

ОСНОВИ АСТРОНОМИЈЕ И МАТЕМАТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ

ЗА ВИШЕ РАЗРЕДЕ СРЕДЊИХ И СТРУЧНИХ ШКОЛА

СА 64 СЛИКЕ У ТЕКСТУ И ВАН ТЕКСТА

ОД

**Др-а Бранислава Петронијевића
и др-а Боривоја Ж. Милојевића**

ПРОФЕСОРА УНИВЕРСИТЕТА

Овај је уџбеник препоручен од Главног Просветног Савета решењем СБр. 730 од 12 Новембра 1927 г. и одобрен за школску употребу одлуком Господина Министра Просвете С.Н.Бр. 39521 од 30 Новембра 1927 год.



ИЗДАЊЕ КЊИЖАРНИЦЕ РАЈКОВИЋА И ТУКОВИЋА
БЕОГРАД — ТЕРАЗИЈЕ.

Цена 30 дин.

бр. 2876

III 11701

ОСНОВИ АСТРОНОМИЈЕ И МАТЕМАТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ

ЗА ВИШЕ РАЗРЕДЕ СРЕДЊИХ И СТРУЧНИХ ШКОЛА

СА 64 СЛИКЕ У ТЕКСТУ И ВАН ТЕКСТА

ОД

**Др-а Бранислава Петронијевића
и др-а Боривоја Ж. Милојевића**

ПРОФЕСОРА УНИВЕРСИТЕТА

Овај је уџбеник препоручен од Главног Просветног Савета решењем СБр. 730 од 12 Новембра 1927 г. и одобрен за школску употребу одлуком Господина Министра Просвете С.Н.Бр. 39521 од 30 Новембра 1927 год.



ИЗДАЊЕ КЊИЖАРНИЦЕ РАЈКОВИЋА И ЂУКОВИЋА
БЕОГРАД — ТЕРАЗИЈЕ.

ПРЕДГОВОР.

Овај уџбеник намењен је вишим разредима средњих и стручних школа и у њему се налази све оно што се програмом за те школе изискује. Писци су се у првом реду трудили, да им излагање буде прегледно и јасно. Нарочита пажња обрађена је на методску обраду изложеног материјала, при чему је познато Хефлерово дело (*A. Höfler, Didaktik der Himmelskunde und der astronomischen Geographie, 1913*) служило за подлогу. Осим Хефлера употребљени су и писци најзнатнијих страних уџбеника Астрономије и Математичке Географије (као што су *Martus, Weighardt, Pick, Tisserand-Andoyer, Diesterweg, Newcomb-Engelmann, Flammarion, Young* и др.) Из њихових дела позајмљена је и већина слика.

Први и други део, у којима су изложени Основи Астрономије и Математичке Географије, израдио је Д-р Б. Петровић, а одељак о одређивању географских координата, Д-р. Б. Ж. Милојевић. Али сваки од писаца прочитао је одељке написане од другог писца.

На крају нека је примећено да се писци надају, да њихова књига може послужити и као *Увод* у Астрономију и Математичку Географију за сваког образованог читаоца.

20-ог Јула 1927. год.
у Београду.

Писци.

БЕОГРАД, 1928.

ШТАМПАРИЈА „ДАВИДОВИЋ“ ПАВЛОВИЋА И ДРУГА

Таковска 32.

ЗАДАТАК АСТРОНОМИЈЕ И МАТЕМАТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ.

Астрономија је наука о небеским телима: њен је задатак да нас упозна са кретањима и узајамним утицајима небеских тела, као и са физичком природом њиховом. Математичка Географија, која је у најтешњој вези са Астрономијом, бави се оним особинама Земље, које се не могу одредити друкчије него ако се Земља посматра као небеско тело. Те су особине: облик и величина Земље, промена дана и ноћи, промене годишњих времена, географске координате и др. Математичка Географија има према томе Астрономију за своју подлогу, као што је опет са своје стране она подлога за Географију у ужем смислу.

У следећем ми ћемо у првом делу изложити „Основе Астрономије“; у другом ће бити изложени „Основи Математичке Географије“; најзад ће се показати на који се начин одређују географске координате.

ОСНОВИ АСТРОНОМИЈЕ

Небеска сфера и привидно кретање звезда.

1. Небеска сфера и небеска тела.

Под небом разумемо онај плаветни свод који се над нама простире у облику издубљене полулопте, и који својом кружном ивицом привидно додирује Земљину површину. Дању на небу опажамо *Сунце* као светлу округлу плочу, а ноћу звезде као светле тачке. Пошто сваког дана видимо да се Сунце на једној страни неба рађа а на другој залази, и пошто се исто тако и звезде на једној страни неба рађају а на другој залазе, то закључујемо, да Сунце и звезде, и када зађу, остају на небу. Према томе, видљива небеска полулопта мора имати своје продужење у невидљивој небеској полулопти која лежи испод Земљине површине коју опажамо. Тако је дакле небо једна лопта (сфера), од које на Земљиној површини видимо увек само једну половину.

Пречник небеске сфере, у чијем се средишту налази посматрач на површини Земљиној, неизмерно је велики; он је тако велики, да у поређењу са њим пречник Земљин ишчежава и своди се на једну једину тачку. Стога се посматрач са Земље, магде се налазио на земљиној површини, увек налази у средишту небеске сфере. Па не само да се посматрач на Земљи налази у средишту небеске сфере, него би се и посматрач на Сунцу и на макојој од планета Сунчаног система налазио опет у средишту њеном.

Сунце, Месец и звезде исто су тако материјална тела као и Земља: њих све називамо небеским телима. Стари астрономи држали су да је и небеска сфера материјалне природе; они су мислили да је то једна материјална лопта којом се завршава васионски простор. За новију Астрономију међутим небеска сфера је само једна замишљена лопта, чије замишљање је неопходно потребно да би се одредио узајамни положај



Сл. 1. — Ова слика представља Земљу како, гледана с Месеца, слободно лебди у васионском простору.

небеских тела као предмета које опажамо. У самој стварности небеске сфере нема; стварно постоје само васионски простор и небеска тела, која слободно лебде у њему и која се налазе на великим, често и огромним растојањима једно од другог. И наша Земља је једно небеско тело, које би се, гледано са каквог другог небеског тела (напр. са Месеца, в. сл. 1.) видело како као округла плоча или као светла тачка слободно лебди у васионском простору.

2. Видик и хоризонт.

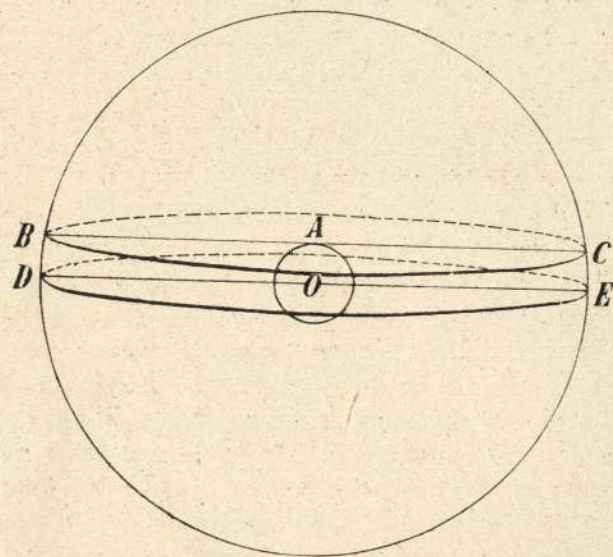
Када се налазимо у каквој пространој равници опажамо како плаветни небески свод свуд унаоколо, на подједнаком растојању од нас као посматрача, привидно додирује онај део Земљине површине који опажамо. Део Земљине површине који при том опажамо назива се *видик*, место на коме се налази посматрач назива се *стојиште*, а кружна линија, која ограничава видик и у којој небо привидно додирује Земљу, назива се *природни хоризонт*. Видик је у равним пределима и на отвореном мору равна површина (раван у геометријском смислу); у брдовитим пределима видик је неравна површина (крива површина у геометријском смислу). Само на отвореном мору природни хоризонт је потпуно кружна линија; на копну он је затворена линија која мање или више (у равним пределима мање, у брдовитим више) одступа од кружне линије.

Од природног хоризонта треба разликовати *привидни хоризонт*. Док је природни хоризонт затворена линија у којој *видљива* небеска полулопта привидно додирује видик, дотле је привидни хоризонт потпуна кружна линија, у којој *замишљена* геометријска раван која је управна на површини Земљине лопте у *стојишту*, сече *замишљену* небеску сферу. Као што се *видиком* назива површина коју ограничава природни хоризонт, тако се *замишљена* геометријска раван, коју ограничава привидни хоризонт, назива *раван привидног хоризонта*.

Поред привидног хоризонта постоји и *прави хоризонт*. То је потпуна кружна линија (највећи круг) у којој небеску сферу сече раван повучена кроз средиште Земљино и паралелно равни привидног хоризонта. Ова се раван назива *раван правог хоризонта* (в. сл. 2).

Пошто је полупречник небеске сфере неизмерно велики, то се раван привидног хоризонта поклапа са равни правог

хоризонта, и привидни и прави хоризонти на небеској сфери падају уједно. Стога се привидни и прави хоризонт називају, за разлику од природног који припада Земљиној површини, заједничким називом *астрономски* или *небески* хоризонт.

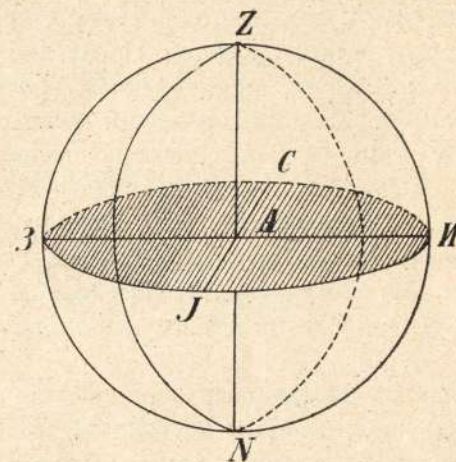


Сл. 2. — Привидни и прави хоризонт. Унутрашњи круг представља Земљу, а спољашњи небеску сферу. *O* је средиште Земљино; *A* стојиште; круг који пролази кроз тачке *B* и *C* је привидни, а круг који пролази кроз тачке *D* и *E* прави хоризонт.

Управна на видикову раван у тачци стојишта назива се вертикалном линијом или *вертикалом*. Тачка у којој вертикала над видиком пролази кроз небеску сферу назива се *зенит*: друкчије речено зенит је тачка на небеској сфери која се налази над главом посматрачевом.

Тачка у којој вертикала, продужена испод видика, пролази кроз невидљиву половину небеске сфере назива се *надир*. Према томе зенит и надир представљају две крајње тачке једног пречника небеске сфере, који као такав пролази кроз средиште Земљино. Највећи кругови на небеској сфери, који пролазе кроз зенит и надир и секу хоризонт, називају се *вертикалним круговима*, а њихове равни, које су управне на равни хоризонта, зову се *равни вертикалних кругова*. Вертикални круг, који пролази кроз источну и западну тачку

хоризонта, назива се први вертикални круг или *први вертикал* (в. сл. 3.)



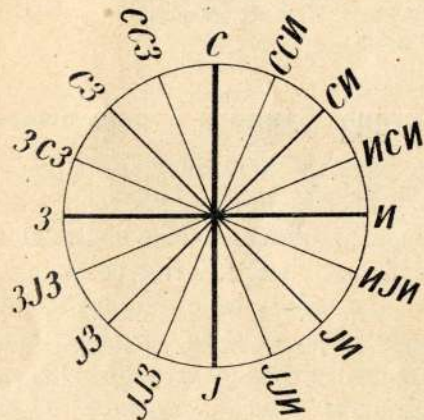
Сл. 3. — Хоризонт и вертикални кругови. *A* је стојиште; круг *IJZC* је хоризонт; *I* источна, *Z* западна, *C* северна, *J* јужна тачка хоризонта; *AZ* вертикала; *Z* зенит; *N* надир; *ZINZ* први вертикал.

3. Привидно дневно кретање Сунца и стране света.

Сваког јутра Сунце се рађа на хоризонту, и то увек на истој страни видика. У току свога дневног кретања Сунце се на видљивој небеској сфери све више издиже над видиком, док у подне не достигне највишу тачку; затим се спушта и све више приближује хоризонту, док у вече не зађе за хоризонт. Као што се Сунце увек рађа на истој страни видика оно тако исто и залази на истој страни његовој. Она прва страна назива се *источном*, ова друга *западном*. У свом дневном кретању Сунце, дакле, описује на небеској сфери један лук. Али се никада лук једнога дана не поклапа са луком претходног дана, јер се Сунце сваког идућег дана рађа у другој тачци на источној страни хоризонта, а тако исто и залази у другој тачци на западној страни хоризонта. Ако највише тачке, које Сунце достиже при своме дневном кретању у разне дане, спојимо луковима највећих кругова небеске сфере са зенитом, онда ће сви ови луци пасти уједно. Друкчије речено највише тачке, које Сунце достигне у своме дневном кретању над видиком на небеској сфери, леже све

на једном истом луку те сфере. Тачка у којој овај последњи лук, довољно продужен наниже, сече хоризонт назива се *јужном тачком* или *Југом*, а страна света, у којој се та тачка налази, назива се *јужном страном*. Права линија, која спаја јужну тачку са стојиштем, продужена на другу страну, сече хоризонт у тачци која се назива *северном тачком* или *Севером*; страна света у којој се Север налази, назива се *северном страном*; док се сама та линија, која спаја северну тачку са јужном, назива *подневачком линијом*. Управна на подневачкој линији у тачци стојишта сече хоризонт на источној страни видика у тачци која се назива *источном тачком* или *Истоком*, а на западној страни у тачци која се назива *западном тачком* или *Западом*.

Као што се из досадашњег види постоје четири стране света (источна, јужна, западна и северна) и четири *основне* тачке на хоризонту (Исток, Југ, Запад и Север): ове последње налазе се у средини оних првих. Свака страна света наиме обухвата на хоризонту један лук од 90° , тако да постоје свега четири стране света.



Сл. 4. — Стране света.

дику и хоризонту довољно је узети у обзир релативно мали број тих праваца. Обично се поред четири основна правца, која одговарају основним тачкама на хоризонту, узимају у обзир и правци у којима леже тачке које се налазе на средини тих основних тачака: то су *југоисточни правац* (*Ј. И.*) између Истока (*И.*) и Југа (*Ј.*); *југозападни* (*Ј. З.*) између Југа и Запада (*З.*); *северозападни* (*С. З.*) између Севера (*С.*) и Запада

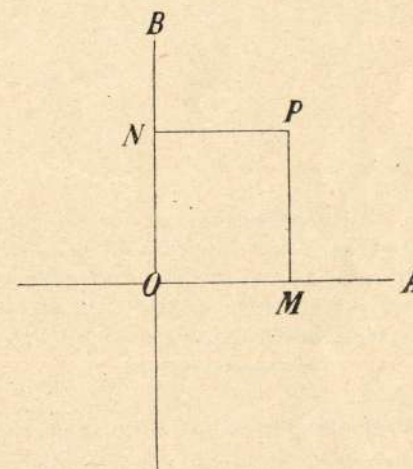
Осим ове четири основне тачке постоје на хоризонту још и многе друге тачке, које се налазе између тих основних: свака од тих тачака лежи у другом правцу за посматрача који се налази у стојишту. Према томе, док постоје само четири стране света, постоји *неодређено велики* број праваца на видуку. Али за оријентацију на ви-

(*З.*); и *североисточни* (*С. И.*) између Севера (*С.*) и Истока (*И.*) Даље се могу узети у обзир и правци: *источно-југо-источни* и *југо-југо-источни* и т. д. (в. сл. 4.).

Често пута се ови споредни правци називају и *споредним странама* света.

4. Небески координатни системи.

Положај једне тачке у равни одређује се *координатама*. Координате су одстојања једне дате тачке од две сталне праве, које су управне једна на другу и које зовемо *коорди-*



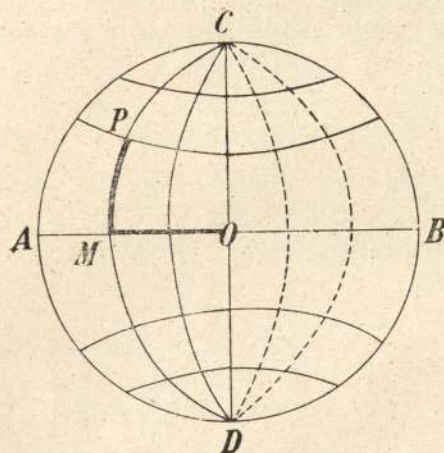
Сл. 5. — Координатни систем у равни. Како је $PM \parallel NO$ а $NP \parallel OM$, то је $OM = NP$ и $ON = MP$.

натним осам. Тако за тачку *P* у сл. 5. дужи $PM (= ON)$ и $PN (= OM)$ су координате, а праве *OA* и *OB* координатне осе; тачка *O* назива се *средишће координатног система*.

На површини кугле координате су луци највећих кругова, а координатне осе два највећа круга који стоје управно један на другом (и чије равни, као равни највећих кругова, пролазе кроз средиште кугле). Једна од двеју тачака, у којима се координатне осе на површини кугле секу, чини средиште координатног система (в. сл. 6.).

Положај једне звезде на небеској сфери одређујемо луцима њених највећих кругова. Систем састављен из тих кругова и одговарајућих координатних оса, које својим пре-

секом одређују средиште система, назива се *небеским координатним системом*.



Сл. 6. — Координатни систем на површини кугле. PM и MO су, као луци највећих кругова, координате тачке P на површини кугле у координатном систему чије је средиште O . Највећи кругови AOB и COD су координатне осе.

Постоје три основна небеска координатна система: *систем хоризоната*, *систем екватора* и *систем еклиптике*.

5. Систем хоризонта.

Координатне осе овога система су *хоризонт* и *посматрачев меридијан*.

Као што знамо, хоризонт је највећи круг у коме раван привидног (и право) хоризонта сече небеску сферу. Посматрачев меридијан је вертикални круг небеске сфере, који пролази кроз зенит посматрачевог стојишта, кроз јужну тачку хоризонта и кроз надир: раван у којој се овај круг налази назива се *раван посматрачевог меридијана*.

Средиште координатног система хоризонта налази се у јужној тачки хоризонта, т. ј. у тачки у којој посматрачев меридијан сече хоризонт.

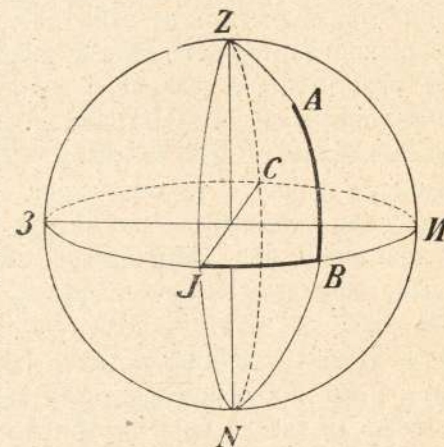
Координате, које одређују положај звезда на небеској сфери у овоме систему, називају се *висина* и *азимут* (в. сл. 7.).

Висина једне звезде је лук на вертикалном кругу, који лежи између тачке у којој се налази звезда на том кругу (код Сунца и Месеца та је тачка средиште њихових плоча) и тачке на хоризонту у којој тај круг сече хоризонт. Она се мери у степенима, минутима и секундама од 0° до 90° , т. ј. од хоризонта до зенита (и надира), и то у правцу зенита она је позитивна, а у правцу надира негативна.

Азимут једне звезде је лук на хоризонту, који лежи између тачке у којој вертикални круг, на коме се налази њена висина, сече хоризонт, и јужне тачке хоризонта. Азимут меримо у степенима од 0° до 360° почев од јужне тачке у западном правцу, или га меримо у западном правцу од јужне тачке позитивно од 0° до 180° , а у источном негативно од 0° до 180° .

Висина и азимут једне звезде *променљиве* су координате, јер се у току дана мењају.

Допуна висини до 90° назива се *зенитна даљина*, т. ј. то је лучно одстојање звезде од зенита.



Сл. 7. — Координатни систем хоризонта. C . Север; J . Југ; $И$. Исток; $З$. Запад; $ZJNC$, посматрачев меридијан; AB , висина звезде која је у A ; JB , азимут звезде која је у A ; AZ , зенитна даљина звезде која је у A .

6. Привидно дневно кретање звезда и систем екватора.

Да би се разумео екваторски координатни систем, потребно је упознати се претходно са привидним дневним кретањем звезда.

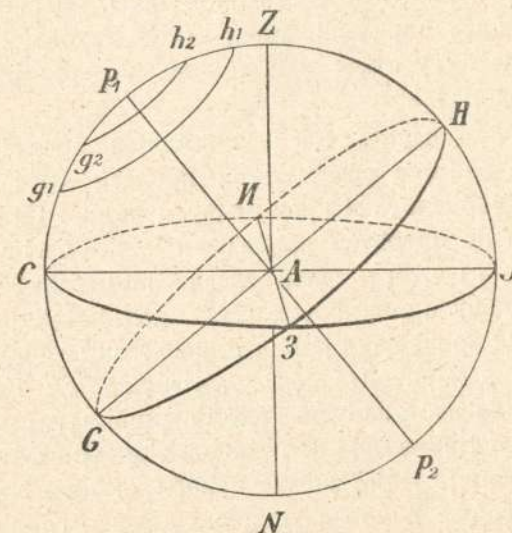
Кад увече Сунце зађе и настане мрак, на небеском своду јављају се звезде, најпре оне које јаче светле, па затим и оне које сијају слабије. Ако тада будемо пажљиво посматрали звездано небо за време од неколико часова, утврдићемо ове чињенице.

Пре свега опазићемо, да су се звезде, које су се налазиле близу хоризонта на источној страни његовој, уздигле

над хоризонтом, док су се звезде, које су се на западној страни хоризонта налазиле у близини његовој, спустиле испод хоризонта. Затим ћемо опазити, како се на источној страни хоризонта све нове звезде издижу над хоризонтом, а на западној звезде, које су биле над хоризонтом, ишчезавају испод хоризонта. Али не само да се звезде рађају на источној страни хоризонта, него се оне рађају и на целом полукругу, који лежи између северне и јужне а пролази кроз источну тачку хоризонта. Тако исто звезде не залазе само на западној страни хоризонта него на целом полукругу, који лежи између северне и јужне а пролази кроз западну тачку хоризонта. Даље ћемо утврдити, како звезде које се рађају, уздижући се постепено над хоризонтом, описују на небеском своду кружне лукове и како се, пошто прођу кроз посматрачев меридијан, све више приближују западном полукругу хоризонта. Најзад утврдићемо, како се на северној страни хоризонта, и то над самом северном тачком, налази на небеском своду једна звезда која непомично стоји — то је *Северњача* — а око које све звезде, које леже између ње и северне тачке, описују у року од 24 часа потпуне кругове не залазећи никад за хоризонт.

Како при свима овим својим кретањима звезде никако не мењају свој узајамни положај, са чега су и добиле назив *некретница*, то из ових њихових кретања закључујемо, да се целокупна небеска сфера заједно са свима звездама креће у року од 24 часа око једне осе, која, полазећи од непомичне Северњаче, пролази кроз посматрачево стојиште и, даље продужена, кроз Земљино средиште као и кроз још једну непомичну тачку на небеској сфери, која лежи супротно Северњачи. Оса око које се небеска сфера привидно обрће а која пролази кроз Земљу (кажемо „привидно обрће“, јер ћемо доцније утврдити да се у ствари Земља обрће око своје осе а не звезде око ње) назива се *светском осом*; њене две непомичне крајне тачке, које се налазе на небеској сфери, зову се *небеским половима*. Пол који у нашим пределима лежи над северном тачком хоризонта и на коме се налази Северњача, назива се *северни пол*, док се пол небеске сфере, који се у нашим пределима налази стално испод хоризонта (и то испод јужне тачке хоризонта) и остаје за нас стално невидљив, назива *јужни пол*.

Највећи круг небеске сфере, који је подједнако удаљен од њених полова, назива се *небески екватор*. Као два највећа круга небеске сфере, хоризонт и екватор се секу и полове; стога се за свако место на површини Земљиној (сем њених полова) половина небеског екватора налази над хоризонтом а друга половина испод хоризонта. Кругови небеске сфере, који леже између полова и екватора, називају се *паралелним круговима*: њихов је обим све мањи што су ближи половима а све већи што су ближи екватору (в. сл. 8). Раван екватора и равни паралелних кругова стоје управно на светској оси.



Сл. 8. — Небески екватор и полови. ИЈЗС, хоризонт; А, тачка стојишта; Z, зенит; N, надир; круг који пролази кроз тачке G и H је небески екватор; $P_1 P_2$ светска оса; P_1 северни, P_2 јужни пол небеске сфере; ZP_1CGNP_2JHZ , посматрачев меридијан; $g_1 h_1$ и $g_2 h_2$ су паралелни кругови небеске сфере.

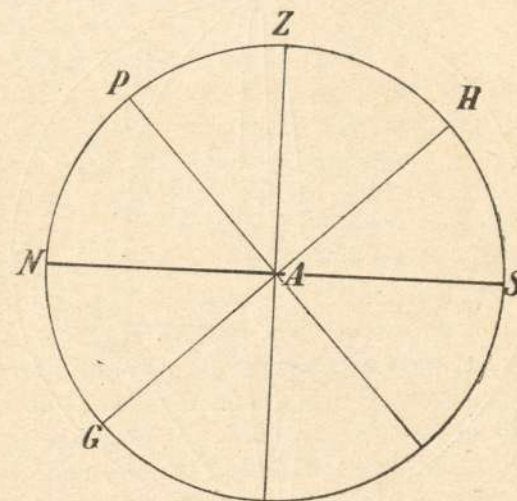
Како се небеска сфера у свом привидном дневном кретању креће око Земље у правцу од Истока на Запад, то се свака звезда на њој креће стално у једном и истом паралелном кругу: тај се круг назива *дневни круг* звезде. Само за звезде, које се крећу у екватору, лук (дневног круга) над хоризонтом једнак је луку испод хоризонта. За звезде, које се у нашим пределима опажају јужно од екватора, лук над хоризонтом све је мањи од лука испод хоризонта што је звезда даља од екватора. За звезде пак које леже између екватора и северног пола, лук над хоризонтом све је *већи*

од лука испод хоризонта што је звезда даља од екватора; док се код звезда, које се налазе између северног пола и северне тачке хоризонта, лук над хоризонтом своди на нулу: ове последње називају се *циркумполарним* звездама и то зато што се крећу око пола у року од двадесет и четири часа никако не залазећи. Док се све остале звезде при свом привидном кретању над хоризонтом крећу у правцу од Истока на Запад дотле се циркумполарне звезде крећу такође од Истока на Запад кад се налазе над северним полом, али се крећу у правцу од Запада на Исток у оном делу своје кружне путање који лежи испод северног пола. Наравно да се и звезде, које нису циркумполарне, крећу такође у правцу од Запада на Исток у оном делу њихове кружне путање који лежи испод хоризонта.

