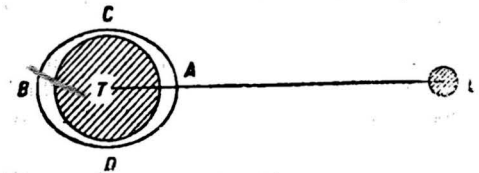
§ 103. Плима и осека. — На сликама 83 а. и 83 б. показане су две фотографије једног истог места обале Ламанша. На слици 83 б. примећује се како се вода повукла са обале и ослободила жало. Овакве се појаве виђају на свим океанским обалама. Сваких шест часова вода час расте, час опада, тако да свака 24 часа наступају две плиме и две осеке. Плиме и осеке су од великог значаја у морепловству, а исто тако

и у економији приморских земаља. За време плиме океански пароброди могу улазити у луке и плитких река, а за време осеке оголе хридине и многа места постају опасна за пло-



Сл. 83 б. — Осека на Ламаншу.

видбу. Огромна маса воде, која учествује у плими и осеци има врло велику енергију. У Француској (у Бретањи) учињен је покушај да се та енергија искористи помоћу нарочитих брана па је већ та пробна мала хидроцентрала дала 7 500 kw енергије. Убудуће искоришћавање те природне енергије даће велике резултате. Плима и осека наступају свакодневно око 50 минута доцније. Та се величина поклапа са дневним закашњавањем Месечевих кулминација, па то наводи на мисао да је узрок који изазива плиму и осеку његова привлачна сила.

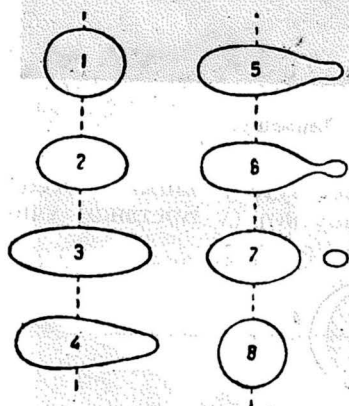


Сл. 84.

§ 104. Објашњење плиме. — Појава плиме објашњава се привлачном силом Месеца. Упрошћења ради, Земљу можемо замислити као чврсту лопту, која је са свих страна окружена воденим океанским омотачем. На слици 84. претстављена је Земљина лопта (посматрано са пола) и њен водени омотач. Месец је на слици означен кружићем L. Тачке B, T и A, налазе се на различитим растојањима од Месеца.

па их Месец према томе неједнако привлачи: тачку А најјаче, а тачку В најслабије. Зато се слој воде код А удаљује од Земљина тла, а код В тле се удаљује од водена слоја. Као последица тога, око тачака А и В дешавају се две водене плиме — два најлакша таласа. Истовремено у тачкама С и D ниво воде опада — настаје осека. Због Земљина обртања око осе, Месецу су у разним тренуцима окренуте увек друге тачке њене површине, па зато у року 24 часа плима постепено настаје у разним местима на Земљи. Нека је у месту D осека; кроз шест часова, због обртања Земље, то ће место заузимати положај А, где Месец подиже воду и тамо наступа плима. Кроз даљих 6 часова то ће место доћи у положај С, услед чега ће понова наступити осека. А још кроз 6 часова (у положају В) запазићемо другу плиму (12 часова после прве плиме) итд.

Због тога што се Месец око Земље креће у истом смеру у коме се она обрће око осе, плима и осека не наступају једна



Сл. 85.

за другом тачно кроз 6 часова, већ након  $6^h 12^m$ . Положај копнених маса на земаљској кугли и трење воде о Земљину површину, стварају разне неправилности у редовном наступању плима, које каткад достижу и по неколико часова.

Сунце такође изазива плиму и осеку, али двапут мању него Месец. Сунчеве и Месечеве плиме скупа изазивају промене у времену наступања и у висини плиме. Лако је разумети да највеће плиме наступају у тренуцима новог и пуног месеца. У неким местима

оне достижу висину 21 м. Постоје нарочити апарати, који служе за претсказивање величине и времена наступања плима, што је за океанске луке од велике важности. У затвореним морима, као што су Азовско и Каспијско, плиме су веома мале.

Поред практичног значаја, проучавања плима омогућују нам да схватимо еволуцију небеских тела, јер појаве плиме постоје не само на Земљиној кугли, већ и на другим небеским телима, и изазивају на њима значајне промене.

§ 105. Улога плиме у развоју Земље и Месеца. — У вези са развојем Земље и Месеца постављена је хипотеза,

која доста добро објашњава читав процес тог развоја, а полази од узајамног плиматског дејства.

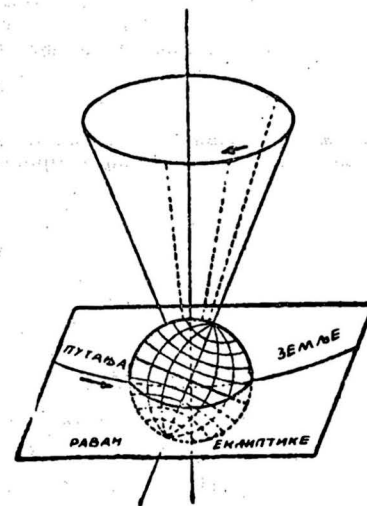
У прастара времена Земља и Месец сачињавали су заједничку полутечну масу лоптаста облика. Обртање те масе било је веома брзо — око 5 часова. Како је то небеско тело било у житком стању, Сунчева привлачна сила стварала је на његовој површини плиме.

Те су се плиме понављале свака два до два и по часа и усталасавале сву масу, услед чега је дошло до њеног цепања — од ње се одвојио мали део. Пред само цепање, тело је већ имало крушкаст облик (сл. 85), али се и даље обртало као целина.

После распадања на два дела, на већи — Земљу, и мањи — Месец, ова тела нису више претстављала целину. Земља

се обртала као и до сада, а Месец, који се од ње отцепио, кретао се спорије. Месец се није кретао само око Земље, већ су оба тела својим привлачним силама стварала узајамне плиме на својим површинама. Наступања тих плима лежала су на линији центара Земље и Месеца. Угловна брзина плиматских таласа на површини Земље била је мања од њене сопствене угловне брзине обртања. Као резултат тога, обртање Земље постало је спорије, али су и на Месецу почеле да се стварају плиме под утицајем привлачне Земљине силе, те се и Месец почео спорије обртати. Оба ова успоравања нису утицала подједнако: плима, као кочница,

више је утицала на Месец, јер је масивнија Земља изазивала на Месецу веће и више плиме, него што их је изазивао Месец на Земљи. Сем тога Месец се удаљавао од Земље и обилазио око ње спорије. Све те промене догађале су се у складу са законом о одржању количине кретања и трећим Кеплеровим законом. Успоравање обртања Месеца и Земље око осе, повлачи за собом повећање њихових растојања, а повећање тих растојања успоравање Месечева обилажења. Притом се најбрже одвијао процес успорења Месечева обртања око осе.

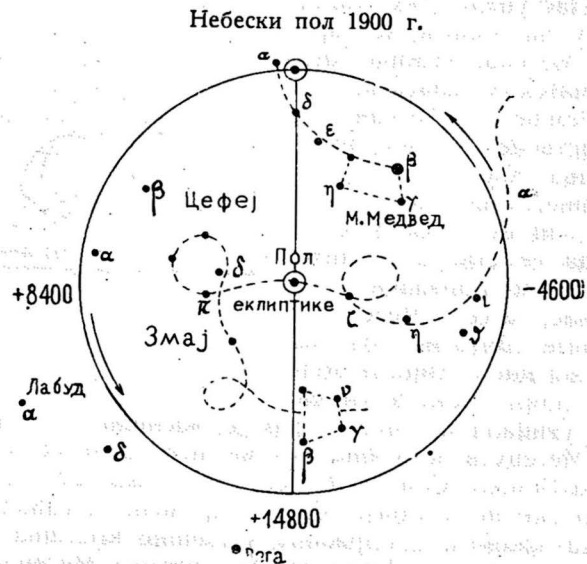


Сл. 86.



Тај је процес био завршен у тренутку кад се Месец за свагда једном својом страном окренуо Земљи (као сада). После тога све плиматске појаве утицале су само на Земљу, код које се наставља успоравање у обртању. Настаће време кад ће се углавна брзина обртања Земље изједначити са углавном брзином обилажења Месеца око Земље, која се такође смањује али спорије, тј. Земља и Месец ће се окренути једно другоме коначно једном истом страном.

§ 106. Појава прецесије. — Још у другом веку пре наше ере грчки астроном Хипарх приметио је да се тачка пролећне равнодневице, тј. пресек екватора са еклиптиком, стално помера по еклиптици усусрет кретању Сунца. Према тачним савременим резултатима то померање тачке пролећне равнодневице по еклиптици износи  $50'',2$  годишње. Та се појава назива прецесија или предњачење равнодневице, јер Сунце сваке године долази у тачку пролећне равнодневице раније, него у случају кад би та тачка била непомицна и не би се кретала усусрет Сунцу. Померање тачке пролећне равнодневице (а такође и јесење) наступа отуда, што се небески екватор помера по еклиптици, не мењајући притом свој нагиб према њој. Као последица тога, светска оса стално мења свој правац у простору. Она је паралелна оси обртања Земље, те померање светске осе означава да оса Земље, задржавајући свој нагиб према еклиптици, мења свој правац у простору. (сл. 86).



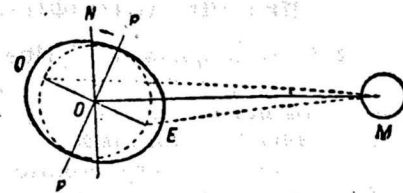
Сл. 87. — Померање небеског пола услед прецесије.

Тако се испоставило да Земљина оса описује у простору конус око пола еклиптике у периоду од 26 хиљада година (сл. 86 и 87).

Услед прецесије имамо следеће појаве: 1) Сунце сваке године стиже у тачку пролећне равнодневице раније него што би било да нема прецесије; 2) светски пол помера се на небеској сфери по кругу, у чијем се средишту налази пол еклиптике (сл. 87.). Отуда α Малог медведа није увек била и неће увек бити поларна звезда. Кроз 12 хиљада година оса Земље биће уперена ка сазвежђу Лире, а звезда α Лире (Vega) постаће поларна звезда. Садашња поларна звезда — α Малог медведа — удаљена је од пола  $1\frac{1}{4}^\circ$ , а у време Хипарха, пре две хиљаде година, била је удаљена од светског пола  $12^\circ,3$ .

Координате звезда, тј. ректасцензија и деклинација, стално се мењају услед прецесије. Према томе, у каталогу звезда или на звезданој карти треба увек нагласити годину на коју се односе координате звезда α и δ, или координатна мрежа. Постоје нарочите таблице које омогућају да се одреди утицај прецесије на координате звезда. Услед промене координата звезда у току времена нека нова сазвежђа долазе у положаје да не залазе, а друга опет у положај да се никад не појављују над хоризонтом места.

§ 107. Узроци прецесије равнодневица. — Да бисмо разумели узроке померања Земљине осе, извршимо следећи оглед: узмемо чигру и пустимо је да се брзо окреће по столу. Ако такнемо чигру са стране, њена ће оса почети полако да се обрће у простору и задржавајући исти нагиб према површини стола, описивати коничну површину. Земља је таква иста чигра. Сила која тежи да покрене Земљину осу слична је сили којом смо такнули чигру руком, а долази услед привлачне силе



Сл. 88.

Сунца и Месеца на Земљино екваторско испупчење. Кад би Земља била лопта — ове појаве не би биле. Земља је на половима спљоштена, а на екватору испупчена (сл. 88). Привлачна сила Месеца, који се налази у близини еклиптичке равни, дејствује на то екваторско испупчење у правцу ЕМ, тј. под углом према равни Земљина екватора. Отуда привлачна сила Месеца тежи да покрене Земљину осу и да је постави у правцу на равни еклиптике. Услед Земљина обртања око осе, тежи она да по законима инерције сачува правац осе обртања. Закони механике показују, да ће под заједничким утицајем та два обртна кретања, Земљина оса, као и оса чигре, описивати у простору коничну површину. Слично утицају Месеца делује и Сунце, и зато се описана појава и назива лунисоларна прецесија.

#### Задаци и питања:

1. Замислите да привлачна сила Сунца тренутно престане. Како би се тада кретале планете?
2. Израчунајте центрипетално Месечево убрзање и убрзање силе теже на растојању Месеца, па их упоредите. За последње израчунавање треба узети да се Месец налази на даљини 60 Земљиних полупречника, тако да је на том удаљењу убрзање силе теже  $60^2$  пута мање него на површини Земље. Центрипетално убрзање израчунати по сбрасцу:

$$J = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$
, где  $R$  — растојање Земље од Месеца треба узети у центиметрима, а  $T$  — сидерички месец — изразити у секундама.



3. Koliko je puta sila teže na površini Meseca maња nego na površini Zemље, ako je masa Meseca 81 puta, a полупречник 3,7 пута мањи од масе и полупречника Земље?

4. Израчунати масу Нептуна у односу на масу Земље, кад се зна да је његов пратилац на отстојању од средишта планете 354000 км, а трајање његове сидеричке револуције 5 дана и 21 час. Израчунавање извести упоређењем кретања Нептунова пратиоца са кретањем Meseca око Земље.

5. Где се на линији Земља — Месец налази тачка у којој су привлачне силе тих небеских тела једнаке?

6. За колико ће година светски пол услед прецесије описати на небеској сфери лук од  $10^\circ$ ?

## АСТРОФИЗИЧКИ ДЕО

### ГЛАВА I

#### МЕТОДЕ АСТРОФИЗИЧКИХ ИСПИТИВАЊА

**§ 1. Астрофизика.** — Пре него што се пређе на изучавање физичких особина небеских тела, потребно је претходно упознати методе, којима се служи савремена астрофизика — наука о физичком саставу и развиту небеских тела.

Ова област астрономије скорашњег је порекла; поникала је у другој половини прошлог столећа, у доба када је пронађена фотографија и откривена спектрална анализа. До тога времена свакако се врло мало знало о физичким особинама небеских тела и о појавама које се на њима збивају. Развитак астрофизике тесно је везан са успесима експерименталне и теоријске физике, са развојем математике и технике израде прецизних оптичких инструмената. Астрофизика се очевидно развија нарочито брзим темпом и сваке године проширује новим изванредним открићима. Астрофизика изучава материју која се налази под таквим условима, који се експериментално у већини случајева не могу још остварити у физичким лабораторијама. На површини и у унутрашњости Сунца, звезда и маглина, материја се често налази у таквим облицима и таквим кретањима, која још нису запажена на Земљи. У бесконачном свемирском простору налазимо на разноврсне услове температуре, густине и притиска. Стога изучавање материје при таквим условима допушта дубље упознавање њених особина и искоришћавање тих особина за различите практичне примене. Развој астрофизике иде паралелно са развојем физике и других сродних наука, јер проналасци у једној од тих наука омогућују развитаку друге науке и помажу њено даље усавршавање.

**§ 2. Астрономске опсерваторије.** — Астрономским опсерваторијама називају се заводи, који су нарочито намењени посматрању и изучавању небеских тела. У таквим опсерваторијама, подигнутим по могућству у местима са великим бројем ведрих ноћи и прозрачним ваздухом, постављају се различити инструменти: рефрактори, телескопи, фотографске камере, меридијански кругови и други инструменти, са којима смо се раније делимице подробније упознали. Поред изучавања небеских тела, ове опсерваторије воде редовну службу времена, учествују у састављању географских карата, у истраживању корисних руда помоћу гравиметријских метода, итд.

Највећа установа те врсте у нашој држави је Астрономска опсерваторија Универзитета у Београду. Скоро све астрономске опсерваторије учлањене су у Међународној астрономској унији, чији је задатак координација рада.

**§ 3. Астрофотографија.** — Примена фотографије (пронашао је 1839 г. Дагер) у астрономији показала се нарочито плодносна. Предности које има фотографска плоча у сравњењу са човечијим оком су следеће:

1. Реаговање фотографске плоче на светлосно дејство је утолико веће, што је она дуже изложена утицају светлосног извора (што је веће трајање експозиције, снимања). Захваљујући тој особини, на фотографској плочи, при другом излагању, остављају трага и звезде које се оком не би виделе ни на каквом телескопу.

На фотографској плочи звезде се оцртавају у облику кружића, који су утолико већи, уколико су звезде сјајније. Насупрот фотографској плочи, наше око види само оне слабе звезде што их запажа у току првих неколико минута посматрања. Осим тога, облик и склоп многих небеских тела, као на пр. маглина, добиће се далеко тачније фотографски, него помоћу цртежа израђеног непосредним посматрањем (оком).

2. Док око може усредсредити пажњу само на једну тачку, на фотографији се једновремено добија изглед већег дела неба.

3. Фотографија неба претставља докуменат, који се може чувати, разгледати и изучавати у току неодређено дугог периода времена. У многим опсерваторијама постоје већ читаве збирке прикупљених фотографских снимака, а у Харвардској опсерваторији (Америка) чува се више од 300 хиљада фотографија снимљених на тој опсерваторији за последњих 45 година. Те се фотографије непрестано изучавају, и тако омогућују да се утврди историја живота различитих звезда.

**§ 4. Астрофотометрија.** — Напоредо с фотографијом велики значај за изучавање природе небеских тела има астрофотометрија — одељак астрономије који се бави мерењем сјаја небеских тела. Том циљу служе специјални апарати — астрофотометри. Код већине њих сјај звезде се упоређује са сјајем ма какве вештачке светле тачке, која се добија на помоћу неке електричне лампе. Сјај звезда може се исто тако измерити по величини или црнлилу њихових слика, које оне дају на фотографској плочи. Нарочито велику тачност (до хиљадитог дела при-

видне величине) дају мерења помоћу тзв. фотоелектричког фотометра. Благодарети нарочитој конструкцији, звездана светлост, која пада на тај фотометар, изазива у њему појаву електричне струје. Мерењем јачине струје може се врло тачно одредити сјај различитих звезда.

**§ 5. Спектроскопија.** — Као што је познато из физике, сноп беле светлости, пропуштен кроз стаклену призму, разлаже се у шарену траку која се састоји из свих дугиних боја и коју називамо спектром. Апарат, чији је главни део призма, и који омогућава изучавање спектра светлих тела, назива се спектроскоп. Спектар у коме боје: црвена, жута, зелена, плава и љубичаста постепено прелазе једна у другу, зове се непрекидни спектар. Такав спектар дају чврста и течна усижана тела (на пример, нит електричне лампе), а исто тако и усижани гасови, ако се налазе под великим притиском. При малом притиску гасови и паре метала дају спектар састављен из светлих обојених линија на тамној основи. Сваки хемијски елемент даје у спектру увек једну исту, за њега карактеристичну линију (једне исте боје, тј. једне исте таласне дужине). Ово омогућава да се на основи спектра одреди хемијски састав светлих тела: потребно је само одредити положаје линија које се виде у спектру небеских тела и сравнити их са линијама из таблице спектра познатих хемијских елемената. На пр. натријум даје у свом спектру јасну линију на тачно одређеном месту жутог дела спектра (одређене таласне дужине). У спектрима других елемената постоје такође жуте линије, али, како се показало при брижљивијем испитивању, оне имају неколико други положај (нешто друкчију таласну дужину), него жута натријумова линија. Ако се у спектру било какве паре открије жута линија одређене таласне дужине, може се тврдити да у њој има и натријумове паре.

Ако се испред усижаног тела, које одаје непрекидан спектар, налази слој нешто хладнијих пара натријума, видеће се следећа појава. Спектар није непрекидан: у жутој боји, баш тамо где се раније видела јасна жута линија натријума, појављује се тамна, црна линија. Исто се то запажа, ако место паре натријума узмемо паре других елемената — сјајне линије њихових спектра претварају се у тамне, које пресецају непрекидан спектар. Ова се појава може овако описати: гасови и паре упијају баш оне зраке спектра, које су у стању сами да одају (емитују). Према положају тамних линија у спектру може се исто тако одредити хемијски састав светла тела. На описани начин, који се зове спектрална анализа, може се одредити хемијски састав како земаљских, тако и небеских тела. Око на спектроскопу може заменити фотографска плоча на којој се снима спектар. Такви се апарати зову спектрографи.

**§ 6. Одређивање радијалне брзине небеских тела.** — Радијалном брзином небеских тела назива се брзина којом нам се она приближују или којом се удаљују од нас, тј. брзина у видном правцу. У случају да се тело креће било како великом брзином управно на видни правац, оно нам се не приближава и не удаљује и његова радијална брзина равна је нули. Радијалну брзину небеских тела можемо измерити изучавањем спектра. Према закону, названом Доплер-Физо-ов закон, спектралне линије покретног предмета померају се од свој обичног положаја утолико више, што је

већа радијална брзина тела. При приближавању извора светлости спектралне линије се померају ка љубичастом, а при удаљавању померају се ка црвеном крају спектра.

Измеримо ли величину померања спектралних линија у односу на њихов обични положај, брзина приближавања или удаљавања небеског тела може се одредити помоћу обрасца

$$\lambda' - \lambda = \lambda \frac{v}{c},$$

у коме је  $v$  — брзина звезде,  $c$  — брзина светлости,  $\lambda$  — обична таласна дужина линије и  $\lambda'$  — посматрана таласна дужина те линије у спектру небеског тела.

**§ 7. Одређивање температуре небеских тела.** — Температуре небеских тела могу се одредити на разне начине; ево два од њих:

1. Помоћу нарочито осетљивих апарата може се непосредно измерити количина топлоте, коју примамо од датог небеског тела.

2. Температуре тела, која светле сопственом светлости, могу се одредити по њиховом спектру. Код тек зажарених тела, најсветлији део је црвени део спектра. Што је виша температура тела, најсјајнији део његова непрекидна спектра ближи се све више љубичастом крају. Мерењем положаја (таласне дужине) најсветлијег места у спектру небеског тела, може се одредити његова температура. На тај се начин каткад одређује температура руда, растопљених у високим пећима.

## ГЛАВА II

### С У Н Ц Е

**§ 8. Општи подаци о Сунцу.** — Сунце је централно тело планетског система. Оно је много веће и масивније од свих планета заједно. Његова маса је 332 хиљаде пута већа од масе Земље, а пречник је 109 пута већи од Земљина. Ако би сакупили све планете, оне би се комотно могле сместити у унутрашњости Сунца. У унутрашњости Сунца могла би се сместити чак и путања Месеца, који је од нас удаљен око 30 Земљиних пречника. Сунце осветљава Земљу и све планете и загрева их својом топлотом. Људи давних времена осећали су како огроман значај има Сунце за живот на Земљи и обожавали га. На многим местима жреци су приморавали народ да гради храмове у част Сунца и при-



носили му жртве. Постоје многи религиозни празници и обичаји везани за астрономске појаве у погледу Сунца (дана равнодневице, солстиција и др.).

У наше доба наука је још боље уочила значај Сунца за живот на Земљи, али у њен програм не улази обожавање Сунца, него испитивање на које би се начине најбоље искористила Сунчева енергија. Изучавањем Сунца, најближе нам звезде, наука омогућава испитивање састава и кретања материје у васиони, изучава утицај промена на Земљи, чији је узрок на Сунцу, претказује ове промене и истовремено налази како се развијају небеска тела, како она постају и каква им је будућност.

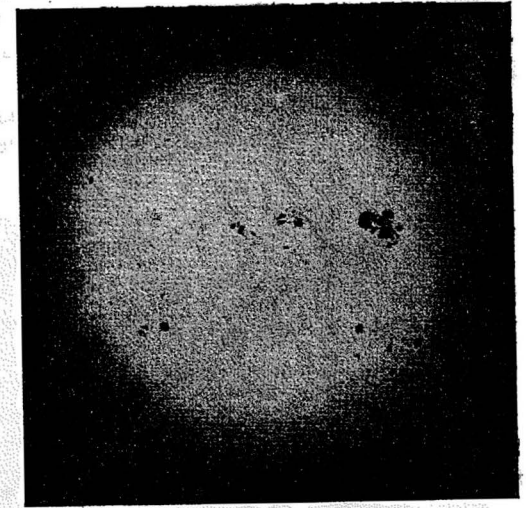
**§ 9. Живот Сунца и живот Земље. — Светлост и топлота, које примамо од Сунца, подржавају живот на површини наше планете — Земље.** Испаравање воде, киша, падање снега, ток река, буре, мразеви, суше и све друге појаве које условљавају климу и време на Земљи, зависе од загревања Земље Сунцем и морају се мењати у зависности од промена које се дешавају на Сунцу. Касније ћемо видети како је нађен узајамни однос међу неким променама које се дешавају на Сунцу и на Земљи.

Човечанство увелико користи не само непосредну Сунчеву енергију у облику топлоте и светлости, већ и њене друге облике, у које се она претвара: енергију воде и ветра (посредством водених турбина у хидроцентралама, помоћу ветрењача и т. сл.). Камени угаљ — окамењени остаци биља, за чије постојање захваљујемо Сунчевој топлоти, — такође је резерва Сунчеве енергије која се крије у Земљи. Огроман део Сунчеве енергије, која долази на Земљу, остаје, међутим, неискоришћена. Данас су разрађени пројекти постројења, названих сунчане машине, — апарата, који скупљају непосредну Сунчеву енергију и претварају је у друге облике — у енергију парних и електричних мотора. Тим сунчаним машинама претстоји велика будућност у привреди, особито у јужним земљама, где има много ведрих, сунчаних дана.

**§ 10. Општи изглед Сунца у дурбину. —** Ако Сунце посматрамо дурбином кроз тамно стакло, видећемо га у облику великог округлог диска, на рубу нешто ослабљена сјаја (сл. 89).

Готово свакодневно могу се на Сунцу видети тамне леве разних величина, а у близини руба Сунца могу се приметити омања светла места, названа *факуле*. Осмотримо ли пажљивије, може се запазити и то, да површина Сунца

није равномерно светла, већ као да се састоји из густо збијених ситних зрна. Описана појава назива се *гранулација*, а светла зрна — *грануле*. Читава дурбином видљива површина Сунца зове се *фотосфера* (од грчког „фотос“ што значи „светлост“). Сунчеве пеге открио је Фабрициус још 1611 године, а затим Галилеј, одмах после изума дурбина. Сазнавши за откриће пега на Сунцу, свештенство се према њему држало очевидно непријатељски, јер је оно противуречило учењу о савршенству и непроменљивости небеских тела.



Сл. 89. — Фотографија Сунца.