Видели смо раније, да је меридијан посматрачев онај највећи круг небеске сфере, који пролази кроз северну и јужну тачку хоризонта и кроз зенит и надир. Сада додајемо да меридијан посматрачев пролази и кроз оба пола небеске сфере (в. сл. 8.) Стога свака звезда при своме привидном дневном кретању пролази два пута кроз посматрачев меридијан: тај њен пролаз кад је над хоризонтом назива се *горњом*, а пролаз испод хоризонта *доњом кулминацијом*. Код циркумполарних звезда наступа горња кулминација над, а доња испод северног пола. Време које протече између две узастопне истоимене кулминације једне звезде износи 24 часа, а између две разноимене (горње и доње, односно доње и горње) времена интервала је 12 часова. Поред посматрачевог меридијана на небеској сфери постоје и други *небески меридијани*: под небеским меридијанима разумеју се највећи кругови небеске сфере који пролазе кроз оба њена пола и стоје управно на екватору (в. сл. 10 и 12.)

Даљина северног пола од северне тачке хоризонта (односно јужног од јужне тачке хоризонта), мерена меридијанским луком који се између њих налази, назива се *полном висином* (PN у сл. 9): за једно одређено место на површини Земљиној висина пола је непроменљива. Даљина екватора од јужне тачке хоризонта (односно од северне на јужној хемисфери), мерена меридијанским луком који лежи између ове последње и тачке пресека посматрачевог меридијана са екватором, назива се *екваторском висином* (HS у сл. 9): и екваторска висина (односно нагиб екватора над хоризонтом) непроменљива

је за једно одређено место на површини Земљиној. Меридијански лук између зенита и пола (PZ у сл. 9) назива се *зенићна даљина пола*, а меридијански лук између зенита и екватора (HZ у сл. 9) *зенићна даљина екватора*.



Сл. 9. — Висина пола и екватора. A , тачка стојишта; NS , раван хоризонта; GH , раван небеског екватора; N , северна; S , јужна тачка хоризонта; Z , зенит; P , северни пол; $PZHS$, посматрачев меридијански круг; PN , полна висина; HS , екваторска висина; PZ , зенићна даљина пола; HZ , зенићна даљина екватора.

Из слике 9 следује да је: $NP + PZ = 90^\circ$, $SH + HZ = 90^\circ$ и $PZ + HZ = 90^\circ$, и даље да је $PZ = HS$, $NP = ZH$ и $NP + HS = 90^\circ$.

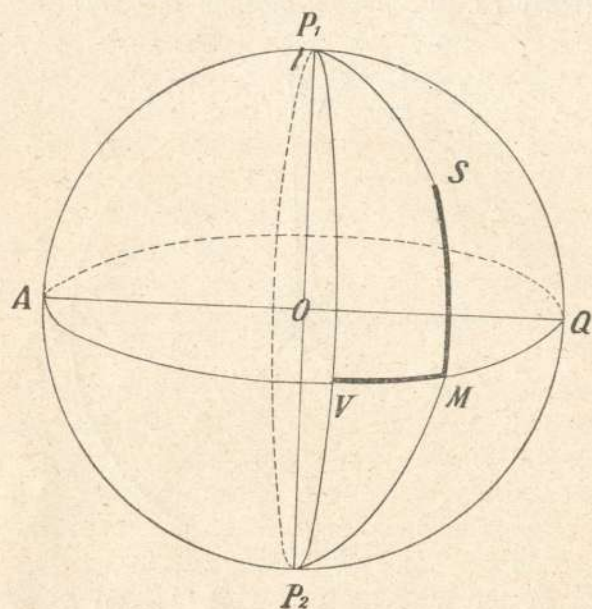
У екваторском координатном систему координатне осе су *екватор* и *небески меридијан* који пролази кроз тзв. *пролетњу тачку* (о пролетњој тачци види идући параграф).

Средиште координатног система екваторског налази се у *пролетњој тачци* екватора (а то је једна од двеју тачака у којима — упор. идући параграф — екватор сече еклиптику).

Координате које одређују положај звезде на небеској сфери у екваторском систему називају се *деклинација* и *рекшасцензија* (в. сл. 10.).

Деклинација једне звезде је лук на небеском меридијану, који лежи између тачке у којој се на томе меридијану

налази звезда и тачке на екватору у којој дотични меридијан сече екватор (небески меридијани називају се стога друкчије и *деклинационим круговима*). Она се мери у степенима, ми-



Сл. 10. — Екваторски координатни систем. Круг $AVMQA$ је небески екватор; P_1 северни; P_2 јужни пол; $P_1VP_2P_1$ је меридијан пролетње тачке; V , пролетња тачка; SM је деклинација, а VM ректасцензија звезде која је у тачци S (на небеском меридијаму P_1SMP_2).

нутима и секундима од 0° до 90° , т. ј. од екватора до пола, и то у правцу северног пола она је позитивна а у правцу јужног негативна.

Ректасцензија једне звезде је лук на екватору, који лежи између пролетње тачке и тачке у којој деклинациони круг дотичне звезде сече екватор. Ректасцензију меримо у степенима, минутима и секундима од 0° до 360° и то у источном правцу (супротно привидном дневном кретању небеске сфере). Али у Астрономији ректасцензија се често изражава и у часовима, минутима и секундима, при чему је 15° равно једном часу (така да ректасцензија од 360° износи 24 часа).

Деклинација и ректасцензија једне звезде, за разлику од висине и азимута, *непроменљиве* су координате њене.

7. Привидно годишње кретање Сунца и систем еклиптике.

Да бисмо разумели систем еклиптике, морамо се претходно упознати са привидним годишњим кретањем Сунца на небеској сфери.

Поменули смо раније (упор. § 3) да дневни лук привидног кретања Сунчевог на небеској сфери никада није једнак у два узастопна дана, пошто се Сунце сваког идућег дана рађа и залази у другим тачкама хоризонта. Сада ћемо те разлике у дневним луковима Сунчевог кретања изближе описати.

Почећемо са даном када почиње пролеће, са 21-вим Мартом. Тога дана Сунце се рађа у источној тачци хоризонта и његов дневни круг поклапа се са небеским екватором. Како се хоризонт и екватор као највећи кругови небеске лопте полове (пресецајући се у источној и западној тачци хоризонта), то су тога дана дневни и ноћни лук Сунчевог кретања на небеској сфери једнаки, и према томе и дан и ноћ једнаки.

Идућих дана после 21-вог Марта Сунце се рађа на хоризонту све *северније* од источне тачке а тако исто залази све северније од западне тачке: дневни лук његовог привидног кретања постаје све већи, а ноћни све мањи, према томе и дани постају све дужи а ноћи све краће. Тако то бива све до 22-ога Јуна. Овога дана Сунце се креће по једном паралелном кругу небеске сфере који је за $23\frac{1}{2}^\circ$ удаљен северно од екватора (т. ј. тога дана деклинација Сунчева износи $+23\frac{1}{2}^\circ$) и рађа се у најсевернијој тачци до које може доспети на источној страни хоризонта. У нашим пределима имамо тада најдужи дан а најкраћу ноћ и почетак лета.

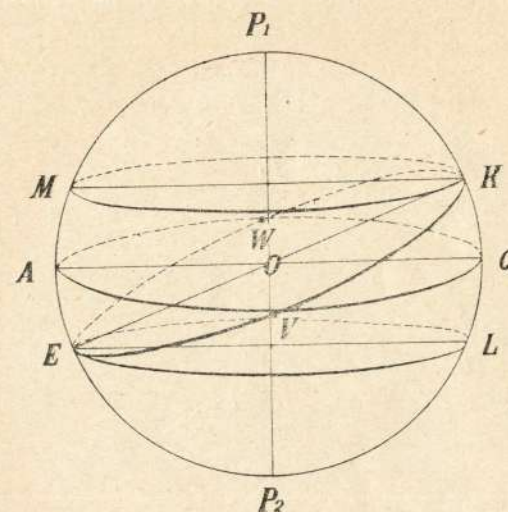
После 22-ог Јуна Сунце се почиње враћати натраг; идућих дана оно се рађа у тачкама северно од источне тачке хоризонта које су све ближе овој источној тачци, а тако исто и тачке, у којима залази северно од западне тачке хоризонта, све су ближе западној тачци. Дневни лукови Сунца постају све мањи а ноћни све већи, према томе дани постају краћи а ноћи дуже. Тако то бива све до 23-ег Септембра. Тога дана Сунце се рађа понова као и 21-ог Марта у источној а залази у западној тачци хоризонта и креће се по небеском екватору. Његов дневни и ноћни лук поново су једнаки, па према томе понова су једнаки и дан и ноћ. У нашим пределима 23-ћи Септембар је почетак јесени.

После 23-ег Септембра Сунце се рађа све јужније од источне тачке хоризонта и залази све јужније од западне тачке хоризонта; дневни лук његовог привидног дневног кретања постаје све мањи а ноћни све већи, дани дакле постају све краћи а ноћи све дуже. Тако то бива све до 21-ог Децембра. Овога дана Сунце се креће по једном паралелном кругу небеске сфере који је за $23\frac{1}{2}^{\circ}$ удаљен јужно од екватора (т. ј. тога дана деклинација Сунчева износи $-23\frac{1}{2}^{\circ}$) и рађа се у најјужнијој тачци до које може доспети на источној страни хоризонта. У нашим пределима имамо тада најкраћи дан а најдужу ноћ и почетак зиме.

После 21-ог Децембра Сунце се (као и после 22-ог Јуна, само сада у супротном правцу) почиње поново враћати натраг: идућих дана оно се рађа у тачкама јужно од источне тачке хоризонта које су све ближе источној тачци, а тако исто и тачке у којима залази на западној страни хоризонта, све су ближе западној тачци. Дневни лукови Сунца постају све већи а ноћни све мањи, дани све дужи а ноћи све краће. Напослетку 21-ог Марта идуће године Сунце се поново рађа у источној а залази у западној тачци, и тиме је годишње привидно кретање Сунца на небеској сфери завршено.

Као што се види, при своје привидном годишњем кретању Сунце се два пута (21-ог Марта и 23-ег Септембра) рађа у источној а залази у западној тачци хоризонта (тако да се Исток и Запад могу дефинисати и као оне тачке на хоризонту у којима се Сунце рађа и залази 21-ог Марта и 23-ег Септембра); један пут се (22-ог Јуна) налази за $23\frac{1}{2}^{\circ}$ северно а други пут (21-ог Децембра) за $23\frac{1}{2}^{\circ}$ јужно од небеског екватора. Из тога закључујемо, да се Сунце креће у току од једне године дана на небеској сфери по једноме највећем кругу ове сфере, који се сече са небеским екватором у двома тачкама и заклапа са њим угао од $23\frac{1}{2}^{\circ}$ (в. сл. 11.). Та привидна кружна путања Сунчева на небеској сфери назива се *еклиптика*, тачке у којима она сече небески екватор називају се *пролетњом* и *јесењом тачком* (у пролетњој тачци Сунце се налази 21-ог Марта, а у јесењој 23-ег Септембра); паралелни кругови небеске сфере у којим се Сунце налази 22-ог Јуна и 21-ог Децембра називају се *повратни кругови* (северни и јужни) или *повратници*; а тачке у којима еклиптика додирује повратне кругове *повратне* или *солстиционе тачке* (в. сл. 11.).

Да се Сунце заиста у току од године дана креће на небеској сфери, тај факт можемо утврдити и посматрањем сазвезђа која се виде на западној страни хоризонта после заласка Сунчевог. На овај начин се утврђује, да се Сунце свакога месеца налази у једноме од следећих дванаест сазвезђа: у *Рибама* (у Марту), у *Овну* (у Априлу), у *Бику* (у Мају) у *Близанцима* (у Јуну), у *Раку* (у Јулу), у *Лаву* (у Августу), у *Де-*



Сл. 11. — Еклиптика и повратници. *O*, средиште небеске сфере; *AVQWA*, небески екватор; *P₁*, северни; *P₂*, јужни пол; *EVKWE*, еклиптика; *V*, пролетња; *W*, јесења тачка; паралелни круг који пролази кроз тачке *M* и *K* је северни, а паралелни круг који пролази кроз тачке *E* и *L* јужни повратник; *K* и *E* су повратне или солстиционе тачке.

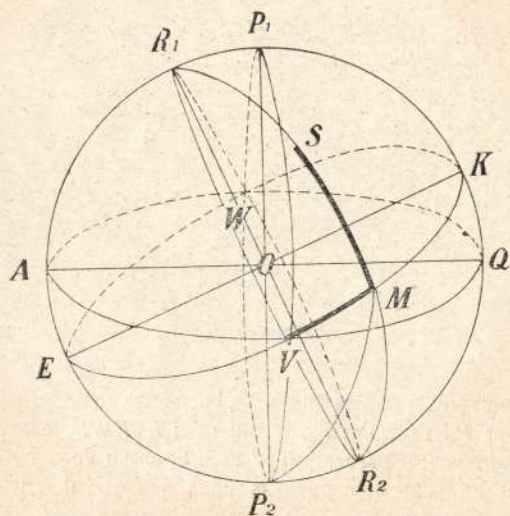
војци (у Септембру), у *Теразијама* (у Октобру), у *Скорпији* (у Новембру), у *Стрелцу* (у Децембру), у *Јарцу* (у Јануару), и у *Водолији* (у Фебруару). Ових дванаест сазвезђа (о сазвезђима биће говора у §-у 13-ом) налазе се с обе стране еклиптике (т. ј. еклиптика пролази кроз њих) и стога сачињавају „сазвезђа еклиптике“ или *зодијак* („животињски круг“) и обележавају се нарочитим знацима.

Привидно годишње кретање Сунчево у еклиптици збива се од Запада на Исток, дакле супротно привидном дневном кретању небеске сфере. Да се оно збива од Запада на Исток закључује се и из тога, што Сунце при своје привидном дневном кретању изостаје (у источном правцу) иза звезда, т. ј. што једног датог дана Сунце не пролази кроз посма-

трачев меридијан једновременно са звездом с којом је дан раније кроз тај меридијан прошло, већ за четири минута доцније (о овој разлици између тзв. звезданог и сунчаног дана биће говора у §-у 26).

У еклиптичком координантном систему координантне осе су *еклиптика* и *ширински круг пролетње тачке* (пролетња тачка налази се у сазвежђу *Риба*).

Ширинским круговима називају се највећи кругови небеске сфере, који пролазе кроз полове еклиптике и стоје на њој управно. *Еклиптичким половима* (северним и јужним) називају се оне две тачке на небеској сфери у којима управна



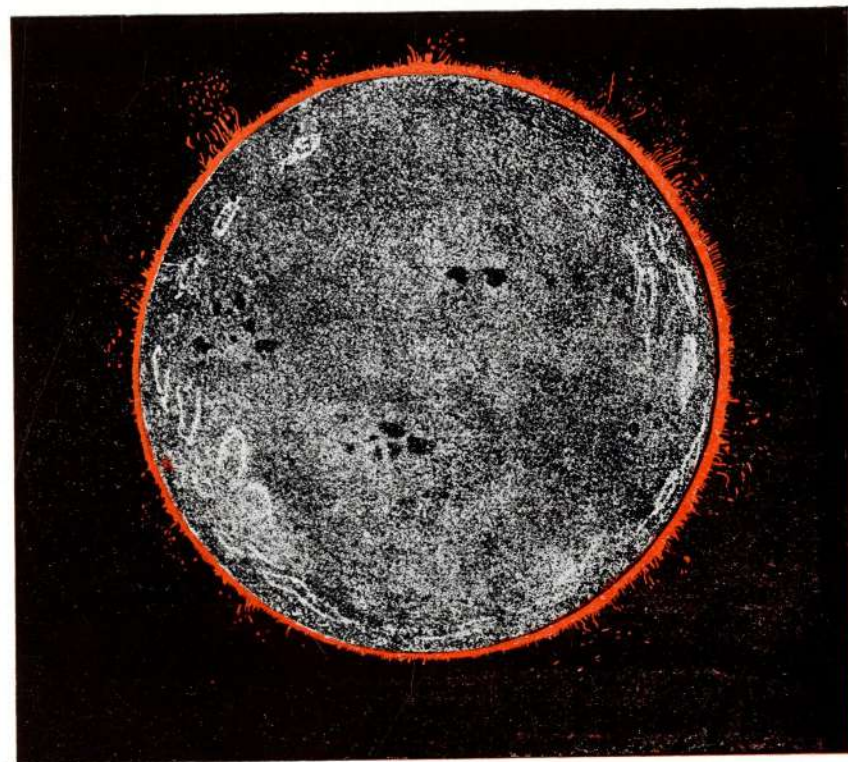
Сл. 12. — Еклиптички координатни систем. O , средиште небеске сфере; $AVQWA$, небески екватор; P_1P_2 , светска оса; P_1 северни, P_2 јужни пол; $EVMKWE$, еклиптика; R_1R_2 , оса еклиптике; R_1 је северни а R_2 јужни пол еклиптике; V , пролетња; W , јесења тачка; $P_1VP_2WP_1$, меридијан пролетње тачке; SM је ширина, VM дужиан звезде која се налази у тачци S (на ширинском кругу R_1SMR_2).

на равни еклиптике, повучена у средишту небеске сфере (тзв. *оса еклиптике*, в. сл. 12), сече небеску сферу (северни пол еклиптички назива се у сазвежђу *Змаја*). Еклиптички полови су за $23\frac{1}{2}^\circ$ удаљени од екваторских полова (в. сл. 12).

Средиште координатног еклиптичког система налази се у *пролетњој тачци* (в. сл. 12).

Координате, које одређују положај звездена небеској сфери у еклиптичком систему, називају се *ширина* и *дужина* (в. сл. 12).

Ширина једне звезде је лук на небеском ширинском



Сл. 13. — Сунце са пегама, буктињама, хромосфером и протуберанцијама

кругу, који лежи између тачке, у којој се на томе кругу налази звезда, и тачке на еклиптици, у којој дотични круг сече еклиптику (в. сл. 12). Она се мери у степенима, минутима и секундима од 0° до 90° , т. ј. од еклиптике до еклиптичног пола, и то у правцу северног еклиптикиног пола она је позитивна, а у правцу јужног негативна.

Дужина једне звезде је лук на еклиптици, који лежи између пролетње тачке и тачке у којој ширински круг дотичне звезде сече еклиптику (в. сл. 12). Дужину меримо у степенима, минутима и секундима од 0° до 360° и то у источном правцу (супротно привидном дневном кретању небеске сфере).

Ширина и дужина једне звезде такође су (као и деклинација и ректасцензија) *непроменљиве* координате њене.

Сунчани систем.

8. Сунце.

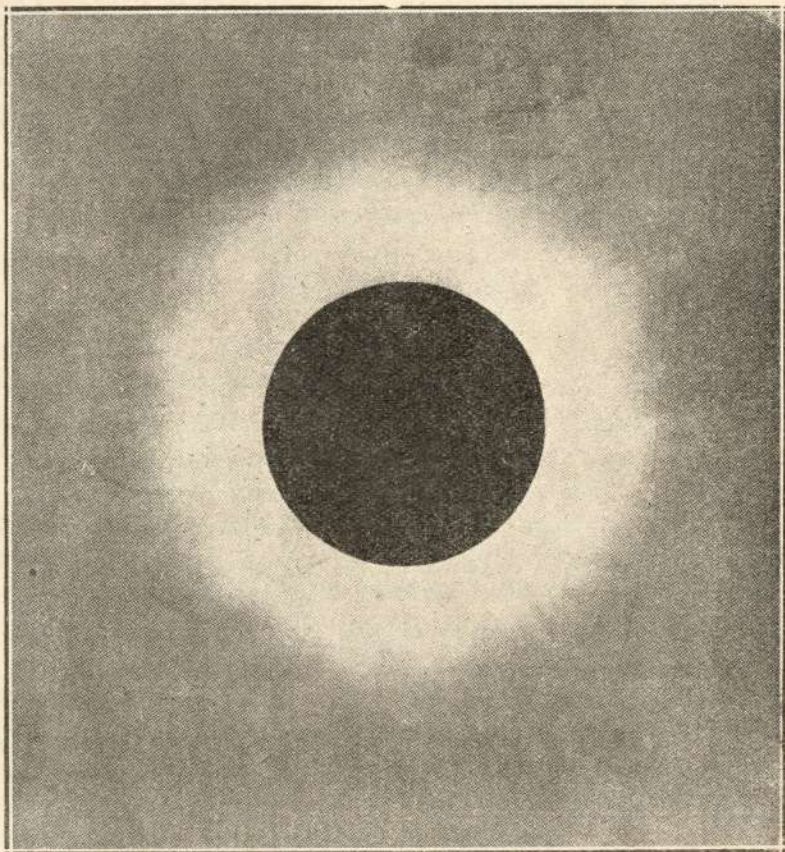
Сунчани систем обухвата ова небеска тела: 1. *Сунце*; 2. *планете* (велике и мале); 3. *праћоце планета* (сателите, месеце); 4. *комете* (репате звезде); 5. *метеоре* и 6. *зодијакалну светлост*. У овом параграфу говорићемо о Сунцу.

Сунце је највеће небеско тело у Сунчаном систему, и има облик савршене кугле. Пречник те кугле износи 1.390.000 км., и већи је 109 пута од пречника Земљиног; према томе запремина Сунчеве кугле је толика да би у њу могло стати око 1.300.000 Земљиних кугала. Маса Сунчева је 330.000 пута већа од масе Земљине, и тело које на површини Земље тежи 1 ктр. тежило би на површини Сунца 27 килограма. Маса Сунчева је толика, да премаша 700 пута масу свих осталих небеских тела Сунчаног система.

Сунце је усијана кугла чије је језгро (тако називамо унутрашњост његове кугле коју обавија његова видљива површина) у гасовитом стању. Видљива сјајна површина његова главни је извор светлости и топлоте коју Сунце зрачи у васионски простор; она се назива *фотосфером* (од грчкога *φοῦος*, светлост), и састоји из течних и чврстих састојака који се налазе у усијаном стању. Температура фотосфере цени се на 6.000° С. На фотосфери се виде дурбином тамна места, која се називају *Сунчаним пегама*; пеге су често окружене светлим *буктињама*; где нема пега и буктиња, површина фотосфере је зрнасте структуре. Пеге нису сталне: једне трају по неколико дана, а друге по неколико месеци. Кад се

Сунце данима дурбином посматра, онда се види како се његове пеге удаљују од једног а приближују другом ободу. На основу кретања пеге закључује се, да се Сунце обрће око своје осе за 25 дана у правцу од Запада на Исток.

Над фотосфером налази се Сунчева атмосфера, која се састоји из два слоја (в. сл. 13 и 14): из црвено обојене хро-



Сл. 14. — Тотално помрачење Сунца окружено беличастом короном.

мосфере (од грчког *хромос*, боја) и из беличасте *короне* (круне). Из хромосфере избијају и издижу се високо над њом еруптивни пламенови црвенкасте боје који се називају *протуберанцијама* (в. сл. 13). Хромосфера са протуберанцијама да се опазити не само при тоталном помрачењу Сунца, већ, у нарочитим инструментима, и свакога дана, док се корона да опазити само при тоталним Сунчевим помрачењима.

9. Планете и њихово привидно кретање.

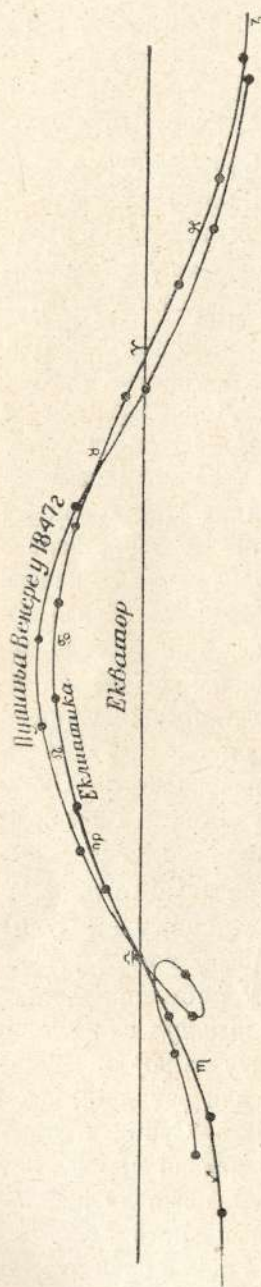
За разлику од Сунца планете су тамна небеска тела која не сијају својом сопственом светлошћу, већ светлошћу коју добијају од Сунца.

Према својој удаљености од Сунца планете иду овим редом: 1) *Меркур*; 2) *Венера*; 3) *Земља*; 4) *Марс*; 5) *планетоиди*; 6) *Јупитер*; 7) *Сатурн*; 8) *Уран* и 9) *Нептун*.

Планете делимо на *велике* и *мале*. Велике су планете Меркур, Венера, Земља, Марс, Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун, а малим планетама или планетоидима називају се многобројне мале планете које се налазе између Марса и Јупитера.

Планете које су између Земље и Сунца, т. ј. Меркур и Венера, називају се *доњим*, а остале које су даље од Земље (Марс, Јупитер и др.) *горњим* планетама. Доње планете не могу се никада на небеској сфери удаљити од Сунца тако да Земља дође између планете и Сунца, већ се могу само за извесан лук (који је мањи од 90°) удаљити на Исток или на Запад од Сунца. Ако се доња планета, Сунце и Земља налазе у истој правој линији, онда се за планету каже да се налази у *коњукуцији* са Сунцем. Ако се при томе планета налази између Сунца и Земље, онда се за њу каже да је у *доњој коњукуцији* са Сунцем. А ако се Сунце налази између доње планете и Земље, онда је планета у *горњој коњукуцији* са Сунцем. Највеће удаљење доње планете на Исток од Сунца назива се највећом *источном*, а највеће удаљење на Запад од Сунца највећом *западном елонгацијом* њеном. Елонгација Венере не може бити већа од 49° , а елонгација Меркура од 29° .

За разлику од доњих планета, горње планете могу заузети све могуће положаје на хоризонту у односу на Сунце, могу се дакле удаљити и за 180° од Сунца, у ком се случају Земља налази између Сунца и планете. У овом положају за горњу планету се каже да се налази у *опозицији* са Сунцем. Ако је горња планета удаљена на хоризонту за 90° од Сунца, за њу се каже да се налази у (источној или западној) *квадрантури* са Сунцем. А ако се горња планета, Сунце и Земља налазе у правој линији тако да се Сунце налази између планете и Земље, онда се за горњу планету каже да је у *коњукуцији* са Сунцем. У коњукуцији горња планета се губи у зрацима Сунчевим и постаје невидљива (и доње планете, кад се налазе у коњукуцији са Сунцем, невидљиве су).