**§ 11. Обртање Сунца. —** Посматрали се Сунце и пеге

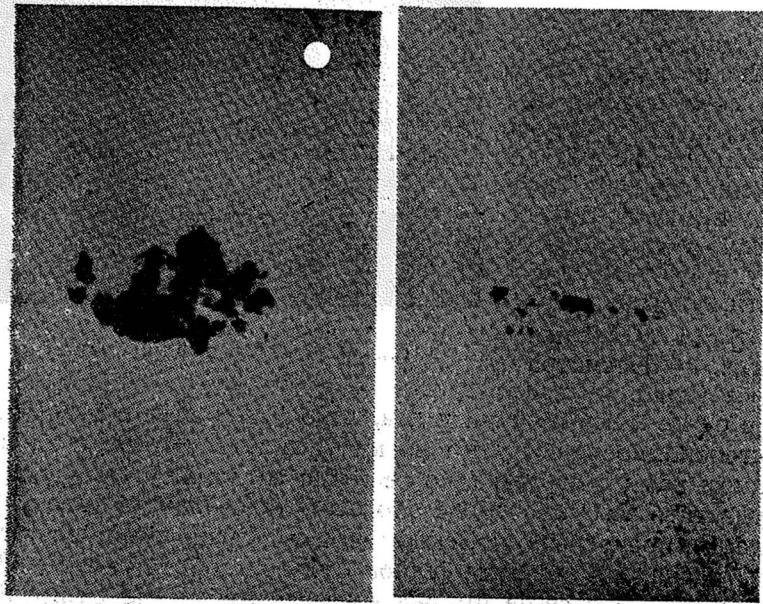
које су на њему из дана у дан, лако је приметити да се оне постепено премештају по диску Сунца од источног ка западном крају његовом (ако се гледа са Земље). Ово долази отуда, што се Сунце обрне око своје осе једанпут у току 25 дана. За посматрача са Земље обртање Сунца обави се у току 27 дана, јер за време једног Сунчевог обрта око осе, Земља пређе дуж своје путање изван лука, те је Сунцу потребно да се обрне за изван угао, како би раније посматрана пега поново доспела у правац према Земљи. Екватор Сунца нагнут је према равни еклиптике за угао од  $7^\circ$ .

Посматрања уочених кретања пега и других детаља на диску Сунца показују, да се његови различити делови обрћу разним брзинама. Најбрже се обрћу екваторски делови, који обаве један обрт у току 25 дана. Што се више ближи половима Сунца обртање је спорије, а на растојању од  $10^\circ$  од Сунчевих полова, обртање траје 34 дана. Према томе, Сунце се не обрће као чврсто тело, него као течна или гасовита, што се потпуно слаже са малом густином Сунца (1,4) и његовом високом температуром.



§ 12. Сунчеве пеге и њихове промене. — Сунчеве пеге су различитих величина. Каткад су оне тако велике, да се виде слободним оком (кроз тамно стакло). Већина пега има пречник већи од пречника Земље. Често се пеге појављују у читавим групама. Изглед пега је врло различит (сл. 90.) и зависи не само од њихова правога облика, већ и од положаја на диску Сунца.

Приближавајући се услед Сунчевог обртања рубу диска, пеге се због перспективе издужује, јер је у томе тренутку



Сл. 90. — Промене Сунчевих пега за један дан. Бели кружић у врху даје појам о величини Земље у размери слике.

гледамо с бока, а не управно. Црна језгра већине пега окружена су светлијим, сивим плаштом, који се зове *полусенка*.

Тамни изглед пега наводио је од давнина на помисао да су оне хладнији делови Сунчеве површине. И стварно, каснија су посматрања показала да је температура гасова у Сунчевим пегима знатно нижа од температуре остале површине, — не достиже ни  $5000^{\circ}\text{C}$ . Према томе, гасови у унутрашњости пега иако усијани, изгледају тамни само због

контраста у односу на јаче усијане и светлије делове суседне површине (површински сјај пега је 500 пута јачи од сјаја пуног Месеца).

Гасови на Сунцу налазе се у сталном кретању. Ово се кретање јавља и у пегима, па отуда и огромне промене пега и по облику и по размерама. Пеге се у почетку обично јављају у облику ситних црних тачака (тзв. пора), затим се постепено повећавају, окружују другим пегима, распадају се на делове, или сливају једна с другом, мењају облик, па чак и крећу по Сунчевој површини. Ретко се која група одржава дуже од 3—4 обрта Сунца. Обично се распадају и ишчежавају, смењене новим групама које се појављују. Супротно пегима, факуле су најтоплија места Сунчеве површине. Грануле треба сматрати као облаке усијаних гасова, који пливају у атмосфери Сунца. И факуле, као и грануле, постају, ишчежавају и непрекидно се померају по површини Сунца.

§ 13. Периодичност Сунчевих пега. — Дугогодишње посматрање Сунчевих пега, одређивање њихова броја и површина, показали су постојање *периодичности* Сунчевих пега. После године када су број и површина пега највећи (година максимума Сунчеве активности), смањује се број и величина пега, да би кроз 6 година достигле минимум (година минимума Сунчеве активности). Затим понова почиње повећавање броја пега, које достиже нови максимум око 11 година после првог максимума (в. сл. 95.). У почетку сваког периода (циклуса) Сунчевих пега, оне се јављају далеко од Сунчевог екватора (али никада у поларним областима), затим су појаве нових пега све ближе екватору, у чијој близини их претежно и налазимо у доба минимума. Захваљујући постојању периодичности Сунчевих пега, може се унапред рећи које ће године обилovati пегима и обратно. Последњи максимум пега посматран је 1937—38 год., а следећи треба да буде око 1948-49 год.

Периодичност Сунчевих пега открио је 1851. г. љубитељ астрономије, апотекар Швабе.

§ 14. Спектар и хемијски састав Сунца. — Спектар Сунца састоји се из непрекидног спектра испресецаног тамним, тзв. *Фраунхоферовим линијама* (в. слику на крају књиге). То показује да је *усијана површина Сунца — фотосфера* — *окружена слојем мање усијаних гасова*, који упијањем изазивају појаву тамних линија. Овај хладнији слој Сунца може се назвати његовом *атмосфером*. Благодарени упијању светлости у Сунчевој атмосфери, руб Сунца се види

нешто тамнији од средишта, јер га посматрамо искоса. Ме рењем положаја Фраунхоферових линија могло се утврдити којим хемиским елементима оне припадају, тј. какав је хемиски састав пара и гасова које сачињавају Сунчеву атмосферу. Главнији од ових елемената су: водоник, натријум, калцијум и гвожђе. Унутарњи састав Сунца није нам још тачно познат.

Осим Фраунхоферових линија, које се налазе у Сунчеву спектру, посматране су такође и тзв. телуричке (земаљске) тамне линије, изазване упијањем Сунчеве светлости у Земљиној атмосфери. Главније од њих припадају кисеонику, озону и воденој пари Земљине атмосфере.

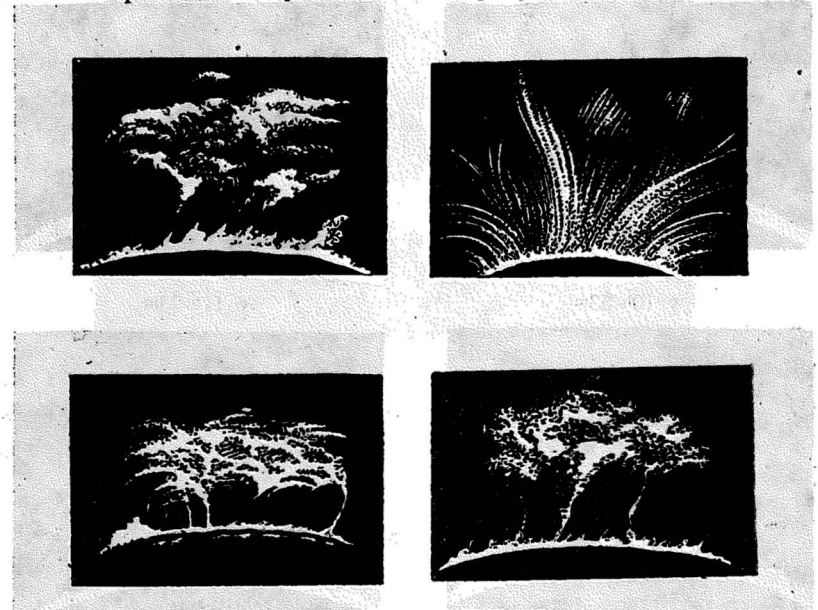
§ 15. Светлост и топлота Сунца. — Земља прима од Сунца огромне количине топлоте и светлости. Како се Сунце налази врло далеко од Земље, а зрачи енергију на све стране, то на Земљу пада само незнатан део те енергије. Лако је, дакле, замислити колика мора да буде његова температура и колико светлости и топлоте оно шаље на све стране. Један квадратни центиметар површине, која стоји управно на правцу простирања Сунчевих зракова, прима у свакој минути приближно једну малу калорију топлоте. Узме ли се у обзир чињеница да Земљина атмосфера упија изванредан део Сунчеве топлоте, излази да површина од  $1 \text{ cm}^2$  која стоји управно на правцу Сунчевих зракова, а налази се на граници Земљине атмосфере, прима у свакој минути 1,93 малих калорија; та се величина зове — соларна константа.

Познавање вредности соларне константе омогућује нам да израчунамо температуру Сунца. То можемо учинити било помоћу метода описаних у § 7. или помоћу других метода. Веома је занимљив метод што га је у Москви применио проф. Цераски. Помоћу сабирног огледала он је скупио сунчане зраке у једну тачку. Према рачунима, температура у тој тачци не може да буде виша од Сунчеве. Тако се нашло да се све познате материје стављене у ту тачку одмах истопе. Резултати уопште показују да температура на Сунчевој површини износи  $6000^\circ$  рачунајући од апсолутне нуле, и да се стога сва материја на Сунцу мора налазити у усијано-гасовитом стању.

Средња густина Сунца износи 1,4 тј. она је скоро  $1\frac{1}{2}$  пута већа од густине воде. Из тога следује да се гасови који образују унутрашњост Сунца налазе под ванредно високим притиском.

Укупна количина енергије коју Сунце зрачи веома је велика. Приближну претставу о томе можемо добити на основи следећег рачуна. Кад би се Сунчева површина смрзла до дубине од 14 м., Сунчева топлота била би у стању да ту кору стоји за цигло 1 минуто.

§ 16. Обртни слој и хромосфера. — Непосредно изнад Сунчеве атмосфере плива танак слој гасова сразмерно ниске температуре; он упија светлост што је зрачи фотосфера и проузрокује појаву тамних Фраунхоферових линија у светлом непрекидном Сунчевом спектру.



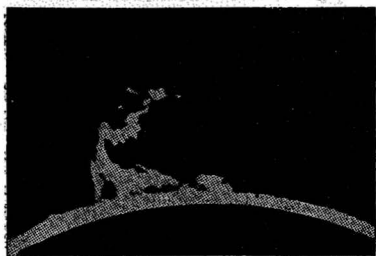
Сл. 91. — Различити облици протуберанаца.

Тај се слој зове обртни слој. Он сачињава нижи слој Сунчеве атмосфере. Изнад обртног слоја простире се много виши слој који се налази у сталном таласању — хромосфера, која се углавном састоји од водоника и калцијума. Густина спољних слојева Сунца, а нарочито густина хромосфере, врло је мала, — мања од густине ваздуха при Земљиној површини. Доскора још обртни слој и хромосфера могли су се посматрати само за време потпуних Сунчевих помрачења, кад непровидна Месечева лопта покрије привидни Сунчев котур — фотосферу. Тада се у тренутку потпуног помрачења обрт-

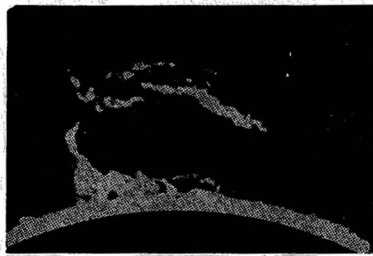


ни слој и хромосфера (као у пресеку) виде као ружичасти прстен који окружује Сунчев котур. Спектар обртног слоја се у том тренутку може непосредно посматрати у виду светлих линија на тамном залеђу, и те се линије налазе баш на оним местима спектра, где се у обичном Сунчевом спектру налазе тамне линије, — као да су се тамне линије обичног Сунчевог спектра обрнуле у светле. Отуда је обртни слој и добио свој назив. Изнад површине хромосфере, избијају ту и тамо огромни пламени језици, млазеви усијаних гасова,

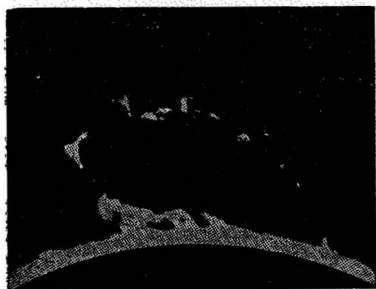
у 8h 50m



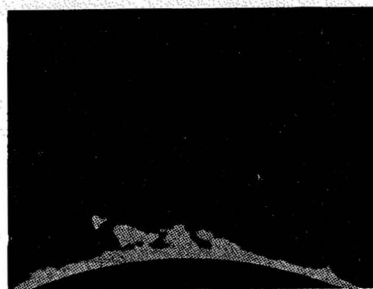
у 10h 15m



у 10h 53m



у 11h 23m

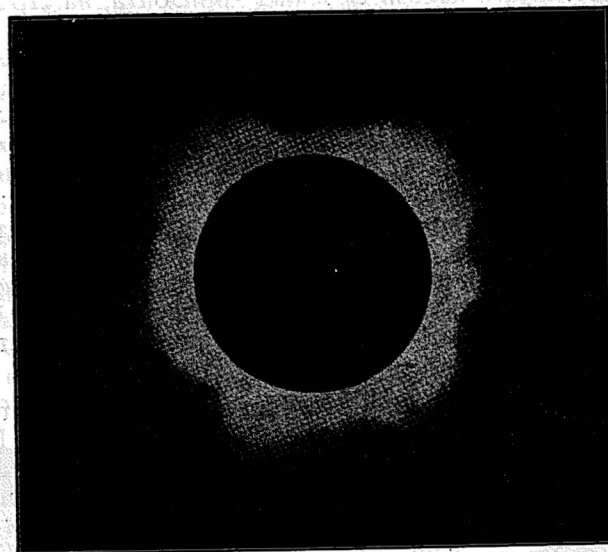


Сл. 91а. — Промене изгледа протуберанце.

који се уздижу изнад Сунчеве површине. Ови велики светли пламенови над Сунчевом површином зову се протуберанце. Оне се пењу врло високо и достижу висине од стотине хиљада километара (десет пута веће од Земљиног пречника), узимајући најразноврсније облике (сл. 91.). Протуберанце подлежу сталним, брзим и врло великим променама (сл. 91а.). Састоје се првенствено од водоника и калцијума; најбурније промене запажају се код водоникових протуберанаца.

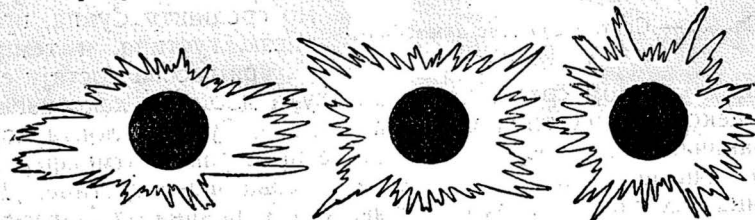
§ 17. Сунчева корона (венац). — За време потпуних помрачења Сунца запажа се свуд око њега изнад хромосфе-

ре, нежна бисерно-сребрнаста светлост. То је такозвана Сунчева корона (венац) која је најсветлија у свом унутрашњем делу (унутрашња корона), ближе Сунчевој ивици. Сла-



Сл. 92. — Фотографија Сунчеве короне.

бија светлост спољашње короне протеже се до отстојања од  $1^\circ$  и више од Сунчевог руба (сл. 92.). Сунчева корона је спољашњи разређени део Сунчеве атмосфере и састоји се дели-



Сл. 92а. — Промене облика Сунчеве короне. Лева слика — корона при минимуму пега, десна — при максимуму, средња — корона у међувремену.

мично од гасова, а делимично од сићушних, чврстих делића прашине. Изглед Сунчеве короне мења се: у годинама максимума Сунчевих пега она има један облик, а у годинама минимума други (сл. 92а.).



**§ 18. Зодијакална светлост.** — Тако називамо слаби сјај који се у виду купе уздиже изнад хоризонта пред почетак свитања или после завршетка вечерњег сумрака. Основа те купе је светлија и налази се изнад хоризонта, на страни која је ближа Сунцу, што показује да је појава у вези са Сунцем. Зодијакална светлост се чешће виђа у јужним пределима, а протеже се увек дуж еклиптике, преко сазвежђа зодијака, па отуда и њен назив. Како изгледа, зодијакална светлост претставља граничне најразређеније делове Сунчеве атмосфере који се протежу дуж еклиптике, а у близини Сунца прелазе у Сунчеву корону. Зодијакална светлост се вероватно састоји из честица прашине, концентрисаних првенствено у равни еклиптике, на великом отстојању од Сунца које их осветљава, док се корона састоји из смеше веома fine прашине и гасних молекула. Сунчева атмосфера у ужем смислу, лежи непосредно над Сунчевом површином и састоји се искључиво од гасова.

**§ 19. Састав Сунца.** — На основи раније изнетих чињеница долазимо до следеће претставе о грађи Сунца. Видљива Сунчева површина —

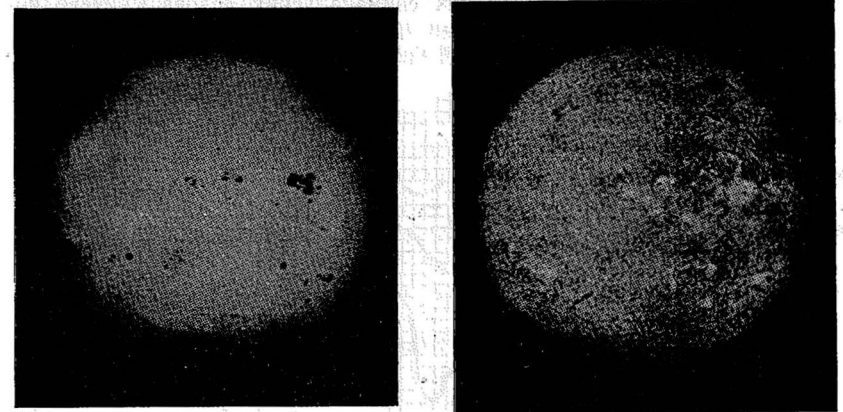


Сл. 93. — Састав Сунчеве атмосфере.

фотосфера — састоји се из усијаних пара и гасова загрејаних до  $6000^{\circ}$ . У тој атмосфери појављују се и хладнија места — формације у облику левка, нарочити вихори Сунчевих гасова — сунчеве пеге. Уколико се приближујемо средишту Сунца, притисак, густина, и температура гасова постају све већи, а у самом средишту температура достиже, како изгледа, неколико десетина милиона степени. Сунчева лопта коју ограничава фотосфера обавијена је пространом атмосфером, или тачније, са неколико слојева гасова мање густине. Дебљина тих слојева, њихов састав, као и даљина од фотосфере изнети су у следећој табlici (види и слику 93.).

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Обртни слој 300 км. . . . .                          | гвожђе и други елементи        |
| Хромосфера до 20 000 км. . . . .                     | H, He, Ca, Mg и други елементи |
| Протуберанце до 250 000 км. . . . .                  | водоник, хелијум и калцијум    |
| Сунчева корона 2 000 000 км. . . . .                 | ситна прашина и гасови         |
| Зодијакална светлост више од 150 000 000 км. . . . . | ситна прашина                  |

**§ 20. Посматрање протуберанаца и короне ван помрачења.** — Под нормалним условима протуберанце и корона нису видљиве због јаке осветљености небеског свода у близини Сунца, као последице расипања сунчане светлости на ваздушним молекулама. Ако пред почетак потпуног Сунчевог помрачења поставимо прорез спектроскопа тангенцијално на Сунчев привидни котур, у тренутку потпуног помрачења приметимо уместо обичног спектра са Фраунхоферовим линијама изненадну појаву светлих линија на тамној основи. Тако се уверавамо да хромосфера зрачи светлост чији се спектар састоји из светлих линија. Те линије одговарају гасовима који су саставни део хромосфере. Ако ван Сунчевог помрачења поставимо прорез спектроскопа тангенцијално на Сунчев котур, дневна светлост неба, која се раставља у непрекидни спектар, биће веома слаба. Међутим, светлост хромосфере, растављена у спектар, концентрише се у одређеним танким линијама, па је зато свака од ових линија довољно јака. Ако је прорез спектроскопа

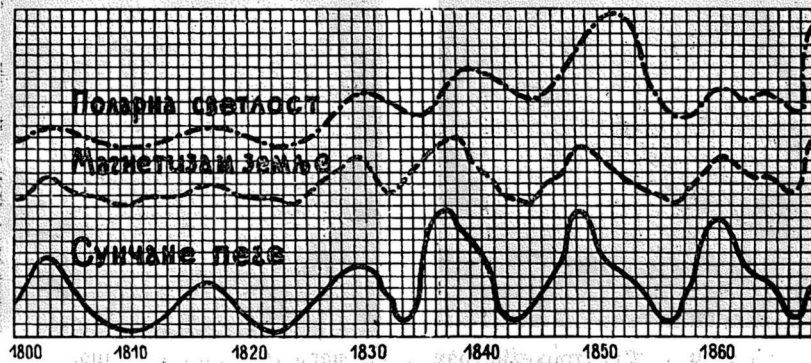


Сл. 94. — Спектрохелиограм и одговарајући снимак Сунца.

довољно широк, тако да може у целини обухватити слику неке протуберанце, видећемо светлу слику протуберанце на истим местима спектра, где су се при уском прорезу виђале танке светле линије. И заиста, у том се случају протуберанца сама понаша као прорез. Светле слике протуберанаца видеће се на оним местима спектра, где се налазе спектралне линије елемената који улазе у састав протуберанце. Помоћу овог метода (који је разрађен 1868 године) можемо протуберанце посматрати свакодневно, а у последње време успело је и њихово снимање (сл. 91а. и 93.).

Године 1931 обављени су помоћу нарочитих инструмената успешни покушаји да се Сунчева корона посматра у ма које доба (на планинским опсерваторијама, где је ваздух веома прозрачан).

§ 21. Спектрохелиограф. — И теорија и пракса показују нам да Фраунхоферове линије изгледају тамне само као последица контраста са оближњим светлим областима непрекидног спектра. Уствари, светлосно зрачење постоји и у „тамним“ линијама Сунчевог спектра, али ту светлост зраче само они делови Сунчеве површине, који садрже гасове у чијем се спектру налази одговарајућа линија. Помоћу спектроскопа произведимо спектар Сунца, а иза спектра поставимо заклон са прорезом, тако да ова долази на место једне произвољне „тамне“ линије спектра, на пр. водоника. С друге стране заклона имаћемо дакле само ону светлост, која је прошла кроз тај други прорез, тј. светлост која припада нашој водониковој линији. Поставимо ли иза заклона фотографску плочу, добићемо на њој слику која показује на који је начин водоник распоређен на узаном делу Сунчеве површине што га први прорез исеча на Сунчевом котуру (прорезом самог спектроскопа). Померамо ли сад први прорез дуж Сунчева котура, задржавајући други прорез непокретним у односу на спектар, а крећући фотографску плочу истом брзином којом се креће први прорез, добићемо низ узастопних снимака уских делова Сунчеве површине. На крају, пошто смо први прорез померили од једне до друге Сунчеве нвице, добићемо потпуни снимак Сунца, који ће нам показати



Сл. 95. — Веза између Сунчевих пега и магнетских појава на Земљи.

како је на његовој површини распоређен водоник. Такав се инструмент назива спектрохелиограф, а добивени снимци — спектрохелиограми.

§ 22. Спектрохелиограми Сунца. — Помоћу спектрохелиограма проучавају се у првом реду распоред и кретање водоника и калцијумових пара у Сунчевој атмосфери. Слика 94 претставља један спектрохелиограм, добивен помоћу водоникове светлости. На „калцијумовим“ снимцима примећују се тамне дугуласте траке, назване в л а к н а — то су протуберанце које се пројектују на Сунчев котур. И влакна подлежу, као и протуберанце, брзим и јаким променама. На „водониковим“ спектрохелиограмима може се приметити како су масе водоника око пега захваћене јаким вртложним кретањима.

§ 23. Циклус Сунчеве делатности и његова веза са појавама на Земљи. — Нарочита посматрања показују да у Сунчевим пегама постоје јака магнетска поља. Тај магнетизам Сунчевих пега показује промену са периодом од 22 године, тј. у двоструком периоду Сунчевих пега. Једанаестогодишњи период промене показују и друге појаве на Сунцу: број факула, протуберанаца и т. сл. У годинама максимума пега соларна константа постаје нешто већа него у годинама минимума. Према томе, целокупна Сунчева делатност мења се са периодом од 11 година (тачније, са периодом од 22 године, ако се узме у обзир период промена магнетског поља Сунчевих пега).

Проучавање појава које се збивају у Земљиној атмосфери довело нас је до закључка, да многе од њих показују периодичност од 11 година. У те спадају поларна светлост, олује, а и магнетске буре (колебање магнетске игле — сл. 95.). Број олуја и поларних светлости повећава се са наступањем максимума Сунчеве делатности. Карактер Сунчеве делатности мора несумњиво утицати на Земљину климу.

Како је земљорадња важан део народне привреде, за извођење планске пољопривреде у већим размерама било би од велике важности моћи претсказати наступање жарких, сушних или кишних периода, хладних зима итд. То би било веома драгоцено и за читав низ других области привредног живота (у саобраћају, грађевинарству и т. д.). У Совјетском савезу на пр. научници — астрономи и метеоролози заједно, посветили су се решавању проблема, на који начин Сунчева делатност утиче на време, и како би се могао унапред предвидети ток појава на Сунцу и појава на Земљи, које су са њима у вези.

У проучавању Сунца видимо оно исто јединство теорије и праксе, које постоји и у другим областима астрономије. Опет видимо да Земља није изоловано небеско тело и да су кретања у њеној атмосфери тесно повезана са појавама које се збивају на другим небеским телима, а у првом реду са појавама у Сунчевој атмосфери.

## ПОСМАТРАЊА

Посматрања Сунца могу се лако извести пројектовањем његове слике помоћу дурбина на бели заклон, или непосредно кроз дурбин помоћу врло тамног стакла. Проучите изглед Сунца, нађите на њему пега и избројте их. Обратите пажњу на то, да ли на Сунцу има факула, да ли је видљива његова гранулација и да ли је његов котур подједнако светао. Пошто сте изабрали једну групу Сунчевих пега, пратите привидни њен положај на Сунцу у току неколико дана, како бисте се уверили у Сунчево обртање.



Изабравши карактеристичну групу Сунчевих пега, пратите је у току десет до дванаест дана пртајући пажљиво изглед, распоред, облик и одговарајуће величине. Упоредивањем тих цртежа испитајте какве је све промене претрпела та група.

### ЗАДАЦИ

1. Израчунајте количину топлоте коју 1 м<sup>2</sup> Земљине површине прима од Сунца.
2. Последњи максимум пега био је 1938 г. Када можемо очекивати следећа два максимума?
3. Израчунајте брзину кретања протуберанце на сл. 91а., мерењем њеног положаја у четири разна тренутка.