Сл. 15. — Привидно кретање планете Венере на небеској сфери.

Привидно кретање планета на небеској сфери је троструко. Пре свега планете се заједно са небеском сфером крећу за двадесет и четири часа око Земље. Затим оне на небеској сфери мењају свој однос према Сунцу: последица овог кретања су разни положаји једне планете према Сунцу које смо горе навели. И треће, све се планете на небеској сфери крећу у односу на некретнице. О овом трећем кретању говорићемо опширније.

Као што Сунце на небеској сфери описује при свом привидном годишњем кретању једну линеарну путању, тако и свака планета у свом привидном кретању на небеској сфери описује у односу на некретнице једну путању која се налази у близини Сунчеве путање. Али док је еклиптика потпун круг, дотле су путање планета неправилне линије које у себи садрже извесне завијутке (в. сл. 15). Пажљиво посматрање привидне путање једне планете показује нам наиме, да се планета извесно време креће стално у источном правцу напред (то је њено тзв. *директно* кретање), затим да застаје дуже времена на истом месту (постаје, као што се то каже, *стационарна*), да се затим почиње кретати у западном правцу (ово се кретање њено назива *ретроградним*, јер се планета њиме враћа натраг), да постаје поново стационарна, и да напослетку поново продужује своје прогресивно кретање у источном правцу. Оваквих завијутака може у једној планетској путањи да буде повећи

број (за разне планете тај је број различан) пре него што планета дође поново спрам истих оних некретница на небеској сфери наспрам којих се је налазила, кад је отпочело наше посматрања њеног привидног кретања. У целини узето привидно кретање планета на небеској сфери у односу на некретнице збива се, као и привидно годишње кретање Сунчево, у правцу од Запада на Исток. Планете при том свом кретању прелазе, као и Сунце, кроз јата зоодијака.

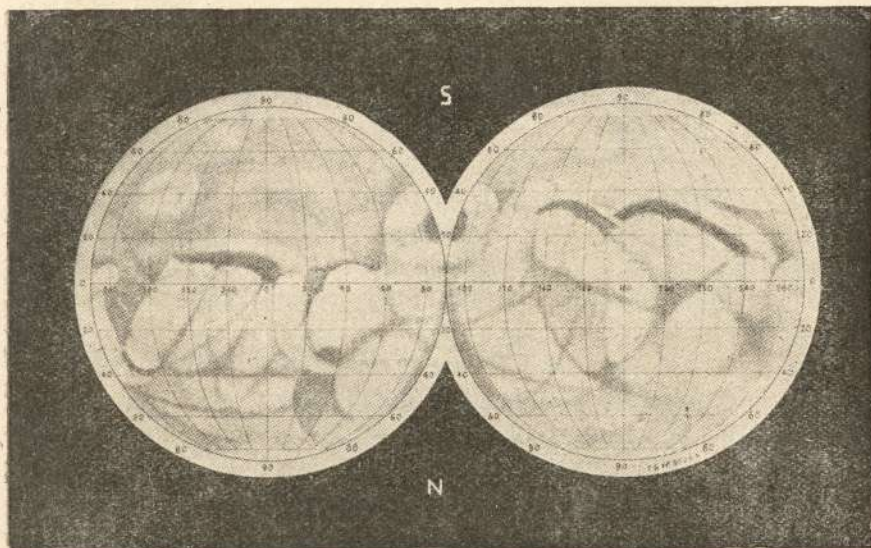
Пошто смо се упознали са бројем и привидним кретањем планета, сада прелазимо на њихов кратак опис.

Меркур је удаљен од Сунца (то је његово тзв. средње одстојање) за 58 милиона километара. Пречник његов износи 4700 километара, и мањи је запремином деветнаест пута од Земље. Меркур је окружен густом атмосфером тако да је до сада било немогуће опазити с поузданошћу појединости на његовој површини. Стога није још дефинитивно решено питање о времену трајања његовог обртања око осе. Највероватније је, да се Меркур обрће око своје осе за исто оно време за које се креће око Сунца. Ако би то било тачно, онда би Меркур стално једну исту страну окретао Сунцу, тако да би на тој његовој страни био сталан дан а на другој стална ноћ. У дурбину посматран Меркур показује исте оне фазе које опажамо код Месеца (види § 10 и сл. 21.).

Венера је удаљена од Сунца за 108 милиона километара. Пречник јој износи 12.300 километара, само је дакле за 400 километара мањи од пречника Земљиног. Стога су по запремини ове две планете скоро једнаке. Венера је окружена густом атмосфером, која је стално испуњена облацима, тако да вероватно још нико није могао опазити њену површину. Стога ни за Венеру незнамо колико траје време њеног обртања око осе. Вероватно је међутим да то време износи око 24 часа. Кад је у источној елонгацији Венера се јавља на западном небу као *Вечерњача*, а кад је у западној јавља се на источном небу пре изласка Сунца као *Зорњача*. У највећем свом сјају Венера сија јаче од свих осталих звезда (планета и некретница); стога се може каткада опазити и на дану поред Сунца као звезда *Даница*. У дурбину гледана Венера као и Меркур показује исте оне фазе које се опажају код Месеца.

Марс је удаљен за 228 милиона километара од Сунца. Кад је у опозицији може се каткада приближити Земљи и на

56 милиона километара. У дурбину гледан износи тада Марсов пречник 26 лучних секунда, а кад је Марс најдаљи од Земље тај је пречник 4 секунде. Марс се у дурбину види цео само кад је у опозицији, иначе је увек на једној страни више или мање зарубљен (и у томе се састоји његова фаза). Голим оком гледан Марс сија црвеном светлошћу, услед чега су га стари народи сматрали за звезду која доноси рат и дали му име Бога рата. Пречник Марсов је нешто већи од половине пречника Земљиног: он износи 6900 километара. Својом запремином Марс је седам пута мањи од запремине



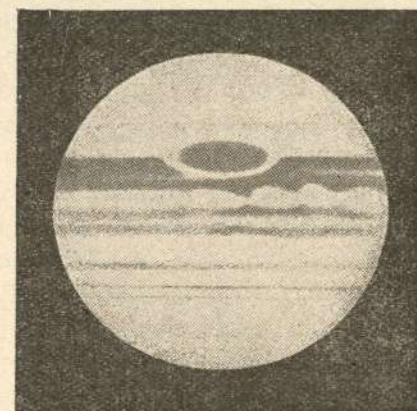
Сл. 16. — Планисфера планете Марса. (Југ је озго, Север оздо). Тамне пеге су мора и језера, загасите мочари, шуме и др., а светле пустиње; тамне линије које пролазе кроз светле пеге су канали

Земљине. Марс је окружен атмосфером, али је та атмосфера тако ретка и с тако мало облака, да се и кроз мање дурбине опажају појединости на његовој површини. На основу тих појединости било је могуће одредити с поузданошћу да се Марс обрће око своје осе за 24 часа и 37 минута. Прво што пада у очи при посматрању Марсове површине, то су светле пеге које окружују његове полове: пошто величина тих пега зависи од годишњих времена, то се с правом закључује да су оне састављене од леда и снега. Поред поларних пега на Марсу се опажају и друге тамне и светле пеге: од ових тамне

пеге сматрају се за (плитка) мора, светле за копно. На Марсу море обухвата једну трећину његове површине, а две трећине су копно. Кроз светле пределе његове пролазе тамне и праве пруге које се завршују у тамним пределима (в. сл. 16); астрономи сматрају ове пруге за канале који везују мора и наводњавају континенталне пределе. На основу егзистенције канала астрономи закључују да је Марс вероватно насељен интелигентним бићима. Доиста живот на Марсу није немогућ, пошто на њему има и ваздуха и воде и промене дана и ноћи и годишњих времена. Марс је праћен два месеца, који спадају у најмања небеска тела у Сунчаном систему.

Планетоиди (или астеороиди) налазе се на разним дистанцијама од Сунца. Број до сада познатих планетоида износи више од хиљаде, и непрестано се проналазе нови. Њихова величина је веома различна. Док пречник највећег међу њима износи 375 километара, већина од њих имају пречнике мање од 20 километара. У највеће спадају четири прво-пронађена планетоида: *Церес*, *Палас*, *Јунон* и *Веста*. Од недавно пронађених планетоида од нарочитог је значаја *Ерос*, који може да се приближи Земљи више од самог Марса, јер при својој кретању око Сунца може да дође између Земље и Марса.

Јупитер је удаљен од Сунца за 780 милиона километара. Јупитер је највећа планета у Сунчаном систему. Његов пречник износи 142.000 километара, већи је дакле 11 пута од пречника Земљиног. Запремином надмаша Јупитер 1300 пута Земљу. И у обичним дурбинама пада у очи његова спљоштеност на половима. Тако исто падају у очи и тамне пруге на његовој површини, које су паралелне са екватором. Те пруге мењају временом свој облик, из чега се закључује да оне престављају облаке у Јупитеровој атмосфери (в. сл. 17). У већим дурбинама опажа се на површини Јупите-



Сл. 17. — Планета Јупитер. Тамне паралелне пруге су облаци у Јупитеровој атмосфери; елиптична пега је тзв. црвена пега.

ровој једна црвена пег, која вероватно преставља активан вулкан. На основу кретања пег утврђено је да се Јупитер обрће око своје осе за $9^{\text{ч}}$ и $50^{\text{м}}$. Јупитер је окружен са 9 месеци, од којих се четири виде и у обичним дурбинима.

Сатурн је удаљен од Сунца 1400 милиона километара, даљи је дакле скоро десет пута него Земља. Његов пречник износи 120.000 километара, од Земљиног је дакле већи девет и по пута. Сатурн је после Јупитера највећа планета у Сунчаном систему; својом запремином он надмаша 960 пута запремину Земље. Као и Јупитер и Сатурн је јако спљоштен на половима, а и на њему се у дурбинима виде тамне пруге паралелне са екватором. Његова периода ротације (обртања око осе) износи $10^{\text{ч}}$ и $15^{\text{м}}$. Сатурн је окружен са десет месеца од којих се у повећим дурбинима види само један (највећи). Али Сатурн у дурбинима показује још једну особеност са које је с правом назват „чудо Сунчаног система“: он је наиме окружен једним прстеном, који се са Земље опажа обично у облику елипсе. Тај се прстен налази у равни екватора планете, састављен је из три разна прстена (од којих је средњи најсјајнији) и састоји се у ствари из огромне множине сићушних сателита, који се у разним временим периодима крећу око планете (в. сл. 18).

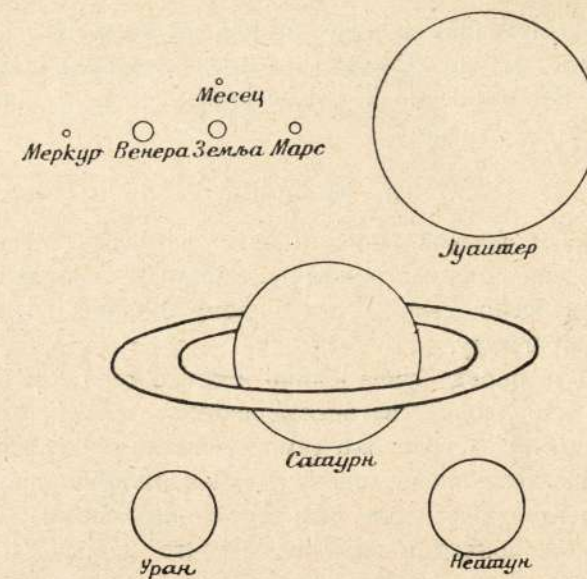
Уран је удаљен за 2900 милиона километара од Сунца, даљи је дакле двадесет пута него Земља. Његов пречник износи 51.000 километара, а запремина му надмаша 70 пута запремину Земље. Пошто је Уран тако далеко да се и у повећим дурбинима опажа само као мала плочица, то се не дају на његовој површини видети никакве нарочите пеге. Ипак астрономи су посредним путем закључили, да је и Уран окружен атмосфером и да периода његове ротације износи $11^{\text{ч}}$. Уран је окружен са четири месеца.

Нептун, последња планета Сунчаног система, удаљен је 4500 милиона километара од Сунца, даљи је дакле 30 пута него Земља. Његов пречник нешто је већи од Урановог и премаша запремином осамдесет пута Земљу. Појединости које се у великим инструментима опажају на његовој површини тако су нејасне, да његова периода ротације није још могла бити утврђена. Ипак и за њега је утврђено да има атмосферу. До сада је пронађен само један сателит Нептунов.

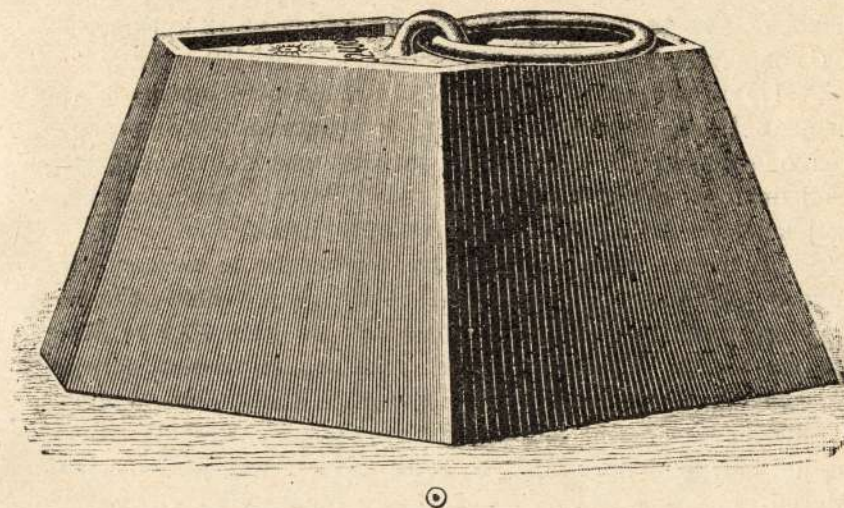
При крају овог параграфа додајемо још и две слике, које се односе на целину Сунчаног система. Слика 19 пока-



Сл. 18. — Планета Сатурн окружена троструким прстеном.



Сл. 19. — Однос у величини планета Сунчаног система; планетама је додат Месец.



Сл. 20. — Тегови на овој слици представљају масе *Сунца* (чији је знак ☉), *планета* (с десна на лево : Јупитер, Сатурн, Нептун, Уран, Земља, Венера, Марс, Меркур) и *Месеца*.

зује однос у величини између разних планета Сунчаног система (планетама је придат и Месец Земљин). Слика 20 показује однос у масама Сунца с једне стране и планета и Месеца с друге стране.

10. Месец.

Пратилац Земљин, кога просто називамо Месец, има нарочитог значаја за Астрономију. Месец је најближе и најпознатије небеско тело, стога о њему морамо гововити у засебном параграфу.

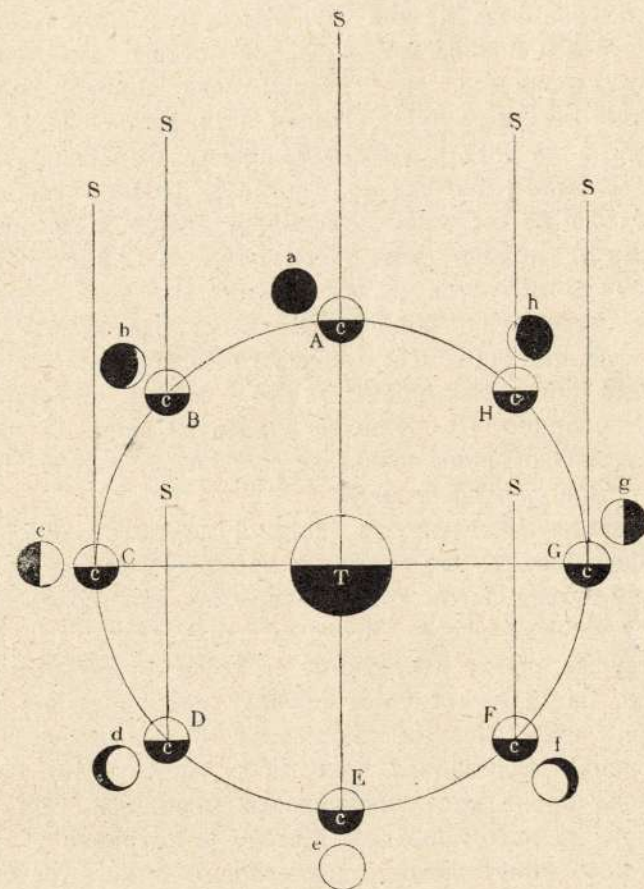
Месец је поред Сунца једино небеско тело које се голим оком види као плоча, сва остала небеска тела (изузимајући донекле комете) за голо око само су светле тачке. Привидни пречник Месечеве плоче нешто је мањи од привидног пречника Сунчеве плоче: док овај последњи износи 32 лучна минута, дотле привидни пречник Месечев износи 31 минуту и 7 секунда. Како је Месец од Земље удаљен за 380.000 километара, то се на основу ове даљине и привидног пречника његове плоче рачуном налази, да његов стварни пречник износи 3470 километара. Површина Месечева 12 пута је мања од површине Земљине, а запремина је мања 50 пута.

Привидно кретање Месечево на небеској сфери је тро-струко. Прво, Месец се заједно са небеском сфером окреће свакодневно око Земље. Друго, Месец мења на небеској сфери свој положај према Сунцу. И, треће, Месец мења свој положај на небеској сфери према некретницама.

Друго од ових кретања од нарочитог је значаја стога што се при томе кретању Месец појављује у разни облицима, које се називају његовим *менама* или *фазама*. Кад се Месец налази између Сунца и Земље, т. ј. кад је угаоно остојање Месеца од Сунца равно нули, Месец је тада у *коњукуцији* са Сунцем и, окрећући нам своју неосветљену страну, постаје за нас потпуно невидљив. У овом свом невидљивом облику Месец се назива *Младим* или *Новим* Месецом, и то зато што се два дана доцније јавља по заласку Сунца на западном небу као узан светао срп, чији се издубљени обод налази на источној страни.

Пет дана доцније Месец је за 90° удаљен од Сунца, тако да права линија која спаја Земљу са Месецом заклапа са правом Земља-Сунце угао од 90° . Месец се тада налази у источној *квадрантури* са Сунцем и залази шест часова доцније

од Сунца. У овом положају Месец нам окреће половину своје осветљене стране, стога је његова округла плоча само упола осветљена и ова његова фаза назива се *Прва Четврт* (в. сл.



Сл. 21. — Мене Месеца. Велики круг представља кружну путању Месечеву око Земље, мали круг у средини (Т) Земљу. Паралелне праве обележене са S представљају Сунчеве зраке, који су паралелни пошто долазе са огромне даљине. Мали кругови на великом кругу представљају Месец у његовом стварном положају према Земљи и према Сунцу; мали кругови око великог круга представљају Месечеву плочу онако како се она види са Земље.

21, c). Два дана доцније осветљени део Месечеве плоче већ је постао већи а неосветљени мањи и линија која их раставља постаје испупчена (в. сл. 21, d). Седам дана после Прве Четврти Месец је за 180° удаљен од Сунца, налази се дакле у

опозицији са Сунцем, и тога дана залази 12 часова доцније од Сунца, т. ј. сија преко целе ноћи. У овом свом положају Месец нам потпуно окреће своју осветљену страну и стога се ова његова фаза назива *Пун Месец* (сл. 21, е). Два дана доцније Месец почиње да опада, он постаје таман на својој западној страни (сл. 21, ф); седам дана доцније налази се у западној квадратури са Сунцем (т. ј. удаљен је за 270° у источном а за 90° у западном правцу од Сунца) и јавља се као *Последња Четврти* (в. сл. 21, г). После Последње Четврти Месец се све више приближује Сунцу и два дана пре него што ће поново доћи у конјукцију са Сунцем јавља се на источном небу пре изласка Сунца као узан светао срп, чији је издубљени обод окренут ка Западу (сл. 21, ђ). Време које протече између две узастопне конјукције Месечева са Сунцем преставља време за које Месец завршује своје кретање у односу на Сунце и износи 29 дана, 12 часова и 44 минута. Ово време назива се *синодичка периода* Месечева или простије *синодички месец*.

Кретање Месечево на небеској сфери у односу на некретнице збива се, као и његово кретање у односу на Сунце, у правцу Запад-Исток (дакле супротно привидном дневном кретању небеске сфере). Месец се наиме сваког дана помиче, у односу на звезду некретницу са којом је дан раније кулминовао, за 13° у источном правцу (или, друкчије речено, изостаје у свом дневном кретању за 13° иза звезде са којом је дан раније кулминовао, тако да су му потребни 24^h и 50^m да поново прође кроз посматрачев меридијан). Да поново кулминује са истом звездом Месецу је потребно 27 дана, 7 часова и 43 минута: ово је дакле време за које Месец завршује своје кретање на небеској сфери у односу на некретнице. То се време назива *сидеричка* (звездана) *периода* Месечевог кретања на небеској сфери или просто *сидерички месец*.

При своме кретању на небеској сфери (у односу на Сунце и на некретнице) Месец описује на овој један потпун круг чија је равна нагнута на равни еклиптике за 5° . Месечева путања на небеској сфери налази се дакле исто тако у близини еклиптике као и планетске путање, и Месец као и планете пролази јата зодијака. Само на два места своје путање налази се Месец у самој еклиптици: то су тачке у којима се круг Месечева путање и еклиптика секу (та се места називају *чворови*). Разлика између синодичке и сидеричке пе-

риоде при кретању Месечевом на небеској сфери долази отуда, што се Сунце креће по еклиптици у истом правцу у коме се Месец креће на својој путањи и што је стога Месецу потребно још око два дана да стигне Сунце, које је измакло напред док је Месец доспео до звезде некретнице од које је почело његово кретање на небеској сфери.

Привидно Месечево кретање на небеској сфери долази од његовог стварног кретања око Земље. Али док је привидна путања његова на небеској сфери потпун круг, дотле је његова стварна путања око Земље елиптичког облика. Да је облик стварне путање Месечева око Земље елипса, закључујемо из тога што се привидни полупречник Месечев за време његовог привидног кретања на небеској сфери мења. Поменули смо раније, да тај пречник износи $31'$ и $7''$. То је међутим само његова средња вредност. Крајне вредности су: највећа $33'$ и $30''$, најмања $29'$ и $21''$. Ове крајне вредности одговарају највећим и најмањим одстојањима Месечевим од Земље, које он има крећући се по својој стварној путањи око Земље. Та је путања према томе елипса, у чијој се једној жижи налази Земља (в. сл. 32): тачка на великој оси елиптичке путање Месечева, у којој је он најдаљи од Земље, назива се *апогеум* (од грчког *апо*, далеко од, и *ге*, Земља) а тачка, у којој је најближи Земљи, *перигеум* (од грчког *пери*, близу, и *ге*, Земља). Даљина Месечева од Земље износи у апогеуму 410.000 километара, у перигеуму 360.000 километара, а раније наведена вредност од 380.000 километара преставља средњу вредност из ових крајних вредности (стога се та вредност назива *средњим одстојањем* Месечевим од Земље).

Поред кретања око Земље за време од 27 и по дана (ово је приближна заокругљена вредност сидеричке периоде) Месец има још једно своје стварно кретање, а то је кретање око осе. Како Месец окреће Земљи увек исту страну (на Месецу се наиме увек виде са Земље голим оком исте пеге и на истим местима) то закључујемо, да се он мора окретати око своје осе за исто оно време за које се креће око Земље, т. ј. за 27 и по дана. Кад би Земља осветљавала Месец, онда би на једној страни његовој (оној која је стално окренута Земљи) био вечити дан а на другој вечита ноћ. Али пошто Сунце осветљава Месец и пошто је Месецу потребно 29 и по дана (ово је опет приближна заокругљена вредност) да дође у исти положај према Сунцу и према Земљи у коме се је

раније налазио, то дан на Месецу траје 14 и по наших дана а толико исто и ноћ (т. ј. половину од 29 и по дана).

Кад се Месец гледа са обичним дурбином он се, кад је пун, види као потпуна кугла (спљоштеност на половима не



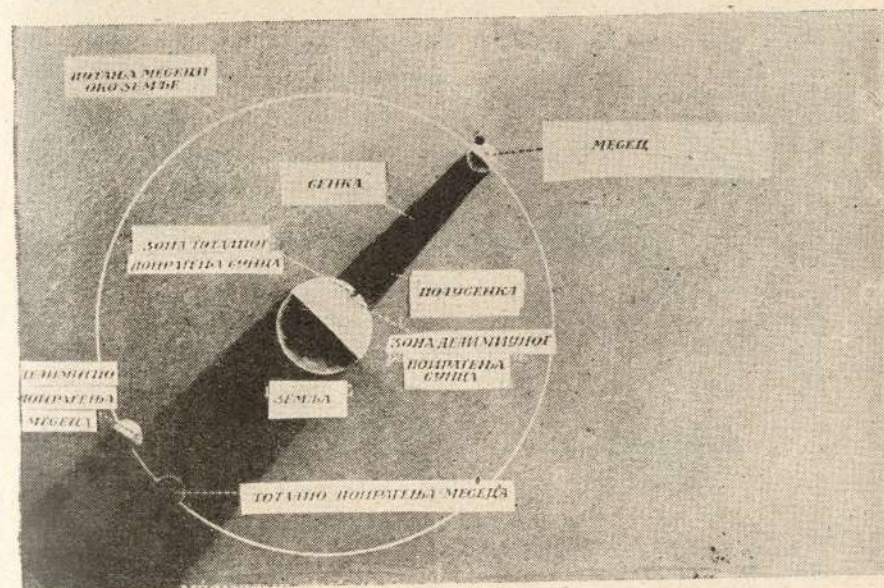
Сл. 22. — Месец. Престављен како се види у обичном дурбину два дана после Прве Четврти. Лево на терминатору види се Коперников кратер. Више њега пружа се с лева на десно у облику лука планински ланац Апенина. На Апенине се надовезују у полу-кругу Алпи. На јужном делу близу терминатора опажају се многобројни кратери.