## ГЛАВА III

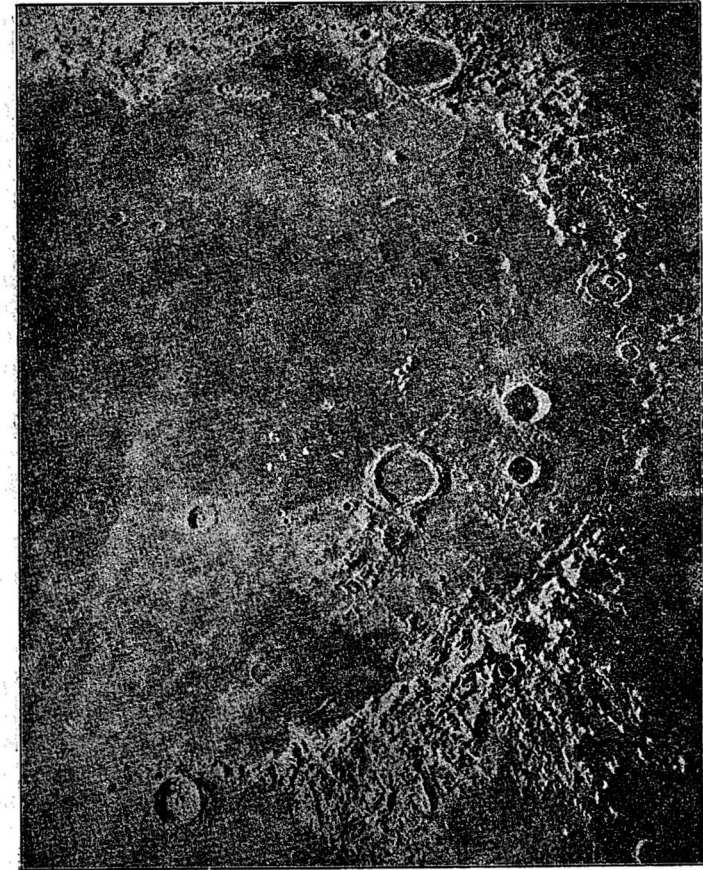
### МЕСЕЦ И ПЛАНЕТЕ

§ 24. Изглед Месечеве површине. — Површина Земљина пратиоца — Месеца, његово кретање и физички услови на њему боље су познати него ма код којег другог небеског тела захваљујући томе, што нам је Месец најближе небеско тело. Та нам чињеница омогућује и подробније изучавање особина његове површине. Многе појединости видљиве су већ јачим догледом.

Слободним оком видимо на Месечевој површини тамније области, које су у XVII веку назване *морима*. Тај се назив сачувао до данас, иако је већ давно утврђено да на Месецу нема воде (уп. § 25.). При посматрању телескопом пада нам у очи да је Месечева површина врло неравна — као да је сва покривена „оспама“ или гигантским левцима разних величина. Ти левци имају кружни облик. На ивици Месечева котура изгледа као да су издужени; то је ефект перспективе — не видимо их право одозго, већ с бока. У телескопу се лако распознаје да су то брда у виду прстена.

Због извесне сличности са кратерима вулкана на Земљи, ми их зовемо *кратерима*. Кратери ванредно великих пречника зову се *циркови*. Они могу имати пречник до 250 км. Дно кратера и циркова је прилично равно, но бедем који их окружује у виду прстена има веома сложену грађу. Висина тих брдовитих бедема може достићи и више километара. Уствари Месечеви кратери личе врло мало на обичне кратере Земљиних вулкана. Односи између висина брда и ширина њихових кратера сасвим су различити на Месецу и на Земљи (сл. 97.). Брегови који леже на терминатору, тј. на граници између светлости и сенке, бацају дугачке сенке помоћу којих се може одредити њихова висина. Терминатор

претставља границу између дана и ноћи на Месецу; у областима близу терминатора на Месецу наступа излаз или залаз Сунца. За време пуног месеца посматрач на Земљи види Месец са исте стране са које на њега пада Сунчева светлост; отуда не запажа сенке што их бацају Месечева брда, па није у стању да примети рељеф Месечеве површине.



Сл. 96. — Снимак дела Месечеве површине.  
(Море киш; циркови: Архимед, Аристид, Аутолик, Плато).

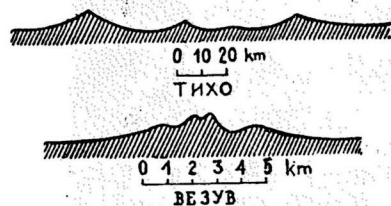
На неким местима Месечеве површине виде се велики тланински ланци слични онима на Земљи, као и дугачке пукотине које парају њену кору. Кад би на Месецу постојала разумна бића, која би била у стању да дижу комплекс гра-



ђевина налик на наше градове, ми бисмо то видели, јер нама савремени телескопи дозвољавају да на Месечевој површини распознајемо творевине од неколико стотина метара.

При пуном месецу нарочито су упадљиве светле црте које се радијално разилазе од извесних Месечевих циркова. Најдуже такве црте излазе из цирка Тихо (на јужној Месечевој хемисфери).

**§ 25. Физички услови на Месецу.** — Физички услови на Месецу су својеврсни и оштро отступају од услова на Земљи. Сила теже на Месецу 6 пута је мања од земаљске; човек би



Сл. 97. — Профили Месечевих циркова и земаљских вулкана.

на пр. тамо скочио шест пута више но код нас. Та чињеница је и била узрок, што су се молекули ваздуха и водене паре удаљили са Месечеве површине. Месец није био у стању да их задржи. Према томе Месец је лишен атмосфере и у његовим морима нема ни капи воде — то су безводне и камените низије.

Отсуство атмосфере на Месецу доказује се на основи неколико појава. Једна од тих је да се при окултирању звезда Месецем оне гасе тренутно, а не постепено. Кад би на Месецу постојала атмосфера, приближавањем Месечевој ивици звезде би се постепено гасиле због упијања њихове светлости од стране Месечеве атмосфере. Отсуство атмосфере на Месецу проузрокује следеће појаве: сенке Месечевих брегова су црне и оштре; на Месецу нема зоре ни сумрака; небо изгледа сасвим црно и на њему се истовремено виде Сунце, Земља и звезде (плаветнило нашег неба, сумрак, зора и сличне појаве последица су расипања светлости на честицама ваздуха). На Месецу никад не пада киша и над његовом површином не видимо никада ни облаке ни маглу.

Отсуство атмосфере, која ублажава промене у температури, као и дуже трајање дана и ноћи изазива на Месецу оштре промене жеге и зиме. У току 354 часовног Месечевог дана тле се загреје до  $120^{\circ}$ , а затим у току ноћи, која такође траје 354 часа, оно се охлади до  $-160^{\circ}$ . Нема основа претпоставци да су услови на невидљивој нам половини Месеца друкчији од оних који постоје на видљивој. Под таквим условима је органски живот на Месецу очигледно немогућ.

Чудни облици многобројних кратера на Месецу, какве на Земљи скоро и не виђамо, несумњиво су последица по-

себних физичких услова на Месецу. Постоје две претпоставке. Ови су кратери могли постати (слично левку при експлозији гранате) приликом пада на Месец већих метеорита који се крећу кроз међупланетски простор. Падањем на Земљу ти метеори нису могли начинити левкове тих размера, јер је њихово дејство било ублажено супротним дејством отпора атмосфере. А и да су икад настали, велика се већина не би могла сачувати због ерозивна дејства воде и ветра.

По другој претпоставци, Месечеви су циркови постали услед појачане вулканске делатности у давним временима. Под извесним условима ова се делатност може јавити у виду излива лаве кроз широке отворе, уз образовање језера лаве, а не у виду избацивања из вулканског кратера. Према тој претпоставци циркове треба дакле сматрати за језера стврднуте лаве.

Непознато нам је како изгледа друга, супротна страна Месечеве површине, али је основана претпоставка да су њене особине исте као и на видљивој Месечевој полулопти.

**§ 26. Две групе великих планета.** — Велике планете можемо поделити на две веома различите групе.

Првој групи припадају планете Земљина типа — Меркур, Венера, Земља и Марс. Оне су сразмерно мале, блиске су Сунцу, густина им је велика, а површина чврста. Физички услови на неким од тих планета чине органски живот могућим. Врло је вероватно да су се ове планете већ давно охладиле, скупиле и покриле чврстом кором.

Друга група планета — гломазна небеска тела, мале густине, а на великој удаљености од Сунца — вероватно још нису стврднута и налазе се у житком или полужитком стању. Окружене су пространим и густим атмосферама, које нам потпуно заклањају површину. Те се планете великом брзином обрћу око својих оса и зато су јако спљоштене. Међу те велике планете, великих маса, спадају: Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун.

**§ 27. Меркур и Венера.** — У телескопу и Меркур и Венера показују фазе, и то им даје извесну сличност са Меседем, али се на њиховим површинама не примећују скоро никакве појединости. Због неповољних услова за њихово посматрање, о тим планетама не знамо много. Обе планете, а нарочито Меркур, блиске су Сунцу и примају много више сунчане светлости и топлоте него Земља. Ни Меркур, ни Венера, немају пратилаца; Меркур је, како изгледа, лишен атмосфере, а време његова обртања око осе једнако је времену његова обилажења око Сунца. Отуда је једна његова

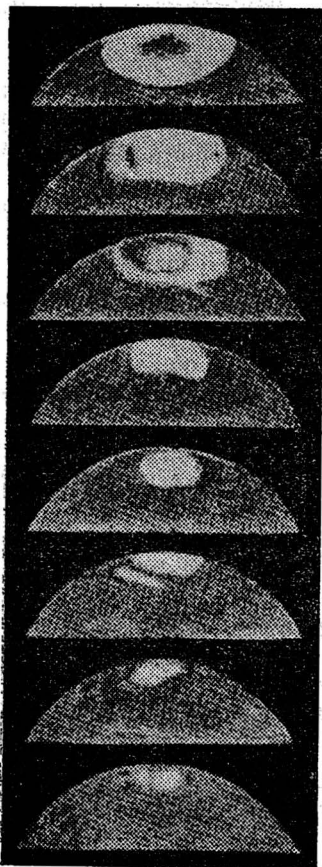
половина стално окренута Сунцу и ванредно усијана, док је друга у мраку вечне ноћи и веома хладна.

Венера је обавијена густом, облачном атмосфером, која нам заклања њену површину. Зато нам и није познато тачно време њеног обртања око осе. Оно је можда равно  $6^h$  или  $20^h$ , или нешто више од једног дана.

§ 28. Земља и њена атмосфера. — Земља је отприлике исте величине као и Венера и има једног пратиоца — Месеца. Овај је према својој планети толико велики, да би се Земља правилније морала назвати двојном планетом. За Меркур и Венеру Земља је најсветлија планета која се види на њиховом ноћном небу. Осталим планетама Земља се показује било као јутарња, било као вечерња звезда, која мења своје фазе — она уопште има сличан изглед као за нас Венера. Посматрачи, који би са других планета управили телескоп на Земљу, морали би да виде океане и блистајуће површине снега и леда што окружују њене половине. Захваљујући томе, посматрањем Земље са неке оближње планете одмах би се открило присуство атмосфере која игра тако важну улогу у животу на Земљи. Око половине Земљине површине застрто је облацима, који пливају у њеној атмосфери. Па ипак, Земља (као и све остале планете) и са најближе звезде не би била видљива ни најјачим телескопима који су досада изграђени, јер су звезде исувише далеко од ње.

§ 29 Марс. — Од великих планета, после Венере, Марс нам је најближи небески сусед, који се међутим може посматрати под знатно бољим условима. Понекад нам се он приближује на отстојање од 55 милиона километара. Та-

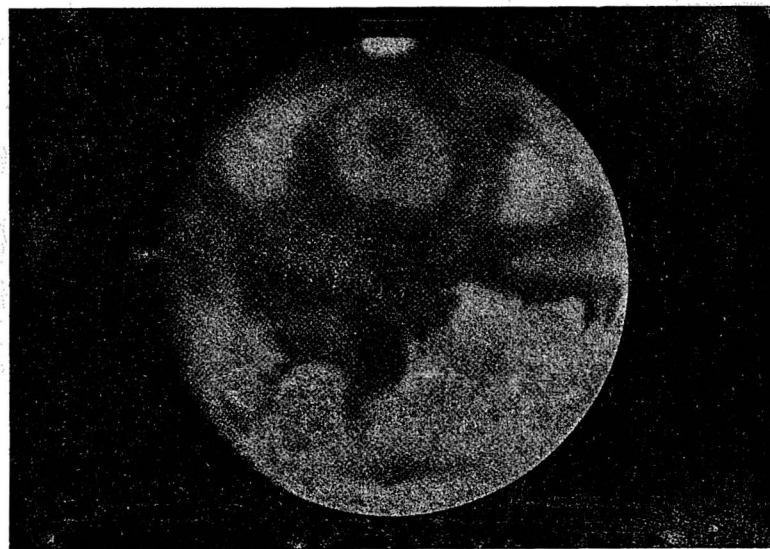
ква приближавања која зовемо великим опозицијама, понављају се сваких 15 година.



Сл. 98. — Промене Марсове поларне капе.

Марс обави један обрт око своје осе за  $24^h 37^m 23^s$ , тако да се трајање његова дана разликује од трајања дана на Земљи само за  $37^m 23^s$ . Оса планете нагнута је према равни њене путање за скоро  $65^\circ$ , тако да на Марсу наступа правилна смена годишњих доба, и у томе он веома личи на Земљу (код Земље тај угао износи  $66\frac{1}{2}^\circ$ ).

Прво што при телескопском посматрању Марса пада у очи јесте црвенкаста боја већег дела његове површине. Благодарећи томе Марс слободном оку изгледа као звезда црвене боје. Мањи део његове површине заузимају тамније пеге, такозвана мора, док црвенкасте области носе назив копна. Као и код Месеца, називи мора и копна су и на Мар-



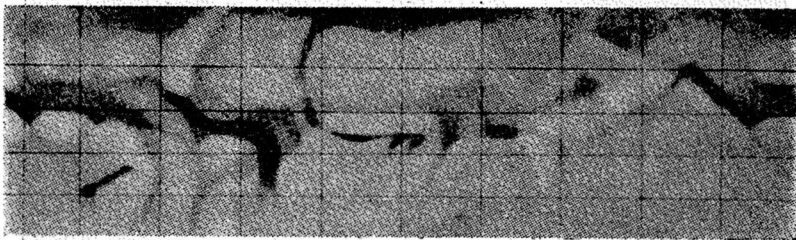
Сл. 99. — Изглед Марса у већем телескопу. (По цртежу Антонијадија).

су условни. Много упадљивије се око полова Марса виде светле беле пеге, назване поларне капе. Оне се очигледно састоје из снега, јер потсећају на формације снега и леда око Земљиних полова. Слично Земљиним поларним капама њихова површина подлежи сезонским променама (пошто је оса обртања Марса нагнута према равни његове путање). Када је на пр. на јужној Марсовој полулопти зима, јужна поларна капа је веома велика. Наступањем пролећа она се топи, распада се и њена површина се смањује (сл. 98.). Истовремено се око поларне капе образује тамнија ивица која се све више шири.



Марсов пречник је двапут мањи од Земљиног. Марс је  $1\frac{1}{2}$  пут удаљенији од Сунца него Земља, и зато прима знатно мању количину светлости и топлоте него она. Марс је *сбавијен атмосфером која је много ређа од Земљине* и садржи мале количине кисеоника и водене паре, који су тако потребни постојању органског живота. Водене паре је у Марсовој атмосфери толико мало (не више од 5% количине која се налази у доњим слојевима наше атмосфере), да тамо никада нема облака, а магле су веома ретке. У савршењу са Земљином атмосфером, у јединици запремине Марсове атмосфере има само 13% кисеоника. Услед разређене и безоблачне атмосфере Марсова је површина, као и Месечева, увек доступна посматрањима.

Неизвежбано око не види на Марсовом котуру скоро ништа. Извежбанији су посматрачи, користећи јаче дурбине, могли да постепено изуче целу његову површину и да саставе чак и подробне карте Марса (сл. 99. и 100.). Између



Сл. 100. — Карта Марсове површине.

осталог показало се да боја тамних пега, њихова густина и боја подлежу променама у току Марсових годишњих доба.

На многим местима се тамне пеге на Марсу, при посматрању кроз дурбине средње јачине, сливају за око у танке, нежне, тамне линије, које су у своје време назване *каналима*.

Ти канали нису, дакле, неке вештачке градње Марсових становника. Они су делом оптичка обмана, а делом претстављају низ неправилних малих пегца, а не линија.

У најтоплијим областима на Марсу температура не прелази  $15^\circ$ , а у хладним областима она опада до  $-100^\circ$ .

Не знамо да ли на Марсу постоји органски живот, али смемо у потпуности допустити његову могућност, јер су физички услови на планети слични условима на Земљи, иако су неупоредиво суровији.

Претпоставља се да су црвенкаста места на Марсовој површини пешчане пустиње, а „мора“ — низије, у којима се

у мањим количинама скупља влага, неопходна за развиће биљака. Могуће је да су сезонске промене у тамним пегима изазване појавама, сличним појави опадања лишћа са дрвећа под земаљским условима. На Марсу нема виших бргова и његова је површина прилично равна. Марс је, очигледно, старија планета, чији је развој већ далеко одмакао. Физичко је стање на Марсу вероватно некаква средина између стања на Месецу и стања на Земљи. Разни подаци оправдавају претпоставку да и Земљина површина постаје током времена све равнија и сиромашнија водом.

Марс има два пратиоца — Дејмос и Фобос (у преводу с грчког: страх и ужас). Та два Марсова месеца су



Сл. 101. — Изглед Јупитера у дурбину.

веома мала и сразмерно слабо осветљавају његове ноћи. Фобос, чији пречник није већи од 20—30 км, налази се 36 пута ближе Марсу него Месец Земљи, и обилази једанпут око планете за  $7^h 30^m$ , тј. брже но што се Марс обрће око своје осе. Према томе он излази на западу и залази на истоку.

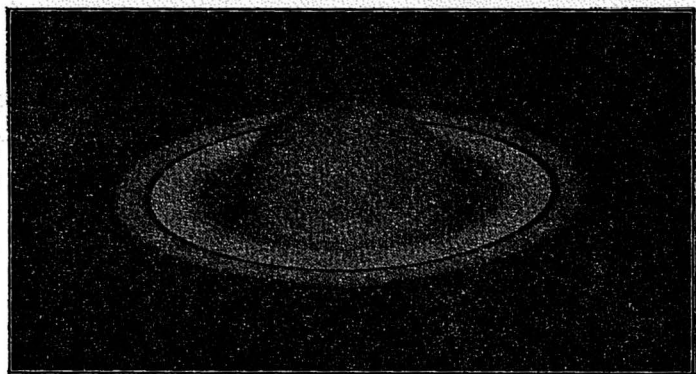
§ 30. Јупитер. — Јупитер је највећа планета Сунчевог система: он је већи од Земље 1312 пута по запремини, а 317 пута по маси. Већ у мањим астрономским дурбинима видљи-



ве су тамне пруге облака које се протежу дуж планетина екватора (сл. 101.). Ако уочимо какву било пегу у тим пругама, које се налазе у пространој и густој атмосфери планете, можемо се већ за један час уверити да се Јупитер брзо обрће око своје осе. Услед брзог обртања Јупитер се спљоштио на половима: његова спљоштеност износи  $1/16$  и може се у телескопу лепо запазити. Јупитер се не обрће као чврсто тело — него се, као и код Сунца, његове екваторијалне области брже обрћу ( $9^h 50^m$ ) од поларних ( $9^h 59^m$ ).

Јупитер има 11 пратилаца, од којих се четири већа виде и обичним догледом, са повећањем 6 пута, а астрономским се дурбином могу лако пратити у обилажењу око планете.

**§ 31. Сатурн.** — Сатурн је нешто мањи од Јупитера, а по саставу веома му је сличан. Он је тако исто обавијен густим облачним покривачем, кроз који се не може видети



Сл. 102. — Изглед Сатурна у дурбину.

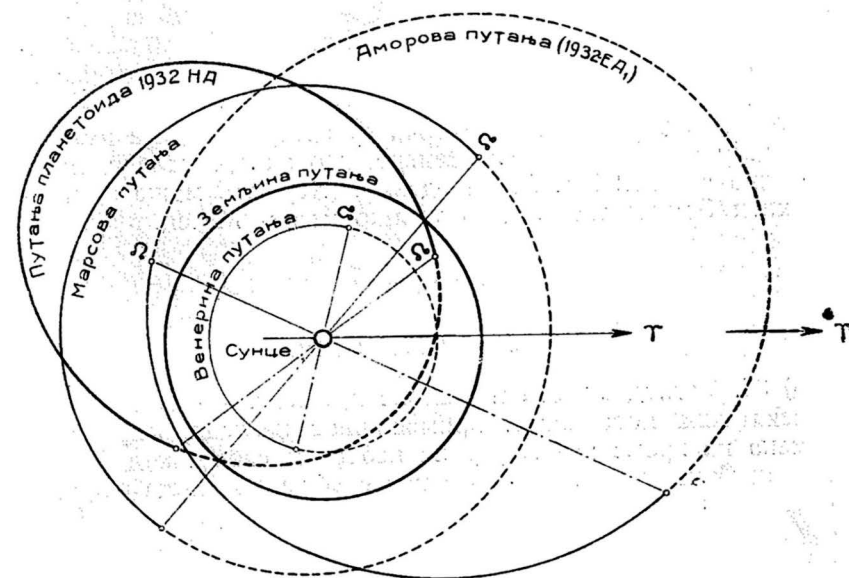
површина планете. На Сатурну се облаци, као и на Јупитеру протежу у пругама дуж екватора, али се врло тешко виде. Упадљива је мала средња густина Сатурна, која достиже једва 0,7 густине воде. Услед брзог обртања око своје осе ( $10\frac{1}{2}$  часова) Сатурн је на половима још више спљоштен него Јупитер.

Занимљив је широки пљоснати прстен који окружује планету у равни њена екватора (сл. 102.). У прстену се запажају тамни размаци или прорези. Доказано је да се прстен састоји из безброј мањих честица, које као пратиоци сбилазе око планете сходно Кеплеровим законима. Тих је честица толико много и тако су блиске једна другој, да се на отстојању с којег их посматрамо сливају у јединствени

светлећи прстен. Изглед прстена се мења, јер се периодично мења нагиб осе обртања Сатурна у односу на раван Земљине путање. Кад прстен бочно посматрамо, не видимо га, јер је веома танак. Каткада је Сатурнов прстен тако нагнут према нама, да га видимо, како се то каже, са највећим отвором.

Сатурн има 10 пратилаца, од којих је један (Титан) видљив и у мањим дурбинима.

**§ 32. Уран, Нептун и Плут.** — Уран и Нептун су прилично велике планете, сличне Јупитеру. И оне су обавијене густим атмосферама, у којима се облаци у виду пруга про-



Сл. 103. — Путање малих планета: Амора и 1932 НА.

тежу паралелно са екватором планете. Планете су јако спљоштене и обрћу се око своје осе великим брзинама, — Уран за  $10,7$  часова, Нептун за  $16$  часова. Посматрају се врло тешко, чак и јачим дурбинима, јер су веома далеко и од Сунца и од Земље. Уран има четири пратиоца, а Нептун једног.

Све веће планете, — од Јупитера до Нептуна, нису, како изгледа, још очврсле, па је органски живот на њима једва могућ. Планете се можда нису још сасвим охладиле и састоје се из житке материје.

Плуту, откривен 1930. г. мањи је, како изгледа, од Земље и једва се види, чак и у јачим дурбинима, као слаба звездича, без приметна диска.

§ 33. Астероиди. — Многобројне мале планете или астероиди, обилазе око Сунца по путањама које леже између путања Марса и Јупитера. Годишње се открива више десетина нових, а свих скупа има сигурно више од 1600. Пречник највећег астероида — Церере, износи свега 770 км, а пречници већине њих не прелазе неколико километара.

Путање малих планета веома су различите. Код неких је нагиб према еклиптици и издуженост путање врло велика. У том погледу се нарочито истичу мале планете Ерос и Амор, чије путање, услед велике издужености, пресецају путању Марса. Понекад ове мале планете долазе ближе Земљи него Марс (сл. 103.) и тиме пружају могућност тачнијег одређивања величине Сунчеве паралаксе.

У последње време откривени су астероиди чије путање пресецају путање Земље и Венере, као на пр. мала планета означена са 1932 НА. Једна од њих (Хермес), може се приближити Земљи скоро исто толико као и Месец.

#### ГЛАВА IV

### КОМЕТЕ И МЕТЕОРИ

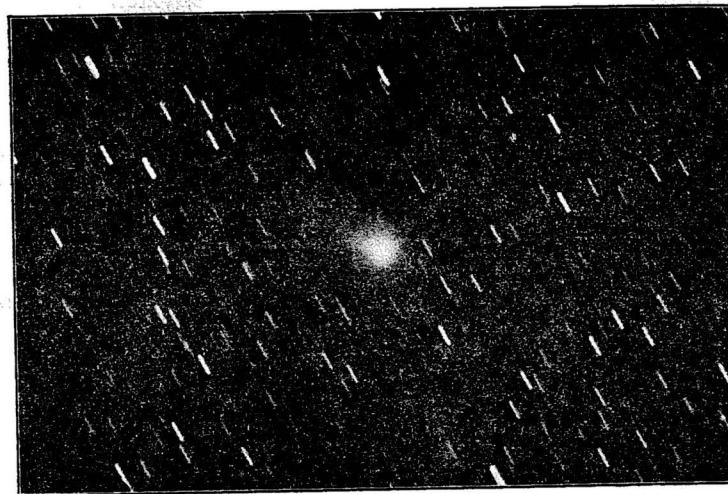
§ 34. Изглед комета и њихове промене. — *Комете*<sup>1)</sup> су небеска тела посебног и променљивог изгледа, која се с времена на време појављују на небеском своду: кад је далеко од Сунца комета изгледа као слаба магличаста расплнута мрља; приближавањем Сунцу, комета бива светлија и постепено образује сјајан реп, који је увек управљен на супротну страну од Сунца.

Сунце одбија честице које се налазе у репу комете. Узрок ће томе одбијању бити објашњен у § 36. Репови комета могу бити циновских размера: на небу се они често протежу по неколико десетина степени, а у простору пружају до даљина од неколико десетина па и више стотина милиона километара. На снимцима комета (сл. 104. и 105.) звезде изгледају као цртице, јер се комете померају у односу на звезде, а фотографска камера за време снимања прати комету у њеном кретању. У глави комете, у њеној најсјајнијој области, обично се примећује извесно згушњавање: то је *језгро комете*. Сваке године открије се по неко-

<sup>1)</sup> Комета на грчком значи „космата звезда“.

лико комета, али је ипак већина њих видљива само помоћу дурбина.

§ 35. Путање комета. — Сјајне комете, које имају дуге репове, појављују се неочекивано. Њихове путање највише



Сл. 104. — Слаба телескопска комета.



Сл. 105. — Комета Морхауз (Morehouse).

наличе параболи (сл. 106.). Пошто обиђе Сунце, комета понова одлази у међузвездани простор, а неке се од њих неће вероватно никад више вратити у област Сунчева система.

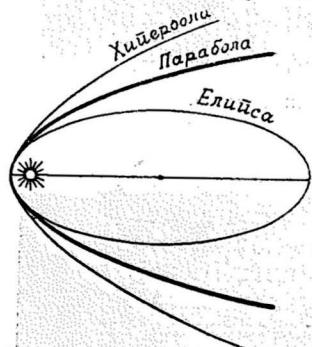
Известан број комета, од којих се већина не може видети слободним оком, креће се по мање издуженим елипсима и периодично се приближује Сунцу. За такве комете кажемо да су *периодичне*. Путање комета имају полуосе разних величина, а ексцентричности су им знатно веће од ексцентричности планетских путања.

Најкраће време обилажења око Сунца (3,3 године) има Енкеова комета, која је досада посматрана у 32 повратка. Добро је позната и сјајна Халејева комета, која обавља једно обилажење око Сунца за време од 75 год. Она је последњи пут била у близини Сунца 1910 г.

**§ 36. Физичка природа комета.** — Спектроскопска посматрања показују да се комете састоје из веома разређених гасова: угљен-моноксида (угљеног гаса CO) и цијана. Светљење тих гасова изазива дејство ултраљубичастих Сунчевих зракова. Није искључено да се у репу неких комета

налазе и мање честице прашине, које светле одбивеном сунчаном светлости. Природу комета проучили су најподробније руски научници. Реп је код неких комета праволинијски, а код других мало повијен. Као што је доказао руски астроном Бредихин, реп комете се утолико више ближи правој линији, што је одбојна сила Сунца која делује на честице већа од силе Сунчева привлачења.

Утврђено је да светлосни зраци врше притисак на тела што их осветљавају. Величина тог притиска, чије је постојање опитом доказао руски физичар Лебедев, а теоријски претсказао енглески физичар Максвел, зависи од величине осветљена тела. Тај притисак не дејствује приметно на крупније честице прашине, јер је веома мали у односу на привлачну силу којом на њих делује Сунце. Светлосни притисак на мање честице је међутим осетан и може бити неколико пута јачи од силе Сунчева привлачења. На тај начин, притисак Сунчевих зракова на гасовите честице, што их језгро избацује у све већем броју уколико се комета приближује Сунцу и све више загрева, тежи да их великим брзинама удаљи од

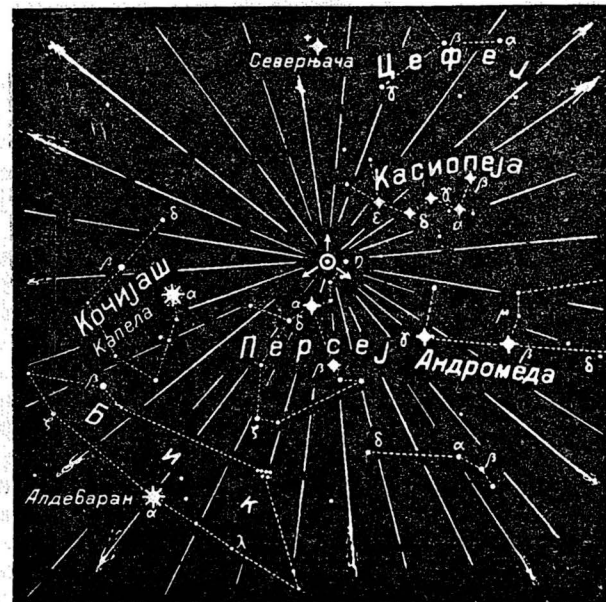


Сл. 106. — Различити облици путања.

њег и доводи до образовања кометиног репа. Могуће је да при томе извесну улогу игра и појава електростатичког одбијања, јер су гасовите честице у комети наелектрисане. Неке комете имају више репова, а то показује да њих образују честице разних величина и разних електричних набоја.

Чврсти део кометиног језгра је вероватно веома малих размера и састоји се из скупина појединачног камења и грудви. Маса комета је врло мала и не прелази масу средњег астероида.

**§ 37. Метеори.** — Метеори или звезде падалице најбоље се посматрају у ноћи без месечине, нарочито



Сл. 107. — Радијант метеора.

с јесени и у касним вечерњим часовима. Својим летом преко неба они изазивају утисак као да је пала нека звезда. Извесних ноћи, на пр. 10 и 11 августа, посматра се велики број звезда падалица, — по неколико десетина на час. Ако привидне путање метеора на небу у мислима продужимо уназад, приметимо да се неке од њих секу скоро у једној тачки. Та се тачка зове *радијант* (сл. 107.). Радијант је перспективна појава која наступа кад се метеорски рој (поток) креће у атмосфери у истоме правцу.



Уствари метеори немају ничег заједничког са звездама. Та је појава изазвана сићушним камењем што се великим брзинама креће кроз међупланетски простор и при сусрету са Земљом улази у њену атмосферу. Улетањем у атмосферу брзинама од 10—200 км у секунди, ови се каменчићи услед трења са молекулима ваздуха усијају и на висинама од 80—150 км распадају на мање комаде, не достигавши Земљине површине. У спектру метеора примећују се зрачења усијаних пара оних елемената, из којих се састоје честице метеора (гвожђе, силицијум, калцијум и др.). Температура им износи две до три хиљаде степени. Понекад после лета метеора остаје на небу кратко време као нека магличаста пруга, траг метеора.

**§ 38. Распадање комета и метеора.** — Претпоставка да су метеорске честице производ распадања комета није неоснована. Приметило се, наиме, да је привидни сјај периодичних комета, при сваком следећем повратку у близину Сунца све слабији. Код неких комета запажени су чак знаци дробљења тј. примећено је постепено распадање комета на неколико делова. Најзначајнија у том погледу је комета — Бијела. После њена распадања на два дела, 1846. г., комета је виђена још при идућем повратку у близину Сунца, год. 1852. а отада је сасвим ишчезла. Новембра 1872. год., кад је Земља пресекла путању те комете, неочекивано се појавила обилна киша звезда падалица, која се одонда редовно понавља сваког новембра, иако све слабија. Кад се на основи положаја радианта израчунала путања новембарских метеора у простору, испоставило се да се они скупно крећу као рој, или поток, истом оном путањом, којом се раније кретала комета Бијела. Према томе, комета се распала у ситно камење које се при сусрету са Земљом види у облику метеора. Иста сличност постоји између путања неких других комета и путања извесних ројева метеорских честица. Сам рој метеорских честица се у току времена распада и распоређује дуж целе путање, а њихова путања се услед планетских поремећаја у неким случајевима удаљује од Земљине путање. Зато неки богатији ројеви у току времена бивају слабији или сасвим пресакну, јер Земља у свом кретању престаје да се сусреће са тим метеорским честицама.

**§ 39. Болиди и метеорити.** — Много ређе запајају се и веома велики метеори или *вагрене лопте*, тзв. болиди. Они настају кад метеорска тела знатнијих размера, која долазе из међупланетског простора, улете у Земљину атмосферу. Због већих размера она се не распадају тако брзо као мали метеори, прелећу дуж путање и гасе се на мањим ви-

синама, од 30—60 км. Крупнија метеорска тела спуштају се још дубље, у гушће слојеве атмосфере, и ту губе своју велику брзину услед отпора ваздуха (обично на висини од 20—25 км.) и падају на Земљу у виду чврстих, скоро хладних камених (ређе жељезних) маса. Како метеор сече ваздух великом брзином, у атмосфери се ствара звучни талас, кога ухо осећа као удар грома праћен тутњавом. Тај звук настаје само у случају кад висина метеорова лета не прелази 50—55 км. Метеори који падају на Земљину површину зову се метеорити. Људи их скупљају и чувају у музејима.

По своме саставу метеорити су двојаки: каменити и жељезни. Они су разних величина. Највећи метеорит, који је 1931. год. нађен у Јужној Африци, тежи 70 тона. Каткада се опажа и киша падајућег камења; то је последица дробљења метеорита у атмосфери. Досад је познато око 1000 случајева падања метеорита.

Метеорити су можда најкрупнији остаци комета које су се распале, или остаци било каквих других небеских тела. На њима су нађени исти хемијски елементи, који постоје и на Земљи, но каткада у другим једињењима.

1908 г. срушио се у околини реке Поткаменаја Тунгуска (Сибир) циновски метеорит, који је својим падом изазвао велика пустошења у шуми. Експедиција Совјетске академије наука истражује место пада са циљем да ископа тај метеорит који је вероватно највећи на свету.

**§ 40. Да ли је могућ судар Земље са кометом?** — Сујеверни се људи боје, па свој страх преносе и на друге, да ће приликом Сунчевог помрачења или услед судара Земље са кометом наступити смак света. Рачуни, међутим, показују да је такав судар бескрајно мало вероватан и да може наступити само једанпут у току 80 милиона година.

Но, коначно, какве би биле последице таквог једног судара? У случају да кометин реп „закачи“ Земљу, разређени гасови из којих је састављен реп комете не би могли продрећи у гушће слојеве Земљине атмосфере. Ми чак не бисмо ни приметили да је Земља прошла кроз реп комете. То се већ и догађало, али је све остало без икаквих нарочитих последица. Ако пак наступи мање вероватан случај: судар Земље са језгром комете, приметимо пре свега обилатију кишу метеора, а можда и пад веће количине метеорита, што не би ни у ком случају нанело осетнију штету животу на Земљи.

Не треба се према томе бојати комета: то су „мирна“, безазле-на небеска тела, и кад су већих размера.

Додајмо још и то, да комете немају никакве везе са збивањем на Земљи, као на пр. са ратовима, епидемијама и сличним појавама, како се то некад мислило. Савремена наука не само да обара предрасуде везане за појаву комета, већ је у стању да, неколико дана после појаве комете, унапред израчуна њено даље кретање у области Сунчева система.

## ПОСМАТРАЊА

1. Ако располагете дурбином или јачим догледом, проучите Месечеву површину. Посматрајте како се мења дужина сенке Месечевих брегова са удаљењем од терминатора ка Месечевој ивици. Изаберите ма какву значајнију мању област на Месецу и нацртајте њен изглед. Следећег дана израдите понова цртеж; упоредите међу собом оба цртежа и посматрајте како се мења изглед области у зависности од њене осветљености Сунцем. Посматрајте како се из дана у дан на Месечевој површини помера граница сенке. При пуном Месецу обратите пажњу на светле пруге које излазе из цирка Тихо, на јужној Месечевој полулопти.

2. Посматрајте помоћу дурбина изглед планета, које се у томе тренутку виде на небу: Венере, Марса, Јупитера и Сатурна. Нацртајте изглед Венере. Око Јупитера потражите његове главне пратиоце. Нацртајте пруге на Јупитеровом привидном котуру и уверите се о његову брзом обртању око осе једночасовним посматрањем кретања какве пеге на његову привидном котуру. Обратите пажњу на Јупитерову спљоштеност. Нацртајте положаје Јупитерових пратилаца, поновите посматрање и цртеж два сата касније и погледајте да ли су за то време пратиоци приметно изменили своје положаје.

3. Посматрајте у току неколико вечерњих часова какав метеорски рој у време кад се према подацима астрономског годишњака очекује нарочито велики број метеора. Одредите број метеора у току једног часа и унесите њихове привидне путање у копију карте неба. Утврдите из кога сазвезђа долазе ти метеори, другим речима, одредите њихов радијант. Покушајте да процените сјај метеора у звезданим величинама, као и дужину њихове привидне путање у степенима, па унесите податке у посматрачку књижицу.

## ЗАДАЦИ

1. Колико би тежио човек на Месецу?
2. Могу ли се са Месеца посматрати излаз и залаз Земље?
3. Ако брзина ракете за међупланетска путовања износи 11 километара у секунди, колико је времена потребно да се стигне до Месеца? А до Марса?
4. Одредите колико је пута већи привидни пречник Венере у време доње конјункције од њеног пречника у време горње конјункције.
5. Колико Марсових дана чини једну Марсову годину?
6. Знајући да је човечије око у стању да распознаје детаље који се виде под углом од 4", израчунајте у километрима размере најмањих детаља који се могу видети на Марсу помоћу дурбина са шест стотина пута увеличања (у доба Марсове опозиције).
7. Колико је пута, у односу на Земљу, јача или слабија количина топлоте и светлости што их Меркур и Плутто примају од Сунца?
8. Колико је привидни пречник Сунца, посматран са Нептуна?
9. Код Енкеове комете велика полуоса путање износи 2,22 астрономске јединице, а ексцентричност 0,847. Нацртајте путању комете, а са цртежа одредите њено отстојање од Сунца у перихелу и у афхелу.
10. Како се може доказати да звезде уствари не падају са неба?
11. На који начин спектар комете може дати одговор на питање да ли у њој има и честица чврсте прашине?
12. Каква је разлика између метеора, болида и метеорита?

## ГЛАВА V

## ЗВЕЗДАНА ВАСИОНА

§ 41. Методе проучавања звезда. — Савремена астрономија проучава и звездану васиону помоћу метода којима се проучавају Сунце и планете, али у њиховој примени на звезде постоји ипак извесна разлика. Многобројност звезда приморава нас да те методе употребимо на начин који ће нам дозволити да одједном добијемо податке за што већи број објеката.

Због слаба привидног сјаја звезда присиљени смо да ради њиховог проучавања изградимо инструменте са већим објективима или огледалима; захватајући широки сноп светлости, која доспева са звезда, такви нам инструменти омогућују посматрања или снимања и звезда веома слабог сјаја (сл. 108.). При проучавању маглина употребљују се објективи високе светлосне моћи, који дају интензивну слику површине снимљених небеских тела.

Фотографија се широко примењује код проучавања звездане васионе: захваљујући њој, на снимку добивамо слике великог броја звезда. Из мерења негатива могуће је одредити међусобни положај звезда, њихов релативни сјај, па и њихов спектар, — ако је пред објектив постављена призма.

Привидни сјај звезда можемо међусобно упоредити и посматрањем звезда дурбином, али се при том често добијају друкчији односи сјаја него на основи фотографских снимака. То је последица чињенице, што је човечије око најосетљивије за жуто-зелену област спектра, док је фотографска плоча најосетљивија за љубичасто-плаву светлост.

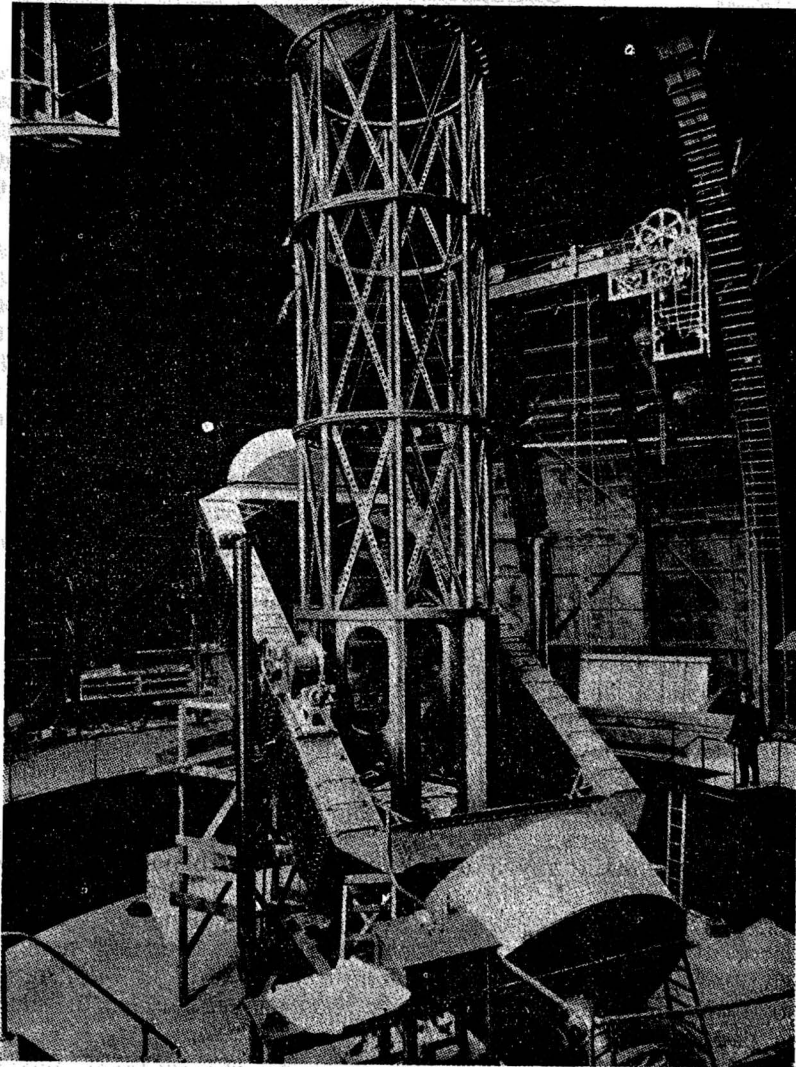
Кад две звезде изгледају оку подједнако сјајне, али је једна бела, а друга црвенкаста, на фотографској плочи црвенкаста звезда даје мањи кружић него бела звезда; на основи снимка долазимо, дакле, до закључка да звезде нису истог сјаја. Однос сјаја, одређен на основи снимака и изражен у звезданим величинама, није исти као за око, те се зове фотографски, за разлику од визуелног, који важи за око.

За проучавање звезданих снимака астрономске опсерваторије располажу разним апаратима, који дозвољавају да се са великом тачности измере узајамни положаји звезда, њихов сјај и спектар.

Звездано небо, које нам је већ познато на основи посматрања слободним оком или помоћу мањих инструмената,



при проучавању и снимању савременим циновским инструментима приказује се као прилично разнолико и по какво-



Сл. 108. — Циновски телескоп са огледалом 2,5 м. пречника Mount-Wilson опсерваторије.

ћи, и по броју посматраних објеката. Небеска тела, која се могу посматрати на астрономским опсерваторијама, по спо-

љашњем изгледу деле се на: звезде, неправилне (дифузне) маглине, планетарне маглине, отворена звездана јата, затворена (лоптаста) звездана јата, маглине (елипсасте, округле и спиралне) и Млечни пут.

Испитивање спектра тих небеских тела показује да им је хемијски састав сличан саставу материје коју проучавамо у лабораторијама на Земљи. Утврђено је да се материја налази у сталном кретању и променама облика, па с пуно права претпостављамо да су сва небеска тела резултат тог вечног кретања и да видимо материју у разним фазама њеног развића. Научна истраживања у потпуности оправдавају ту нашу претпоставку.

У давна времена, кад је тек почело упознавање звезданог неба, одређивање положаја небеских тела на небу било је најприступачније; тек развићем оптике омогућена су истраживања физичког састава небеских тела и продубљивање знања о маглинама, звезданим јатима и Млечном путу.

Истраживање звездане васионе почело је тек недавно. Основе је положио крајем XVIII века Виљем Хершел. Он је на самом почетку својих радова оцртао нови пут за проучавање васионе. Како је број звезда на небу огroman, увидео је да се детаљно истраживање о распореду свих звезда не може извести, па је зато почео са проучавањем појединих области неба и накнадно срањивао међу собом добивене статистичке податке. Савремена астрономија дала је сјајну потврду о исправности Хершеловог пута и, користећи се математиком, уопштила и продубила његове методе рада. Тако је Хершел на основи својих простих метода пребрајања, већ на крају XVIII века дао у главним цртама верну слику васионе.

Савремена астрономија не само да је ту слику проширила, уоптунила и распростра на велика растојања, већ и проучила физичку грађу звезда.

§ 42. Број и сјај звезда. — Број звезда које можемо посматрати и снимати помоћу савремених телескопа далеко превазилази оно што можемо видети слободним оком. Већ при првом упознавању звезданог неба говорили смо о начину обележавања њихова сјаја помоћу привидних величина. Привидна звездана величина је степен сјаја који одговара његовој промени за 2,512 пута (број чији је логаритам 0,400).

На тај начин, ако са  $m_1$  означимо привидну звездану величину неке звезде чији је сјај  $I_1$ , а са  $m$  и  $I_0$  звездану величину и сјај звезде која је изабрана као основа, добијамо образац



$$I_1 = I_0 \cdot 2,512^{(m_0 - m_1)}.$$

Ако узмемо да је  $I_0 = 1$  и логаритмујемо образац, добићемо други, погоднији за рачун:

$$\log I_1 = 0,4 (m_0 - m_1).$$

Исечемо ли у картону четири кружића од 2, 3, 5 и 8 мм, отворе са друге стране покријемо листићем полупровидне хартије, па их осветлимо одостраг и довољно се измакнемо, тако да нам отвори изгледају као светле тачке, њихов сјај неће бити једнак. При овом избору пречника, разлика у сјају између два суседна кружића одговараће доста тачно једној звезданој величини. На сл. 109. нацртана су четири кружића тако да се површине два узастопна круга имају међусобно као број 2,5 према 1.

Како односи сјаја звезда могу бити веома различити, звездане се величине не изражавају само целим јединицама већ и њиховим деловима. На пр. ако однос сјаја двеју звезда износи 10, разлика у звезданим величинама биће 2,5. Ако је небеско тело сјајније од звезде нулте звездане величине, његов се сјај изражава негативним привидним звезданим величинама. Тако на пр. сјај Сириуса износи — 1,6 привидне звездане величине (минус 1,6 прив. зв. ве-



Сл. 109. — Упоређење сјаја четири узастопне звездане величине.



Сл. 110. — Виљем Хершел (1738—1822).

личине). За брже претварање разлика привидних звезданих величина у односе сјаја и обратно, најбоље је саставити таблицу и према њој начинити график.

Код одређивања сјаја слабих звезда примењује се дурбин. Досад је одређен сјај многобројних звезда. Каталог Харвардске опсерваторије (у Америци) садржи тачно измерени сјај свих звезда до  $7\frac{1}{2}$  привидне звездане величине, а још и многе звезде слабијег сјаја. У § 6 изнели смо број звезда првих 6 величина. Таблица садржи број звезда од најсјајнијих па до 1,5 привидне звездане величине (1. звезда на величина), затим од 1,5—2,5 привидне звездане величине (2. привидна зв. величина) итд.

Број звезда до 20-те привидне звездане величине одређује се на основи статистичких метода. У ту се сврху изналази број звезда разног сјаја у мањим зонама разних области неба, па одатле изводи средњи број звезда у 1 квадратном степену. На крају израчуна се укупни број звезда на целом небу.

Примењујући тај поступак на многе мање области неба, али узимајући у обзир само звезде одређене величине, може се извести средњи број звезда одређене величине по једном квадратном степену небеске сфере, а отуда извести и приближан укупан број звезда те величине на целом небу.

На основи таквих посматрања добивена је следећа таблица:

| Прив. зв. величина | Укупан број звезда на небу | Прив. зв. величина | Укупан број звезда на небу |
|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| До 5-те            | 2 134                      | До 13-те           | 5 700 000                  |
| „ 6                | 6 974                      | „ 14               | 13 800 000                 |
| „ 7                | 14 300                     | „ 15               | 32 000 000                 |
| „ 8                | 41 300                     | „ 16               | 70 800 000                 |
| „ 9                | 117 000                    | „ 17               | 148 700 000                |
| „ 10               | 324 000                    | „ 18               | 296 000 000                |
| „ 11               | 868 000                    | „ 19               | 560 000 000                |
| „ 12               | 2 260 000                  | „ 20               | 1 000 000 000              |

Ако начинимо график зависности броја звезда од њихове привидне величине, или ако израчунамо однос наредног броја таблице са претходним, можемо се уверити да се прираштај броја звезда смањује са опадањем привидне звездане величине. Отуда би се морало закључити да је број звезда ограничен. Али савремена испитивања показују да је ово ограничење само привидно и да наступа због тога, што врло разређена материја, која се налази свуда у међузвезданом простору, упијањем светлости слаби сјај далеких звезда.

**§ 43. Паралаксе звезда.** — Звезде се налазе на разним отстојањима од нас. Одређивање њиховог отстојања заснива се на мерењу њихових паралакса. Паралаксе се одређују помоћу инструмената којим се мере углови, или путем снимања и мерењем добивених негатива.

Одређивање отстојања, као што смо видели у првом делу књиге, врши се на основи истог метода који се примењује при одређивању екваторске паралаксе, само се као основа (базис) троугла узима полупречник Земљине путање.

Паралаксе звезда су веома мале; оне износе највише неколико десетих делова лучне секунде. Из тога следује да су даљине звезда веома велике, па их је незгодно изражавати, не само у километрима, већ и у „астрономским јединицама“.

Примера ради навешћемо, да је једна од најближих звезда удаљена од нас 273 000 астрономских јединица.

Отстојања звезда се данас изражавају на два начина. Први начин је већ давно уведен и састоји се у томе, што се за јединицу узима даљина коју светлост превали за једну годину. Како брзина простирања светлости износи око 300 000 км/сек, даљине се звезда у тим јединицама изражавају малим бројкама. Та је јединица добила назив *светлосна година*.

Други начин је недавно уведен и састоји се у томе, што се за јединицу даљине узима *отстојање које одговара годишњој паралакси једне лучне секунде*. Мањој паралакси, тј. већој даљини, одговара и већи број таквих јединица. Та нова јединица добила је назив *парсек* (скраћеница речи „паралакса“ и „секунда“).

#### ОДНОСИ ИЗМЕЂУ ЈЕДИНИЦА ЗА ДУЖИНУ У АСТРОНОМИЈИ<sup>1)</sup>

| Јединица дужине      | Километар            | Астрономска јединица | Светлосна година | Парсек |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------|
| Километар            | 1                    | —                    | —                | —      |
| Астрономска јединица | $149,5 \cdot 10^6$   | 1                    | —                | —      |
| Светлосна година     | $9,56 \cdot 10^{12}$ | $6,3 \cdot 10^4$     | 1                | 0,307  |
| Парсек               | $3,9 \cdot 10^{13}$  | 206 265              | 3,26             | 1      |

Досада су одређене паралаксе преко 6000 звезда. Многе међу њима налазе се на отстојању мањем од 10 парсека.

#### Неколико звезда са познатом паралаксом

|   |                   |
|---|-------------------|
| Проксима Центаури . . . . .             | $0,960 \pm 0,006$ |
| $\alpha$ Центаури . . . . .             | $0,956 \pm 0,003$ |
| $\alpha$ Великог пса (Сириус) . . . . . | $0,379 \pm 0,004$ |
| $\tau$ Кита . . . . .                   | $0,315 \pm 0,009$ |
| $\alpha$ Малог пса (Процион) . . . . .  | $0,310 \pm 0,006$ |
| $\alpha$ Орла (Алтаир) . . . . .        | $0,204 \pm 0,004$ |
| $\alpha$ Лире (Вега) . . . . .          | $0,124 \pm 0,010$ |
| $\alpha$ Кочијаша (Капела) . . . . .    | $0,063 \pm 0,002$ |
| $\alpha$ Ориона (Бетелгеза) . . . . .   | $0,012 \pm 0,004$ |

У тој табlici бројеви са знаком  $\pm$  претстављају могућу грешку мерења. Из таблице се види како је велика тач-

<sup>1)</sup> Ради краткоће у овој табlici су бројеви који садрже јединицу са нулама претстављени помоћу одговарајућег степена броја 10; на пр.  $10 = 10^1$ ,  $100 = 10^2$ ,  $1\ 000\ 000 = 10^6$  итд.