опажа се). Гледан дурбином за време или убрзо после Прве Четврти, на осветљеном делу његове површине опажају се јасно ове особености. Пре свега пада у очи, да права линија која раздваја осветљени од неосветљеног дела (тзв. терми-

нашор) није више права, већ јако искривудана и изломљена линија. Затим на Месецу се виде поред тамних предела, који престављају дубодолине и сматрају се за корита некадашњих мора, и светли предели који престављају нормалну копнену површину на њему (види сл. 22.). Даље се како у светлим тако и у мрачним пределима опажа мноштво округлих облика (види сл. 22.), који се називају *кратерима* и сматрају се за кратере угашених вулкана. Напоследку на Месечевој површини опажају се како изолирани купасте брегови, који у извесно време бацају оштре сенке, тако и читави планински ланци (види сл. 22.). На Месецу има брегова који су виши од највиших брегова на Земљи. Месец је уствари једно мртво небеско тело, на чијој се површини не опажају никакве промене. На њему нема ни атмосфере ни воде.

11. Месечева и Сунчева помрачења.

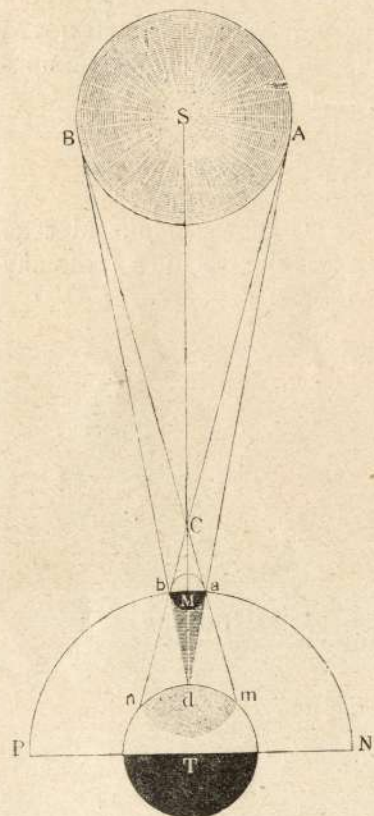
Као што је познато, дешава се да светле плоче Месеца и Сунца за извесно краће или дуже време ослабе светлошћу или потамне. Тај се појав назива помрачењем.



Сл. 23. — Помрачење Сунца и Месеца. Мали круг у средини преставља Земљу, велики круг је путања Месечева око Земље. С десна навише долазе Сунчани зраци услед којих Месец и Земља бацају дугачке сенке (оди. полусенке).

Помрачења наступају услед тога што Земља и Месец, као тамна тела осветљена Сунцем, бацају иза себе, у правцу супротном Сунцу, дугачке сенке и што Месец, оптичући око Земље, или улази у Земљину сенку или својом сенком додирује површину Земље. У првом случају настаје помрачење Месеца, у другом помрачење Сунца.

Улазак Месечев у Земљину сенку и по томе помрачење Месеца може настати само ако се Земља налази између Месеца и Сунца, дакле само кад је Месец у опозицији са Сунцем, односно кад је пун Месец (в. сл. 23).



Сл. 24. Помрачење Месеца. S је Сунце; M је Месец; T, Земља; abd је Месечева сенка чији је врх у d; abnt је Месечева полусенка; полу-круг PbaN представља половину Месечеве путање око Земље.

Сенка Месечева може додирнути Земљину површину и по томе помрачење Сунца може наступити само кад се Месец налази између Сунца и Земље, дакле само кад се налази у фази Новог Месеца (види сл. 23).

Сенка Земљина тако је дугачка, да Месец може потпуно ући у њу, док је сенка Месечева кратка тако да она може само да додирне површину Земљину. Обе сенке окружене су широким полусенкама (в. сл. 24 и 23).

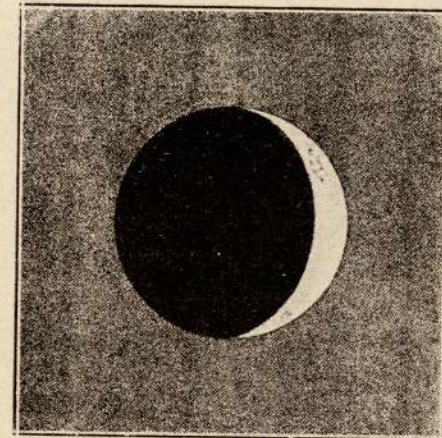
Кад би се раван Месечеве путање потпуно поклапала са равни еклиптике, онда би при сваком Пуном Месецу наступило помрачење Месеца, а при сваком Новом Месецу помрачење Сунца. Али како је раван Месечеве путање, као што смо поменули, за 5° нагнута на равни еклиптике, то помрачења очевидно могу наступити само ако се Месец налази у тачкама у којима се Месечева путања сече са еклиптиком (те се тачке, као што смо поменули, називају *чворови*). Према



Сл. 25. — Тотално помрачење Месеца. Тотално помрачени Месец црвенкасте је боје. Кратер на јужном делу Месечеве плоче, од кога полазе зраци, назива се Тихонов кратер. Над њим, лево навише, види се Коперников кратер. Голим оком ови се кратери не виде.

томе помрачење Месеца може наступити само ако се Месец, кад је у опозицији са Сунцем, налази у једном од чворова своје путање или ако је довољно близу тим чворовима; тако исто и помрачење Сунца може наступити само ако се Месец, кад је у конјукцији са Сунцем, у исто доба налази било у једном од чворова своје путање било у близини њиховој. Још су стари народи запазили, да се Месечева и Сунчева помрачења обнављају периодично после сваких 18 година и 11 дана. У року од годину дана могу се појавити највише 7 а најмање 2 помрачења.

Помрачење Месеца може бити или *потпуно* (тотално) или *делимично* (парцијално). Помрачење је тотално, кад цела



Сл. 26. — Делимично помрачење Сунца. Непомрачени део Сунчеве плоче види се као светао сри.

Месечева плоча потамни (в. сл. 25), а парцијално ако потамни само један њен део.

Било да је помрачење тотално или парцијално, помрачена Месечева плоча није никада тако тамна да је невидљива, она је готово увек црвенкасто обојена. Ова црвенкаста боја долази од Сунчевих зракова који, преломљени у Земљиној атмосфери, продиру у Земљину сенку и полусенку (в. сл. 25).

При помрачењу Месец најпре улази у полусенку па затим у сенку Земљину. Месечево помрачење траје најдуже 4 часа.

Помрачење Сунчево или је *потпуно* или *парцијално* или *прстенасто*. За она места на површини Земље, која додирује

врх од Месечеве сенке (в. сл. 24), помрачење је потпуно, док је за места преко којих прелазе Месечева полусенка помрачење парцијално. Прстенасто помрачење наступа место тоталног онда када само продужење Месечеве сенке иза њеног врха додирује земљу. Тотално помрачење Сунчево не може трајати више од осам минута. При тоталном помрачењу Сунчева плоча постаје потпуно невидљива (в. сл. 14.); при прстенастом невидљиви део окружен је једним светлим прстеном; при парцијалном помрачењу осветљени део види се као светао срп (в. сл. 26).

Напоследку треба нарочито нагласити, да се помрачени Месец, за сва места на Земљи за која је он у то време над хоризонтом, види на исти начин, док је помрачено Сунце за извесна места тотално (одн. прстенасто) помрачено, а за друга места парцијално помрачено.

12. Комете и метеори.

Комете или репатице називају се она небеска тела Сунчаног система која се виде на небеској сфери са дугачким репом. Само у близини Сунца комете имају реп, кад су далеко од Сунца без репа су. Поред репа свака комета има још два дела: светло округло *језгро* и магличасти *омошач* око језгра. Како је реп готово увек дат у правцу супротном Сунцу, то се закључује да је реп производ једне одбојне снаге чије је седиште у Сунцу и која се јавља само кад је комета довољно близу Сунца.

Комете се крећу око Сунца у разним временним периодама. Тако *Халејевој* комети (в. сл. 27) потребно је 76 година да обиђе једном око Сунца, док време оптицања *Енкеове* комете не износи више од три године и четирн месеца (на слици 31-ој имамо путање двеју комета, једне са дугом а друге са кратком периодом оптицања око Сунца).

Готово сваке ведре ноћи на појединим тачкама небеске сфере појављују се изненада звезде, које се за врло кратко време крећу по луковима највећих кругова небеске сфере остављајући за собом светао траг, па се затим потпуно гасе. То су *звезде падалице* (оне се зову тако зато што се у раније време држало да оне постају на тај начин што се од небеске сфере откидају саме звезде некретнице и падају наниже). Оне су у ствари ситна тамна тела, која се, спојена



Сл. 27. — Халејева комета у 1910-ој години.

у гомиле састављене из небројано много таквих тела, крећу у затвореним путањама око Сунца. Како се те путање пресецају са путањом Земљином, то та тела наилазе на Земљину атмосферу и у њој се, услед отпора ваздуха, угреју и усијају.

По правилу звезде падалице потпуно сагоревају у атмосфери Земљиној; али се каткад дешава, да не изгоре сасвим већ да, смањене, падају на површину Земљину. У овом случају оне се називају *метеорима*. Разликујемо две врсте метеора: *метеорско гвожђе*, чији је главни састојак гвожђе (пored гвожђа налазе се још и никал и кобалт), и *метеорско камење*. Метеори могу достићи тежину од 300 кгр. и више.

Међу периодичним ројевима звезда падалица од нарочитог су интереса ројеви тзв. *Перзејиди* и *Леонида*. Први се јављају ноћу од 10-ог до 12-ог августа и њихове лучне



Сл. 28. — Киша звезда падалица.

путање, довољно продужене, изгледа да полазе све од једне заједничке тачке (тзв. *зрачне тачке*), која се налази у сазвежђу Перзеја; док се други јављају ноћу 12-ог и 13-ог новембра, а зрачна тачка лежи им у сазвежђу Лава. Наведених датума августа и новембра настаје обично права киша од звезда падалица (в. сл. 28).



Сл. 29. — Зодијакална стетлост.

13. Зодијакална светлост.

У тропским пределима опажа се зими и у пролеће, по заласку Сунца на западном небу, а лети и у јесен пре изласка Сунца на источном небу, једна слабо светла купа чија је основица окренути Сунцу (в. сл. 29).

Како је ова светла купа нагнута на хоризонту а лежи у равни еклиптике (т. ј. у равни Зодијака), она је названа *Зодијакалном светлошћу*. У тропским пределима (у нашим пределима Зодијакална светлост може се само изузетно опазити) дешава се да се Зодијакална светлост види као читав појас на небеској сфери. Из овога се закључује, да та светлост долази од једног прстена састављеног из тамних малих тела која одбијају Сунчану светлост; тај би прстен био удаљенији од Сунца него што је Земља. Али тај закључак није поуздан, и права природа Зодијакалне светлости још је непозната.

14. Птолемејев систем света.

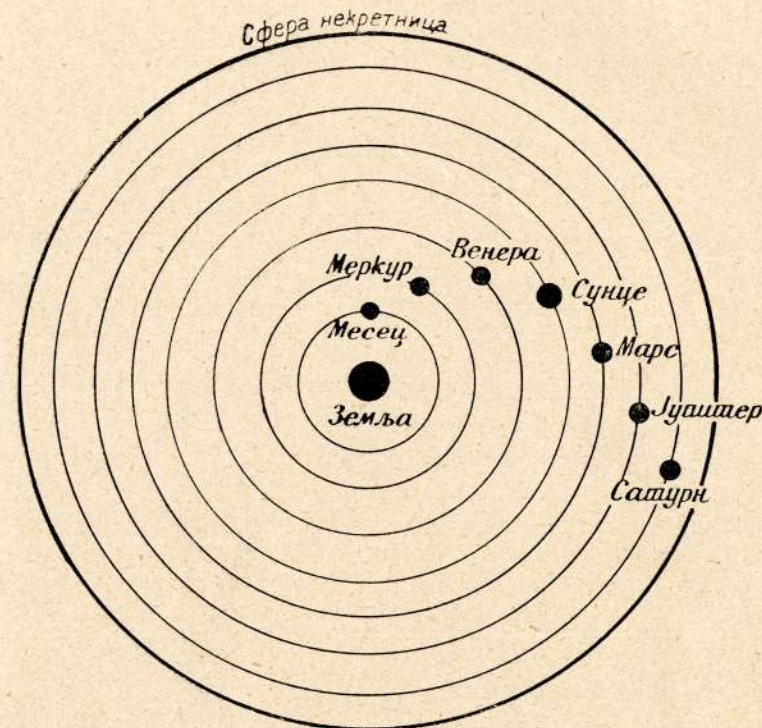
У ранијим параграфима (в. §§ 4, 5, 7 и 8) ми смо кретања небеских тела описали онако како се она опажају нашим чулима. Каква су та кретања у стварности, на то питање дата су у току историјског развоја Астрономије два различита одговора. Један одговор дао је грчки астроном *Птолемеј* (који је живео у Александрији у другом веку пре Христа); а други одговор дао је пољски астроном *Коперник* (који је живео у шеснаестом веку). Одговор Птолемејевог, а одговор Коперников под именом Коперниковог система света.

Птолемејев систем света састоји се у ова три основна тврђења:

1. Вациона је у своме простирању ограничена, њен крај сачињава сфера некретница која је материјалне природе, а њен центар је Земља;

2. Земља је непомицна, а око ње се крећу сва остала небеска тела, и то овим редом: најближи је Земљи Месец, затим долазе Меркур, Венера, Сунце, Марс, Јупитер, Сатурн и сфера некретница (в. сл. 30);

3. Путање небеских тела су потпуно кружне.



Сл. 30. — Птолемејев систем света.

15. Коперников систем света, Кеплерови закони и Њутнов закон гравитације.

Птолемејев систем света давно је напуштен. Наш данашњи систем засновао је, као што рекосмо, Коперник а допунили су га Кеплер (1571—1630) и Њутон (1643—1727).

Коперников систем света састоји се у ових пет основних тврђења:

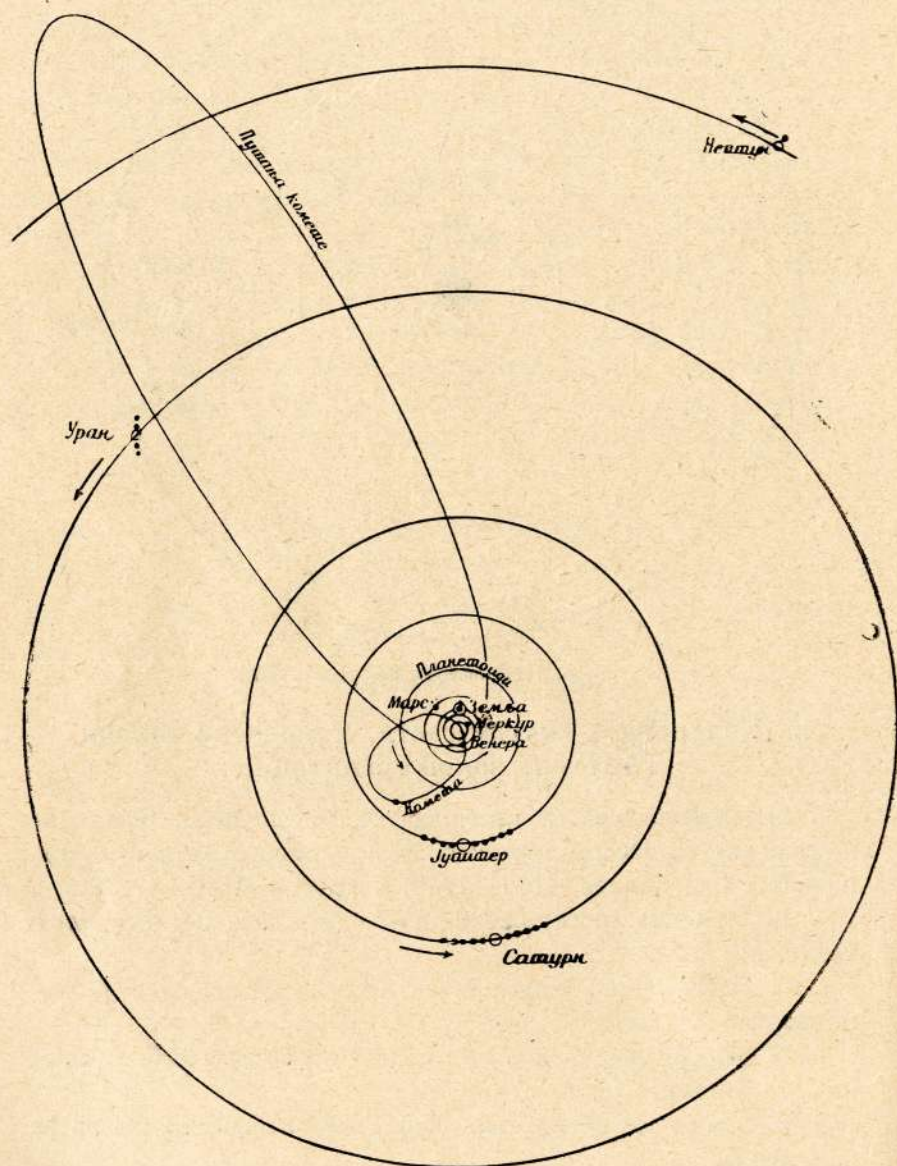
1. Вациона је безгранична, небеска сфера само је замишљена;

2. Звезде некретнице су Сунца, која се налазе на огромним растојањима једно од другог;

3. Земља се обрће око своје осе, а небеска сфера је непомицна;

4. Сунце је центар нашег Сунчаног система, око кога се крећу планете овим редом: Меркур, Венера, Земља, Марс, планетоиди, Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун (в. сл. 31);

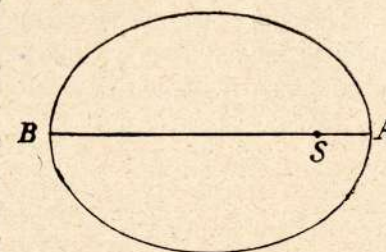
5. Путање планета су елипсе.



Сл. 31. — Коперников систем света. Планетама су додати, као прне тачке, њихови сателити.

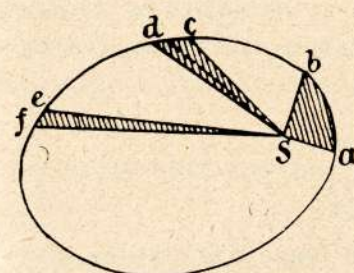
Ово последње тврђење заснива се на првом Кеплеровом закону, који у својој потпуности гласи овако: *пућање планета су елипсе у чијој се једној жижи налази Сунце* (в. сл. 32).

Једна планета најближа је Сунцу кад се налази у крајној тачки велике осе елипсине која је ближа жижи у којој је Сунце: тај се положај планете назива *перихел* (тачка *A* у сл. 32). А *најдаља* је кад се налази у крајној тачки велике осе елипсине која је даља од жиже у којој је Сунце: тај се положај планете назива *афел* (тачка *B* у слици 32).



Сл. 32. — Елипса нао путања планете. *AB*, велика оса; *S*, жижа у којој је Сунце; *A*, перихел; *B*, афел.

Други Кеплеров закон гласи: *погези (radii vectores) планетских пућања описују за једнака времена једнаке површине*.



Сл. 33. — Неједнако кретање планете по елипси. *S*, је жижа у којој је Сунце; *Sa*, *Sb*, *Sc*, *Sd*, *Se*, *Sf*, потези елипсе; *Sab*, *Sdc*, *Sef* једнаке површине; *ad*, *cd*, *ef*, неједнаки луци пређени у једнаким временима.

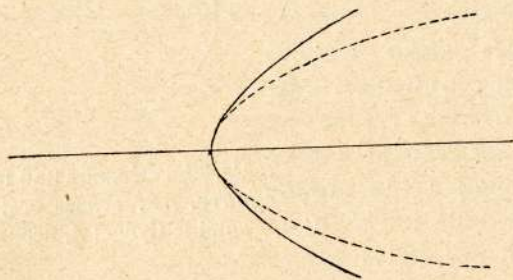
На основу овог другог закона мора планета на својој елиптичној путањи око Сунца да се креће све брже идући од афела ка перихелу, а све спорије идући од перихела ка афелу (в. сл. 33).

Трећи Кеплеров закон гласи: *квадрати времена планетских ошћинања око Сунца сразмерни су кубовима њихових средњих остојања од Сунца*. Ако времена за која две планете обилазе око Сунца означимо са t_1 и t_2 , а њихова средња остојања (средње остојање једне планете је аритметичка средина њеног највећег и најмањег остојања од Сунца) са r_1 и r_2 , онда се трећи Кеплеров закон изражава овом формулом: $t_1^2 : t_2^2 = r_1^3 : r_2^3$.

Из Кеплерових закона (нарочито из трећег Кеплеровог закона) извео је Њутон свој свеопшти закон гравитације који гласи: *привлачна снага двају тела ујавно је сразмерна њиховим масама а обрнуто сразмерна квадрату њиховог остојања*. Ако масе два тела означимо са m_1 и m_2 , њихово расто-

јање са r а привлачну снагу између њих са f , онда је Њутнов закон изражен овом математичком формулом: $f = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

Из свога закона гравитације извео је Њутн, да путања једног небеског тела у Сунчаном систему може бити не само елипса, него и парабола и хипербола (в. сл. 34).



Сл. 34. — Парабола и хипербола као путање комета.

И доиста није искључено да се извесне комете, које су само једанпут биле виђене, крећу по параболским и хиперболским путањама, које их као отворене изводе ван Сунчаног система.

Звезде.

16. Сазвежђа.

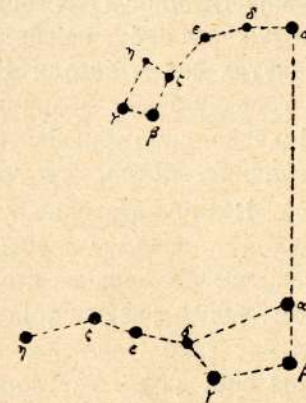
Као што смо раније поменули (види § 6), звезде се називају некретницама зато што не мењају свој узајамни положај на небеској сфери. Светлије међу њима могу се у мислима повезати правим линијама тако, да ове линије дају различне фигуре. Те фигуре потсећају каткада на разне познате живе и мртве предмете. Стога није чудо што су још од најстаријих времена звезде груписане у тзв. сазвежђа (констелације) којима су дата имена разних животиња и других предмета.

Најважнија сазвежђа на северној хемисфери ова су: *Мали Медвед* (или *Мала Кола*), сазвежђе у коме се налази Северњача, затим *Велики Медвед* (или *Велика Кола*), *Херкулес*, *Лири*, *Лабуд*, *Орао* и т. д.

На јужној хемисфери најважнија су сазвежђа: *Кенџаур*, *Лађа*, *Јужна Риба*, *Велики Пас* и т. д.

Има и сазвежђа која делимице спадају у једну а делимице у другу хемисферу. Таква су: већина сазвежђа зодијака, *Киш*, *Орион* и т. д.

При упознавању и проучавању сазвежђа северне хемисфере најбоље је поћи од Великог Медведа. То сазвежђе сачињавају у главном седам светлих звезда, од којих четири чине темена једног трапеза (то је труп Великог Медведа), а три једну изломљену линију тзв. реп Великог Медведа (в. сл. 35.). Када се права која спаја предње звезде трапеза, звезде обележене са α и β (главне звезде у сазвежђима обележавају се увек писменима грчке азбуке), продужи иза α тако да то продужење буде петоструко, наилази се на крајњу звезду у репу Малог Медведа, сазвежђа које је као и Велики Медвед састављено из седам слично поређаних звезда (види сл. 35.). Та је звезда обележена са α и названа је Северњачом, пошто се у близини њеној налази северни пол небеске хемисфере (упор. § 4.).



Сл. 35. — Сазвежђа Великог и Малог Медведа на северном небу.

17. Величина, даљина, кретање и физичка природа звезда.

Када се какве ведре ноћи на отвореном неосветљеном пољу погледа на небески свод, виде се многобројне звезде које сијају светлошћу разне јачине. За звезде које најјаче сијају каже се да сачињавају звезде *прве величине*; за звезде које после звезда прве величине најјаче сијају, каже се да спадају у звезде *друге величине* и т. д. На тај начин све звезде, које се виде голим оком на небеској сфери (а којих има око 6.000) подељене су, према јачини свога светлења, на шест класа. Инструментима се констатује несравњено већи број звезда (тај број иде на стотине милиона), и поред шест класа видљивих звезда постоје још четрнајест класа тзв. телескопских звезда. Тачна мерења јачине светлости звезда разне величине показала су, да звезде једне извесне величине сијају два и по пута слабије од звезда које спадају у претходну класу (тако звезде треће величине сијају два и по пута слабије од звезда друге величине, звезде друге величине два и по пута слабије од звезда прве величине).

Звезда прве величине има на целокупној небеској сфери око двадесет. Њима су дата нарочита имена: *Сиријус*, *Вега*, *Ценеб*, *Алдебаран*, *Алшаир*, *Аркшур* и *ш. д.* Сиријус у сазвежђу Великог Пса, које се у нашим пределима види зими на јужном небу, најсветлија је звезда прве величине. Од поменутих седам звезди Великог Медведа, шест су друге а δ у трапезу треће величине (в. сл. 35). Од седам звезда Малог Медведа само су две (α , Северњача, и β у трапезу) друге величине, остале су треће и четврте величине (в. сл. 35).

Величина звезда о којој је досад било говора преставља њихову *привидну величину*. Стварна величина једне звезде међутим не мора се поклапати са њеном привидном величином: једна звезда која сија слабом светлошћу може, ако је од нас јако удаљена, стварно бити много већа од звезде која сија јаком светлошћу, ако нам је ова последња много ближа. По својој стварној величини има звезда које су много веће од нашег Сунца (то су тзв. *циновске звезде*), али већина од њих мало одступају својом величином од величине Сунца.

Даљина звезда од Земље може се рећи да је неизмерно велика. То се види из ових цифара. Ако претпоставимо у мислима један брзи воз који би, пошав са Земље, ишао кроз васионски простор и дању и ноћу, без престанка, брзином од 100 км. на сат, таквом брзом возу требало би 150 дана да стигне до Месеца, 150 година да стигне до Сунца, а требало би му више од 30,000.000 година да стигне до најближе звезде. Даљина звезда одређује се на основу њихове паралаксе, а *паралакса* једне звезде то је угао под којим би се видео полупречник Земљине путање око Сунца, кад би био гледан са дотичне звезде (види о томе даље § 23). Тај је угао тако мали, да је за све звезде, чија је паралакса до сада одређена, испао мањи од 1". Звезда са највећом до сада нађеном паралаксом је тзв. *Проксима* у Кентауру. Њена даљина од Земље је толика да светлости, која у секунди прелази 300.000 км., треба нешто мање од четири године да доспе од ње до нас. Све су друге звезде даље од ње. Тако Сиријус је удаљен за нешто мање од девет светлосних година, Вега двадесет седам светлосних година и т. д.