ност којом се данас мере мали углови, па према томе и удаљености.

Сем горе описаног метода за одређивање звезданих даљина на основи годишњих паралакса, савремена астрономија је изградила и друге методе, са којима ћемо се упознати у § 44.

§ 44. Привидни и апсолутни сјај звезда. — Како се звезде налазе на разним отстојањима од нас, посматрани односи сјаја не одговарају стварним. Али ако нам је позната



Сл. 111. — Снимак области Млечног пута.

удаљеност некојих звезда, у стању смо да израчунамо прави однос њихова сјаја на основи закона опадања јачине сјаја са квадратом отстојања светлосног извора.

Замислите да су се све звезде, које се налазе на разним даљинама од нас, помериле и дошле на исто отстојање. Упо-

ређењем њихових привидних звезданих величина могли бисмо да одредимо односе њихова стварног сјаја.

Према томе, за све звезде чије је отстојање на неки начин одређено, међусобним упоређењем њихова стварног сјаја може се израчунати сјај који би оне имале на једном



Сл. 112. — Млечни пут јужне половине неба.

истом отстојању, на пр. на отстојању од 2 062 650 астрономских јединица (10 парсека), као што се обично ради.

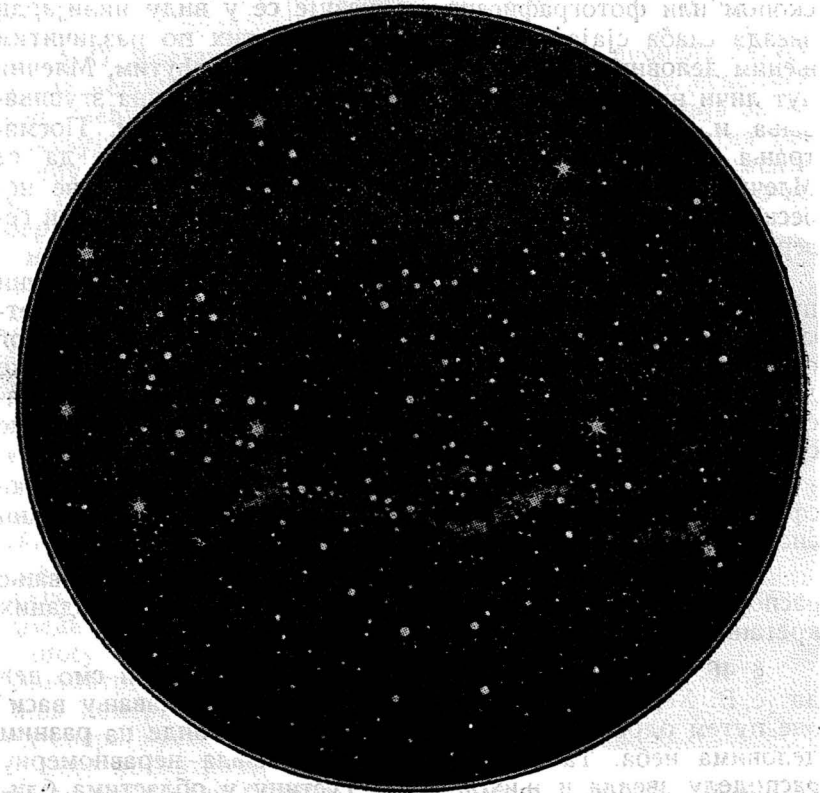
За Звезде са познатом паралаксом можемо помоћу обрасца

$$I/I_0 = r_0^2/r^2$$

израчунати сјај који би оне имале на одређеном отстојању. У том обрасцу  $I$  је привидни сјај звезде,  $I_0$  је сјај који би

она имала на отстојању 10 парсека од нас,  $r$  отстојање звезде, а  $r_0 = 10$  парсека. Израчунати апсолутни сјај  $I_0$  може се претворити у привидну звездану величину. Привидну звездану величину коју би звезда имала на отстојању од 10 парсека зовемо апсолутном звезданом величином. —

Кад су астрономи одредили тригонометријске паралаксе за већи број звезда, а помоћу њих израчунали њихов



Сл. 113. — Млечни пут северне половине неба.

апсолутни сјај, приметило се да између спектра и апсолутне звездане величине постоји извесна зависност.

Познавање те зависности пружа нам данас могућност да на основи посматраних звезданих спектра изведемо апсолутну величину звезда.



Обрнуто, знајући привидни и апсолутни сјај звезда, астрономи израчунавају отстојање звезда помоћу раније нарисаног обрасца.

На тај начин, из привидне и апсолутне звездане величине може се наћи отстојање ма како далеке звезде, само ако се може добити њен спектар.

§ 45. Млечни пут. — Светла трака, која иде преко цела неба и која се назива Млечни пут, посматрана већим телескопом или фотографисана, приказује се у виду милијарди звезда слаба сјаја, неједнако густо расутих по различитим њеним деловима (сл. 111.). Слободном оку, међутим, Млечни пут личи на искрзану траку, у којој су местимична згушњавања и, рекло би се, одвојене хрпе и облаци. Посматрања и јужне, и северне половине неба показују да се Млечни пут протеже као непрекидни појас око читаве небеске сфере. На сликама 112. и 113. приказане су јужна и северна половина неба и означен Млечни пут.

Разгледајући те слике, није тешко уочити да Млечни пут дели читаво небо на два скоро једнака дела. Слике претстављају сву небеску сферу раздељену линијом небеског екватора; али се небеска лопта може поделити на једнаке делове и на много других начина. У циљу проучавања састава звездана света најудобније је ако се та линија повуче средином траке Млечног пута.

На тај се начин добива нарочити велики круг небеске сфере, назван галактички екватор (Галаксија — звездани систем, кога сачињавају звезде Млечног пута).

Галактичка линија је од великог значаја за изучавање распореда разних небеских тела и испитивања звезданих кретања.

§ 46. Привидни распоред звезда. — Поменули смо већ да је В. Хершел положио основ масовном изучавању васионе путем одређивања броја звезда, које се виде на разним деловима неба. Та су одређивања показала неравномерну расподелу звезда и њихову већу густину у областима блиским Млечном путу. Хершелова су истраживања, поновљена бољим посматрачким средствима од стране савремених научника, и дала појединости састава Млечног пута.

Одређивање броја звезда на једнаким небеским површинама, даље од Млечног пута и ближе к њему, јасно показује да се густина слабих звезда повећава са приближавањем галактичкој линији. То се види и из приложене таблице.

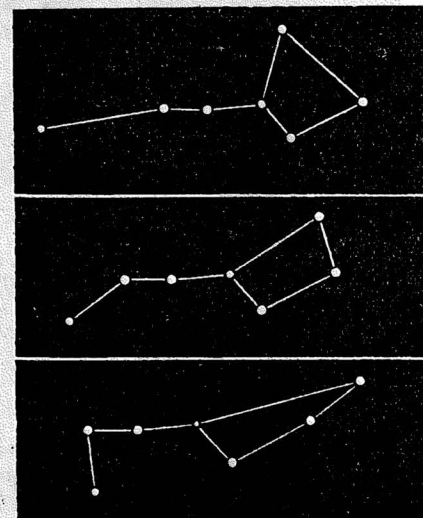
#### СРЕДЊИ БРОЈ ЗВЕЗДА У КВАДРАТНОМ СТЕПЕНУ

| Прив. величина | Угловна даљина од галактичке линије |       |       |
|----------------|-------------------------------------|-------|-------|
|                | 0°                                  | 30°   | 80°   |
| до 5           | 0,045                               | 0,022 | 0,013 |
| „ 9            | 2,8                                 | 1,3   | 0,75  |
| „ 15           | 910                                 | 270   | 92    |
| „ 21           | 74 000                              | 8 700 | 1 800 |

§ 47. Кретање звезда. — Звезде су дуго времена сматране за непокретне, а њихов узајамни положај за непроменљив; међутим, савремена тачна одређивања положаја звезда показују да многе од њих имају кретања неприметна слободну оку, али која се могу одредити тачним инструментима. Сопственим кретањем звезде назива се њено угловно померање на небеској сфери у току године. Нагомилана током векова, та кретања могу постати приметна и осетно изменити изглед неба (сл. 114.).

Сопствена кретања, изражена лучном мером, показују само привидна кретања по небеској сфери, а не стварна кретања небеских тела. Ако је тело довољно сјајно, испитивањем његова спектра може се одредити његово кретање у односу на посматрача и у километрима изразити брзину померања. Та брзина одговара кретању звезда у правцу посматрача, и назива се радијална брзина (в. § 6. овог одељка). Ако су за неку звезду познати: радијална брзина, сопствено кретање на небу изражено у угловној мери, и њена удаљеност, тада није тешко одредити и брзину, и правац кретања звезде у простору.

Сопствена кретања звезда врло су мала; најизразитија — „Барнардова летећа звезда“, помера се на небу за величину



Сл. 114. — Кретање звезда у сазвезђу Великог медведа. Горња слика — изглед сазвезђа пре 50 хиљада година; слика у средини — садањи изглед; доња слика — изглед кроз 50 хиљада година.

привидна Месечева пречника тек за 180 година. Све остале звезде крећу се још спорије. Благодарени тачности посматрања, у последње су време утврђена сопствена кретања многих звезда. То није никакво чудо: сва се тела у васиони налазе у кретању, а ми запажамо само она кретања, која су приступачна нашим инструментима. Већи број изучених звезданих кретања омогућио је да се схвати карактер тих кретања.

Испитивање сопствених кретања звезда показало је, и поред њихових појединачних кретања у најразличитијим прав-



Сл. 115. — Снимак велике Оринове маглине.

цима, да се на једној небеској полулопти звезде уопште разлазно крећу од тачке која лежи на граници сазвезђа Лире и Херкула, а, обратно, да теже к једној дијаметрално супротној тачци. Астрономи су на основи тога извели закључак да се наш сунчани систем креће у простору у правцу сазвезђа Лире. Брзина кретања система износи 20 км/сек.

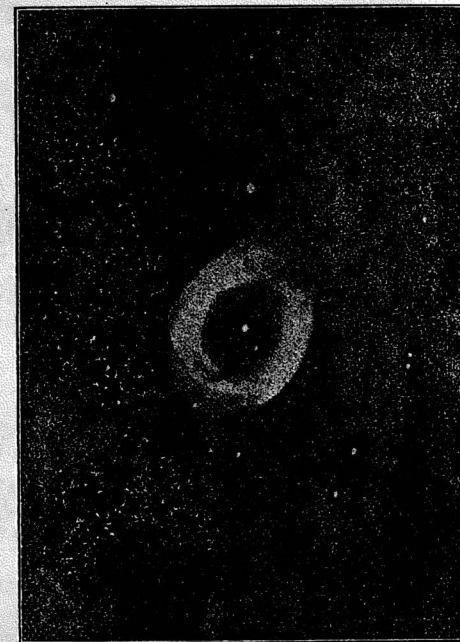
Да бисте схватили идеју начина за одређивање смера кретања Сунчева система, замислите да идете кроз шуму.

Тада ће вам изгледати као да се дрвеће пред вама разилази, а иза вас, напротив, скупља.

Поред тога општег кретања звезда — одраза кретања нашег сунчањог система — код неких се група њихових запажају и друга, такође претежна кретања, управљена према било каквој тачци на небу. Сличност тих кретања показује да читаве групе звезда, које су иначе на огромним растојањима једна од друге, претстављају у суштини систем са заједничким кретањем. Запажено је да је смер тих скупних кретања највећим делом паралелан галактичкој линији.

§ 48. Маглине. — Маглине, што их слабијим телескопима видимо само као светле омање мрље на тамном залећу ноћна неба, указују се при посматрању великим телескопима или на фотографијама, у врло различитим облицима.

Што се тиче њихова распореда, запажа се лако, да су маглине уопште распоређене или у близини Галаксије или, напротив, далеко од ње.



Сл. 116. — Фотографија планетарне маглине у сазвезђу Лире.

Око галактичке линије виде се углавном неправилне и планетарне маглине (сл. 115. и 116.), а даље од ње — највећим делом спиралне (сл. 117.) или спљоштене (сличне двогубо испупчену сочиву, посматрану са стране) и лоптасте.

Маглине прве групе називају се галактичким маглинама, а деле се на гасовите и развејане. Истој групи припадају и тамне маглине.

Посматране телескопом, галактичке се маглине (изузев тамних) виде као светла материја. Спектроскопска испитивања показују да се оне састоје из разређених гасова — кисеоника, азота, угљеника, затим хелијума и водоника.



Тамне маглине, које се на звезданом залеђу неба истичу потпуним црнилом и неправилности облика, претстављају уствари облаке космичке прашине, који туле светлост звезда што се иза њих налазе. Некоје од светлијих таквих маглина састоје се из веома разређене космичке прашине и сјаје одбивеном светлости суседних звезда.



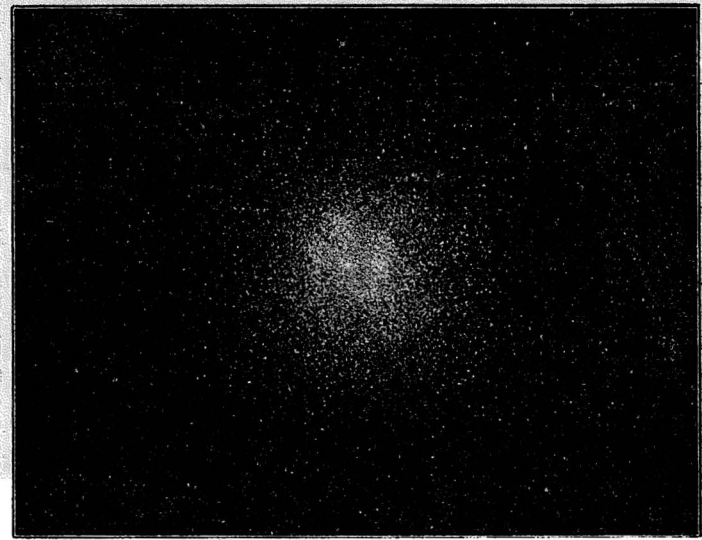
Сл. 117. — Фотографија спиралне маглине у сазвежђу Троугла.

Вангалактичке маглине (сл. 117.), испитиване помоћу фотографије, одају звездану структуру: оне се састоје, као и Млечни пут, из појединачних звезда, а спектроскопска испитивања показују у њима звездане спектре. Да ли ће се маглине видети као спиралне или вретенасте, зависи једино од њихових положаја у односу на нас.

Две се групе маглина разликују и према њиховим растојањима од нас. Галактичке се маглине налазе сразмерно близу: на удаљености од 100 или 1000 светлосних година, док су вангалактичке удаљене милионима светлосних година.

Најновија испитивања циновским телескопима показују, да су вангалактичке маглине расејане по читаву васионском простору. Њихово отсуство око галактичке линије објашњава се међузвезданом материјом, која се простире у томе правцу и која знатним упијањем светлости скрива нашем погледу ту врсту маглина.

§ 49. Звездана јата. — Звездана јата на фотографијама добивеним помоћу великих телескопа, јасно показују свој звездани састав и повећање броја звезда према средишту



Сл. 118. — Фотографија збивеног звезданог јата у Херкулу.

(сл. 118.); таква се звездана јата називају збивена (глобуларна). Друге су врсте звезданих јата отворена или неправилна (на пр. Влашићи — Плејаде). (Сл. 119.).

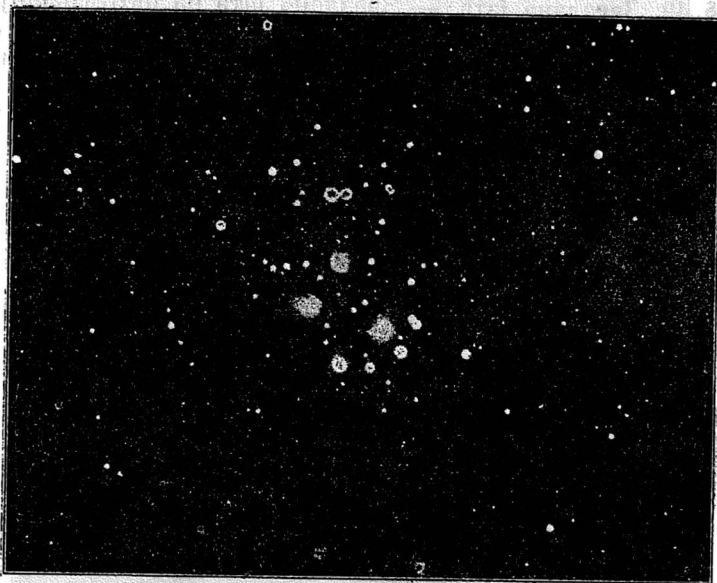
Звездана су јата на небу неравномерно распоређена; највећим делом она се налазе близу Млечног пута.

И збивена и отворена звездана јата запажају се у областима око галактичке линије, и то највећим делом у сазвежђима Стрелца и Скорпиона. Растојања, која нас деле од збивених звезданих јата, пењу се на десетине хиљада светлосних година. Удаљења, пак, отворених звезданих јата су знатно мања.



Маглине и звездана јата сакупљени су у N. G. C. каталогу („New general catalog“), који је израдио Драјер (Dreyer), и обележене бројевима. Раније су се звездана јата означавала бројем каталога, што га је израдио астроном Месјје (Messier). У првом случају се испред броја ставља ознака N. G. C., а у другом презиме Messier. Тако се на пр. звездано јато у Херкулу означава било Messier 13 (скраћено M 13), или N. G. C. 6205.

**§ 50. Састав васионе.** — Имајући податке о растојањима и привидном положају звезда, маглина и звезданих јата није нам тешко да створимо претставу о саставу наше звездане васионе.



Сл. 119. — Фотографија отвореног звезданог јата Плејаде.

Ако се обрати пажња на распоред горе побројаних небеских тела, запазиће се, да су за галактичку линију везани: распоред звезда, распоред галактичких маглина и звезданих јата, смер кретања звезда, места појава тзв. „нова“ звезда. У вези са њоме нису само вангалактичке маглине.

Распоред звезда показује, да огромна скупина звезда, у којој се налазимо, није лоптаста; звезде су најгушће око галактичке линије. Ако би из далека бацили поглед на наш звездани свет, видели бисмо га у облику двогубо испупчена сочива, чија је унутрашњост испуњена звездама.

Ако то сочиво пресечемо у мислима по његовом највећем пресеку, добићемо раван, коју називамо раван Галак-

сије. Према томе, звезде Млечног пута сачињавају основни део нашег звезданог система, који претставља сочивасти скуп звезда.

Можемо сад и корак даље да учинимо и упитамо се, да ли су звезде у равни Галаксије равномерно распоређене. Одговор на то питање можемо потражити на основи посматрања густине звезда у Млечном путу. Посматрања указују да је густина његова неравномерна.

Немамо разлога да верујемо, да је наша Галаксија једина у васиони, па у жељи да објаснимо склоп нашег звезданог система, можемо претпоставити да у простору има сличних група — скупова звезда. Сличност треба да тражимо баш у објектима који немају везе са Галаксијом. Ти су објекти вангалактичке маглине, које се састоје из звезда, а спљоштене су у облику сочива и у својим спиралним завојима имају згуснутих места.

Тако долазимо до закључка да је наш Млечни пут, као звездани систем, вероватно и сам спирална маглина, у чијој се унутрашњости налази наш Сунчани систем и коју, према томе, видимо изнутра.

На сл. 117 приказана је маглина на коју, може се замислити, налази наша Галаксија. Ако повучете праве линије у разним правцима из њена средишта, видећете да у извесним правцима те линије секу сразмерно ретке њене делове, а у другим, опет, врло густе и широке. Пречник је Галаксије око 30.000 парсека. Наш се сунчани систем налази у средњем делу њеном, али не у центру.

Збивена звездана јата налазе се на границама Галаксије, док су отворена јата у њеној унутрашњости, као и галактичке маглине.

Ако замислимо да су сва небеска тела у блиском нам делу звездане васионе претворена у материју једнаке густине, и да је ова равномерно распоређена по целом том простору, средња густина материје не би тада била велика — мање од 0.00005 мг на један км.<sup>3</sup>

Испитивање сопствених кретања звезда показује да је смер тих кретања у средњој вредности паралелан равни Млечног пута.

Савремена истраживања звезданих кретања доводе нас до закључка да звезде Галаксије образују обртни систем.

За Галаксију се, према томе, у садање доба сматра да се налази у скупном обртању.

Свака звезда, а међу њима и наш сунчани систем, суделује у томе скупном обртању, које се догађа у равни Галак-

сије. Трајање обртања Сунчева система износи 250 мил. година, а његово растојање од средишта обртања — средишта Галаксије (које се налази у правцу сазвежђа Стрелца), 10.000 парсека.

Слично обртање утврђено је и код неких спиралних маглина.

Удаљење разних небеских тела може се одредити различитим методама. У приложеној доњој табlici дата су нека од тих растојања.

|                              | Удаљења<br>у парсецима | Пречници<br>у парсецима |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Најближа звезда . . . . .    | 1.3                    | —                       |
| Галактичке маглине . . . . . | 100—10 000             | 0.01—10                 |
| Отворена јата . . . . .      | 40—4 000               | 5                       |
| Збивена јата . . . . .       | 5 000—60 000           | 25                      |
| Вангалактичке маглине        | 250 000 и више         | 10 000—30 000           |

Ток ових бројки, а и изглед вангалактичких маглина на небу показују, да наша Галаксија, крај све горостасности њених димензија, претставља само један од многих звезданих система, расутих на огромним растојањима један од другог у бесконачном васионском простору. У последње време сткривене су помоћу најмоћнијих телескопа и фотографија читаве групе вангалактичких маглина врло мала привидног пречника. То показује да нас од њих деле огромна растојања. Успеси технике изградње инструмената и усавршавање метода посматрања омогућују нам све дубље изучавање васионе, али нас неће никад довести до њена краја, јер је васиона бесконачна.

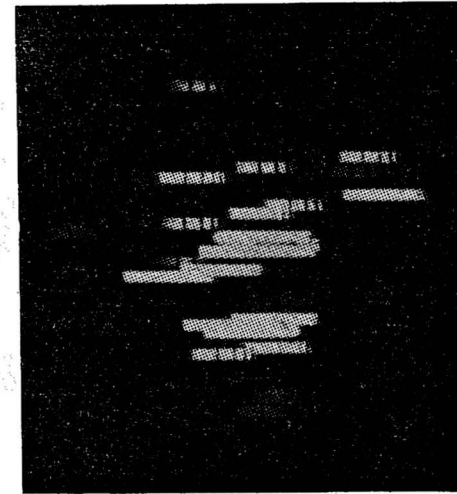
Размотрили смо састав и кретање у звезданом систему, па ћемо сад прећи на проучавање физичких особина самих звезда, условљених сталним кретањем материје, из које се састоји читава васиона.

**§ 51. Боја и спектри звезда.** — Већ код првих посматрања запажа се да се звезде разликују не само по сјају, већ и по боји; тако су на пр.  $\alpha$  Лире и  $\beta$  Ориона — беле звезде,  $\alpha$  Волара — наранџаста,  $\alpha$  Бика — црвена.

Тачна посматрања показују да је боја звезда, која се јасно запажа само код ограниченог броја њихова, особина свих тих небеских тела.

Исто тако, посматрање показује да одређеној боји одговара и одређена врста спектра. Код белих звезда се опа-

жају све спектралне боје, код црвених је ослабљен љубичасти, а појачан црвени део спектра. Та се разноликост спектра нарочито јасно истиче при масовном испитивању звезда помоћу камере са призмом испред објектива — „објектив-призмом“ (сл. 120.).



Сл. 120. — Фотографија звезданих спектра, добивена помоћу објектив-призме

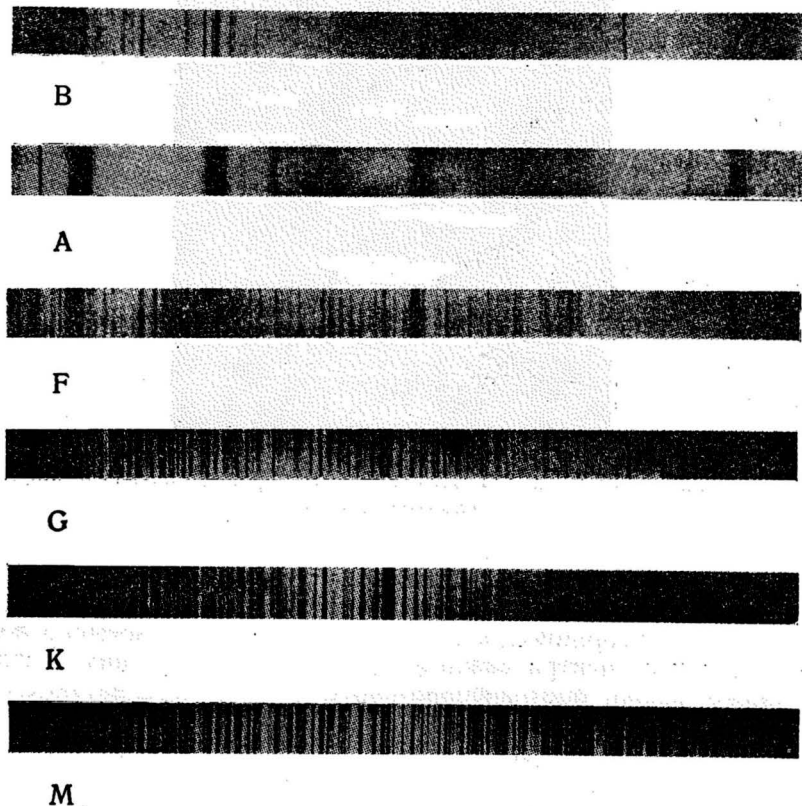
Спектри белих звезда испресеци су мањим бројем тамних апсорпционих линија. Спектри жутих звезда имају већи број апсорпционих линија, али им је истовремено љубичасти део спектра слабија сјаја. Спектри црвених звезда садрже велики број апсорпционих линија, које на појединим местима спектра образују траке; сјај им је љубичаста дела спектра веома слаб.

У спектрима белих звезда запажају се апсорпционе линије водоника и хелијума, док је линија метала мање; у спектрима жутих звезда има нарочито много линија метала и водоника; код црвених су звезда линије метала још изражитије него код жутих, а сем тога има и апсорпционих линија титана и његових једињења. Према распореду апсорпционих линија може се одредити састав звездане атмосфере.

Линије, које се виде у звезданим спектрима и спектру Сунца, не зависе само од њихова хемијског састава, већ и од температуре тих тела.

Овде су побројани само основни типови спектра, ма да међу њима постоје и прелазни. Сви се звездани спектри деле у осам класа, које се по међународном уговору обележавају великим словима латинске азбуке (сл. 121.):

|         |         |        |
|---------|---------|--------|
| Беле    | Жуте    | Црвене |
| O, B, A | F, G, K | M, N   |



Сл. 121. — Класе звезданих спектра.

Особине боје и спектра наводе нас на мисао да звезде не остају увек једнаке; посматрајући их, ми видимо различите стадије у процесу звезданог развоја — онако као што гледањем скупа људи свих узраста, од младића до старца, имамо пред очима стадије човекова развитака.

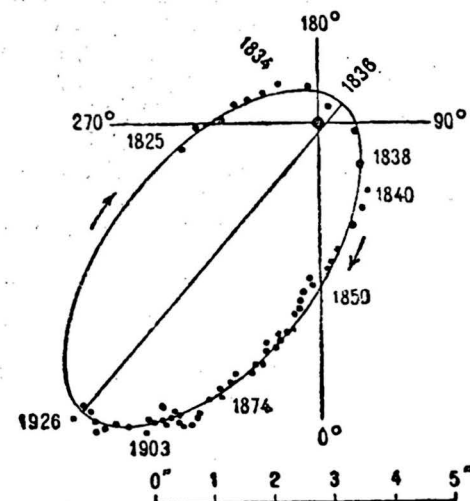
§ 52. **Температура звезда.** — Изучавањем спектра звезда и Сунца може се мерењем положаја најсветлијег дела његова одредити температура површине.

И као што је требало очекивати, беле су звезде највруће, са температурама између  $10\,000^\circ$  и  $25\,000^\circ$ , а црвене — најхладније, са температурама око  $3\,000^\circ$ ; температура жутих звезда креће се око  $6\,000^\circ$ .

Да бисмо попунили сав материјал, који је од значаја за упознавање физичких процеса у звездама, потребно је да изучимо још неке нарочите видове звезда.

То ће нам омогућити да употпунимо општу слику звездане еволуције, која се већ наслеђује на основи података о њиховим спектрима и температурама.

§ 53. **Двојне звезде.** — Визуелно двојним звездама усвојено је да се називају оне звезде, које се налазе толико близу једна другој, да се могу раздвојити само



Сл. 122. — Путања двојне звезде (у Девојке).

помоћу астрономског дурбина. Кад су при посматрању тих звезда започета одређивања узајамних положаја, показало се да понекад једна од њих кружи око друге, и да време обиласка траје годинама, па и столећима. Јасно је отуда да неке двојне звезде, које се налазе близу једна другој на небу, претстављају уствари систем двају сунаца; притом се мање од њих креће око већег према Њутнову закону гравитације (сл. 122.). Такве се двојне звезде називају *физичким паровима*, за разлику од *оптичких*, које немају никакве уза-



јамне везе и налазе се на разним удаљењима од Земље. Двојне се звезде при посматрањима често оштро разликују по боји, али је у већини случајева та појава оптичка варка (контраст боја).

Звезде које образују физичке парове, управљају се у своје кретању према закону гравитације. Отуда се по кретању двојних звезда може одредити облик и положај њихове путање, а ако је позната паралакса, и саме димензије путање. Поред тога, примена Њутнова закона омогућује да се одреди и однос њихових маса и упоређење са Сунчевом масом.

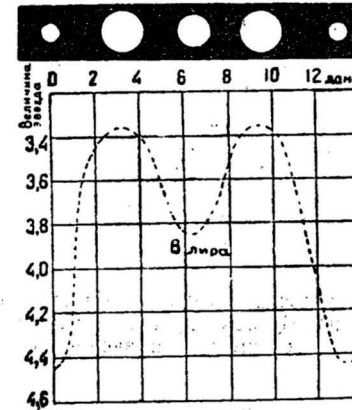
Масе двојних звезда стоје у најразноврснијим односима. Има двојних звезда чије су масе међусобно једнаке. Звезда  $\alpha$  Центуара, која нам је од свих најближа, састоји се од трију звезда: једна је нешто веће масе него Сунце (за 14%), друга опет нешто мања (97% Сунчеве масе), а трећа је, у поређењу са првим двома, веома слаба сјаја. Њена је маса засад неизвесна. Постоје, међутим, и други односи; тако се, на пр., звезда  $\alpha$  Малог пса састоји из двеју, при чему је маса једне за 24% већа од Сунчеве, док је маса друге свега 39% масе Сунца. Време обиласка тих звезда је такође врло различито: има звезда чија револуција траје неколико десетина година, али је и таквих, које довршују један обилазак за стотину година.

Поред визуелних двојних, постоје још и тзв. спектроскопске двојне звезде, тј. звезде које круже једна око друге, али их ни најмоћнији телескопи не могу раздвојити.

Но благодаречи томе, што свака од тих међусобно блиских звезда има сопствени спектар, посматрани спектар је сложен и састоји се из суперпонованих спектра једне и друге звезде. При кружењу једне око друге звезде, једна се од њих приближује а друга удаљује од Земље. Сходно Доплеровом принципу, због тога наступа померање тамних линија у спектрима звезда, али у супротним правцима. Кад се звезде на својим путањама крећу управно на правац посматрања, оне се не приближују и не удаљују од нас, па им се тамне линије у суперпонованим спектрима стапају једна у другу. Период времена за који су спектралне линије тих спектроскопско-двојних звезда раздвојене једнак је, очевидно, трајању њихова обиласка.

**§ 54. Променљиве звезде.** — Звезде код којих је запажено колебање сјаја (промена привидне величине), назване су променљиве звезде. Најраспрострањенији начин посматрања промене сјаја тих звезда је њихово упоређење са оближњим звездама стална сјаја. Таква посматрања дају материјал у виду табличног низа, са назначењем времена посматрања и сјаја променљиве звезде. Графици, израђени на основи тих података, показују да код многих променљивих звезда

постоји правилност у измени сјаја, која се огледа у обнављању промене после извесног временског обиласка (названа период), тј. крива тих промена остаје иста као и у претходном периоду. Изучавање кривих сјаја и периода показало је да се све променљиве звезде могу поделити у неколико група, према трајању периода, или облику криве.



Сл. 123. — Крива промене сјаја променљиве звезде  $\beta$  Лири (површине кружића су сразмерне сјају звезде).

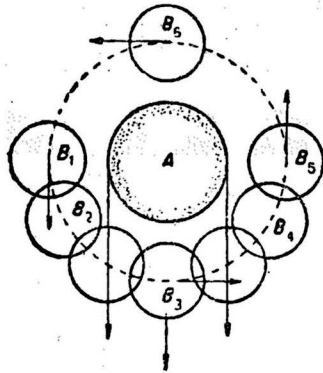
Основне групе назване су према звездама које су најизразитији њихови претставници.

**§ 55. Еклипсне (променљиве) звезде.** — Променљиве типа Алгол назване су по звезди  $\beta$  Персеја (Алгол), код које промена сјаја траје краће време, а затим дуже остаје без промене.

Звезде типа  $\beta$  Лири назване су тако по звезди  $\beta$  Лири, која све време знатно мења свој сјај и показује два минимума сјаја: један јачи, а други слабији (сл. 123.). Међусобно упоређене, криве оба типа имају нечег заједничког: у једном, као и у другом случају, звезда се не гаси дуго, а крива је промене сјаја потпуно иста пре и после минимума. Слично се крива сјаја може добити за трајања Сунчева помрачења, ако се одређује општи сјај Сунца. Претпоставка да се слична појава догађа и у случајевима помрачења променљивих типа Алгол и  $\beta$  Лири је утолико оправданија, што спектроскопска посматрања показују да су обе звезде двојне, и да је трајање обиласка звезда једнако периоду промене сјаја.

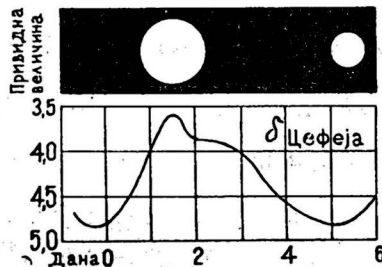
На основи тога се звезде типа Алгола или  $\beta$  Лири називају еклипсне (помрачаване) звезде. Путем посматрања и израде криве сјаја може се наћи однос димензија и узајам-

ни положај главне звезде и сапутника који је помрачава (сл. 124.). Разлика међу кривим објашњава се тиме, да су код звезде типа  $\beta$  Лире сапутник и главна звезда издужени у правцу



Сл. 124. — Шема објашњава промене сјаја звезда Алголова типа. (Положаји  $B_2$  и  $B_4$  одговарају почетку и крају помрачавања,  $B_3$  — средини, а  $B_5$  средини помрачења звезде  $B$  звездом  $A$ ).

радија-вектора, а можда и међусобно спојени. Еклипсних променљивих познато је преко 800, и то претежно Алгол-типа. Промена сјаја таквих звезда није велика (једна до две звездане величине), а периоди су већином кратки (од пола дана до пет дана); мањи број звезда има периоде дуже од пет дана.



Сл. 125. — Крива промене сјаја Цефеида.

### § 56. Цефеиди и дугопериодичне променљиве звезде.

Променљиве типа цефеида назване су по звезди  $\delta$  Цефеја, чија крива сјаја има посебан изглед: нагло повећање сјаја и споро његово опадање (сл. 125.). Периоди тих звезда врло су различити, а промене сјаја достижу и до две звездане величине. Код тих је звезда утврђена нарочита особина, наиме: да им периоди промена зависе од апсолутна сјаја звезде, другим речима, од удаљености на којима се оне налазе.

То је од врло великог значаја за изналажење растојања звезданих система у којима су утврђени цефеиди. Ако се, на пр., у далекој маглини открију цефеиди, одређивањем њихова периода утврђује се и њихов апсолутни сјај. Упоредњем апсолутног сјаја, затим, са посматраном привидном величином, изналази се удаљеност маглине. На такав се начин уствари и одређују даљине маглина и звезданих система.

Дугопериодичне променљиве звезде мењају јако свој сјај, за 4 до 5 привидних величина, а периоди промена сјаја пењу се до две године, док је код већег њихова броја око 300 дана. Ни периоди, нити криве сјаја, нису сасвим постојани.

Најзначајнија звезда те групе је о Кита, названа још у најраније време „чудна-звезда“ (Мира Цети). Промене су њена сјаја толико велике, да је она час видљива слободним оком (друге привидне величине), час, опет, не приметна и омањим дурбињом (10-те привидне величине). Шта више све су звезде те групе црвенкасте.

Објашњење је промена сјаја обеју ових група звезда хипотетичније, него код еклипсних променљивих. Претпоставља се да промене у сјају Цефеида могу бити условљене периодичним ширењем и скупљањем звезда („пулзирање“). Промена сјаја дугопериодичних променљивих може се аналого протумачити.

Посматрање промена сјаја звезда даје стога нову грађу за упознавање њихове природе, а даља још посматрања у тој области могу помоћи у продубљењу и употпуњењу теорије звездане еволуције.

Поред наведених типова променљивих звезда постоје и такве, код којих није утврђена правилност у промени сјаја, или пак претстављају прелазни облик између једне и друге групе. Укупни број откривених променљивих звезда је око 6 500, али се сваке године проналазе све нове и нове. Може се доћи и на мисао, да је променљивост сјаја у вези са еволуцијом звезда, и да за време свога постојања свака звезда мора проћи кроз стадиј променљиве.

§ 57. Нове звезде („Н о в е“). — Понекад на небу изненада *засијају* звезде, које су због тога назване *н о в е*. Појава нова сјајнијих од 2-ге привидне величине у максимуму, доста је ретка, — просечно око три за столеће, и то првенствено у областима блиским Млечном путу. Открића нова у последње време постала су чешћа захваљујући примени фотогра-

фије неба. У тренутку појаве, нове бивају понекад врло сјајне, али им затим сјај опада уз периодично колебање, и најзад постају врло слаба сјаја — спуштају се у средњу руку на 11-ту привидну величину. Пре појаве нове, на месту где је она запажена, каталози или фотографије показивали су понекад постојање слабе звездиче. На основи тога је јасно, да је нова посебни облик промене, при којој сјај звезде нагло расте, — звезда се „разбуктава“, а потом постепено слаби и враћа првобитну сјају.

Најновија испитивања показују, како изгледа, да у еволуцији таквих звезда наступа скок, изазван повећањем супротних процеса: устројство таквих звезда је нестабилно (непостојано). Одајући своје присуство звезда отпушта огромну количину светлосне енергије, после чега се њено устројство у потпуности мења, а температура огромно повећава.

**§ 58. Веза између апсолутне звездане величине и спектра.** — При упоређењу апсолутних звезданих величина са спектралним типом звезда показао се врло занимљив и значајан однос: црвене звезде су или веома сјајне, или напротив, врло слабе; жуте се мање разликују по апсолутном сјају, а беле најмање. Поред тога, према одређивањима, на небу има уопште више црвених звезда него белих, али су многе од њих врло слаба привидна сјаја.

У свету који нас окружује опажамо сталне промене; знамо да се на површини Земље све мења током времена и да материја мења свој облик. Било би стога невероватно претпоставити да промена облика материје не изазива са своје стране и измене у саставу звезда.

Па како разлика у боји одговара разлици температура, може се разумети да ми уствари посматрамо звезде у различитим стадијима њихова битисања, који се разликују прелазом са више на нижу температуру, уз једновремену промену боје

Снижење температуре код гасовитих тела може наступити или при њихову ширењу (рад ширења врши се на рачун топлоте тела), или због отпуштања топлоте у околни простор, ако се гас не скупља. При скупљању се гасовита лопта загрева.

**§ 59. Еволуција звезда.** — Ова су поклапања и послужила за објашњење на изглед чудне чињенице, да су ниске температуре својствене и врло светлим и врло слабим звездама. Ако узмемо да звезде настају путем згушњавања ма-

терије у васионском простору, у тренутку кад се материја почне сажимати у огромну лопту, температура ће најпре бити ниска и гасовита лопта светлети црвенкастом светлошћу, али ће због величине звезде укупни њен сјај бити ипак велики. Гасовита ће лопта продужити затим и даље да се сажима, а њена површина да се загрева, боја ће јој прелазити у жуту, но сјај ће остати непромењен, јер се смањење површине зрачења надокнађује повећањем сјаја сваке површинске јединице. Те узастопне промене доводе звезду до белог усијања и високе температуре.

То стање је за звезду критично. Касније притицање топлоте из унутрашњости звезде много је спорије и није у стању да надокнади губитак топлоте зрачењем у васионски простор (по свој прилици, поред сажимања, у унутрашњости звезде постоје и други извори енергије, али је још неизвесно на којим физичким појавама они почивају).

Усијано бела гасовита лопта, која снажно отпушта топлоту у околни простор, почиње да се хлади и прелази са белог сјаја, преко жутог ка црвеном, да би најзад престала светлети — постала невидљива за далеке посматраче. На крају свог развоја огромна црвена звезда постала је мала црвена звезда, а затим — тамно тело.

У току милијарди година наступа непрекидна промена звезда, као последица узрока условљених самом природом и својствима материје. Те се промене не одвијају непрестано у смислу повећавања сјаја и температуре звезда. Само сажимање већ, које је изазвало повишавање температуре, доводи звезду до таквог стања, у коме наступа обрнути процес — хлађење и гашење звезде. На тај начин, разгревање звездане лопте садржи већ у себи узрок обрнута процеса, који наступа после достигнуте највише температуре за дату звезду.

**§ 60. Циновске звезде и звезде патуљци.** — Како је за довољно велики број звезда већ познат њихов апсолутни сјај, можемо израчунати за колико сјајнија црвена звезда треба да премаша размере слабије црвене звезде. Израчунавања ове врсте показала су да сјајне црвене звезде имају стотинама пута веће пречнике од црвених звезда слабијег сјаја. Због тога су црвене звезде великог апсолутног сјаја добиле назив *циновске звезде*, а црвене звезде слабог апсолутног сјаја — *звезде патуљци*. У поређењу, на пр. са нашим Сунцем,  $\alpha$  Ориона већа је у пречнику 300 пута.



У следећој табlici дат је преглед циновских звезда и звезда патуљака:

| Назив             | Сјај у односу на Сунце | Пречник у односу на Сунце | Спектрални тип |
|-------------------|------------------------|---------------------------|----------------|
| $\beta$ Центаура  | 3 100                  | 11                        | B              |
| $\alpha$ Лире     | 50                     | 2,4                       | A              |
| $\alpha$ Кочијаша | 150                    | 12                        | G              |
| Сунце             | 1                      | 1                         | G              |
| $\alpha$ Волара   | 100                    | 30                        | K              |
| $\alpha$ Бика     | 90                     | 60                        | K              |
| $\alpha$ Ориона   | 1 200                  | 290                       | M              |
| $\alpha$ Скорпије | 3 400                  | 480                       | M              |
| Кригер 60         | 0,003                  | 1/3                       | M              |
| Барнардова звезда | 0,0004                 | 1/6                       | M              |

Ова таблица показује да наше Сунце по својим димензијама и сјају не припада циновским звездама, већ нагиње звезданим патуљцима. У сваком случају, оно је већ прешло свој најјачи сјај и постепеним сажимањем и гашењем дошло до спектрална типа G (жуте звезде), уз сразмерно мали пречник. Како општа теорија еволуције звезда вреди и за Сунце, може се рећи да ће оно у будућности постати црвени патуљак.

Теорија циновских звезда и звезда патуљака била је потврђена, кад је успело да се измере привидни пречници неких звезда, а познавањем њихова растојања, одреде затим и прави пречници. Таква су мерења примењена на мали број звезда, јер се она могу извести једино помоћу највећих телескопа, уз које је потребно имати и веома сложене апарате-интерферометре.

Мерења, извршена највећим светским телескопом (опсерваторија на Маунт-Вилсону, Калифорнија) и помоћу интерферометра, показала су да су сјајне црвене звезде доиста огромних димензија. Ево таблице која даје резултате мерења привидна пречника  $d$  неких звезда, паралаксе  $p$  и праве пречнике  $D$ , одређене на основи паралаксе, при чему је пречник Сунца узет за јединицу.

|                           | $d$   | $p$    | $D$ |
|---------------------------|-------|--------|-----|
| $\alpha$ Ориона . . .     | 0,047 | 0,017  | 300 |
| $\alpha$ Скорпије . . .   | 0,040 | 0,0095 | 450 |
| $\alpha$ Бика . . . . .   | 0,020 | 0,057  | 38  |
| $\alpha$ Волара . . . . . | 0,020 | 0,080  | 27  |

Из таблице се види да се пречници, одређени на основи посматрања, доста добро слажу са теоријским.

За двојне звезде, чија су отстојања позната, могу се одредити и њихове масе. Показало се да су масе звезда уопште, са неким изузецима, у границама између  $1/10$  и 10 Сунчевих маса. Ако упоредимо ове бројке са подацима о пречницима звезда, водећи рачуна да се запремине звезда односе као кубови њихових пречника, долазимо до закључка да запремине звезда леже у границама приближно између  $0,001$  и  $10^8$  (ако Сунчеву запремину усвојимо за јединицу). То показује да је густина звезда веома различита: црвени цинови имају занемарљиво мале густине (мање од густине ваздуха), а црвени патуљци, напротив, веће густине од Сунчеве.

Познато је и неколико чудноватих звезда — белих патуљака, које се због нарочитих узрока, можда, издвајају из обична еволуционог тока. Њихова је температура висока (око  $8.000^\circ$ ), а густина изванредно велика: на пр., код Сириусовог прагиоца густина материје износи  $34000 \text{ гр/см}^3$  (његова се материја састоји од јонизованих атома).

Прелаз звезда од једног типа ка другом врло је дуг и траје билионима година.

**§ 61. Развој познавања склопа васионе.** — Раније је већ речено да постоје читаве групе вангалактичких маглина — галаксија, које се запажају само на снимцима добивеним помоћу огромних савремених инструмената.

Ово указује на то, да се васиона простире у бесконачност, и да су основни облици развоја њених делова — спирални звездани системи.

Потсетимо се који је пут прошло човечанство до овог сазнања: у почетку — Земља се замишља као равна плоча са засвођеним небом над собом, које је требало да се креће вољом тајанствена и чудесна божанства; у следећем стадију сазнања — напушта се ова теорија и Сунце претставља као средиште планетског система; затим — долази схватање о звезданим скуповима, међу којима је Сунце само обична, слаба звезда; и најзад — савремено схватање система галаксија, од којих је једна и наш Млечни пут. Тако се наше схватање проширивало, а истовремено и продубљивало. Наука је у садање време не само установила да се свуда у васиони звезде и читави галактички системи састоје из исте материје од које је састављена и наша Земља, већ, што је још важније, — та материја показује свуда исте особине. Свуда се запажа исти закон одржања материје, али проучавање небеских тела показује да су облици материје разноврснији од оних што их при земаљским условима изучавамо у нашим лабораторијама.

Пут, што га је човечанство превалило, потврђује нам могућност још ширег и дубљег изучавања и схватања свих облика битисања материје и, према томе, оповргава не само агностицизам (тврђење о ограничениости човекове могућности сазнања), него и из тога насталу веру у божанство. Васиона је и временски и просторно бесконачна, али су исто тако бесконачне и човекове могућности за њено упознавање.

## ПОСМАТРАЊА

1. При посматрању се често пута сјај звезда процењује тзв. Пикеринговом методом. Ова се метода састоји у упоређењу сјаја посматране звезде с једном сјајнијом и другом слабијом звездом. Звезде, са којима се врши упоређење, зову се „звезде поређења“. При оцењивању се у мислима подели на десете делове разлика сјаја звезда поређења и процењује колико таквих десетих делова долази између посматране звезде и звезде поређења. На пр., посматрање би се овако записало:  $a3x7b$ . То значи да је звезда привидне величине  $x$  за 0,3 слабија од звезде  $a$ , а за 0,7 сјајнија од звезде  $b$ . (Не треба заборавити да је овде реч о десетим деловима разлике привидних величина звезда  $a$  и  $b$ ). Према горњем посматрању одредиће се сјај посматране звезде  $x$  из:

$$x = a + 0,3(b - a), \text{ или } x = b - 0,7(b - a).$$

Ако је, на пр., према каталогу звезда  $a = 4,7$  и  $b = 5,3$  привидне величине, а прибележено посматрање:  $a4x6b$ , то је  $x = 4,7 + 0,4 \cdot (5,3 - 4,7) = 4,7 + 0,4 \cdot 0,6 = 4,7 + 0,24 = 4,9$  привидне величине (заокружено на десети део). После мало вежбе лако је сродити се са овим начином посматрања.

Одредите на тај начин сјај две — три звезде ма кога сазвезђа, узимајући податке о сјају суседних звезда поређења из звезданог каталога. Уверите се да је већ прва процена доста приближна тачним мерењима.

2. Изаберите какав било већи отсек Млечног пута и оцртајте његове контуре на листу. Настављајући разгледање одређених делова посматрана отсека означите слабим шатирањем (оловком) најмање светле делове, сјајнија места затим појачавајте итд., док не добијете потпуни цртеж распореда сјаја посматрана отсека.

3. Применом најмоћнијег инструмента којим располажете, упознајте се (служећи се картом) са маглином у Андромеди, Ориону и звезданим јатима у Херкулу и Кочијашу. Израдите слику онога што сте успели да видите.

4. Употребом ознака:  $b$  (бела),  $ж$  (жута),  $n$  (неранцаста),  $ц$  (црвена) и прелазне, на пр.,  $жн$  (жуто-неранцаста), или  $нж$  (неранцасто-жута), оцените боје звезде  $\alpha$  Лире,  $\alpha$  Орла,  $\alpha$  Волара,  $\alpha$  Кочијаша,  $\alpha$  Ориона,  $\beta$  Ориона,  $\alpha$  Лабуда и  $\alpha$  Бика.

5. Обавите Пикеринговом методом посматрања звезде  $\delta$  Цефеја и  $\beta$  Лире током неколико узастопних вечери. Притом брижљиво записујте време посматрања. Начините график промене сјаја тих звезда.

## Сјај звезда поређења

| за $\delta$ Цефеја |                 | за $\beta$ Лире    |                 |
|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| $\gamma$ Цефеја    | 4,46 прив. вел. | $\gamma$ Лире      | 3,30 прив. вел. |
| $\epsilon$ "       | 4,23 " "        | $\eta$ "           | 4,46 " "        |
| $\xi$ "            | 4,40 " "        | $\theta$ "         | 4,46 " "        |
| 7 Гуштера          | 3,85 " "        | $\kappa$ "         | 4,34 " "        |
| $\iota$ Цефеја     | 3,68 " "        | $\omicron$ Херкула | 3,83 " "        |
| $\zeta$ "          | 3,62 " "        | $\varsigma$ "      | 3,82 " "        |

6. Највећим расположивим инструментом посматрајте двојне звезде  $\zeta$  Великог медведа ( $11' 48''$ ),  $\xi$  Лире ( $3' 27''$ ),  $\theta$  Ориона ( $2' 15''$ ),  $\beta$  Лабуда ( $34''$ ),  $\gamma$  Андромеде ( $10''$ ). Одредите коју од њих инструмент „раздваја“ (у заградама је дато углавно растојање за сваку од помених звезда).

7. Управите фотографски апарат према неком сазвезђу са сјајним звездама, снимате 1 минут, на добивеном негативу оцените према величини слике сјај звезда, и упоредите са посматрањима слободним оком.

## ЗАДАЦИ

1. Привидна величина нашег Сунца је —26. Одредите какву би привидну звездану величину оно имало ако би се налазило на даљини најближе нам звезде,  $\alpha$  Центаури.

2. За колико се пута смањи у минимуму сјај променљиве звезде, ако је у максимуму била 9,5 привидне величине, а у минимуму 12,5?

3. У 1933 г. наступио је један од Алголових минимума 3. децембра у 17,1 часова. Полазећи од трајања Алголова периода (2,8673 дана), одредите најближи минимум у текућој години и месецу.

4. Максимум звезде  $\beta$  Лабуда, чији је период 412,9 дана био је 1. јуна 1929. г. Кад треба да буде максимум у 1945. г.?

5. Да ли се мења, и како, облик криве сјаја Алгола, ако му пратилац (истих димензија као и Алгол) није сасвим таман, већ светли само неколико пута слабије од главне звезде?

6. „Летећа звезда“ у Змијоноши (Офијуху), најбржа од свих познатих, има годишње сопствено кретање  $10''.3$ . За које ће се време њено померање по небеском своду моћи уочити слободним оком (око може да уочи углавно растојање од  $1'$ )?

7. Привидни сјај звезде  $\alpha$  Центаури износи 0,33 привидне величине, а њен апсолутни сјај је 4,7. Колико је отстојање звезде у парсецима?

8. Отстојање Андромедине маглине износи 850.000 светлосних гс. Знајући да привидни пречник маглине износи око  $2^\circ$  (по дужини), израчунајте њен прави пречник и упоредите га са пречником наше Галаксије.

9. Звездано јато у Херкулу удаљено је од нас 10,3 хиљаде парсека, његов привидни пречник је  $12'$ , а привидна величина 5,9. Израчунајте прави пречник јата и његову апсолутну величину.