Звезде некретнице нису некретнице у апсолутном смислу, т. ј. и оне се крећу на небеској сфери, само што то њихово кретање постаје осетно тек у дугим временим интервалима. Та тзв. *сопствена кретања* звезда тако су незнатна, да једно

од најбржих таквих кретања које је до сада утврђено (за звезду означену цифром 61 у сазвежђу Лабуда) не износи више од пет лучних секунда годишње, а то ће рећи, да таква једна звезда тек за сто година пређе на небеској сфери пут који је раван четвртини привидног пречника Месечеве плоче.

Звезде су небеска тела која сијају сопственом светлошћу као и Сунце. Док су за испитивање физичке природе Сунца дурбин и телескоп исто тако важни инструменти као и спектроскоп (апарат у коме се производи спектар једног светлосног извора), дотле је за испитивање физичке природе звезда спектроскоп једино помоћно средство. Ово зато што се и у највећим дурбинама и телескопима звезде опажају само као светле тачке, на којима се не могу констатовати никакве појединости.

На основу њиховог спектра звезде су подељене у ове три класе:

1. **Беле и плаве звезде.** Оне се налазе у усијаном стању високе температуре; у њиховој атмосфери преовлађује водоник а мало има металних пара; 60% звезда спадају у ову класу, од којих су најпознатије Сиријус, Вега, Алтаир и т. д.

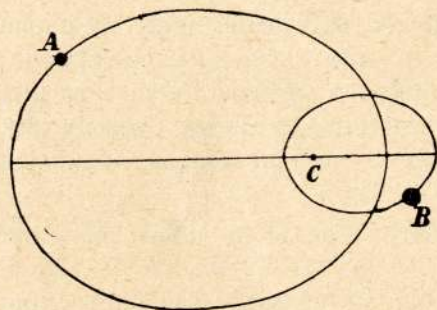
2. **Жуте звезде.** Температура њиховог усијаног стања већ је знатно нижа од температуре белих звезда; у њиховој атмосфери превлађују металне паре; 35% звезда спадају у ову класу, од којих су, поред нашег Сунца, најпознатије Арктур, Алдебаран, Северњача и т. д.

3. **Црвене звезде.** Температура њиховог усијаног стања већ је тако ниска, да се у њиховој атмосфери, поред металних пара, јављају и прва хемиска једињења (оксида и хидрокарбонска једињења); 5% звезда спадају у ову класу од којих су најпознатије *Бетелџезе* (у сазвежђу Оријона) и *Антарес* (у сазвежђу Скорпије).

Међу звездама од нарочитог су значаја тзв. *променљиве и нове звезде*. И једне и друге разликују се од обичних нормалних звезда тиме што мењају своју привидну величину, само што то променљиве звезде чине периодично а нове звезде изненада и један једини пут. У најпознатије променљиве звезде спада *Алгол* (у сазвежђу Персеја), који у року од три дана од звезде друге величине постаје звездом слабијом од звезде треће величине и поново се враћа звезди друге величине. Једна од по времену последњих нових звезда појавила се је у сазвежђу Орла ноћу између 7-ог и 8-ог јуна 1918

год.: од звезде десете величине, дотле видљиве само у дурбину, она је наједанпут постала звезда прве величине, а већ после двадесет дана спала на звезду четврте величине, да после извесног времена постане поново за голо око невидљива.

Има звезда које, гледане голим оком, изгледају једноставне али их дурбин раставља у две, три или више зезда које су близу једна другој. То су твз. *двојне, тројне и многоструке звезде*. Може се



Сл. 36. — Елиптичне путање једног двојног звезданог система. А и В су две звезде некретнице; С је заједничка жижа обе елипсе и заједничко средиште око кога се крећу обе звезде.

десити, да две звезде изгледају у дурбину близу једна другој а да су у ствари јако удаљене једна од друге и да нема никакве физичке везе међу њима (то су твз. *оптичке двојне звезде*). За већину двојних звезда међутим утврђено је, да су звезде у њима у физичкој вези једна с другом (то су *физичке двојне звезде*); та се физичка веза састоји у томе што се обе звезде крећу

у елиптичким путањама око једног заједничког средишта (в. сл. 36.), при чему звезда с мањом масом има већу елиптичку путању од звезде с већом масом. Оваква једна двојна звезда преставља дакле један *двојни звездани систем*.

Поред двојних постоје и тројни и вишеструки звездани системи.

Од физичких двојних звезда најпознатије су *Мизар* (ζ) у Великом Медведу, α у Теразијама, β у Лабуду, β у Скорпији и т. д.

18. Звездане гомиле и маглине.

На небеској сфери опажају се, голим оком и у инструментима, групе многобројних звезда које називамо *звезданим гомилама*. Постоје две врсте звезданих гомила: *отворене и округле*. За једну звездану гомилу кажемо да је отворена кад је састављена из одвојених звезда, али звезда које чине једну физичку целину: типичан пример једне такве звездане гомиле су *Влашићи* (*Плејаде*) у сазвежђу Бика.



Сл. 37. — Звездана гомила у сазвежђу Херкулеса.

Голим оком у Влашићима се виде шест звезда, а у повећим инструментима око 400: све те звезде чине једну звездану групу зато, што све имају сопствена кретања истог правца и обима.

Много интересантније од отворених су округле звездане гомиле. Типичан пример једне такве гомиле имамо у звезданој гомили у сазвежђу Херкула (в. сл. 37.): у обичним дур-

бинима та гомила изгледа као беличаст округласт облачак, док се у великим инструментима виде хиљаде изолираних звезда. Те звезде су све гушће распоређене што се од периферије иде ближе ка центру, а све ређе идући од центра ка периферији. Већ сам тај распоред показује, да имамо посла са једном физички повезаном групом звезда.

Поред звезданих гомила на небеској сфери опажају се и беличасти облаци, који се ни у највећим инструментима



Сл. 38. — Маглина у Оријону. Престављана онако како се види у повећим дурбинима.

не дају да раставе у одвојене звезде: та небеска тела називамо *маглинама*. Постоје три врсте маглина: *дифузне* маглине, *планетарне* маглине и *спиралне* маглине. Дифузним маглинама називамо оне маглине које су неправилног облика. Типичан пример једне такве маглине имамо у великој маглини у Оријону, која се у повећим дубинама види онако како је представљена у слици 38.

Планетарним називамо маглине које су правилног облика, обично округле или елиптичне: типичан пример једне такве маглине је тзв. прстенаста маглина у сазвежђу Лире (в. сл. 39.).



Сл. 39. — Прстенаста маглина у сазвежђу Лире. Између светлог спољњег прстена и светле звезде у средишту маглине налази се таман простор.

Напоследку спиралне маглине су маглине које имају облик спирале: типични примери тих маглина су маглина у Андромеди (в. сл. 40.), која се опажа и голим оком (само што се голим оком не види њена спирална структура), и маглина у сазвежђу Ловачких Паса (види сл. 41.).

Спектрална анализа показује, да су дифузне и планетарне маглине састављене из гасовите материје која је у јако

разређеном стању, док би спиралне маглине могле бити стварно и звездане гомиле, само звездане гомиле тако далеке да се ни највећим инструментима не дају раставити у поједине звезде из којих су састављене.



Сл. 40. — Спирална маглина у Андромеди. Завијутци спирале полазе с једног (доњег) краја маглине и леже сви у истој равни.

19. Млечна путања и систем некретница.

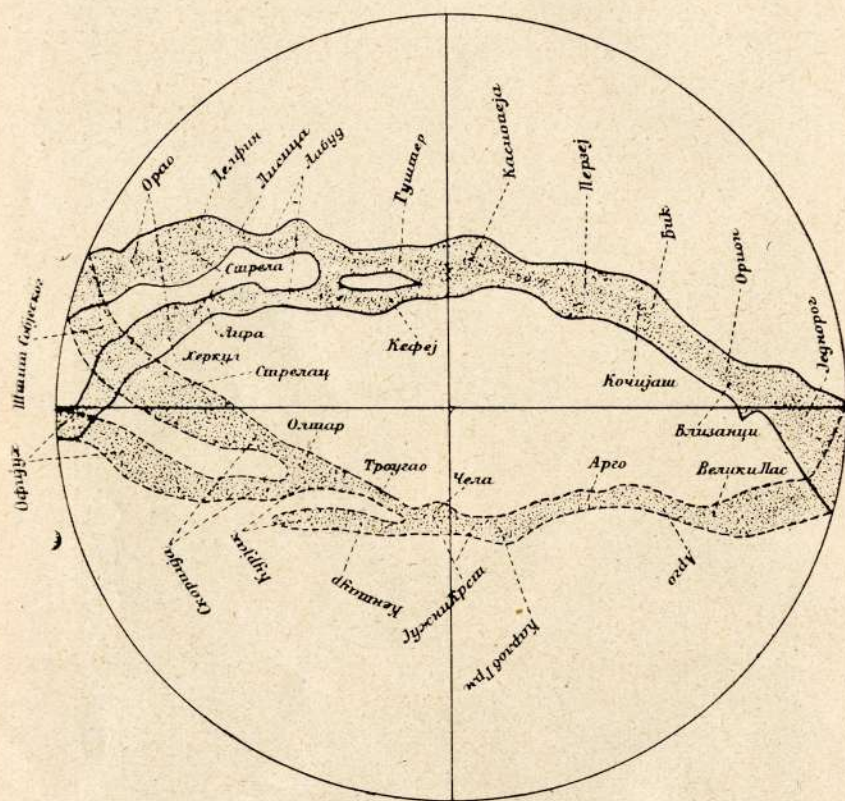
Млечном ђушањом (или Кумовом Сламом) називамо онај светли појас на небеској сфери који се у ведрим ноћима види поред звезда и који се као затворен прстен простира преко целе небеске сфере (в. сл. 42.).



Сл. 41. — Спирална маглина у сазвежђу Ловачки Пси. Завијутци спирале полазе с два супротна краја маглине.

У повећим дурбинама тај се појас раставља у мноштво ситних одвојених звезда, али местимице има у њему и правих маглина. Из тога се закључује да је млечна путања једна

огромна звездана гомила састављена из стотинама милиона звезда, које су све поређане у близини једне равни, која пролази, као раван највећег круга, кроз средину прстена (та се раван назива *раван млечне путање* или *галактичка раван*). Управна на тој равни, продужена довољно с обе њене стране, сече небеску сферу у тачкама које се називају *полови млечне*



Сл. 42. — Млечна путања на небеској сфери. Средиште круга, који представља небеску сферу, означава у исто доба и северни и јужни пол те сфере (северни пол има да се замисли изнад а јужни испод равни слике); на слици су означена имена сазвежђа северне и јужне хемисфере, кроз која пролази млечна путања.

путање. Како раван млечне путање пролази близу полова небеске сфере (в. сл. 42.), то полови млечне путање леже далеко од полова небеске сфере (један од тих полова је у сазвежђу „Коса Береничина“ а други у сазвежђу Кита).

Раван млечне путање аналога је равни еклиптике у Сунчаном систему. Као што се равни путања разних планета и њихових сателита у Сунчевом систему поклапају готово потпуно са равни Земљине путање, тако се по аналогiji закључује, да се и све звезде млечне путање, пошто се све налазе у близини њене равни, морају кретати око једног заједничког средишта, само што то средиште није, као у Сунчаном систему, у једном великом централном небеском телу, већ је тај центар једна „замишљена“ тачка (као у двојним звезданим системима).

Али не само да звезде, које сачињавају млечну путању, представљају један велики физички звездани систем, него и све остале звезде, које на небеској сфери леже ван млечне путање, припадају такође том истом систему. Тај се закључак изводи из њиховог распореда на небеској сфери. Број звезда наине постаје све мањи што се од равни млечне путање иде ближе њеним половима, тако да у близини самих полова тај број спада на минимум.

Али не само да све звезде (па и наше Сунце) спадају у систем млечне путање, него и звездане гомиле и дифузне и планетарне маглине припадају томе систему. Звезданих гомила наине има све више што се од полова млечне путање приближујемо њеној равни, а дифузних и планетарних маглина готово и нема ван млечне путање. Само спиралних маглина има више ван млечне путање него у самој млечној путањи. Стога многи астрономи закључују да су спиралне маглине засебни системи некретница, слични нашем систему млечне путање, који само услед своје неизмерне удаљености (која износи на хиљаде светлосних година) изгледају као релативно мали небески објекти.

ОСНОВИ МАТЕМАТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ.

Облик и величина Земље.

20. Докази да Земља има облик кугле.

Да Земља има облик кугле, за то се тврђење дају навести следећих седам доказа.

1. Доказ на основу кружног облика хоризонта.

Магде се на површини Земљиној налазио посматрач, његов ће видик бити увек кружна површина а његов хоризонт потпун круг (упор. § 2). Пошто је кугла једини геометријски облик, на чијој би површини посматрач увек имао око себе кружан хоризонт, то и Земља мора имати облик кугле.

Да Земља не може бити пљосната раван коначних димензија, слеђује из тога што тада хоризонт за посматрача, који би се налазио близу њених крајева (крајних ивица), неби био више кружан.

А да Земља не може бити пљосната раван која нигде нема краја (т. ј. раван чије би димензије биле бесконачне) слеђује из 5-ог доказа, који ћемо ниже навести. На таквој равни истина да би хоризонт, као и на површини кугле, био (услед ограничености нашег вида) за посматрача увек кружан, али пошто је Земљина површина (на основу 5-ог доказа) несумњиво коначних димензија, то из округлине хоризонта слеђује да Земља може имати само облик кугле.

2. Доказ на основу повећавања обима видина и хоризонта.

Што год се тачка стојишта посматрачевог налази на већој висини над површином Земљином, његов видик биће све већи својом површином а његов хоризонт све већи својим обимом (в. сл. 43). Кад би Земља била пљосната раван, полупречник видикове кружне површине остајао би за посматрача при његовом пењању у висину исти. Из тога што се тај полупречник, с пењањем посматрача у висину, повећава у свима

правцима слеђује, да је Земљина површина испупчена у свим правцима, што ће рећи да је њена површина површина кугле.

Ако у слици 43 полупречник EC видика означимо са r , висину стојишта AB са h , а полупречник Земљине кугле OB са R , из слике се да извести да је $r = \sqrt{2Rh}$. Ако ставимо $R = 6370$ км (о величини Земљиног полупречника види идући параграф), а $h = 1$ м, биће полупречник $r = \sqrt{2 \cdot 6370 \cdot 0,001} = 3,57$ км. За висину од h метара биће према томе $r = 3,57 \sqrt{h}$ км. Ако се узме у обзир и преламање Сунчевих зракова у атмосфери, услед којег се вредност од r повећава, биће $r = 3,84 \sqrt{h}$ км.

На основу формуле $r = 3,57 \sqrt{h}$ км, израчунато је да је:

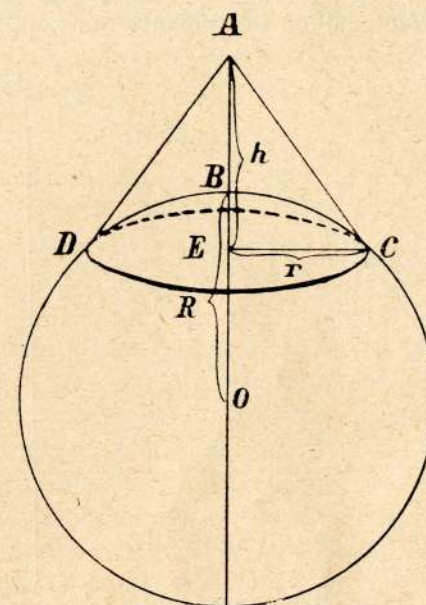
за $h = 5$ м.,	$r = 8$ км.
„ $h = 100$ м.,	$r = 36$ км.
„ $h = 300$ м.,	$r = 61$ км.
„ $h = 1$ км.,	$r = 113$ км.
„ $h = 5$ км.,	$r = 252$ км.

и т. д.

Напоследку треба још споменути, да се с пењањем посматрача у висину не само повећава обим хоризонта, него да се повећава и видљиви део небеске сфере: звезде које су биле испод хоризонта постају видљиве над хоризонтом.

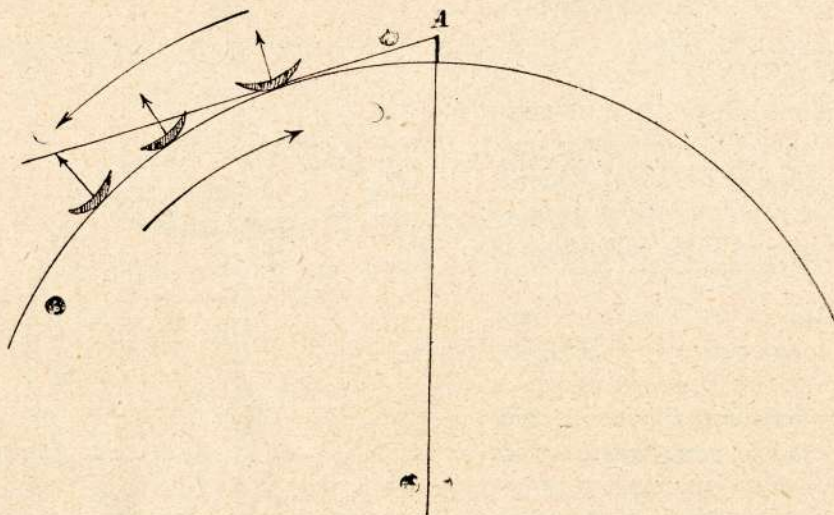
3. Доказ на основу појављивања и ишчезавања предмета на хоризонту.

Кад би Земља била пљосната раван, предмети би се истина при удаљавању (нашем од њих или њиховом од нас) смањивали, али би се, докле год се виде, видели цели. Према томе обрнуто, ако се предмети при удаљавању не виде цели, Земља не може бити пљосната раван. И доиста кад се лађа



Сл. 43. — Видик и хоризонт гледани са висине. А, тачка стојишта на висини $AB = h$ над површином Земљином; $EC = r$ полупречник видика; круг који пролази кроз тачке D и C (нацртан у облику елипсе) представља хоризонт; $BO = R$, полупречник Земљине кугле.

на морској пучини удаљава од обале, за гледаоца на обали најпре ишчезава на хоризонту труп од лађе, затим средина катарке, па напоследку њен врх (в. сл. 44). И обрнуто, кад се лађа на морској пучини приближава обали, гледалац на обали најпре ће опазити на хоризонту врх од катарке, затим



Сл. 44. — Појављивање и ишчезавање предмета на хоризонту. А, тачка у којој се налазе очи гледаоца.

њену средину и напоследку труп од лађе, односно целу лађу (в. сл. 44). Пошто се предмети на хоризонту при удаљавању постепено појављују и ишчезавају на хоризонту у свима правцима на исти начин, то се из тога мора закључити, да је Земљина површина испупчена у свима правцима на исти начин, а то може бити само ако Земља има облик кугле.

4. Доказ на основу кружног ограничења Земљине сенке при Месечевим помрачењима.

При помрачењима Месеца сенка Земљина, која прелази преко Месеца (упор. § 11 и сл. 25), увек је ограничена једним кружним луком, ма у које време дана да се помрачење деси. Како само једно кугласто тело, у макоме положају да се налази, даје увек једну кружно ограничену сенку, то из чињенице кружно ограничене сенке при Месечевим помрачењима следује, да Земља мора имати облик кугле.

Истина да би, и кад би Земља била заокругљена пљосната раван, њена сенка на Месечевој површини могла, у

извесним положајима њеним, бити и кружно ограничена, али то неби могло увек бити случај. Тако исто, пошто је Месец и сам једно кугласто тело, и кад би Земља била једна пљосната раван ограничена *правим* ивицама, њена би сенка на Месечевој површини у извесним случајевима могла бити кружно ограничена, али опет то неби увек био случај.

5. Доказ на основу путовања у истом правцу.

Кад се на површини Земљиној путује стално у истом правцу, долази се поново на место поласка, и то тако бива па ма у ком се правцу путовало. Из тога следује да Земља мора имати облик кугле, јер су само на кугли све линије истог правца затворене.

Овај доказ има у толико мању вредност од осталих, што је путовање у једном истом правцу на Земљиној површини практично тешко извести у разним правцима, пошто се при таквом путовању наилази на разне сметње (брегови, непроходни предели и т. д.). Али што овај доказ несумњиво утврђује то је, да је Земљина површина коначних димензија, јер се само на површини коначних димензија може путовањем у истом правцу доћи поново у место поласка.

6. Доказ на основу путовања на Север и Југ, Исток и Запад.

Кад се, пошавши из наших предела, путује на површини Земљиној све даље и даље у правцу Севера, опазиће се да Северњача има све већу висину над хоризонтом, да све већи број звезда, које дотле нису биле циркумполарне, постају циркумполарним звездама, и да на јужној страни хоризонта звезде у близини хоризонта, које су биле видљиве, постају невидљиве. Ако пак путујемо у јужном правцу, висина Северњаче над хоризонтом постајаће све мања, тако исто и број циркумполарних звезда постајаће постепено све мањи, док ће се на јужној страни хоризонта све већи број нових звезда јављати над хоризонтом. Сличне појаве констатоваће путник који јужно од екватора буде путовао на површини Земљиној у правцу јужном и северном.

Кад би Земља била пљосната раван, висина Северњаче над хоризонтом при путовањима на Север и на Југ остала би увек иста, пошто би правци у којима је видимо на небеској сфери, услед неизмерно велике даљине њене од Земље, били сви паралелни. Из истог разлога неби се опазиле никакве промене ни код других звезда у њиховом односу према хо-

ризонту. Како се пак такве промене опажају како у висини Северњаче тако и у односу других звезда према хоризонту, то из тога следује, да Земља не може у правцу Север—Југ бити пљосната, већ да у томе правцу мора имати кривину. Али ако би Земља само у томе правцу имала кривину онда би она имала облик ваљка а не кугле. Путовања у правцу источном и западном наводе нас даље на закључак, да Земљина површина мора бити закривљена и у томе правцу.

Ако будемо наине путовали у источном правцу, Сунце ће се све раније рађати на хоризонту, све ће раније кулминovati и све раније залазити. Ако смо напр. пошли из Београда са часовником који је показивао 12 часова када је у Београду било подне, наћићемо да је, на том часовнику који смо понели из Београда, 11 часова пре подне кад је у Харкову подне, пошто у Харкову Сунце читав сат раније кулминује него у Београду. Исто тако и звезде ће се све раније рађати на источној страни хоризонта, све ће раније кулминovati и све ће раније залазити на западној страни хоризонта, што будемо даље путовали у источном правцу.

Ако пак будемо путовали у западном правцу, Сунце ће се све доцније рађати на хоризонту, све ће доцније кулминovati и све ће доцније залазити. Ако смо напр. пошли из Београда са часовником на коме је било 12 часова у подне, наћићемо да наш часовник показује један час по подне кад је у Паризу подне, пошто у Паризу Сунце кулминује читав час доцније него у Београду. Исто тако и звезде ће се све доцније рађати на источној страни хоризонта, све ће доцније кулминovati и све ће доцније залазити на западној страни хоризонта, што будемо даље путовали у западном правцу.

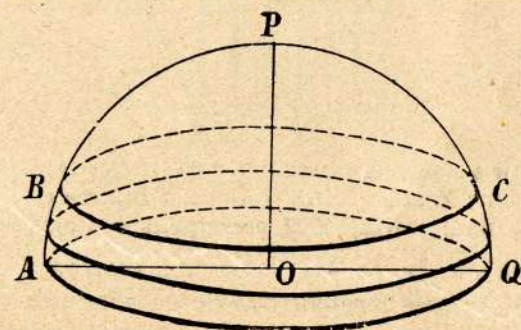
Кад би Земља била једна пљосната раван, Сунце и звезде рађали би се, кулминovali би и залазили за сва места на површини Земљиној у исто време. Пошто ово последње није случај, то из тога следује, да Земљина површина мора имати кривину у правцу Исток—Запад. А како је Земља закривљена и у правцу Север—Југ, то она мора имати облик кугле.

Овај шести доказ има се сматрати као најочигледнији од свих наведених доказа и као доказ који несумњиво утврђује, да Земља мора бити кугласта.

У вези са овим шестим доказом стоји и разлика у изгледу небеске сфере која се констатује при путовањима на површини Земљиној од екватора на Север и на Југ. У том

погледу разликујемо три врсте небеске сфере: *паралелну*, *управну* и *косу* небеску сферу.

Паралелна небеска сфера постоји за посматрача на половима Земљиним (в. сл. 45.). Тако за посматрача, који би се налазио на северном полу, Северњача би се налазила у зениту, пошто северни пол лежи у продужењу светске осе (која пролази кроз полове и средиште Земљино) и пошто је, услед кугластог облика њеног, сваки пречник Земљин управан на хоризонту оних места на Земљиној површини кроз која пролази (одн. које спаја). Даље, за таквог посматрача небески екватор се поклапа са привидним (и правим)



Сл. 45. — Паралелна небеска сфера. *O*, тачка стојишта; круг који пролази кроз тачке *A* и *Q* представља хоризонт и екватор; круг који пролази кроз тачке *B* и *C* представља повратник; *P*, пол.

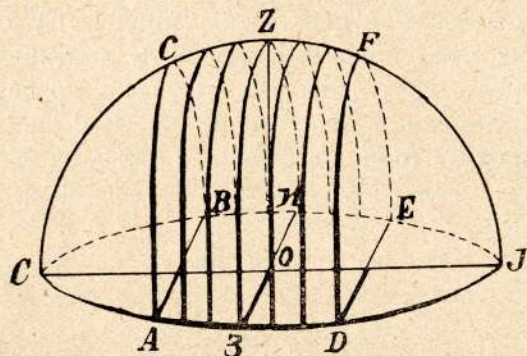
хоризонтом, услед чега се од небеске сфере опажа само једна (северна) хемисфера. Све су звезде за таквог посматрача циркумполарне (т. ј. не залазе никако) и све се крећу у круговима *паралелним* са хоризонтом, услед чега се небеска сфера (односно хемисфера) у овом случају и назива паралелном. Напослетку за таквог посматрача јужни пол ће се налазити у надиру. Обрнуто, за посматрача на јужном полу, северни ће се пол налазити у надиру а јужни у зениту и само звезде јужне небеске хемисфере биће видљиве.

Управна небеска сфера постоји за посматрача на екватору (в. сл. 46).

За таквог посматрача очевидно да ће небески екватор бити управан на хоризонту и пролазити кроз зенит, док ће се оба пола налазити у самом хоризонту. Паралелни кругови небеске сфере, у којима се крећу звезде, стајаће сви *управно* на хоризонту (са чега се небеска сфера у овом случају и назива управном сфером), и стога ће све звезде за време од

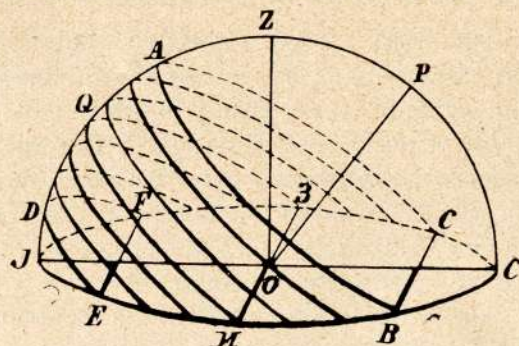
24 часа бити видљиве над хоризонтом и код сваке од њих биће лук дневног круга над хоризонтом једнак са луком испод хоризонта.

Косом небеском сфером назива се небеска сфера за сваког посматрача на површини Земљиној који се налази између



Сл. 46. — Управна небеска сфера. *O*, тачка стојишта; *ИЈ,З,С*, стране света на хоризонту; *Z*, зенит; *ИЗЗ*, екватор; *ABC*, северни; *DEF*, јужни повратник; полукруг *CZJ*, посматрачев је меридијан.

екватора и полова (в. сл. 47). Тако за посматрача на северној Земљиној хемисфери северни пол ће се налазити на извесној висини над хоризонтом између хоризонта и зенита, а небеска оса сећи ће се под *косим* углом са равни привидног хоризонта. Стога ће се како небески екватор тако и небески



Сл. 47. — Коса небеска сфера. *O*, тачка стојишта; *ИЈ,З,С*, стране света на хоризонту; *Z*, зенит; *P*, пол; *ИЗQ*, екватор; *ABC*, северни; *DEF*, јужни повратник; полукруг *CZJ*, представља посматрачев меридијан.

паралелни кругови сећи под *косим* углом са хоризонтом (са чега се небеска сфера у овом случају и назива косом). За таквог посматрача све ће звезде северне небеске хемисфере бити видљиве а такође и један део од звезда јужне небеске

хемисфере. Обрнуто, за посматрача на јужној Земљиној хемисфери који се налази између јужног пола и екватора, све ће звезде јужне небеске хемисфере бити видљиве а такође и један део звезда северне небеске хемисфере.

7. Доказ на основу аналогije са другим небеским телима.

Као што је познато, Месец и Сунце опажају се као кугласта тела и у обичнијим дурбинама (Месец се види као потпуна кугла кад је у фази Пуног Месеца). Тако исто и извесне од планета (Венера, Марс, Јупитер и Сатурн) опажају се у повећим дурбинама као кугласта тела. Како је Земља једна од планета, то следује да ће и она (као и све остале планете Сунчаног система) имати облик кугле.

Наравно да је овај доказ, као и сваки други доказ по аналогiji, само вероватан. Он је међутим утолико вероватнији што се не позива само на кугласти облик Сунца и Месеца (одн. небеских тела уопште) него и на кугласти облик планета, т. ј. небеских тела у које спада и Земља.

21. Величина и прави облик Земље.

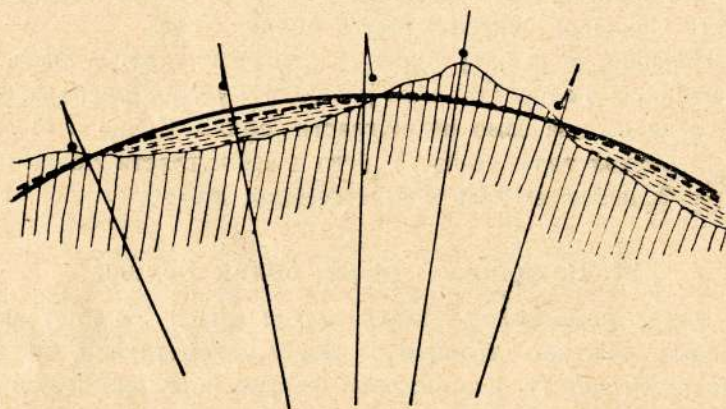
Земља нема облик потпуне кугле него је спљоштена на половима, или, као што се изражавају математичари, она има облик *елипсоида* (т. ј. просторне фигуре која постаје обртањем елипсе око једне од своје две осе).

Да је Земља спљоштена на половима, доказано је на основу мерења величине меридијанског степена на разним географским ширинама. Та су мерења наине показала, да је меридијански степен (т. ј. лук од једног степена на меридијанском кругу) све већи што се од екватора иде даље ка половима. Док дужина меридијанског степена у непосредној близини екватора (т. ј. дужина меридијанског лука између екватора и првог степена географске ширине) износи $110 \frac{1}{2}$ км., дотле та дужина у непосредној близини пола (т. ј. дужина меридијанског лука између 89° и 90° географске ширине) износи скоро 112 км.

На основу ових мерења израчунато је, да обим меридијанског круга Земљиног елипсоида износи 40.009.000 м., док је обим екватора 40.077.000 м. Одавде следује, да половина велике осе Земљиног елипсоида износи 6378 км. а половина његове мале осе 6357 км., да је дакле ова друга за 21 км. краћа од оне прве (или, друкчије речено, да је спљоштеност

Земљиног елипсоида изражена разломком $\frac{1}{300}$, тачније $\frac{1}{297}$). Даље следује да површина Земље износи 510.082.000 км., а да је њена запремина нешто више од једног билиона кубних километара.

Спљоштеност Земљина на половима (односно њена испупченост на екватору) релативно је тако мала, да Земљин елипсоид мало *одступа* од потпуне кугле. То се да увидети на следећи начин. Ако бисмо пред собом имали једну куглу чији би полупречник износио три десиметра, онда ће таква кугла представљати Земљин елипсоид ако будемо њен велики полупречник смањили само за један милиметар. Неравнине на површини Земљиној представљају још мања одступања



Сл. 48. — Геоид као прави облик Земљин.

Линија ————— представља површину елипсоида
 " - - - - - " " " геоида
 " ————— " " стварну неравну површину Земљину.

од облика потпуне кугле него спљоштеност на половима, пошто највиши врх на површини Земљиној не достиже ни девет километара висине над морском површином. Јер тек на једној кугли, чији би полупречник износио седам десиметара, овај би врх био представљен једним милиметром. Практично узев, Земља се може дакле сматрати као потпуна кугла. У том случају њен полупречник (а то је полупречник кугле која има запремину Земљиног елипсоида) износи 6370 км. (ово је тзв. средњи полупречник Земље). Ако се међутим хоће математички тачно да одреди Земљин облик, онда Земља нема ни облик елипсоида. При одредби математички тачног облика Земље, коме је дато име *геоид*, не узимају се у обзир стварне неравнине копна, него се полази од површине мора,

која се замишља да је продужена испод копна тако да сва мора сачињавају један једини океан који одасвуд опкољава Земљу. Површина овог полу-замишљеног океана одступа од површине елипсоида (и представља површину геоида). Услед привлачне снаге континенталних маса површина замишљеног океана била би *виша* у близини тих маса од површине елипсоида, а далеко од ње она је *испод* те површине. Стога површина геоида представља једну неправилно искривљену површину таласастог облика, каква се види на сл. 48. За геоид се каже да представља прави облик Земљин.

Стварна кретања Земљина.

22. Докази за обртање Земљино око осе.

Као небеско тело, односно као планета Сунчаног система, Земља има два стварна своја кретања: она се обрће око своје осе за 24 часа (то се њено кретање назива *ротација*) и она се креће око Сунца у року од годину дана (ово се кретање назива *револуција*). Поред ова два основна кретања, Земља има и једно треће важно кретање: то је колебање њене осе, које се да раставити на две компоненте, назване *прецесија* и *нуџација*.

Ми ћемо у овом параграфу изложити најважније доказе за обртање Земљино око осе. Тих доказа има седам, и они се деле у две групе. Прва два доказа сачињавају групу тзв. *астрономских*, а осталих пет групу *физикалних* доказа. Разлика међу њима је ова. Док се астрономски докази позивају на чињенице које су ван Земље, које се односе на небеска тела, дотле се физикални докази позивају на чињенице које се налазе на самој Земљи и које би доказивале обртање њено око осе и онда када не бисмо опажали звезде (то би био напр. случај када би наша атмосфера била стално испуњена густим облацима). Ми ћемо у следећем говорити најпре о астрономским па онда о физикалним доказима (који су важнији од првих).

1. Доказ на основу привидног кретања небеске сфере оно Земље.

Кад би привидно кретање небеске сфере око Земље одговарало стварности, онда би се тако огромна небеска тела као што су (Сунце и) звезде кретали око малене Земље, а то

је невероватно. Осим тога, услед велике удаљености њихове од Земље, небеска тела би се морала кретати огромним брзинама да би за 24 часа обишла око Земље, што је такође невероватно. Много је простије и према томе природније претпоставити, да се сама Земља обрће за 24 часа око своје осе од Запада на Исток, а да ми, становници на њеној површини, опажамо то њено кретање као кретање небеске сфере око ње у супротном правцу (од Истока на Запад). Ми бисмо најме могли само онда констатовати да се Земља креће а да звезде стоје, кад бисмо се могли толико удаљити у васионски простор да видимо и целу Земљу и звезде. Овако за нас стално постоји она иста илузија кретања, која настаје када се возимо лађом па њено кретање изгубимо из вида а обратимо пажњу на обалу реке по којој лађа плива: у том случају опажамо како се обала креће у супротном правцу.

2. Доказ на основу аналогije са другим небеским телима.

Месец, Сунце и од планета Марс, Јупитер, Сатурн и Уран обрћу се несумњиво око својих оса. Како је и Земља само једна планета, то се по аналогiji са другим небеским телима да закључити са вероватношћу, да се и она обрће око своје осе. Овај закључак постаје још вероватнијим када се узме у обзир, да се привидно дневно кретање звезда да објаснити и претпоставком обртања Земљиног око осе. Први астрономски доказ за обртање Земљино око осе јак је дакле појачан овим другим доказом и обрнуто.

3. Доказ на основу спљоштености Земљине на половима.

На основу оба до сад наведена астрономска доказа да се само са великом вероватноћом закључити, да се Земља обрће око своје осе. Тај закључак постаје потпуно сигуран тек на основу физикалних доказа које ћемо сада изложити. Први од ових физикалних доказа је доказ на основу спљоштености Земљине на половима.

Та спљоштеност могла је најме постати само тако што је се Земља: 1. налазила раније у течно-усијаном стању и 2. што се као таква обртала око своје осе. Познато је из Механике да се једна течна кугла, која се обрће око осе, мора, услед центрифугалне силе, да спљошти на својим половима. Из спљоштености Земљине на половима следује дакле, да је се она, док је била течна, обртала око своје осе. А како нема никаквог разлога претпоставити, да је она, услед тога што

јој је кора очврсла, престала да се обрће око осе, то из спљоштености њене на половима закључујемо, да се Земља и данас обрће око своје осе.

4. Доказ на основу опадања тене услед центрифугалне силе.

Да би се разумео овај други физикални доказ за обртање Земљино око осе, треба разликовати ова четири могућа случаја:

1. Земља је потпуна кугла и не обрће се око осе;
2. Земља је потпуна кугла и обрће се око осе;
3. Земља је спљоштена на половима и не обрће се око осе, и
4. Земља је спљоштена на половима и обрће се око осе.

Прва три случаја су замишљена да би се разумео четврти, стварни случај.

У првом случају тежа би на површини Земљиној била свуда исте величине, јер у том случају сва би места на површини Земљиној била подједнако удаљена од њеног средишта (у коме је усредсређена сва њена привлачна снага) а неби било никакве центрифугалне снаге која би смањивала тежу.

У другом случају би, услед центрифугалне снаге, тежа била мања на екватору него на половима и опадала би стално идући од полова екватору.

У трећем случају би, услед веће близине полова центру Земљиним, опет, као и у другом случају, тежа на половима била већа од теже на екватору.

У четвртом (стварном) случају, који у себи уједињује други и трећи случај, тежа на половима такође је већа од теже на екватору. Али пошто се у овом случају Земља не само обрће око осе, него је и спљоштена на половима, разлика у величини теже на половима и на екватору већа је него што би то био случај било да се Земља обрће око осе а да је потпуна кугла (други случај), било да је спљоштена на половима а да се не обрће око осе (трећи случај). Како се из мерењима утврђене спљоштености Земљине на половима да израчунати за колико би тежа на половима била у овом последњем случају (т. ј. у случају да се Земља не обрће око осе) већа од теже на екватору, и како се даље налази, да је разлика између теже на екватору и теже на половима у ствари још већа, то се закључује, да Земља мора бити не само спљоштена на половима него да се мора и обртати око

своје осе. Величина убрзања, које тежа придаје телима при њиховом слободном падању, износи на екватору 9,78 м. у секунди, на половима 9,83 м. у секунди, тежа је дакле за 52 мм. већа на половима него на екватору. Кад би Земља била само спљоштена на половима а неби се и обртала око своје осе, та би разлика износила само 18 мм. у секунди; из тога што је та разлика још за 34 мм. већа закључујемо, да се Земља мора обртати око своје осе (одн. да центрифугална снага причињава овај вишак разлике).

5. Доказ из источног скретања при слободном падању тела.

Противници обртања Земљиног око осе тврдили су пре Коперника, да је то обртање немогуће просто зато што би при њему тела, која на површини Земљиној слободно падају, морала изостајати иза Земље и према томе скретати у западном правцу. Коперник је први увидео да такво скретање не мора постојати, пошто Земља својом тежом приморава како атмосферу тако и сва друга тела на њеној површини и у близини те површине да се заједно са њом обрћу око њене осе. Западно скретање тела при слободном падању не може дакле постојати.

Њутн је међутим први, на основу закона Механике, извео да услед обртања Земљиног око осе мора постојати не западно него *источно* скретање тела при слободном падању. То се извођење Њутново да укратко изложити овако.

Ако са извесне висине над површином Земљином (нпр. са какве високе зграде, в. сл. 49) будемо спустили једно тело да слободно на ниже пада, оно неће пасти у потпуно вертикалној линији, већ нешто источније од подножја вертикалне линије.

Да је тело остало на врху зграде у тачци *a* оно би се, услед обртања Земљиног око осе, после извесног времена (времена које је протекло од почетка до свршетка пада), налазило у тачци *b* описавши лук *ab*. Подножје *c* вертикалне линије, која тачку *a* спаја са средиштем Земљиним *O*, описује за то исто време лук *cd* (тако да вертикална линија *bd* такође пролази кроз средиште Земље). Како је лук *ab* већи од лука *cd*, то је почетна брзина тела у тачци *a* већа од почетне брзине тачке *c*. Како тело у тачци *a* задржава при слободном падању, по закону инерције, своју почетну брзину, то ће се оно кретати по дијагонали паралелограма чија ће

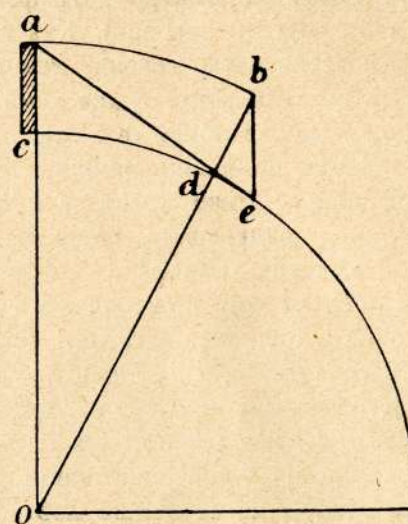
једна страна бити лук *ab* (који би тело прешло кад би се, оставши у тачци *a*, кретало почетном брзином коју, услед ротације Земљине, има у тачци *a*) а друга страна вертикална линија *ac* (коју би тело прешло кад би на њега дејствовала само тежа непомицне Земље). Тело ће дакле при слободном падању прећи путању *ae* и пасти у тачку *e*, која за раздаљину *de* лежи источније од тачке *d*, у којој је подножје вертикалне линије *ac* (која се померила услед обртања Земљиног око осе).

Да доиста постоји источно скретање тела при слободном падању, то је утврђено експерименталним путем (тако са висине од 116 м. то скретање износи 3 см.), а како је оно могуће само ако се Земља обрће око своје осе, то се из његове егзистенције закључује на егзистенцију овог обртања.

На половима нема источног скретања, а оно је највеће на екватору.

6. Доказ из правца пасатних ветрова.

Да би се разумео овај доказ треба пре свега утврдити да једно место на површини Земљиној има, при њеном обртању око осе, све већу брзину што је ближе екватору, а све мању што је ближе половима. При обртању Земљином око осе полови се очевидно никако не крећу, пошто сама оса обртања пролази кроз њих, док ће тачке на екватору имати да пређу највећи пут, а све мањи круг имаће једна тачка на површини Земљиној да пређе што је одговарајући паралелни круг ближи половима. Док брзина кретања једне тачке на екватору износи 465 м. у секунди, дотле се тачка на 48° географске ширине креће брзином од 310 м., на 60° брзином од 233 м. и т. д.



Сл. 49. — Источно скретање тела при слободном падању. *a*, врх зграде; *c*, подножје вертикалне линије *ac*; *ab* и *cd*, луци које описују тачке *a* и *c* при обртању Земљином око осе; *d*, подножје вертикалне линије *bd*; *ae*, путања тела при слободном падању; *de*, источно скретање.

Као што је познато, услед разлике у ваздушном притиску постоје у ниским слојевима атмосфере стални ветрови који дувају из виших географских ширина ка екватору (то су тзв. пасатни ветрови). Кад се Земља неби обртала око осе, пасатни ветар северне хемисфере имао би правац Север-Југ, а пасатни ветар јужне хемисфере правац Југ-Север. Али како се Земља обрће око осе, пасатни ће ветрови прелазити из предела површине Земљине који се спорије крећу у пределе који се брже крећу, а како они при томе, по закону инерције, задржавају своју мању брзину, то ће пасатни ветар северне хемисфере скретати на Запад (јер ће изостајати иза предела који брже од њега измичу у источном правцу), а то исто биће и са пасатним ветром јужне хемисфере. Стога ће изгледати, као да први долази са североистока, а други са југоистока, тако да место северног имамо североисточни, а место јужног југоисточни пасат. Како доиста пасатни ветрови дувају у североисточном и југоисточном правцу, то из тога следује да се Земља мора обртати око своје осе.

7. Доказ на основу Фуколтовог огледа са клатном.

Најочитији физикални доказ за обртање Земљино око осе је Фуколтов оглед са клатном. Али то је у исто доба и доказ који је за разумевање најтежи.

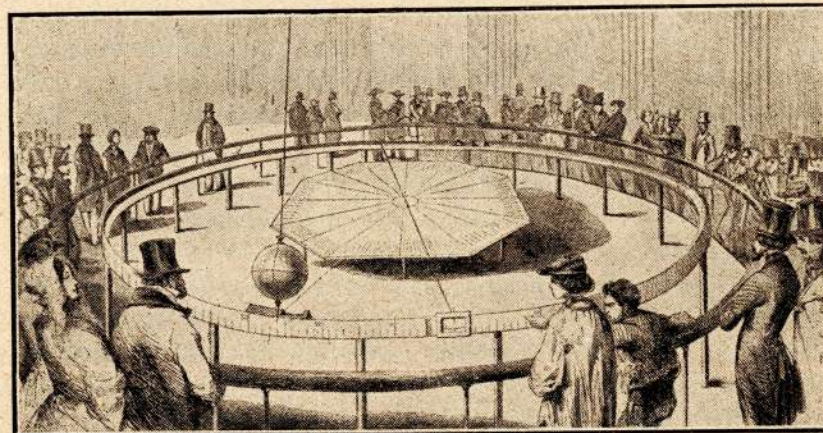
Као што је познато из Физике клатно се, на основу закона инерције, мора увек клатити у истој равни (друкчије речено, раван његовог клаћења мора остати непроменљива). С друге стране опет, француски физичар Фуколт показао је једним својим огледом (који се укратко назива Фуколтов оглед са клатном), да раван клаћења клатна не остаје непроменљива, већ да она око вертикалне линије, која пролази кроз тачку вешања, описује за извесно одређено време потпун круг (друкчије речено, раван клаћења изводи за дотично време једно потпуно обртање око вертикалне линије као осе).

Свој оглед извео је Фуколт први пут 1852 год. у великој дворани Пантеона у Паризу (в. сл. 50).

Његово клатно имало је дужину од 60 м. а завршавало се куглом тешком од 23 килограма, која је на ниже имала врх од челика. Овим врхом клатно је, у свом мирном положају, додиривало једну тачку око које је као средишта описан круг чија је периферија била посута слојем песка. Кад је клатно пуштено да се клати, његов челични врх упи-

сивао је у овом песку бразда које су, продужене, пролазиле све кроз средиште круга. Раван клатна непрестано се је померала у правцу *И. Ј. З.* (т. ј. супротно стварном обртању Земљином око осе) док није за време од 32 часа (тачније $31^{\circ} 47' 14''$) описала цео круг и вратила се у свој првобитни положај.

Фуколтов оглед да се једино објаснити претпоставком да се Земља обрће око своје осе. Најлакше је то увидети кад се у мислима пренесемо на један од полова Земљиних. Изведен напр. на северном полу, Фуколтов би нам оглед по-



Сл. 50. — Фуколтов оглед са клатном.

казао да раван клаћења клатна описује за 24 часа цео круг. Пошто је наине пол непомичан, раван клаћења клатна задржава исти положај у објективном простору, док се околне тачке Земљине површине обрћу за 24 часа око Земљине осе. Пошто ми ово последње кретање не можемо опазити, то ће за наше чулно опажање изгледати обрнуто као да раван клаћења клатна мења свој положај према површини Земљиној. И према томе ће раван клаћења клатна за наше опажање описати за 24 часа један цео круг око вертикалне линије која пролази кроз клатно у његовом мирном положају (и која се за клатно на половима поклапа са осом око које се Земља обрће).

Изведен на екватору Фуколтов оглед неће дати никакав резултат, т. ј. раван клаћења клатна неће показати никакво померање. Зашто на екватору нема тога померања да се не-

посредно увидети само у најпростијем случају, када се наимераван клаћења клатна налази у равни самог екватора. Пошто раван клаћења клатна, продужена, пролази кроз средиште Земљино, а то је исто случај и са равни екватора, то је очевидно, да ће се раван клаћења клатна у овом случају и зачулно опажање увек налазити у равни екватора и ако тачка вешања клатна помера своје место у објективном простору. Већ је теже увидети зашто раван клаћења клатна не мења свој положај ни у случају кад се она налази у равни меридијана дотичног места на екватору: то у овом случају бива опет зато што раван клаћења клатна, продужена, пролази кроз средиште Земљино, а и одговарајућа меридијанска раван, и ако се помера у објективном простору, пролази такође кроз средиште Земљино. А у случају када је положај равни клаћења на екватору кос у односу на екваторску и меридијанску раван, раван клаћења клатна остаће зато непроменљива што се клаћење клатна да раставити на две управне компоненте чије се равни поклапају са екваторском и меридијанском.

Док раван клаћења клатна у Фуколтовом огледу описује на половима један цео круг у току од 24 часа, а на екватору никако не мења свој положај, дотле она мења свој положај на свима осталим местима на површини Земљиној (на местима која леже између екватора и полова) тако да описује цео круг у временним периодама, које су све веће од 24 часа што год је дотично место даље од пола а ближе екватору. Тако на местима која леже на 10° географске ширине раван клатна описује цео круг тек за 5 дана 22 часа и 50 минута; на местима која се налазе на 30-ом степену та периода износи два дана; у Београду би износила 34 часа; у Петрограду 28 часова и т. д.

Како се промена равни клаћења клатна у Фуколтовом огледу да објаснити једино претпоставком да се Земља обрће око своје осе, то Фуколтов оглед доказује на несумњив начин, очито, да ово обртање доиста и постоји.

23. Докази за кретање Земљино око Сунца.

Да привидно годишње кретање Сунца на небеској сфери долази од стварног кретања Земљиног око Сунца у року од године дана, за то тврђење дају се навести следећа три доказа.

1. Доказ на основу објашњења привидног кретања планета.

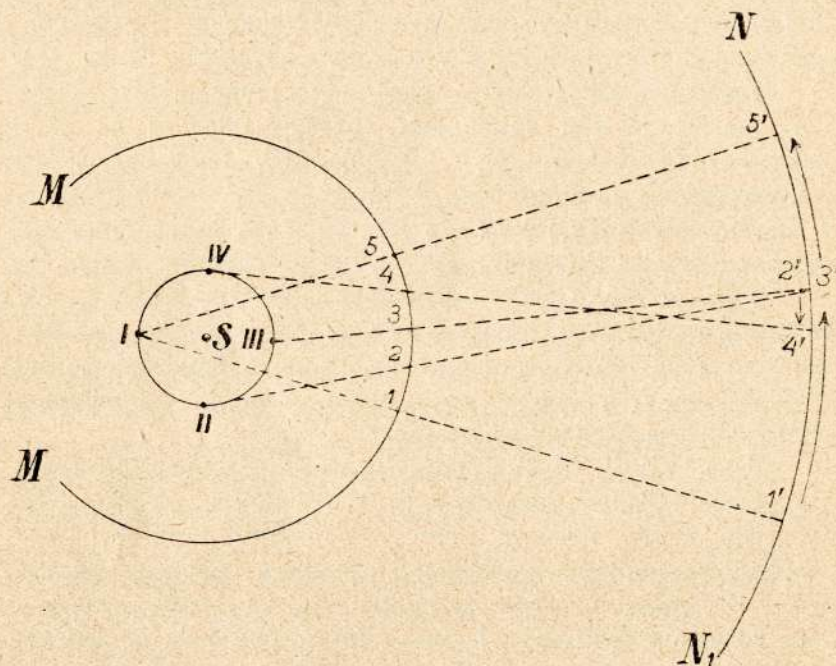
Из § 9-ог знамо, да планете при своме привидном кретању на небеској сфери показују извесне особености којих нема у привидном кретању Сунца и Месеца. Поред прогресивног кретања у источном правцу планете показују регресивно кретање у западном правцу и застајање у стационарним тачкама, при чему постају завијутци у њиховим путањама (в. сл. 15).

Чињеница регресивног кретања и стационарних тачака одн. завијутака при привидном кретању планета да се у Птолемејевом систему (в. § 14) објаснити само на основу компликованих претпоставки о кружним путањама планета. У Коперниковом систему (в. § 15) она следује из самог годишњег кретања Земљиног око Сунца на следећи начин.

У сл. 51 S је Сунце, мали круг је путања Земље, лук MM_1 представља део кружне путање једне горње планете (елиптичка путања представљена је, ради упрошћености, као кружна), лук NN_1 део небеске сфере на коју се пројцира горња планета гледана са Земље.