10. Колико је пута (по запремини)  $\alpha$  Скорпије већа од нашег Сунца (в. § 60.)?

11. Да бисте очевидно претставили величине звезда, начините прво цртеж планетског система, па затим узимајући Сунце за средиште, унесите на њему израчунате величине четири звезде из таблице § 60, задржавајући притом стално исту размеру.

## ЕВОЛУЦИЈА ВАСИОНЕ И ПОСТАНАК СУНЧЕВА СИСТЕМА

§ 62. Легенде о „стварању света“. — Већ у давној прошлости људи су наслућивали да васиона није увек била онаква какву је сад видимо, па су настојали да створе претставу о њеном постанку. Међутим, непознавање законитости природних појава — с једне стране, и настојање класе просвећеног свештенства (жреца) да се узроци не траже у природном, већ напротив у чудесном и тајанственом — с друге стране, довели су до идеје да је свет створио Бог. Увођење божанства, као неопходног творца свега што постоји, није било случајно. Господство владајућих класа над радним масама оснивало се делом и на идеји божанства које је, тобоже, сву власт предало жрецима и војсковођама.

Древне легенде о „створењу света“ поражавају својом наивношћу. Халдејци су, на пр., сматрали да је бог Мардук преполовио тело богиње Тијамат, која је оличавала хаос, и од једне половине изградио небо, а од друге — Земљу. Слична фантастична предања о створењу света постојала су и код других старих народа.

Халдејско предање о створењу света сусреће се уз неке измене и у Библији старих Јевреја. Као Халдејци, и они су замишљали да је свет створен из првобитног хаоса чудесном вољом божанства, које су називали Елоим. По јеврејском предању Елоим<sup>1)</sup> је у току шест дана створио небо и Земљу, оделио на Земљи суво од воде, и створио на Земљи биље, животиње и човека. Основна претпоставка о створењу, а исто тако и супротности у самом предању остали су као и у Халдејаца. То је предање иначе само измењени вид халдејског учења о створењу света и, као и тамо, окарактерисано непознавањем састава васионе.

Као што је већ речено, то је предање записано у Библији, коју су жреци-свештеници прогласили за „свету књигу“, и која је написана према речима самог бога. Хришћанство,

<sup>1)</sup> Реч Елоим значи „богови“ и употребљена је у I глави Библије; у осталим се главама бог назива „Јехова“. Таква супротност већ у називу „творца“ указује на разне стadiје развоја религије: многобоштво (Елзим) и једнобоштво (Јехова). У библијским причама разни су начини стварања. У I глави Библије Елоим сазда свет и човека речју „нека буде“, а у II глави Јехова је створио човека из блата, удахнуо му живот, и тако успео да се седмог дана одмори. Разилажење међу овим причама објашњава се на тај начин, да су оне настајале код народа који су боравили на разним местима и различито живели.

које је поникло међу јеврејским народима, признало је Библију, а заједно с тим и њено учење за свето, па се отуда нешто измењено халдејско предање сачувало и до нашег доба у књигама, што се као свете чувају у црквама и чији садржај, насупрот свим научним истинама, хришћанска црква и даље штити.

У садање време, кад је наука тачно проучила кретања небеских тела и нашла им узрок, кад нам је познат састав најситнијих честица материје — атома, не можемо се задовољити таквим тумачењем постанка света. Поред тога, библијско предање у потпуности противречи нашем познавању природе.

Нама је, на пример, познато, да промене које се догађају са мртвом и живом материјом трају стотинама и хиљадама година, а према тим предањима читав свет је изграђен за шест дана. Да се библијски рачуни „стварања“ не могу примити јасно је и из тога, што су дан и ноћ последице Земљина обртања око осе. Каквих је „дана“ могло бити онда, кад Земље као небеског тела још није било?

Тврђење Библије: „Бог одвоји светлост од таме“ неосновано је, јер светлост добивамо од Сунца, а деоба на дане и ноћи могла је наступити тек после образовања Сунца и планета, док по Библији та подела претходи „створењу“ Сунца и планета.

Наука је, у лицу мислилаца разних епоха, ишла и иде другим правцима; она не признаје ничег чудесног, натприродног; она тражи природне узроке свих појава, признаје само материју у кретању и настоји да пронађе законе по којима наступају промене материје. Наука, истина, не може данас да одговори на сва постављена питања, али развој научне мисли кроз многа столећа јасно показује, да наука сваке године постепено све више понире у узроке и суштину појава. Наместо теорије о стварању „васељене“ наука изграђује теорију развитка небеских тела из материје у вечном кретању и одбацује „творца“ као непотребну претпоставку.

Заступници таквог схватања о постанку васионе постојали су већ у давној прошлости, но немајући теоријске и техничке апаратуре, којом савремена наука влада, њихове теорије, иако у основи исправне, нису давале задовољавајућа објашњења свих могућих појединости развитка васионе и њихових последица.

Већ у V в. пре наше ере тврдио је грчки учењак *Демокрит* да се материја састоји из појединих честица — атома.



Распоред и разноврсна једињења атома састављају сва тела наше васионе, а све што се у њој догађа подлежи непроменљивим законима природе. Демокрит није сматрао Сунце само за светли котур, — он је тврдио да је оно огромних димензија и да се Млечни пут састоји из звезда сличних Сунцу. Демокрит је сјајно схватао да васиону није могао нико створити: она постоји вечно, и услед дејства природних закона подлежи спорим, али непрекидним променама.

Изучавање природе у Демокритово доба није се још налазило на оној висини на којој је данас: природа је мање испитивана, а више се расправљало о томе шта може, а шта не може постојати. Демокрит, шта више, није ни знао за данас познате природне законе, већ је посматрањем обичних појава дошао до закључка да је материја вечна и да се њене промене обављају независно од некаквих тајанствених богова.

Стари Римљани су се мало интересовали за науку и без критике прихватили старо грчко предање о свету, слично халдејским и јеврејским легендама. Но Демокритове мисли нису пропале; римски песник Лукреције Кар описује у својим песмама постанак света слично Демокритовом учењу.

Ево превода стихова песме Лукреција Кара „О природи ствари“:

„Али, како ти раније рекох,  
„Нешто се не рађа из ничег,  
„Нити нешто може у ништа прећи.  
„Муњама пакла и зрацима Сунца,  
„Не треба ширити ужасе и духа мрак,  
„Већ их изучити и објаснити законима природе.

— — — — —  
— — — — —

„Основно правило природе је то:  
„Из ничег, богова вољом — ништа се не створи.“

**§ 63. Супротстављање хришћанске цркве постављању космогоничких хипотеза.** — Хришћанска епоха није прихватила ове идеје, него је, напротив, у целини унела у званично религиозно учење наивне старе халдејске и јеврејске легенде.

У мрачној средњовековној епохи, хришћанска се црква жестоко расправљала са учењацима који нису хтели да на свет гледају очима цркве. Ђордано Бруно и Галилеј подвргнути су били строгим осудама цркве.

Следећи период „препород наука и уметности“, у коме су напредни људи напустили религиозна тумачења света и

поново започели са проучавањем природе независно од светих књига, дао је човечанству полета за развој знања о склопу васионе и њених закона.

У XVIII веку, кад се буржоазија борила са црквом и феудализмом за водећу улогу, група научника, који су се према својој колективном делу — „енциклопедији“ — назвали енциклопедистима, поставила је научно први пут читав низ питања у вези са постанком света и живота на Земљи. Бифон, који је припадао тој групи, покушао је већ у својој „Природној историји“ да објасни постанак Сунчева система. Епоха Француске револуције, чије су претече били енциклопедисти, изазвала је такав преокрет у схватањима света, да су у XVIII веку филозоф Кант (1755 г.) и математичар Лаплас (1796 г.) поставили теорију постанка Сунчева система из маглине. Лаплас је објавио књигу „Приказ система света“. На крају те књиге Лаплас је дао прву научну космогоничку хипотезу, тј. научну претпоставку о постанку и развоју нашег планетарног система сходно Њутнову закону узајамног привлачења материјалних честица.

П. А. Кропоткин прича у једној од својих књига: „Наполеон I замерио је Лапласу што у својој књизи „Приказ система света“ нигде није поменуо име бога. На то је Лаплас одговорио: „Та ми претпоставка није била неопходна“. Лапласов одговор показује да прави научни став према изучавању света нема ничег заједничког са религијом и пориче и најмању помисао на чудом створени свет, али је карактеристичан за буржоаског мислиоца, који се не одлучује на право одрицање бога.

Тако је током многих векова трајала борба двеју група: припадника цркве, који су подржавали наивну хипотезу о постанку света, и природњака-материјалиста, који су неуморно тражили узрок природних појава и мало по мало све дубље упознавали законе природе. Као теоретско оружје пролетаријата у његовој борби против буржоазије и њеног оруђа у угњетавању радних маса — религије, ствара се пролетерска филозофија — дијалектички материјализам. Борба за схватање света траје још увек.

Савремене присталице цркве увиђају да у библијској легенди има доста нелогичности, али сматрају да њено предање о створењу ипак не противуречи научној истини у толикој мери, да се не би могло задржати. По њихову мишљењу не треба само сувише буквално схватити библијско тумачење.

У новије време црква покушава да подрије ауторитет научног погледа на свет указивањем на то, да су научне теорије еволуције само „хипотезе“, „претпоставке“, и да наука не располаже правим познавањем развоја свемира. Но и ово тврђење садржи у својој основи нетачну поставку о немогућности да се свет упозна и о постојању његова мистичног творца.

Научна хипотеза је неопходни облик за неограничени развој сазнања.

„Хипотеза је, ма како се мислило, само облик развоја познавања ствари.... Даљи подаци искуства служе пречишћавању тих хипотеза, неке од њих отстрањују, друге исправљају, док, најзад, не буде утврђен прави закон.“<sup>1)</sup> Тако говори Енгелс о значењу хипотеза у науци. Исто значење имају и космогоничке хипотезе које нам откривају све тачније и јасније процес постанка васионе.

О томе каже В. И. Лењин: „Човеково сазнање није права, већ крива линија, која се бесконачно приближава низу кругова — спирали. Било који одломак, отсечак или део те криве линије може се претворити (једнострано преобрати) у самосталну, целу праву линију, која (ако се од дрвета не види шума) води у блато, у поповштину (где је заштићује класни интерес владајућих класа.“)<sup>2)</sup>

Према томе, насупротив материјалистичком погледу на свет, који говори о могућности сазнања света, присталице цркве у својим иступањима против космогоничких хипотеза спроводе, у скривеном облику, своје сопствено схватање о ограничениости сазнања.

Но, ток развоја космогоничких хипотеза, почев од Лапласове, показује, како је свака нова хипотеза савршенија и дубља.

Развој небеских тела тече врло споро и ми га не можемо непосредно посматрати, али зато, прибирањем посматрања маглина и њиховим сврставањем у групе, можемо проучавањем њихових облика сазнати, како је могао ићи њихов развој и, помоћу извесних природних закона, објаснити повезаност и неизбежност тих стадија и прелаза.

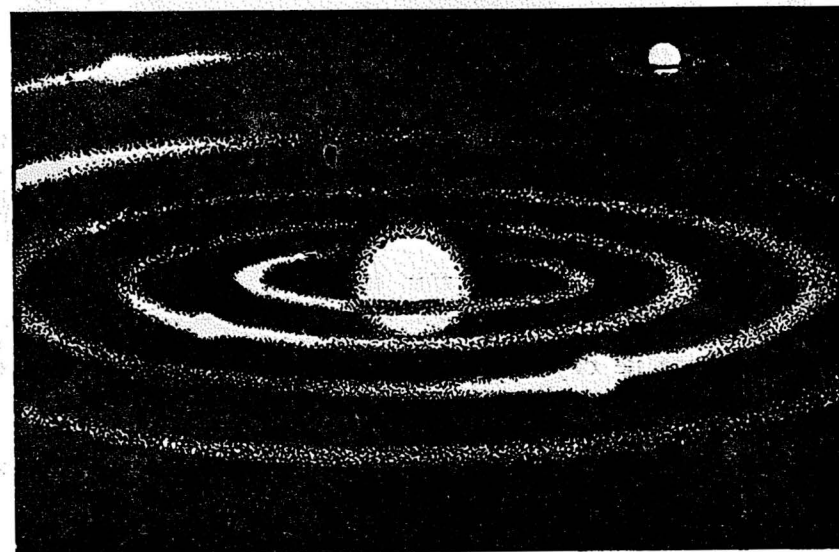
**§ 64. Лапласова хипотеза.** — У својој хипотези Лаплас опрезно приступа решењу питања, примењујући само нео-

<sup>1)</sup> „Дијалектика природе“, издање Партије, 1933, стр. 6.

<sup>2)</sup> Списи, 3-ће издање, т. XIII, 1935, стр. 304.

спорне законе механике и не упуштајући се у објашњење онога, што је по тадањем стању науке још било недовољно познато.

Лаплас претпоставља да је планетски систем постао из огромне обртне маглине, која се састојала из усипаних гасова. Та је маглина имала лоптаст облик, али је због њена обртања, центрифугална сила изазивала њену спљоштеност и напоредо с тим непрестано одвајање делића маглине у равни екватора. Тако је настао широки а танки појас, који је окружавао лоптасто згушњење у своје средишту. Једновремено је наступило распадање (део) појаса на низ концентричних прстенова, који су настављали да се обрћу око згуснуте масе у средишту (сл. 126).



Сл. 126. — Постанак Сунчева система према Лапласовој хипотези.

Притом се брзина обртања средишног дела све више повећавала (као последица закона одржања количине кретања), па се зато средишни део маглине, који се згушњавао у Сунце, обрћао брже, него издвојени прстенови. Густина материје прстенова, као што је показао Лаплас, није могла бити равномерна, па се отуда материја постепено скупљала у веће гомиле и све више згушњавала.

Та су нагомилавања и дала планете.

Са сваком од тих згуснутих лопти могло се исто оно догодити што и са првобитном маглином, јер су спољни молекули имали већу линеарну брзину и својим кретањем могли изазвати обртање настале лопте. Тако су настали пратиоци, а само се у једном случају, око Сатурна, један део прстенова очувао.

Поред чисто механичких процеса наступали су и физички: планете, које су у време постанка биле усијане, почеле су после окончања згушњавања зрачити топлоту у васионски простор. Планете веће масе имале су и већу количину топлоте у себи, па је отуда њихово хлађење текло спорије; најспорије је текло хлађење средишне огромне лопте — Сунца. Мање су се планете знатно брже охладиле и на површини се најзад покриле тврдом кором. А сав тај процес траје не шест дана, већ милијардама година.

Лапласова хипотеза не само да развија стару Демокритову хипотезу о изградњи света благодарећи дејству природних сила, већ и објашњава како је све то могло настати, и доводи до закључака, који су највећим делом у складу са посматраним чињеницама планетског система. Стварно, све се планете крећу око Сунца директно, — на ону страну куда и само Сунце, а путање им леже недалеко од једне заједничке равни.

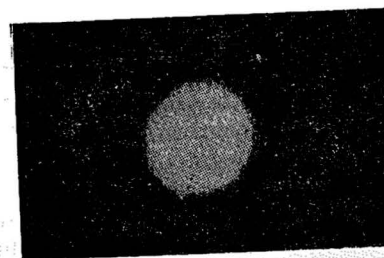
Извесне чињенице, међутим, не одговарају Лапласовој хипотези (на пример, ретроградно кретање некојих пратилаца планета). Отуда се у садање време налази да Лапласова хипотеза не обухвата сва факта.

У Лапласовој хипотези видимо већ примену закона механике, међу којима закон опште гравитације и извесних у то време познатих закона физике, већином из области топлоте.

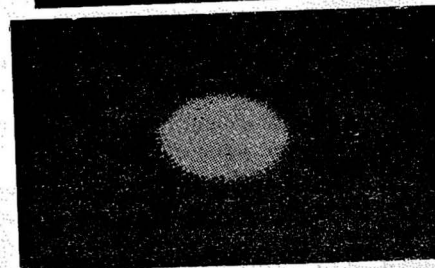
Недостаци Лапласове хипотезе изазвали су покушаје да се она исправи путем тачнијих одредби и увођењем дупунских разматрања. Но сви су ти покушаји остали безуспешни, јер теоретски основи нису обухватили све појаве, које су се могле догодити при развоју Сунчевог система.

**§ 65. Прикупљање посматрачких података.** — Кад су крајем XIX и почетком XX в. испитане појаве плиме и осеке, покушај да се теорија узајамног климатског дејства примени и на питање образовања небесних тела, покренуло је то питање одједном значајно напред.

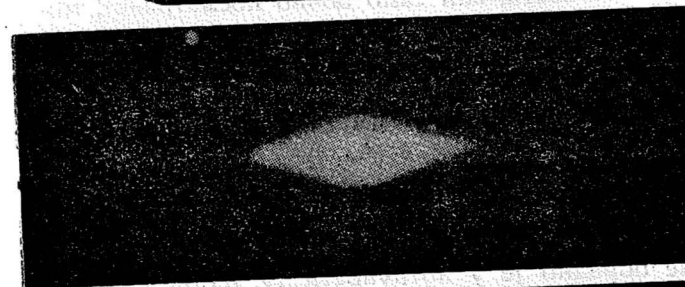
При изучавању Сунчевог система упознали смо се са хипотезом Џ. Дарвина о постанку система Земља—Месец. Иако делимична, та је хипотеза ипак веома значајна, јер прет-



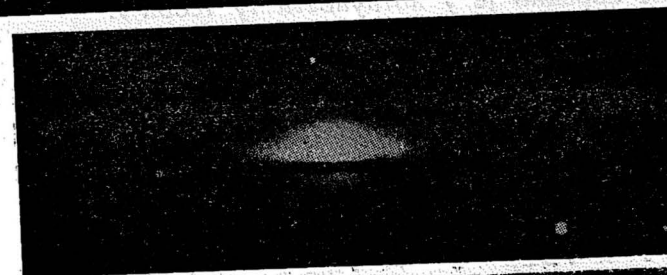
N. G. C.  
3379



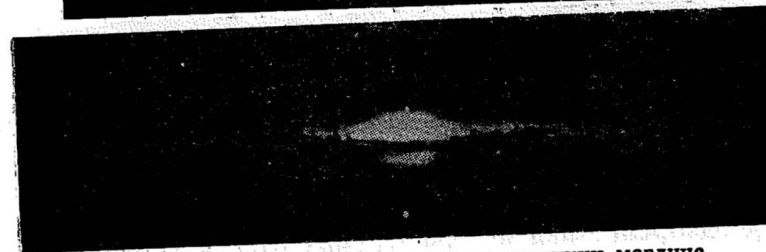
N. G. C.  
4621



N. G. C.  
3115



N. G. C.  
4594



N. G. C.  
4565

Сл. 127. — Различити облици вангалактичких маглина.



ставља нову етапу у развоју хипотеза о постанку Сунчева система, — етапу, која је окарактерисана узимањем у обзир узајамног плиматског дејства. После Џ. Дарвинове хипотезе, читав низ научника (Маултон, Си и др.) не пропушта ту чињеницу у својим теоријским разматрањима.

Све чињенице, а нарочито узајамно плиматско дејство, најпотпуније су узете у обзир у хипотези Џ. Џинса (J. Jeans), која почива на савременим подацима о вангалактичким маглинама.

Посматрања маглина су поставила питање, не само о развоју планетског система, већ и читавих звезданих система — галаксија. Отуда су напори астронома били управљени ка постављању најопштије хипотезе.

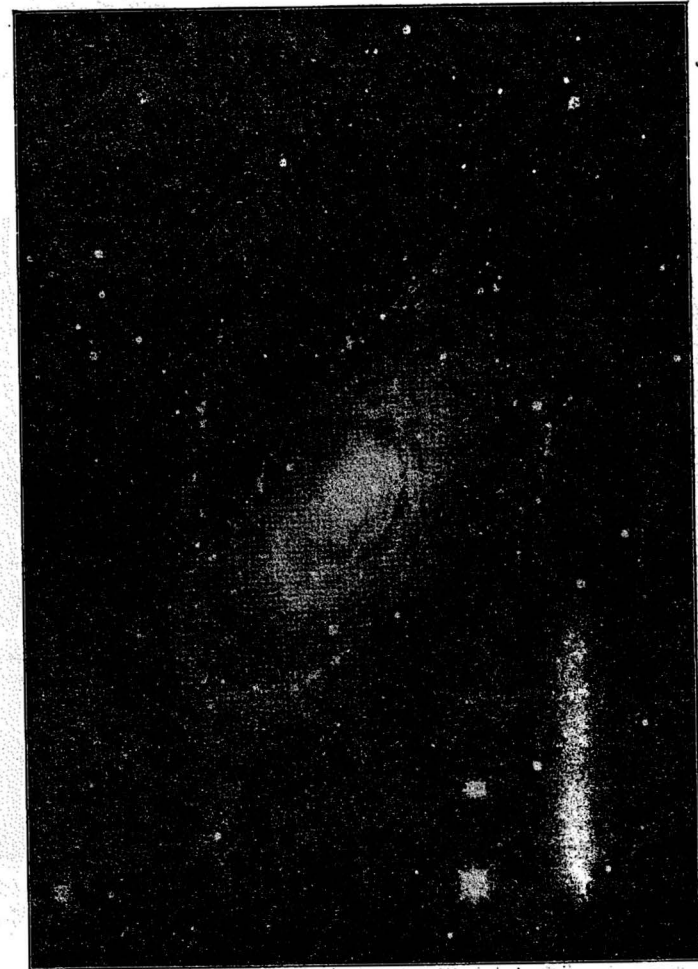
Испитивања вангалактичких маглина показују да су те маглине лоптасте, елипсасте и спиралне. Запажа се при том, да се на фотографијама маглина, које имају вретенасти изглед (уствари сочивасти, али само бочно посматране), може пре свега видети тамна пруга, која као да симетрично пресеца маглину (сл. 127.).

Поред тога, откривена је и друга ствар: покрај једне спиралне маглине може се често запазити и друга.

На основи тога поникла је мисао, да до постанка звезданих или планетарних система може доћи посредством узајамна дејства двеју гасовитих маса, које изазива плиме и одвајања делова материје маглине. Савремени енглески научник Џ. Џинс обрадио је у потпуности ту теорију.

**§ 66. Развој великих маглина.** — Ако се у простору налази обртна лоптаста гасовита маглина, услед близине других небеских тела она подлежи њихову привлачном утицају. Као последица сажимања, брзина обртања маглине расте и она постаје све пљоснатија. Но, истовремено, обртање маглине проузрокује на њеном рубу одвајање материје неравномерно дуж њена обима, јер небеско тело које се приближава, плиматским дејством утиче на одвајање материје на двама супротним местима спљоштена елипсоида. Отуда, место прстена, настају два испупчења из којих се издваја материја. Кад се маглина не би обртала, материја би се на два њена супротна краја издигла у виду два плиматска брега, чији би се врхови све више и више удаљавали од њеног средишта. Услед обртања маглине издвајање се материје наставља слично одмотавању конца с клупчета. Делови материје која су се раније одвојили стићи ће даље од оних који су се одво-

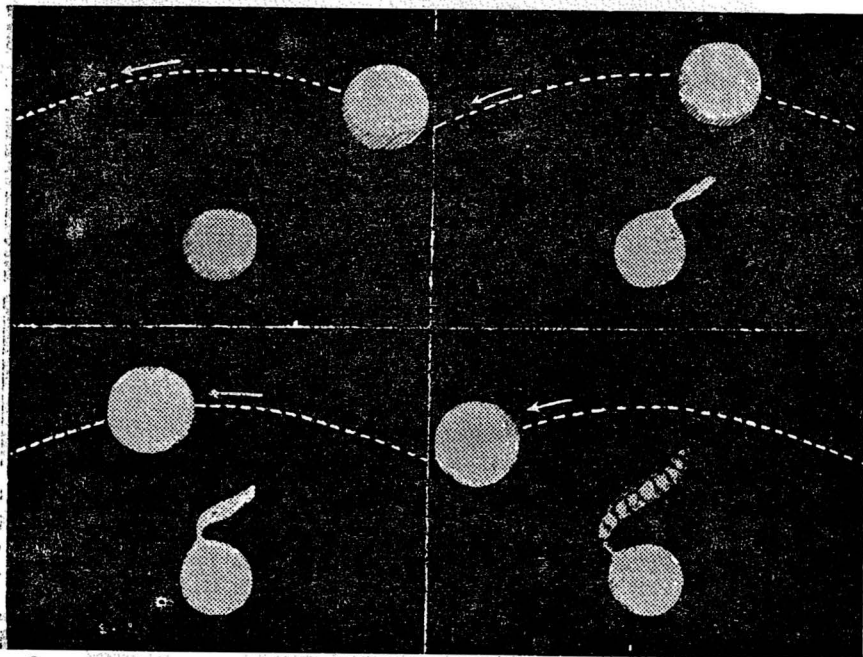
јили касније. На тај начин се и добијају две гране спирале са згушњавањем у средини (сл. 128.).



Сл. 128. — Снимак спиралне маглине у Вел. медведу.

Услед месних згушњавања материје, у тим гранама спирале настају лоптасте кондензације, које се са своје стране разлажу на звезде. Звезде пролазе кроз ступње развоја који су приказани раније (в. § 59.).

Ову теорију потврђују и фотографије вангалактичких маглина, које можете видети на сл. 127. Оне показују да у разним деловима васионе и сада видимо различите стадије једног истог процеса. Тако, на сл. 127., видите и лоптасте, и елипсоидне, и вретенасте маглине. Пажљиво посматрајте све те слике. Оне су поређане по ступњевима развитка, почев од лоптастих па све до вретенастих, те ћете тако у мислима прећи милијарде милијарди година, колико је потребно да се из првобитне лоптасте, необично разређене маглине, развије звездана спирала.



Сл. 129. — Постанак планета по Џинсовој хипотези.

**§ 67. Постанак Сунчевог система по Џинсу.** — Џинс је дошао до закључка да је наш планетски систем могао постати на тај начин, што је покрај Сунца прошла звезда, чија је маса била већа од Сунчеве. Притом се на површини Сунца подигао огроман плиматски талас, који се затим претворио у млаз управљен према звезди и најзад откинуо од Сунца. Он је у средини био проширен (сл. 129.), а на крајевима сужен, јер су се крајеви образовали у време

кад је плиматско дејство звезде било најслабије, тј. у почетку и на крају њена пролаза.

Отцепљени млаз се касније распао на делове. Из његове средине постале су највеће планете, док су мање планете настале из тањих крајева.

Свака космогоничка хипотеза претставља нов корак ка упознавању могућих узрока постанка небеских тела. У вези са општим напретком науке, свака хипотеза настоји да објасни раније противуречности, а проверава се на новим чињењима и теоријама. То нам проверавање омогућује да пођемо напред ка јаснијем сазнању узрока — ка савршенијој хипотези.