Нека су I, II, III, IV четири положаја Земље на њеној путањи око Сунца, тада ће 1, 2, 3, 4, 5 бити одговарајући положаји горње планете (при чему положај I одговара положају Земљином у I, а положај 5 завршном положају Земљином у I). Слика показује да ће се, кад се Земља налази у свом почетном положају у I, горња планета опазити на небеској сфери у тачци 1'. Кад се Земља буде налазила у положају II, горња планета ће се на небеској сфери опазити у тачци 2'; прогресивном кретању Земљином на луку између I и II одговараће дакле прогресивно кретање планете на луку небеске сфере између 1' и 2'. Али кад се Земља буде налазила у положају III, горња планета опет ће се на небеској сфери опазити у тачци 2', што значи да је, док се Земља прогресивно кретала на луку између положаја II и III, горња планета остала на небеској сфери *стационарна* у тачци 2'. Кад даље Земља буде дошла у положај IV, горња планета ће се на небеској сфери опазити у тачци 4', тако да ће прогресивном кретању Земљином на луку између III и IV одговарати *регресивно* кретање горње планете на луку између 2' (одн. 3') и 4'. Напоследку кад се Земља поново нађе у положају I, горња планета ће се на небеској сфери видети у тачци 5', тако да ће прогресивном кретању Земљином на луку између IV и I одговарати поново прогресивно кретање горње планете на

луку небеске сфере између $4'$ и $5'$. Као што се види из сл. 51, регресивно кретање горње планете на небеској сфери настаје онда када се одговарајући луци њене и Земљине путање (луци III-IV и 3-4) налазе на истој страни у односу на Сунце. Привидно регресивно кретање горње планете настаје



Сл. 51. — Објашњење привидног кретања једне горње планете. S, Сунце; мали унутрашњи круг представља путању Земљину са положајима I-IV; лук MM_1 , део кружне путање једне горње планете; лук NN_1 , део небеске сфере; 1-5, положаји горње планете на њеној путањи; $1'-5'$, положаји горње планете на небеској сфери.

у овом случају услед тога што се Земља на својој путањи креће брже него горња планета на својој, тако да ова последња привидно изостаје иза оне прве.

Слично објашњењу привидног кретања горњих планета на небеској сфери објашњава се у Коперниковом систему и привидно кретање доњих планета. Завијутци у привидним путањама планета (в. сл. 15) настају једно услед кретања Земљиног око Сунца а друго и услед нагиба планетских путања на равни Земљине путање.

Чињеница завијутака представља, као и чињеница стационарних тачака и регресивног кретања, несумњив доказ за кретање Земљино око Сунца.

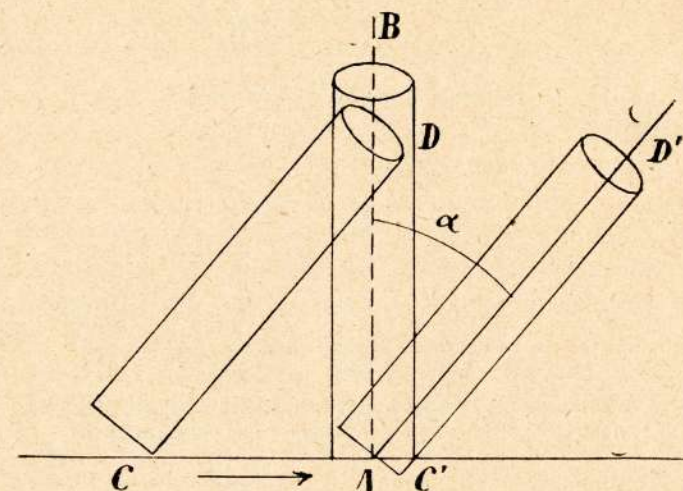
2. Доказ на основу аберације светлости.

Пажљивим посматрањем утврђено је, да све звезде некретнице описују око свога правога положаја на небеској сфери малене елипсе чија велика полуоса не износи више од 20 лучних секунда.

Овај појав долази од тзв. аберације светлости, која настапа услед кретања Земљиног око Сунца.

Аберација светлости значи привидно оступање светлости од њеног простирања у правој линији. Да би се увидела нужност тога оступања при посматрању звезда дурбином, послужићемо се једним простијим случајем у коме имамо слично привидно скретање од праве линије.

Ако пустимо да кроз једну вертикално постављену цев (в. сл. 52) падају капљице од воде, онда ће, пошто капљице падају вертикално, оне паралелно дуваровима цеви доспевати

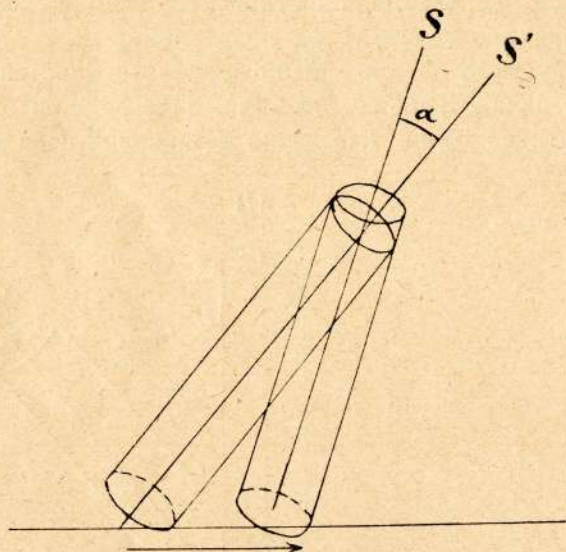


Сл. 52. — Падање капљица кроз цев. AB, цев у вертикалном положају; CD и C'D', нагнута положаји цеви; α , угао нагиба цеви.

до дна њеног док се год цев буде налазила у миру (т. ј. у положају AB). Будемо ли пак покренули цев, онда је морамо очевидно за извесан угао нагнути да би капљице могле да дођу до њеног дна (т. ј. морамо је најпре довести у положај CD па затим кретањем у положај C'D', в. сл. 52). У овом случају капљице ће привидно долазити из правца који заклапа извесан угао са вертикалним правцем, а тај ће угао бити раван углу за који смо нагли цев. Овај угао зависиће

с једне стране од брзине кретања капљица а с друге стране од брзине кретања цеви. Познато је да морамо кад се крећемо у киши, да не бисмо покисли, кишобран све више нагињати пред собом што се брже будемо кретали.

Слично томе мора и посматрач на Земљи, који у извесном правцу управља цев свога дурбина на једну звезду, услед кретања Земљиног око Сунца нагнути за извесан угао цев свога дурбина у правцу кретања Земљиног, да би светлосни зрак од звезде, који је доспео у објектив дурбина, могао доспети и у његов окулар (в. сл. 53). Стога посматрач



Сл. 53. — Абериција светлости. Дурбин у положају S помера се у положај S' ; α , угао кога заклапају ова два положаја.

на Земљи неће видети звезду на њеном правом месту, већ ће му она за извесно мало лучно одстојање изгледати померена. Како Земља на својој затвореној путањи око Сунца непрестано мења правац свога кретања, то ће и посматрана звезда непрестано одступати у другом правцу од свога правог места и стога ће у току од године дана описати око тога места једну затворену привидну путању.

Детаљније разматрање, у које овде не можемо улазити, показало би нам да је (услед тога што је затворена Земљина путања готово кружна) затворена привидна путања звезде, која наступа услед абериције светлости, потпун круг за звезде које се налазе у близини еклиптикиних полова, права линија

за звезде које се налазе у равни саме еклиптике, а елипса за све остале звезде.

Лучко остојање, за које звезда изгледа померена са свога правог места (односно са места на коме би се видела кад би Земља била непомицна), одговара углу за који је дурбин морао, услед кретања Земљиног, да буде нагнут (то је тзв. *аберициони угао*), а величина тога угла зависи с једне стране од брзине светлости а с друге стране од брзине Земљиног кретања око Сунца. Како она прва брзина износи 300.000 километара у секунди, а друга 30 км. у секунди, то се, на основу математичке формуле за аберициони угао, изводи раније наведена вредност за величину тога лучног одстојања.

Затворене привидне путање, које звезде некретнице описују око свога правог места на небеској сфери услед абериције светлости, престављају директан доказ за кретање Земљино око Сунца, пошто абериција светлости неби била могућа ако ово последње кретање неби постојало.

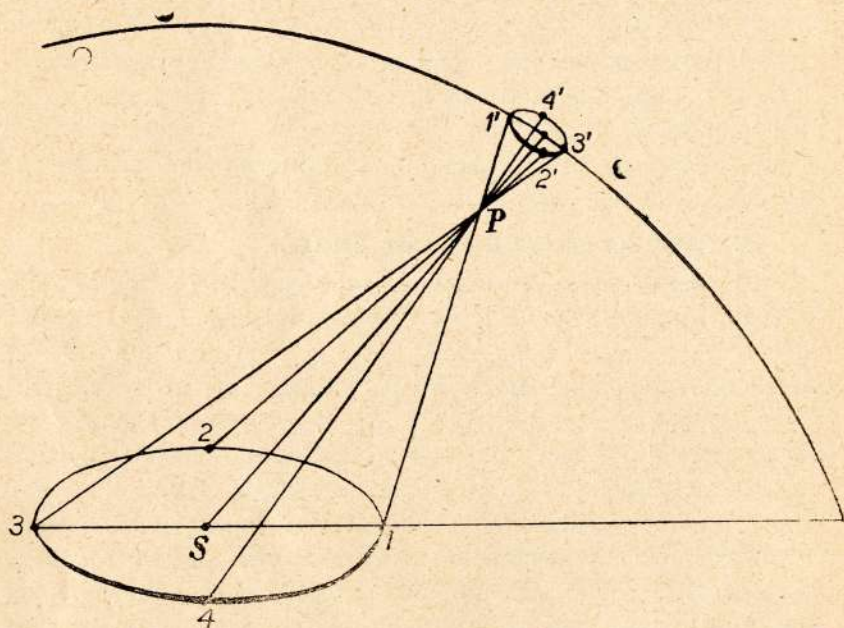
3. Доказ на основу паралаксе звезде.

Даљину небеских тела Сунчаног система од Земље (т. ј. даљину Месеца, Сунца и планета) израчунавамо на основу њихове тзв. *дневне паралаксе*, а то је угао под којим би се видео полупречник Земљин гледан са дотичног небеског тела. Тако паралакса Месеца износи $57'$, а паралакса Сунца $8,8''$. Звезде немају дневне паралаксе, друкчије речено, њихова даљина од Земље тако је велика да би се Земља и са најближе од њих видела као проста математичка тачка. Звезде (и то само неколике најближе) показују међутим тзв. *годишњу паралаксу*, а то је угао под којим би се видео полупречник Земљине путање око Сунца када би био гледан са дотичне звезде (упор. § 17).

Чињеница да бар неке од некретница показују годишњу паралаксу, преставља један нов доказ за кретање Земљино око Сунца. Ако се наиме Земља креће око Сунца, једна и иста некретница, гледана са Земље у разним положајима ове последње на њеној путањи око Сунца (в. сл. 54), неће се (ако није одвећ удаљена) видети на истом месту на небеској сфери, већ ће око свога правог места описати једну малу затворену путању. Кад се Земља буде на својој путањи око Сунца налазила у тачци 1, некретница P опазиће се на небеској сфери у тачци $1'$, кад се Земља буде налазила

у тачци 2 некретница ће се видети у тачци 2', кад се Земља буде налазила у тачци 3 (која преставља другу крајњу тачку њеног пречника 3-1), звезда је у 3' и т. д. Угао SP_1 представљаће годишњу паралаксу звезде и његова величина биће изражена лучном величином полупречника привидне годишње путање звезде на небеској сфери (ову путању називамо *паралактичном* путањом њеном).

Као што је аберациона привидна путања једне звезде различна према томе, да ли се ова последња налази у близини еклиптиких полова, у равни еклиптике или између



Сл. 54. — Паралактична путања једне звезде на небеској сфери. S, Сунце; P, звезда некретница; 1-4, положаји Земљине на њеној путањи; 1'-4', одговарајући положаји звезде на небеској сфери.

ове равни и њених полова, тако је исто и паралактична привидна путања једне звезде кружна у близини полова еклиптике, права линија у равни еклиптике а елипса између еклиптике и њених полова. Али док је полупречник аберационе привидне путање једнак за све звезде и износи око 20'', дотле је полупречник паралактичне привидне путање њихове (од паралакса једне звезде) различан за различне звезде и, као што знамо (в. § 17), мањи од једне секунде.

Као и претходни доказ, и овај доказ за кретање Земљице око Сунца на основу паралаксе некретница преставља директан доказ за то кретање.

24. Облик Земљине путање око Сунца и нагиб њене осе на равни путање.

Познато нам је из § 7-ог, да се привидна кружна путања Сунчева на небеској сфери назива *еклиптиком* и да се еклиптика и небески екватор секу под углом од $23\frac{1}{2}^\circ$ (овај се угао назива *косина еклиптике*).

Кад би Птоlemeј имао право, т. ј. кад би се Сунце стварно кретало око Земље а Земља била непомицна (или би се обртала само око своје осе), онда бисмо се морали питати, какав је стварни облик Сунчеве путање око Земље. На то питање могао би се дати само следећи одговор: тај облик неби био круг већ елипса, у чијој би се једној жижи налазила Земља.

На тај закључак морали бисмо доћи из истог оног разлога из којег смо за стварну путању Месечеву око Земље морали тврдити да је елипса у чијој се једној жижи налази Земља: наиме из разлога што се привидни пречник Месечев мења за време његовог привидног кретања на небеској сфери (упор. § 10). И Сунце тако исто мења свој привидни пречник за време свог привидног годишњег кретања на небеској сфери. Тај је пречник највећи око 1-ог јануара и износи 32' и 36''; а најмањи је око 1-ог јула када износи 31' 32''. Око 1-ог Јануара Сунце је најближе, а око 1-ог Јула најдаље од Земље: на елипси као стварној путањи Сунчевој Сунце би се око 1-ог Јануара налазило у *перигеуму* у односу на Земљу, а око 1-ог Јула у *апогеуму* (упор. одговарајуће изразе за Месечеву елиптичну путању у §-у 10-ом).

Али како се, стварно узев, не креће Сунце око Земље, већ Земља око Сунца, то се из тога, што би стварна путања Сунчева око Земље морала бити елипса у чијој би се једној жижи налазила Земља, изводи закључак да је стварна путања Земљина око Сунца елипса у чијој се једној жижи налази Сунце, закључак који одговара првом Кеплеровом закону за кретање планета (упор. § 15 и сл. 32). Апогеуму елиптичке путање Сунчеве одговара *афел* елиптичке путање Земљине, а перигеуму елиптичке путање Сунчеве *перихел* елиптичке

путање Земљине (в. сл. 55). Правац кретања Земљиног на њеној стварној елиптичкој путањи исти је какав би био правац кретања Сунца на његовој елиптичкој путањи (одн. какав је правац његовог привидног годишњег кретања на небеској сфери), а то је од Запада на Исток. Раван обе елиптичке путање је иста, а та раван у исто је доба и раван привидне путање Сунчеве на небеској сфери (друкчије речено, привидна путања Сунчева није ништа друго до највећи круг у коме раван стварне Земљине путање, продужена, сече небеску сферу). Стога се назив еклиптика, који у првом реду обележава привидну путању Сунчеву, преноси и на стварну елиптичну путању Земљину око Сунца, тако да се еклиптиком назива и сама стварна путања Земљина око Сунца, а њена раван (која пролази кроз средиште Сунца и Земље) назива се *раван еклиптике*.

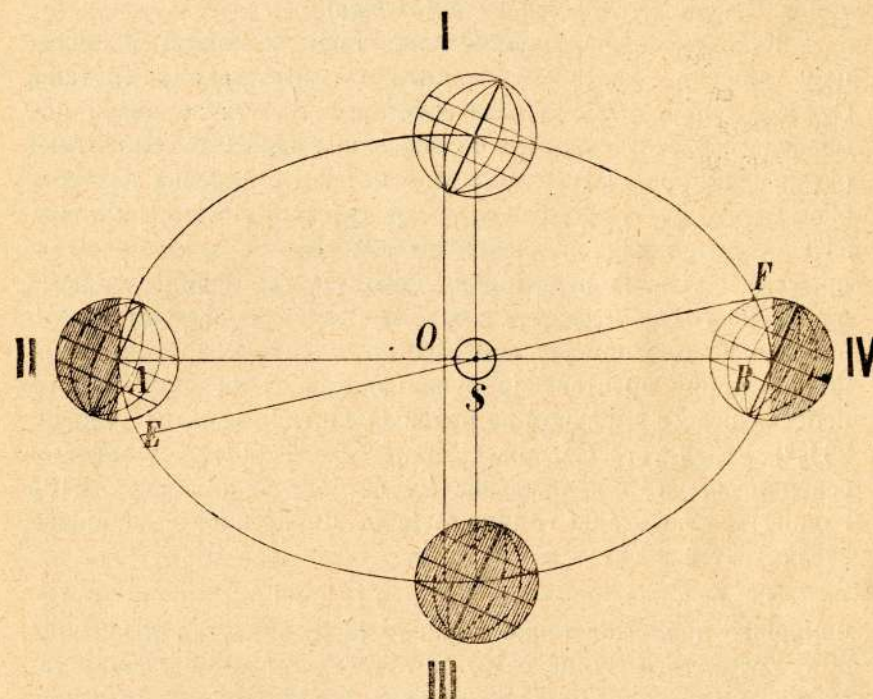
Из тога што еклиптика као привидна путања Сунчева заклапа угао од $23\frac{1}{2}^{\circ}$ са небеским екватором изводимо закључак, да раван еклиптике као стварне путање Земљине око Сунца заклапа са равни Земљиног екватора угао од $23\frac{1}{2}^{\circ}$. А одатле следује даље да је оса око које се обрће Земља (а која се поклапа са осом око које се привидно обрће небеска сфера око Земље) за $66\frac{1}{2}^{\circ}$ нагнута на равни еклиптике као стварне путање Земљине око Сунца.

При кретању Земљином око Сунца оса око које се она обрће задржава увек исти положај, т. ј. сви су правци те осе при томе кретању међу собом паралелни. На то закључујемо из тога што у року од године дана полови небеске осе не мењају свој положај на небеској сфери.

Тачке на стварној путањи Земљиној, у којима се налази средиште Земљино 21-ог Марта и 23-ег Септембра, називају се *еквинокцијалним* тачкама; а тачке у којима се на тој путањи средиште Земљино налази 22-ог Јуна и 21-ог Децембра *солстиционим* тачкама: те четири тачке престављају четири главна положаја Земљина на њеној путањи (в. сл. 55). Права линија која спаја еквинокцијалне тачке назива се *еквинокцијалном*, а права линија која спаја солстиционе тачке *солстиционом линијом* (в. сл. 55). Права линија која спаја перихел са афелом назива се *линијом апсида*. Ова линија заклапа са солстиционом линијом угао од 11° (в. сл. 55).

У перихелу Земља је удаљена од Сунца за 146 милиона километара, у афелу за 152 милиона (разлика ова два расто-

јања је 6 милиона километара), а средње њено одстојање од Сунца износи 149 милиона километара. Као и остале планете (упор. § 15 и сл. 33), Земља се на својој елиптичкој путањи креће неједнаком брзином: у близини перихела та је брзина



Сл. — 55. Кретање Земљино око Сунца. I-IV, четири главна положаја Земљина на њеној путањи око Сунца; O, средиште елиптичне путање Земљине S, жижа елипсе у којој се налази Сунце (престављено малим кругом); AB, солстициона линија; CD, еквинокцијална линија; EF, апсидна линија; E, афел; F, перихел; SA, SB, SC, SD, SE, SF, потези елипсе.

највећа, у близини афела најмања. Средња брзина Земљина на њеној путањи око Сунца износи 30 километара у секунди. Елиптична путања Земљина незнатно одступа од круга: ексцентричност те елипсе износи 0.01675.

25. Прецесија и нутација.

Још у Старом Веку била је астрономима позната чињеница, да пролетња тачка привидне путање Сунчеве на небеској сфери није стална, већ да се помера. То се померање збива у правцу од Истока на Запад (дакле супротно правцу привидног годишњег кретања Сунчевог и правцу стварног

кретања Земљиног око Сунца) и износи око $50''$ годишње, тако да се пролетња (па наравно и јесења) тачка помера на еклиптици за 1° у року од 70 година а обиђе целу еклиптику за време од 26.000 година. Ово померање пролетње (и јесење) тачке названо је *прецесијом екваторијала*.

Како су екваторијалне тачке тачке у којима се пресецају небески екватор и еклиптика (као привидна путања Сунчева, упор. § 7), то померање пролетње тачке значи померање небеског екватора на небеској сфери (док еклиптика остаје непомицна.) Али како је небеска оса управна на небеском екватору, то промена положаја небеског екватора повлачи за собом промену положаја небеске осе, и према томе и промену положаја небеских полова. На тај начин за време од 26.000 година, за које пролетња тачка обиђе еклиптику, небески полови описују око полова еклиптике кругове, чији полупречници представљају лучна одстојања од $23\frac{1}{2}^\circ$ (пошто небеска оса са управном на равни еклиптике заклапа угао од $23\frac{1}{2}^\circ$). Услед тога Северњача, која се сада налази у близини северног пола, приближаваће му се још више све до 2105 године; после 12.000 година Вега (α Лире) постаће поларна звезда и т. д.

За две хиљаде година, од када је први пут констатовано, померање пролетње тачке помакло ју је на Запад за читавих 30° . Услед тога Сунце се 21-ог Марта не налази више у сазвежђу Овна, као пре две хиљаде година, већ у сазвежђу Риба. Астрономи међутим разликују *знаке* Зодијака од сазвежђа Зодијака и за њих знак Ован обележава сазвежђе Риба а не сазвежђе Овна. На тај начин Сунце пролази и увек ће пролазити у исто време године кроз исте *знаке* Зодијака (иако не кроз иста сазвежђа).

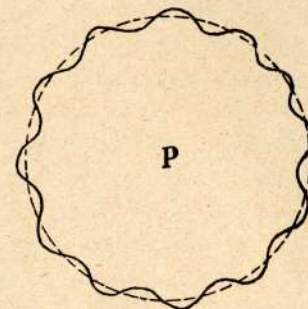
Стварни разлог прецесије екваторијала лежи у колебању Земљине осе. Земљина оса не задржава наине непрестано свој паралелни положај, већ она описује око управне на равни еклиптике (при чему угао између њих од $23\frac{1}{2}^\circ$ остаје увек исти) у року од 26.000 година један купин омотач, услед чега и крај небеске осе (која је продужење Земљине осе) описује на небеској сфери око пола еклиптике за исто време раније поменути круг.

Ово колебање Земљине осе да се физикално раставити на две компоненте: на прецесијоно кретање у ужем смислу (које се просто назива *прецесијом*) и на нутационо кретање

(или *нутацију*). Кад би постојало само прво од ова два кретања, затворена линија коју описује пол небеске осе на небеској сфери била би потпун круг; услед другог кретања пак та линија није круг, већ је једна лелујава и таласаста затворена линија (в. сл. 56), друкчије речено, резултат овог другог кретања састоји се у наизменичном незнатном приближавању и удаљавању Земљине осе од управне на еклиптици.

Прецесија и нутација имају свој узрок у утицају привлачне снаге Сунца и Месеца на прстенасто екваторско испупчење Земљино. Кад би Земља била савршена кугла, овај утицај неби постојао. Али како је Земља ротациони елипсоид спљоштен на половима а испупчен на екватору (упор. § 21), то на екваторски прстен Земљин Сунце и Месец

дејствују исто онако као што тежа дејствује на чигру која ротира око нагнуте осе: као што ова последња описује око вертикале купин омотач тако исто и Земљина оса (око које ротира екваторски прстен Земљин) описује купин омотач око управне на еклиптици. Нутација долази од једног специјалног утицаја Месечевог и стоји у вези са осамнаестогодишњом периодом за коју чворови Месечеве путање обилазе еклиптику и за коју је везано периодично понављање Месечевих и Сунчевих померања (упор. § 11).



Сл. 56. — Путања небеског пола услед прецесије и нутације. P, пол еклиптике; кружна путања представља путању пола каква би била кад неби било нутације; таласаста затворена линија је фактичка путања пола.

Последице стварних кретања Земљиних на њеној површини.

26. Дан и ноћ и њихова различна дужина.

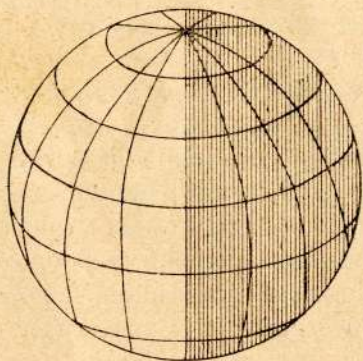
Обртање Земљино око осе узрок је смени дана и ноћи. Пошто Земља има облик кугле, то Сунце увек једну половину њену осветљава а друга је у тами, и граница осветљене и неосветљене половине (тзв. *граница осветљења*) представља један највећи круг Земљине кугле. А пошто се Земља обрће око осе, то се свако место на површини њеној налази извесно време на осветљеној а извесно време на неосветљеној страни

Земљиној и отуда смена дана и ноћи. Кад би Земљина оса била управна на еклиптици онда би *сва* места на површини Земљиној (сем полова) имала увек у року од 24 часа смену дана и ноћи, и тада би на целој Земљи, пошто би граница осветљења стално пролазила кроз оба пола, дан и ноћ били једнаки (само би на половима био сталан дан).

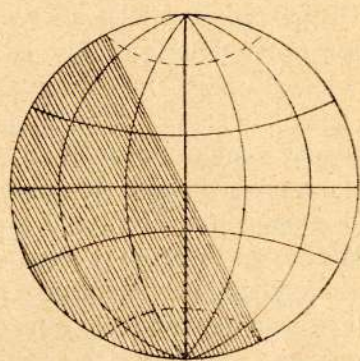
Нагиб Земљине осе на њеној путањи, у вези са паралелним положајем те осе при кретању Земљином око Сунца, разлог је: 1. што не постоји за *сва* места на површини Земљиној *стална* смена дана и ноћи *у року од 24 часа*; и 2. што дан и ноћ, за она места за која постоји та стална смена, нису увек једнаки и нису за сва места једнаки.

Да би се увидела истинитост ова два става, посмотрићемо изближе она четири главна положаја Земљина на њеној путањи око Сунца, која су нам већ позната из §-а 24-ог.

У положају I, у коме се Земља налази 21-ог Марта, потег елиптичне путање Земљине (т. ј. права линија која



Сл. 57. — Земљин положај I увећан. Граница осветљења пролази кроз оба пола и полови упореднике.



Сл. 58. — Земљин положај II увећан. Граница осветљења додирује оба стојерника и дели упореднике на два неједнака дела.