Џинсова је хипотеза у последње време подвргнута проверавању, јер се посумњало у нека од њених тврђења, али се зато већ називу основне црте нове космогоничке хипотезе, која ће потпуније објаснити постанак Сунчевог система и отстранити недостатке Џинсове хипотезе.

**§ 68. Старост небеских тела.** — И Дарвинова, и Џинсова хипотеза објашњавају већ доста добро могуће узроке постанка Галаксије, Сунчева система и двојних звезда, али не објашњавају све физичке услове развитка небеских тела, јер је такво објашњење засад још немогуће. Временски размаци, у којима се ови процеси одвијају, огромни су, али се ипак могу приближно проценити. Подаци који се узимају за основу оваквих процена у случају Земље више су физичко-хемијски него астрономски. У овом случају можемо поћи од распадања урана на олово (RaG) и хелијум, при чему се за сто милиона година 13% првобитне количине урана претвори у олово.

Испитивања олова, које се налази у горњим слојевима Земљине коре заједно са ураном, показује да је њена старост између 1 и 2 милијарде година. Но Земља је млађа од читавог Сунчевог система. Различита разматрања процеса који се одигравају у звезданој материји, а тако исто и резултати испитивања путања двојних звезда, показују да су звезде вероватно старе 5—10 билиона година.

**§ 69. Закључак.** — У почетку ове главе изложили смо кратку историју два у суштини различита учења о склопу и развитку света: религиозног, које упорно чува наивне претставе старих народа да су свет чудом створили богови, — и научног, које је одбацило све што је фантастично, све што није засновано на опиту и посматрању, и које разматра само вечну материју, узајамно дејство њених честица и промене њена облика које из тога проистичу. Наука не пориче да досад још нису потпуно објашњени сви природни закони.

Због тога она и сматра да је у општој слици света, са којом смо се могли упознати, неопходно потребно продужити продубљивање извесних, досад још недовољно објашњених појединости. На тај се начин слика света исправља и мења у појединостима, али у својој основи, — учењу о вечној материји и њеним преображајима — научни поглед на свет остао је и остаће исти. Читав развој мисли, од Демокрита до нашег времена, потврђује овај поглед на свет, а чињенице што нам их пружају астрономска посматрања, поткрепљују га све новијим и потпунијим подацима.

Религија и буржоаска идеологија, које полазе од принципа да се свет не може упознати, и да је човек потчињен мистичном бићу (ма како га називали претставници цркве и „мислиоци“ разних праваца), самим тим тврде да је човек слаб, да је немоћан пред природом и да је не може себи потчинити.

Материјалистичка дијалектика, која на основи историје развоја наука закључује, да се свет може упознати и која као једину објективну реалност признаје материју у вечном кретању и промени, одриче све што је мистично и засновано на чуду, а тим и потврђује човекову моћ и способност да преуреди свет.

Речи В. И. Лењина, да је материјалистичка дијалектика оптимистичко учење, потврђују се читавим развојем науке и напретком технике, изградњом социјализма у свету, и уливају научницима веру у њихову раду на испитивању васионе.

#### Задачи и питања

1. Лукреције Кар, описујући постанак васионе према Демокриту, каже: „Од прадавних времена делићи (материје) ношени су свуда, кретани делнице сопственом тежином, а делом гоњени спољним утицајем“. Шта у том опису одговара савременој научној претстави о материји и постанку васионе, а шта је нетачно?

2. У своме делу „Општа природна историја и теорија неба“ Кант, излажући постанак планетског система из хаоса, каже да „честице могу наставити слободно кружно кретање“. Задовољава ли тај део Кантове теорије стварне посматране чињенице у планетском систему?

3. У истом делу Кант каже да су „зачетак и образовање света најпре настали у средишту васионе“. Да ли је то изражавање погрешно, и у чему?

4. У нашем планетском систему кретања и обртња планета и њихових пратилаца називају се директним, кад се обављају у смислу супротном часовној казаљци (посматрано са северног краја светске осе). У планетском систему је:

| Обртање планете            | Обилажење сапутника |                          |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                            | директно            | ретроградно              |
| Земља . . . . . директно   | 1 пратилац          | —                        |
| Марс . . . . . "           | 2 пратиоца          | —                        |
| Јупитер . . . . . "        | 7 пратилаца         | 2 пратиоца <sup>1)</sup> |
| Сатурн . . . . . "         | 9 "                 | 1 пратилац               |
| Уран . . . . . ретроградно | —                   | 4 пратиоца               |
| Нептун . . . . . директно  | —                   | 1 пратилац               |

Имају ли ове чињенице икаваог значаја за Лапласову теорију?

5. Један од Марсових пратилаца кружи око њега брже него што се Марс обрће. Одговара ли то Лапласовој хипотези?

<sup>1)</sup> Кретање двају Јупитрових сапутника, откривених 1938 год., није још проучено.



Таблица Сунчевог система

| ТЕЛО<br>СУНЧЕВОГ СИСТЕМА | Силеричка рево-<br>лупија у толи-<br>нама | Синодичка рево-<br>лупија у данима | Средње уда-<br>љење од<br>Сунца |       | Екцентричност | Нагиб | Маса (Земља = 1) | Густина | Екваторски<br>пречник |           | Сплештеност | Трајање обртања<br>око осе                              | Нагиб екватора<br>планете према<br>еклиптици | Број сателита |
|--------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------|-------|---------------|-------|------------------|---------|-----------------------|-----------|-------------|---|--|---------------|
|                          | у астр.<br>јед.                           | у мил.<br>км.                      | Земља = 1                       | у км. |               |       |                  |         |                       |           |             |   |  |               |
| Меркур . . . . .         | 0,241                                     | 116                                | 0,387                           | 58    | 0,206         | 7°    | 0,05             | 3,8     | 0,38                  | 4.840     | ?           | 88 дана   | ?  | —             |
| Венера . . . . .         | 0,515                                     | 584                                | 0,723                           | 108   | 0,007         | 3     | 0,98             | 4,9     | 0,96                  | 12.190    | ?           | 6 да а?   | ?  | —             |
| Земља . . . . .          | 1,000                                     | —                                  | 1,000                           | 150   | 0,017         | 0     | 1,00             | 5,5     | 1,00                  | 12.742    | 1/297       | 23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> 23° 27'  | 1  | —             |
| Марс . . . . .           | 1,881                                     | 780                                | 1,524                           | 228   | 0,093         | 2     | 0,11             | 4,0     | 0,53                  | 6.784     | 1/192       | 24 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> 25° 10' | 2  | —             |
| Јупитер . . . . .        | 11,86                                     | 399                                | 5,203                           | 778   | 0,048         | 1     | 314,5            | 1,3     | 11,20                 | 142.765   | 1/16        | 9 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>                          | 3° 6' 11"                                    | —             |
| Сатурн . . . . .         | 29,46                                     | 373                                | 9,539                           | 1426  | 0,056         | 2     | 94,0             | 0,7     | 9,48                  | 120.798   | 1/10        | 10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>                         | 26° 45' 10"                                  | —             |
| Уран . . . . .           | 84,02                                     | 370                                | 19,191                          | 2869  | 0,047         | 1     | 14,40            | 1,3     | 3,90                  | 49.693    | 1/14        | 10,7 <sup>h</sup>                                       | 98°  | 4             |
| Нептун . . . . .         | 164,79                                    | 368                                | 30,071                          | 4496  | 0,099         | 2     | 16,72            | 1,6     | 4,16                  | 53.000    | 1/40        | 15,8 <sup>h</sup>                                       | 151°   | 1             |
| Плутон . . . . .         | 247,70                                    | 367                                | 39,457                          | 5899  | 0,249         | 17    | 0,93             | ?       | 0,4?                  | 5.000?    | ?           | ?   | ?  | —             |
| Сунце . . . . .          | —   | —                                  | —                               | —     | —             | —     | 331950           | 1,4     | 109,2                 | 1.391.107 | —           | 25 дана   | 7° 15'                                       | —             |

Превођење ове књиге с руског, како би послужила као приручник за средње школе, извршили су по налогу Мин. просвете Србије сарадници Астрономске опсерваторије Универзитета у Београду: М. Б. Протић, Ф. Доминко, Б. Шеварлић, П. Ђурковић и З. Бркић.

Изузев местимичних измена, углавном условљених географским положајем наше земље, и неких слика, које се нису могле узети из оригинала, књига је дословни превод руског уџбеника. Изостављен је само § 76 Општег дела — О законском рачунању времена у СССР, а из „Прилога“ су задржани једино „Таблица Сунчевог система“ и „Спектар“. Потпунији преглед учињених измена додат је у Напоменама на следећој страни.

## НАПОМЕНЕ

о учињеним изменама у књизи „Астрономија“ од Набокова и Воронцов-Вељаминова

(бројке у заградама одговарају страницама руског издања)

### I. — Замењене слике:

1, 2, 5, 10, 27, 28, 29, 30, 35, 41, 46, (и текст испод слике), 83а, 83б, 89, 90, 91а, 92, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 120, (121 у оригиналу), 127, (128 у ориг.) — са ознакама маглина, 128 (129 у ориг.).

### II. — Измене у тексту:

Ознаке уз бројне временске податке уопште: h, m, s уместо ч, м, с.  
 Стр. 23 (19), 19 ред одоздо: У Београду...  
 Стр. 25 (21), 19 ред одозго: У Београду, на пр...  
 Стр. 28 (23), 23 ред одоздо: ...била 69°...  
 Стр. 35 (29), 10 ред одоздо: За Београд...  
 Стр. 37 (30), иза претпоследњег пасуса § 25. изостављена примедба: (вид. прилог X...)  
 Стр. 40 (33), 7 и 8 ред одоздо: Код нас се његово трајање...  
 Стр. 43 (35), 4 ред одозго, изостављено: Промене временског изједначења...  
 Стр. 43 (35, 36), пасус петитом непосредно испред § 34 изостављен.  
 Стр. 46 (37), изостављена примедба на крају § 35: (вид. додаток XIV).  
 Стр. 49 (40), прерађени примери: 4, 12, 13, 23, 26 и 34.  
 Стр. 51 (42), пасус при дну подешен за наше прилике.  
 Стр. 65 (53), § 46 подешен за наше прилике. У 10 реду одоздо изостављена примедба: (вид. прилог VI).  
 Стр. 67 (54), 1 и 3 ред одозго: на пр. Београд...; пр. 1 и 2 за Београд...  
 Стр. 68 (56), став испред § 49: И код нас, на нашој Опсерваторији у Београду...  
 Стр. 75 (61), у примеру, уместо 9 ч. и 6 ч., уведено 21<sup>h</sup> и 18<sup>h</sup>. На истој страни изостављена су четири пасуса који се односе на СССР.  
 Стр. 76 (62), примери (према оригиналу): 8, 13, 14 подешени за наше прилике; изостављени: 10, 12 и 16.  
 Стр. 92 (76), на сл. 69 није означена капљица с', већ С', па је зато у тексту, 4 и 5 ред одоздо, извршена измена.  
 Стр. 97 (80), 9 ред одоздо, у примедби стоји: вид. § 77, II Кеплеров закон, уместо вид. 78..., због изостављања § 76.  
 Стр. 100 (83), изостављен § 76 (по оригиналу), који се односи на законско рачунање времена у СССР.  
 Стр. 110 (92), од 5 реда одозго, до 7 реда одоздо, пасус прерађен.  
 Стр. 111 (92), на крају § 87 стоји: (вид. § 88) уместо (вид. § 89), због избацивања § 76.

Стр. 113 (95), изостављен пример 19.  
 Стр. 120 (101), при дну, испред задатка, стоји: вид. таблицу на крају књиге, уместо: вид. прилог VIII.  
 Стр. 122 (102), § 103, на почетку, На сл. 83а и 83б...  
 Стр. 129 (107), при дну § 2: Највећа установа...  
 Стр. 137 (114), испод слика 91 изостављени називи протуберанаца.  
 Стр. 141 (118), код сл. 94 измењен распоред.  
 Стр. 204 (168), задатак 4: Сатурн — 9 пратилаца (са директним кретањем).  
 Прилог — изостављено све, изузев таблице VIII (Таблица Сунчева система) и спектра.

## ШТАМПАРСКЕ ГРЕШКЕ

| Страна | Ред           | Стоји:                  | Треба:                 |
|--------|---------------|-------------------------|------------------------|
| 21     | 8 одозго      | Звезда                  | Звезде                 |
| 28     | 19 одозго     | а зими ниско            | а зими ниско           |
| 39     | 6 одоздо      | једн.лика по саству     | једн.лика по саставу   |
| 49     | 14 одоздо     | — 0 17                  | — 2 17                 |
| 49     | 7 одоздо      | 0 49                    | 0 43                   |
| 62     | 22 одозго     | на одређивање           | за одређивање          |
| 66     | 10 одозго     | који означава           | која означава          |
|        |               | $a - b$                 | $a - b$                |
| 73     | при дну       | $\alpha = \frac{a}{a}$  | $\alpha = \frac{a}{a}$ |
| 74     | 1 одозго      | $\alpha = 6378.388$ км. | $a = 6378.388$ км      |
| 76     | 20 одоздо     | $\alpha = 6378.249$ км. | $a = 6378.249$ км      |
| 76     | 18 одоздо     | $\alpha = 6378.388$ км. | $a = 6378.388$ км      |
| 83     | на сл. 62     | Еклиптика               | Еклиптика              |
| 84     | 4 одоздо      | по диференту            | по деференту           |
| 85     | 6 одоздо      | објашњава               | објашњава              |
| 86     | 10 одозго     | него од Земље           | него Земља             |
| 86     | 17 одозго     | а Земља тачци $T_1$     | а Земља у тачци $T_1$  |
| 86     | 17 одозго     | за Земље                | са Земље               |
| 87     | 2 одоздо      | заједно                 | заједно                |
| 91     | 10 одозго     | филозофску стану        | филозофску страну      |
| 91     | 6 одоздо      | приморали га            | приморала га           |
| 94     | 2 одозг       | тада                    | Тада                   |
| 94     | 8 и 9 одоздо  | звезд-а                 | звезде                 |
| 99     | 5 одоздо      | 1852                    | 1582                   |
| 104    | 8 одозго      | Сатурн 9                | Сатурн 10              |
| 108    | 4 одоздо      | него и већи             | него ни већи           |
| 112    | 9 одоздо      | 06 делова               | 6 десетина             |
| 115    | 11 одозго     | у динима                | у динима               |
| 155    | испод сл. 105 | Moreh use               | Morehouse              |
| 157    | испод сл. 107 | Радант                  | Радикант               |
| 158    | 19 одоздо     | радиант                 | радијант               |
| 173    | 19 одозго     | залећу ноћна неба       | залећу ноћна неба      |

## САДРЖАЈ

## ОПШТИ ДЕО

## Глава I. Увод

|   | Стр. |
|---|------|
| 1. Астрономија, њени задаци и методе                            | 3    |
| 2. Скица васионе  | 5    |
| 3. О посматрањима   | 10   |
| 4. Небески свод и сазвезђа                                      | 10   |
| 5. Сјај звезда  | 12   |
| 6. Број видљивих звезда   | 12   |
| 7. Боје звезда  | 12   |
| 8. Ознаке звезда  | 12   |
| 9. Привидно дневно кретање звезданог неба                       | 13   |
| 10. Мерење углова   | 16   |
| 11. Секстант  | 17   |
| 12. Небески меридијан   | 18   |
| 13. Одређивање правца меридијана                                | 20   |
| 14. Небеска сфера   | 21   |
| 15. Хоризонтске координате                                      | 22   |
| 16. Универзални инструмент                                      | 23   |
| 17. Небески екватор и хоризонтска раван                         | 24   |
| 18. Екваторске координате                                       | 25   |
| 19. Звездане карте  | 26   |
| 20. Еклиптика   | 28   |
| 21. Звездани дан, звездано време и часовни угао                 | 31   |
| 22. Висина небеских тела у тренутку кулминације                 | 33   |
| 23. Видљивост небеских тела у зависности од њихових деклинација | 34   |
| 24. Равнодневице и солстицији. — Неједнакости трајања дана      | 35   |
| 25. Екваторијална конструкција астрономских дурбина             | 36   |
| 26. Меридијански инструмент                                     | 37   |
| 27. Пасажни инструмент  | 39   |
| 28. Рефракција и њен утицај на посматрања                       | 39   |
| 29. Сумрак  | 40   |
| 30. Мерење времена  | 41   |
| 31. Средње и право време  | 41   |
| 32. Временско изједначање                                       | 42   |
| 33. Одређивање месног времена по Сунцу                          | 43   |
| 34. Звездано и средње време                                     | 43   |
| 35. Одређивање изгледа звезданог неба                           | 45   |
| Посматрања  | 46   |
| Задаци и питања   | 48   |

## Глава II. Облик Земље и њено обртање

|   |    |
|---|----|
| 36. Развој схватања о облику Земље        | 51 |
| 37. Обртање Земље                         | 55 |
| 38. Докази за лоптасти облик Земље        | 57 |
| 39. Докази за Земљино обртање             | 59 |
| 40. Привидни и математички хоризонт       | 60 |
| 41. Географске координате                 | 61 |
| 42. Земаљска лопта и небеска сфера        | 61 |
| 43. Ширина места и висина пола            | 63 |
| 44. Обртање Земље и мерење времена        | 64 |
| 45. Месно време и географска дужина       | 65 |
| 46. Међународно зонско одређивање времена | 66 |
| 47. Претварање времена                    | 67 |
| 48. Служба времена                        | 68 |
| 49. Начини проверавања часовника          | 70 |
| 50. Одређивање пречника Земљине лопте     | 71 |
| 51. Триангулација                         | 72 |
| 52. Облик Земље                           | 74 |
| 53. Спљоштеност Земље и њене последице    | 74 |
| 54. Израда географских карата             | 75 |
| Задаци и питања                           | 75 |

## Глава III. Развој претстава о Сунчеву систему

|   |     |
|---|-----|
| 55. Паралакса   | 77  |
| 56. Екваторска хоризонтска паралакса  | 78  |
| 57. Отстојање и паралакса   | 80  |
| 58. Одређивање планетских пречника  | 80  |
| 59. Привидно кретање Месеца међу звездама                                       | 81  |
| 60. Привидно кретање планета  | 83  |
| 61. Привидно кретање Меркура и Венере   | 84  |
| 62. Старо схватање о саставу Сунчевог система                                   | 85  |
| 63. Коперникова теорија   | 86  |
| 64. Објашњење привидних планетских кретања                                      | 87  |
| 65. Узајамни положаји планета   | 88  |
| 66. Фазе Меркура и Венере   | 89  |
| 67. Сидеричка и синодичка револуција планета                                    | 90  |
| 68. Астрологија   | 90  |
| 69. Револуционарно Коперниково учење и борба цркве са Коперниковим следбеницима | 92  |
| 70. Аберација   | 94  |
| 71. Годишња паралакса   | 95  |
| 72. Паралаксе звезда  | 96  |
| 73. Кретање Земље око Сунца   | 98  |
| 74. Основа календара  | 99  |
| 75. Стари и нови календарски стил   | 100 |
| 75. Ера   | 100 |
| 77. Кеплерови закони  | 103 |
| 78. Састав Сунчевог система   | 104 |
| 79. Паралаксе Сунца и Месеца  | 105 |
| 80. Величине планета и Сунца  | 105 |
| 81. Месечеве мене и পেপেলাва светлост   | 106 |
| 82. Месец (дана)  | 107 |
| 83. Помрачења   | 108 |
| 84. Помрачење Месеца  | 108 |



|   | Стр. |
|---|------|
| 85. Сунчева помрачења — — — — —                 | 103  |
| 86. Потпуна Сунчева помрачења — — — — —         | 109  |
| 87. Месечева путања — — — — —                   | 111  |
| 88. Предвиђање помрачења — — — — —              | 111  |
| 89. Обртање Месеца и његова либрација — — — — — | 112  |
| Посматрања — — — — —                            | 112  |
| Задачи и питања — — — — —                       | 113  |

#### Глава IV. Општа гравитација

|  |     |
|--|-----|
| 90. Закон опште гравитације — — — — —                          | 114 |
| 91. Распоред силе теже на Земљиној површини — — — — —          | 115 |
| 92. Одређивање Земљине масе — — — — —                          | 116 |
| 93. Кретање Месеца — — — — —                                   | 117 |
| 94. Извођење закона гравитације из Кеплерових закона — — — — — | 117 |
| 95. Убрзање кретања планета у односу на Сунце — — — — —        | 118 |
| 96. Тачно извођење трећег Кеплерова закона — — — — —           | 119 |
| 97. Поремећаји — — — — —                                       | 119 |
| 98. Израчунавање маса небеских тела — — — — —                  | 120 |
| 99. Стабилност планетског система — — — — —                    | 121 |
| 100. Проналазак Нептуна и Плутона — — — — —                    | 121 |
| 101. Зависност облика путање од почетне брзине — — — — —       | 121 |
| 102. Међупланетска путовања — — — — —                          | 122 |
| 103. Плима и осека. — — — — —                                  | 122 |
| 104. Објашњење плиме — — — — —                                 | 123 |
| 105. Улога плиме у развоју Земље и Месеца — — — — —            | 124 |
| 106. Појава прецесије — — — — —                                | 126 |
| 107. Узроци прецесије равнодневица — — — — —                   | 127 |
| Задачи и питања — — — — —                                      | 127 |

### АСТРОФИЗИЧКИ ДЕО

#### Глава I. Методе Астрофизичких испитивања

|  |     |
|--|-----|
| 1. Астрофизика — — — — —                               | 123 |
| 2. Астрономске опсерваторије — — — — —                 | 129 |
| 3. Астрофотографија — — — — —                          | 129 |
| 4. Астрофотометрија — — — — —                          | 129 |
| 5. Спектроскопија — — — — —                            | 130 |
| 6. Одређивање радијалне брзине небеских тела — — — — — | 130 |
| 7. Одређивање температуре небеских тела — — — — —      | 131 |

#### Глава II. Сунце

|   |     |
|---|-----|
| 8. Општи подаци о Сунцу — — — — —             | 131 |
| 9. Живот Сунца и живот Земље — — — — —        | 132 |
| 10. Општи изглед Сунца у дурбину — — — — —    | 132 |
| 11. Обртање Сунца — — — — —                   | 133 |
| 12. Сунчеве пеге и њихове промене — — — — —   | 134 |
| 13. Периодичност Сунчевих пеге — — — — —      | 135 |
| 14. Спектар и хемијски састав Сунца — — — — — | 135 |
| 15. Свеглот и топлота Сунца — — — — —         | 136 |
| 16. Обртни слој и хромосфера — — — — —        | 137 |
| 17. Сунчева корона (венац) — — — — —          | 138 |
| 18. Зодиакална светлост — — — — —             | 140 |
| 19. Састав Сунца — — — — —                    | 140 |

|  | Стр. |
|--|------|
| 20. Посматрање протуберанаца и короне ван помрачења — — — — —              | 141  |
| 21. Спектрохелиограф — — — — —   | 142  |
| 22. Спектрохелиограми Сунца — — — — —                                      | 142  |
| 23. Циклус Сунчеве делатности и његова веза са појавама на Земљи — — — — — | 143  |
| Посматрања — — — — —   | 143  |
| Задачи — — — — —   | 144  |

#### Глава III. Месец и планете

|   |     |
|---|-----|
| 24. Изглед Месечеве површине — — — — —  | 144 |
| 25. Физички услови на Месецу — — — — —  | 146 |
| 26. Две групе великих планета — — — — — | 147 |
| 27. Меркур и Венера — — — — —           | 147 |
| 28. Земља и њена атмосфера — — — — —    | 148 |
| 29. Марс — — — — —                      | 151 |
| 30. Јупитер — — — — —                   | 152 |
| 31. Сатурн — — — — —                    | 153 |
| 32. Уран, Нептун и Плутон — — — — —     | 154 |
| 33. Астероиди — — — — —                 | 154 |

#### Глава IV. Комете и метеори

|   |     |
|---|-----|
| 34. Изглед комета и њихове промене — — — — —        | 154 |
| 35. Путање комета — — — — —                         | 155 |
| 36. Физичка природа комета — — — — —                | 156 |
| 37. Метеори — — — — —                               | 157 |
| 38. Распадање комета и метеора — — — — —            | 158 |
| 39. Бolidи и метеорити — — — — —                    | 158 |
| 40. Да ли је могућ судар Земље са кометом — — — — — | 159 |
| Посматрања — — — — —                                | 160 |
| Задачи — — — — —                                    | 160 |

#### Глава V. Звездана васиона

|  |     |
|--|-----|
| 41. Методе проучавања звезда — — — — —                   | 161 |
| 42. Број и сјај звезда — — — — —                         | 163 |
| 43. Паралаксе звезда — — — — —                           | 165 |
| 44. Привидни и апсолутни сјај звезда — — — — —           | 167 |
| 45. Млечни пут — — — — —                                 | 170 |
| 46. Привидни распоред звезда — — — — —                   | 171 |
| 47. Кретање звезда — — — — —                             | 173 |
| 48. Маглине — — — — —                                    | 175 |
| 49. Звездана јата — — — — —                              | 176 |
| 50. Састав васионе — — — — —                             | 178 |
| 51. Боја и спектри звезда — — — — —                      | 181 |
| 52. Температура звезда — — — — —                         | 181 |
| 53. Двојне звезде — — — — —                              | 182 |
| 54. Променљиве звезде — — — — —                          | 183 |
| 55. Еклипсне (променљиве) звезде — — — — —               | 184 |
| 56. Цефеиди и дугопериодичне променљиве звезде — — — — — | 185 |
| 57. Нове звезде („Нове“) — — — — —                       | 185 |

|   | Стр. |
|---|------|
| § 58. Веза између апсолутне звездане величине и спектра — | 186  |
| § 59. Еволуција звезда — — — — —                          | 186  |
| § 60. Циновске звезде и звезде патуљци — — — — —          | 187  |
| § 61. Развој познавања склопа васионе — — — — —           | 189  |
| Посматрања — — — — —                                      | 190  |
| Задаци — — — — —  | 191  |

#### Глава VI. Еволуција васионе и постанак Сунчевог система

|   |     |
|---|-----|
| § 62. Легенде о „стварању света“ — — — — —  | 192 |
| § 63. Супротстављање хришћанске цркве постављању космогоничких хипотеза — — — — — | 194 |
| § 64. Лапласова хипотеза — — — — —  | 196 |
| § 65. Прикупљање посматрачких података — — — — —                                  | 198 |
| § 66. Развој великих маглина — — — — —  | 200 |
| § 67. Постанак Сунчевог система по Цинсу — — — — —                                | 202 |
| § 68. Старост небеских тела — — — — —   | 203 |
| § 69. Закључак — — — — —  | 203 |
| Задаци и питања — — — — —   | 204 |
| Таблица Сунчевог система — — — — —  | 206 |
| Поговср — — — — —   | 207 |
| Напомене — — — — —  | 208 |
| Садржај — — — — —   | 210 |
| Спектар — — — — —   | 210 |

Штампано у штампарији ПРОСВЕТЕ  
 издавачког предузећа Србије  
 у 10 000 примерака  
 Штампање завршено 31 јула 1946