спаја средиште Сунца са средиштем Земље) стоји управно на Земљиној оси и пролази кроз Земљин екватор (в. сл. 55), стога зраци Сунчеви (који су паралелни с потегом елипсе) падају управно на сва места која се налазе на екватору а граница осветљења пролази кроз оба пола (в. сл. 57), тако да сва места на површини Земљиној (сем полова) имају једнаке дан и ноћ (дан и ноћ трају по 12 часова). На северном полу Сунце се тога дана рађа на хоризонту и задржава се даље

над хоризонтом читавих шест месеци; на јужном полу обрнуто оно залази испод хоризонта и остаје испод хоризонта читавих шест месеци.

У положају II, у коме се Земља налази 22-ог Јуна (в. сл. 55), потег елиптичне путање Земљине заклапа са Земљином осом угао од $66\frac{1}{2}^{\circ}$ (друкчије речено, раван нагибног угла Земљине осе на равни еклиптике пролази кроз Сунце) и пролази кроз северни повратник (упоредник на $23\frac{1}{2}^{\circ}$ сев. географске ширине). Стога зраци Сунчеви падају управно на сва места на површини Земљиној која се налазе на северном повратнику, а граница осветљења додирује оба стојерника (т. ј. упореднике на $66\frac{1}{2}^{\circ}$ геогр. ширине). Места на површини Земљиној, која леже између екватора и северног стојерника, имају тада најдужи дан а најкраћу ноћ (в. сл. 58), а места која леже између екватора и јужног стојерника, најдужу ноћ а најкраћи дан (на северној хемисфери дани су дужи од 12 ч., ноћи краће од 12 ч., док је на јужној хемисфери обрнуто).

У положају III, у коме се Земља налази 23-ег Септембра (в. сл. 55), потег елиптичне путање Земљине је (као и у положају I) управан на Земљиној оси (друкчије речено, раван нагибног угла Земљине осе на равни еклиптике управна је на том потегу) и пролази кроз Земљин екватор. Као и у првом положају, зраци Сунчеви падају управно на екватор, граница осветљења пролази кроз оба пола, и дан и ноћ су свуда једнаки. На северном полу Сунце тога дана залази и даље остаје испод хоризонта читавих шест месеци; на јужном полу оно се рађа и затим остаје читавих шест месеци над хоризонтом.

Напоследку у положају IV, у коме се Земља налази 21-ог Децембра (в. сл. 55), потег елиптичне путање Земљине заклапа са Земљином осом угао од $113\frac{1}{2}^{\circ}$ ($= 90^{\circ} + 23\frac{1}{2}^{\circ}$) и пролази кроз јужни повратник. Зраци Сунчеви тада падају управно на сва места која се налазе на овом последњем, а граница осветљења додирује опет, као и у другом положају, оба стојерника. Места на површини Земљиној, која леже између екватора и јужног стојерника, имају најдужи дан а најкраћу ноћ, а места која леже између екватора и северног стојерника имају најдужу ноћ а најкраћи дан (на јужној хемисфери дани су дужи а ноћи краће од 12 часова, док је на северној хемисфери обрнуто).

Као што се из описа ова четири главна положаја Земљина види, полови имају изузетан карактер у односу на

дужину дана и ноћи: на њима дан и ноћ трају по шест месеци. Али осим полова имају изузетан карактер у том погледу још и ова места на површини Земљиној: 1. места на екватору; 2. места на стожерницима и 3. места у пределима између стожерника и полова.

На екватору наиме дан и ноћ су једнаки преко целе године. На стожерницима постоје по *један* дан и по *једна* ноћ у години чија дужина износи 24 часа: 22-ог Јуна на северном стожернику дан је 24 часа а ноћи нема, на јужном ноћ је 24 часа а дана нема; 21-ог Децембра на северном стожернику ноћ је 24 часа а дана нема, на јужном дан је 24 часа а ноћи нема. У пределима између стожерника и полова постоје по *један* дан и по *једна* ноћ у години који су *дужи* од 24 часа и чија величина, према географској ширини, варира између 24 часа и шест месеци (т. ј. један такав дан одн. ноћ већа је од 24 часа а мања од шест месеци), док су остали дани и остале ноћи краћи од 24 часа.

Да би се увидела истинитост свих тих изузетака узећемо у помоћ оне три небеске сфере које смо описали у §-у 20-ом. На екватору небеска сфера је управна (в. сл. 46) и дневни лук звезда раван је њиховом ноћном луку. Како се и Сунце сваког дана креће по једном паралелном кругу небеске сфере (оно се само сваког дана креће по другом паралелном кругу), то је јасно, да и код Сунца дневни лук мора бити раван ноћном луку и да ће према томе дан и ноћ бити увек на екватору једнаки.

На стожерницима небеска сфера је коса (в. сл. 47). За једно место, које се налази на северном стожернику, северни небески повратник додириваће северну тачку хоризонта (пошто на $66\frac{1}{2}^{\circ}$ географске ширине висина пола износи такође $66\frac{1}{2}^{\circ}$) и представљаће гранични круг циркумполарних звезда. Како се Сунце 22-ог Јуна креће по северном небеском повратнику, то ће се Сунце очевидно тога дана читаву 24 часа налазити над хоризонтом (за места на јужном стожернику оно ће за 24 часа бити испод хоризонта).

На половима небеска сфера је паралелна (в. сл. 45). Како се Сунце пола године (од 21-ог Марта до 23-ег Септембра) налази на северној а друго пола године (од 23-ег Септембра до 21-ог Марта) на јужној небеској хемисфери, то ће се оно 21-ог Марта појавити на хоризонту северног пола (одн. 23-ег Септембра на хоризонту јужног пола), обилазиће сваких 24

часа око хоризонта описујући сваког идућег дана паралелни круг веће висине, докле 22-ог Јуна не достигне северни повратник. Од 22-ог Јуна (одн. 21-ог Децембра на јужном полу) до 23-ег Септембра (одн. 21-ог Марта) његова висина над хоризонтом постајаће сваког дана све мања, док 23-ег Септембра (одн. 21-ог Марта на јужном полу) не зађе испод хоризонта. Према томе јасно је да ће на половима дан трајати шест месеци, а толико исто и ноћ.

У пределима између стожерника и полова коса небеска сфера имаће за гранични круг циркумполарних звезда један паралелни круг небеске сфере, који ће лежати између екватора и повратника дотичне хемисфере. Тако за једно место на 70-ом степену географске ширине гранични круг циркумполарних звезда биће паралелни круг небеске сфере од 20° ($70^{\circ} + 20^{\circ} = 90^{\circ}$). Лако се да увидети, да ће се Сунце за тако једно место на Земљиној површини налазити над хоризонтом за све оно време за које се буде кретало на небеској сфери између паралелних кругова од 20° и $23\frac{1}{2}^{\circ}$ (а то је читаву два месеца). Према томе за места у пределима између стожерника и полова постојаће по један дан у години (а тако исто и по једна ноћ) који ће бити дужи од 24 часа а краћи од шест месеци.

Напослетку, на основу посматрања кретања Сунца на њиховој косој небеској сфери, да се лако увидети, да ће за места, која леже између екватора и стожерника, најдужи дан (одн. најдужа ноћ) бити све дужи а најкраћи дан (одн. најкраћа ноћ) све краћи што је већа географска ширина дотичног места. Тако за једно место које се налази на 10-ом степену геогр. ширине најдужи дан износи $12^{\text{ч}}$ и $35^{\text{м}}$, за места на 20-ом степену најдужи дан износи $13^{\text{ч}}$ и $13^{\text{м}}$, за места на 30-ом степену $13^{\text{ч}}$ и $56^{\text{м}}$, за места на 40-ом степену $14^{\text{ч}}$ и $41^{\text{м}}$, и т. д.

Наведене вредности за дужину дана и ноћи представљају њихове астрономске а не њихове *стварне* вредности. При њиховој одредби није наиме узето у обзир преламање Сунчевих зракова које наступа при пролазу њиховом кроз Земљину атмосферу (а које је поменуто у § 20-ом), а то преламање чини те су дани дужи а ноћи краће но што би били да тога преламања нема. То преламање чини те Сунце осветљава извесно време површину Земљину пошто је већ зашло за хоризонт и док се још није појавило над хоризонтом. Тај се појав на-

жива *сушон*, и према томе разликује се вечерњи сутон или *сумрак* и јутарњи сутон или *зора*. Даље се разликују *астрономски* и *грађански* сутон. Када се по заласку Сунца појаве Звезде прве величине (односно кад се више не може читати) престаје грађански сумрак; а када све звезде, које се голим оком могу видети, постану видљиве завршава се астрономски сумрак. Онај први траје док се Сунце не спусти на $6\frac{1}{2}^{\circ}$ испод хоризонта, а други док се Сунце не спусти за 18° испод хоризонта.

Сутон скраћује дужину дана и ноћи најмање на екватору а све више што место лежи на већој географској ширини. На половима њиме је дан продужен а ноћ скраћена за читавих месец дана.

27. Годишња времена.

Годишња времена су друга битна последица нагиба Земљине осе на равни њене путање. Кад би оса стајала управно на равни путање, свако место на површини Земљиној имало би исту температуру преко целе године (уколико она зависи само од Сунца), пошто би Сунце достигло исту максималну висину свакога дана над хоризонтом.

Услед нагиба Земљине осе постоје четири годишња времена: *пролеће*, *лето*, *јесен* и *зима*. Да бисмо схватили њихов постанак и трајање, посмотрићемо поново четири главна положаја Земљина на њеној путањи (в. сл. 55).

У положају I (положају од 21-ог Марта) оба пола имају исти положај према Сунцу, чији зраци падају управно на екватор. Како при даљем Земљином кретању дани на северној хемисфери постају све дужи и топлији, то положај I представља почетак пролећа за ту хемисферу (а почетак јесени за јужну хемисферу) и назива се стога *положај пролећне равнодневице*.

У положају II (положају од 22-ог Јуна) северни је пол окренут Сунцу, чији зраци падају управно на северни повратник. И ако дани на северној хемисфери при даљем кретању Земљином постају све краћи ипак они за извесно време (до краја Јула) продужују бивати све топлији, тако да положај II представља почетак лета за ту хемисферу (а зиме за јужну хемисферу) и назива се стога *положај летњег солстицијума*.

У положају III (положају од 23-ег Септембра) оба пола имају понова исти положај према Сунцу, чији зраци падају поново управно на екватор. Како при даљем кретању Земљином дани на северној хемисфери постају све краћи и хладнији, то положај III представља почетак јесени за ту хемисферу (а почетак пролећа за јужну хемисферу) и назива се стога *положај јесење равнодневице*.

Напослетку у положају IV (положају од 21-ог Децембра) јужни пол је окренут Сунцу, чији зраци падају управно на јужни повратник. И ако при даљем кретању Земљином дани на северној хемисфери поново почињу бивати све дужи ипак они за извесно време (до краја Јануара) продужују бивати све хладнији, тако да положај IV представља почетак зиме за ту хемисферу (а лета за јужну хемисферу) и назива се стога *положај зимског солстицијума*.

Зашто максимум топлоте на северној хемисфери не пада на дан 22-ог Јуна (одн. на јужној 21-ог Децембра), када Сунце најдуже загрева ту хемисферу, већ тек крајем Јула и зашто минимум хладноће не пада на дан 21-ог Децембра (одн. на јужној 22-ог Јуна) већ крајем Јануара, у објашњење те појаве овде не можемо улазити. Указаћемо само на једну аналогију: при дневном загревању не пада максимум топлоте у подне, када Сунце достиже своју максималну висину, већ око два сата по подне.

Трајање годишњих времена на северној хемисфери износи:

пролеће	92 дана и 21 час
лето	93 „ „ 14 часова
јесен	89 „ „ 19 „
зима	89 „
Свега	365 $\frac{1}{4}$ дана

На јужној хемисфери то трајање износи:

пролеће	89 дана и 19 часова
лето	89 „
јесен	92 „ и 21 час
зима	93 „ „ 14 часова
Свега	365 $\frac{1}{4}$ дана

Као што се види, пролеће и лето на северној хемисфери дужи су од пролећа и лета на јужној хемисфери, а јесен и зима краћи. Ако пролеће и лето скупа назовемо *летњом*, а јесен и зиму *зимском половином* године, онда је летња поло-

вина године на северној хемисфери за готово осам дана ($7\frac{3}{4}$ дана) дужа од зимске половине. Та разлика долази отуда што се летњи солстицијум налази у близини афела, а зимски у близини перихела (в. сл. 55), тако да Земља део своје путање између равнодневица, у коме је летњи солстицијум, прелази спорије од оног дела у коме је зимски солстицијум.

28. Климатске зоне.

Климатске зоне су трећа битна последица нагиба Земљине осе на равни еклиптике. Кад би оса стајала управно на равни путање, разлике у температури за разна места на површини Земљиној истина би постојале (пошто би зраци Сунчеви, који би падали увек управно на екватор, падали све косије што је место ближе полу), али прелаз из једне температуре у другу био би потпуно постепен, и посебне зоне неби постојале.

Услед нагиба Земљине осе постоје на Земљиној површини ових пет зона (или појасева): **тропска зона, северна умерена, јунна умерена, северна хладна и јунна хладна зона.**

Тропска зона (тзв. *жарки појас*) налази се с обе стране екватора између повратника. Како је Сунце на екватору и у местима између екватора и повратника два пута годишње у зениту а на самим повратницима једанпут годишње, и како је топлотно дејство Сунчевих зракова много јаче кад падају управно на површину Земљину него кад падају косо (и све слабије што падају косије — ово је тзв. *Ламбертов закон*), то је средња годишња температура тропске зоне знатно виша него у умереним зонама. У тропској зони постоји у ствари само једно годишње време: лето. Али како у летњој половини године падају кише, а у зимској влада суша, то се у тропској зони разликују две периоде: кишна периода и сушна периода.

Умерене зоне (*умерени појасеви*) налазе се између повратника и стожерника. У њима се Сунце никада не појављује у зениту и његови зраци падају увек косо, али Сунце се ипак појављује доста високо над хоризонтом. Отуда је средња годишња температура у њима нижа него у тропској а виша него у хладним зонама. Само у умереним зонама постоје сва четири годишња времена.

Хладне зоне (*хладни појасеви*) леже између стожерника и полова. Како се у њима Сунце јавља доста ниско над хори-

зонтом, то њихови зраци падају тако косо да тако рећи само додирују Земљину површину. Осим тога Сунце се данима и месецима у тим зонама не појављује над хоризонтом. Стога је средња годишња температура у хладним зонама много нижа него у умереним. У њима постоје само два годишња времена: лето и зима.

Утицаји небеских тела на површину Земљину.

29. Плима и осека.

Највећи утицај на површину Земљину имају од небеских тела Месец и Сунце, Месец услед своје близине а Сунце услед своје масе и усијаног стања у коме се налази. Ова последња околност чини те је Сунце готово искључиви извор светлости и топлоте на површини Земљиној.

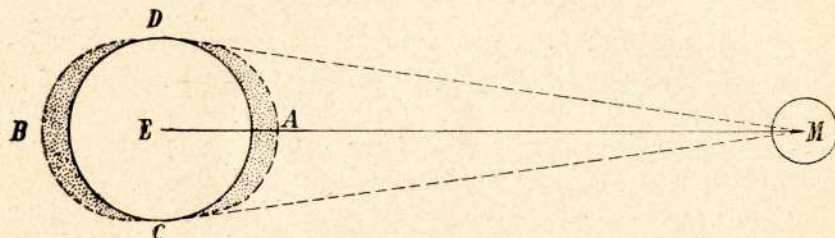
Међу овим разним утицајима од нарочитог је значаја појава плиме и осеке, о којој ћемо говорити у овоме параграфу.

Плима се састоји у подизању а осека у спуштању нивоа океанске и морске воде. То подизање и спуштање нарочито се јасно опажа на морским обалама. И једна и друга појава су периодичне и збивају се на једном одређеном месту Земљине површине два пута дневно. Услед плиме море надолази и плави обале, каткада на километре; услед осеке море се повлачи и морско дно у близини обала постаје за извесно кратко време сува земља.

Време које протече између две узастопне плиме (одн. две узастопне осеке) износи 12^h и 25^m , а то је половина времена за које Месец завршава своје дневно кретање на небеској сфери (ова последња периода износи 24^h и 50^m — упор. § 10). Из тога се закључује да плима и осека зависе од привлачне снаге Месечеве.

На који начин Месец својом привлачном снагом производи плиму и осеку, полазује нам сл. 59. У њој је претпостављено, ради лакшег схватања, да чврсту куглу Земљину опкољава са свих страна океан. Месец *M* привлачи центар Земљин *E* слабије него што привлачи течне честице океана на оној страни Земљине површине која је њему окренута (страни *DAC*), а центар Земљин опет привлачи јаче него што привлачи оне честице океана које се налазе на супротној страни од њега (страни *DBC*).

Како је Земља чврсто тело, то ће Месец све њене честице привлачити истом јачином којом и њен центар. Услед тога ће се течни океан на страни окренутој Месецу (одн. у тачци *A*) *уздигнути* над чврстом подлогом и на тој страни настане прилив воде одн. плима. Али плима ће настати и на супротној страни (одн. у тачци *B*), јер ће овде течни океан *изостати* иза чврсте подлоге, која ће од њега бити јаче привучена у правцу Месеца. Плими у тачкама *A* и *B* одговараће осека у тачкама *C* и *D* (које су за 90° удаљене од тачака *A* и *B*), пошто ће прилив воде у првима значити одлив у другима.



Сл. 59. Постанак плиме и осеке. *M* је Месец; *E*, центар Земљин; *A* и *B* су тачке у којима је плима; *C* и *D* су тачке у којима је осека.

Плима и осека не постају само утицајем Месеца него и утицајем Сунца. Али како је Сунце много даље од Месеца, његов утицај је при томе два и по пута мањи. За време сизигија (тако се називају фазе Новог и Пуног Месеца) дејства Сунца и Месеца се сумирају и тада су плима и осека веће но обично („висока плима“). За време квадратура Сунце дејствује насупрот Месецу и тада су плима и осека мање него обично („ниска плима“).

Обртање Земљино око осе у вези са кретањем Месече-вим око Земље чини те „талас плиме“ обилази око Земље за 24^h и 50^m .

Основи хронологије.

30. Подела времена.

Трајање времена одређујемо (одн. време меримо) на тај начин што га делимо у извесне одсеке. Природни, на кретањима небеских тела засновани одсеци времена су: *дан*, *месец* и *година*.

У Астрономији разликујемо две врсте дани: *звездани* и *сунчани дан*. Под звезданим даном разумемо интервал вре-

мена који протече између две узастопне истоимене кулминације једне звезде (упор. § 6.). Како се у ствари Земља обрће око своје осе а не небеска сфера око ње, то је звездани дан време за које се Земља обрне једанпут око своје осе. Звездани дан не мења се. Њега делимо (та је подела вештачка, т. ј. произвољна) на 24 часа (то су тзв. звездани часови), часове на минуте а минуте на секунде. Под сунчаним даном разумемо интервал времена који протече између две узастопне горње кулминације Сунца. Сунчани дан је дужи од звезданог дана скоро за 4 минута, а то, као што знамо (упор. § 7.), долази отуда што Сунце при свом привидном дневном кретању изостаје иза звезда, или, друкчије речено, отуда што се Земља не само обрће око своје осе него се креће и око Сунца.

За разлику од звезданог дана сунчани дан је променљив и то из два разлога: 1. зато што постоји косина еклиптике, услед чега пројекције једнаких лукова еклиптике на небеском екватору нису једнаке и 2. зато што се ни у самој еклиптици Сунце (одн. Земља) не креће подједнаком брзином. Први од ова два разлога важнији је од другог, јер он би чинио сунчане дане променљивим и онда када други разлог неби постојао, т. ј. и кад би се Сунце равномерно кретало по еклиптици.

Како се сав практични живот управља по Сунцу, то је сунчани дан важнији као јединица времена у практичном животу од звезданог дана. Али како је сунчани дан променљив, то астрономи разликују две врсте сунчаног дана: *прави* сунчаи дан и *средњи* сунчани дан. Прави сунчани дан је дан стварног Сунца, док је средњи сунчани дан дан једног замишљеног Сунца које се *равномерно* креће (не по еклиптици него) по *небеском екватору*. Док је прави сунчани дан променљив, дотле је средњи сунчани дан (као и звездани) непроменљив, и тај дан је узет за јединицу времена у практичном грађанском животу (а и астрономи се њиме служе за своје циљеве).

Средњи сунчани дан делимо, као и звездани, на 24 часа, а часове на минуте, минуте на секунде. Изражена у часовима звезданог дана дужина средњег сунчаног дана износи 24^h , 3^m и 56^s , док обрнуто звездани дан, изражен часовима средњег сунчаног дана, износи 23^h , 56^m и 4^s .

Време, у колико га меримо средњим сунчаним даном као јединицом, назива се *средње сунчано време* или *средње време* или просто *грађанско време*. Ако време меримо правим сунчаним даном, онда га називамо *правим сунчаним временом*; а ако је звездани дан јединица мерења *звезданим временом*.

Наши часовници показују средње сунчано или грађанско време, док сунчаници показују право сунчано време. Разлику између ова два времена називају астрономи *једначином времена*, тако да постоји формула: средње сунчано време = право сунчано време + једначина времена.

Вредност једначине времена у овој формули може у току године бити и позитивна и негативна, а само је четири пута годишње равна нули: наиме 16-ог Априла, 14-ог Јуна, 11-ог Септембра и 25-ог Децембра. Друкчије речено, само у ова четири дана право сунчано подне и средње сунчано подне поклапају се. Разлика оба подне није међутим никад већа од четврт часа.

У практичном животу средњи сунчани дан (тзв. *грађански дан*) почиње у поноћи и дели се у две половине од по 12 часова (пре подне и после подне). Астрономи почињу средњи сунчани дан (тзв. *астрономски дан*) у подне идућег грађанског дана и броје часове (од 0 до 24) без прекида. Тако грађанских 9 сати пре подне 3 Јула престављају астрономских 21 час 2 Јула.

Средње сунчано време исто је на површини Земљиној за сва места која се налазе на истом меридијану (сва та места имају напр. подне у исто доба). Сва места на једном меридијану имају дакле једно исто тзв. *месно* или *локално време* различно од месног времена других меридијана (два меридијана, чија је разлика у дужини 1° , разликују се у времену за 4 минута). Али како би услед саобраћаја било незгодно да часовници показују разво време на свима разним меридијанима, то је место месног уведено тзв. *зонско време*. Земљина површина подељена је наиме у 24 зоне, од којих свака обухвата 15° дужине. Кроз средину прве зоне пролази почетни меридијан у Гриничу, кроз средину друге меридијан који пролази кроз варош Герлиц у Немачкој и т. д. Свака зона има исто време, а то је месно време њеног средњег меридијана. Кад је у првој зони (одн. у Гриничу) подне, зоне које леже источно од Гринича имају зонско време које је међусобно различно за

по један час по подне, зоне западно од Гринича зонско време које је међусобно различно за по један час пре подне. Прва зона то је зона тзв. *западно-евројског* времена, друга зона *средње-евројског* времена (у њу спада и наша држава), трећа зона *источно-евројског* времена и т. д.

Са разликом у месном времену на разним меридијанима стоја у вези и чињеница тзв. *датумског снона*. Кад је у Гриничу недеља подне, у Герлицу је 1^h по подне, у Петрограду 2^h по подне, у Синдеју (Аустралија) 10^h вече, а на меридијану удаљеном за 180° од Гринича 12^h ноћу (поноћ) и почетак понедељника. С друге стране пак кад је у Гриничу недеља подне, на Мадери је 11^h пре подне, у Њујорку 7^h пре подне, у Санфрансиску 4^h јутру, а на меридијану од 180° почетак недеље. Као што се види, кад је у Гриничу недеља подне, на једном месту које се налази на супротном меридијану треба да је с истим правом и недеља и понедељак. Ако је у Гриничу нпр. недеља 1-ви Јануар, на дотичном месту биће у исто доба и 1-ви Јануар и 2-ги Јануар, дакле два разна датума која су међусобно различна за један дан.

До истог резултата долазимо и путовањима око Земље у источном и западном правцу. Ако будемо путовали у источном правцу мораћемо за сваких пређених 15° померити наш часовник за један час унапред, тако да ћемо обишавши Земљу изгубити (привидно) на часовнику 24 часа. Али како при томе наши дани постају све краћи, то ће се број наших дана (одн. број горњих кулминација Сунчевих) увећати за један дан и ми ћемо, када будемо дошли у место поласка, у нашем бројању датума имати један дан више. Ако пак будемо путовали у западном правцу мораћемо на сваких пређених 15° померити наш часовник за један час уназад, тако да ћемо, обишавши Земљу, добити (привидно) на часовнику 24 часа. Али како при томе наши дани постају све дужи, то ће се број наших дана смањити за један и ми ћемо, када будемо дошли на место поласка, у нашем бројању датума изостати за један дан.

Да би се при путовањима избегла тешкоћа датумског скока, утврђена је једна датумска граница, а то је 180° -и меридијански степен почев од Гринича (тај меридијан пролази кроз Велики Океан). Кад лађа путује у источном правцу (т. ј. од Запада на Исток) на њој се при прелазу датумске границе мења датум на тај начин што се један датум (одн. један недељни дан) узима два пута (нпр. 30-и Март и 31-и Март оба

су 30-и Март); а кад лађа путује у западном правцу (т. ј. од Истока на Запад) један се дан (односно један недељни дан) прескаче (нпр. после 13-ог Јула долази 15-ти Јули).

Месец представља одсек времена, који по својој дужини лежи на средини између дана као периоде обртања Земље око осе и године као периоде њеног кретања око Сунца. Месец као одсек времена одговара синодичком месецу као периоди за коју Месец као небеско тело завршује своје кретање у односу на Сунце: као што знамо (упор. § 10.) та периода траје 29 дана, 12 часова, 44 минута и 2 секунда.

Година је одсек времена за који Сунце једанпут опише своју путању на небеској сфери, одн. периода за коју се Земља креће око Сунца. Постоје две врсте године: *сунчана* и *звездана*. Под звезданом (или *сидеричком*) годином разуме се време које протече између две узастопне истодобне горње кулминације средишта Сунчевог са једном истом некретницом, или, краће речено, то је време за које Сунце једанпут обиђе еклиптику. Под сунчаном (или *тројском*) годином разуме се време за које Сунце пошав од пролетње тачке поново доспева у пролетњу тачку. Дужина звездане године износи, изражена у средњим сунчаним данима, 365 дана, 6^ч, 9^м и 9^с (или 365, 25636 дана), а тропске 365 дана 5^ч, 48^м и 46^с (или 365, 24220 дана). Тропска година је дакле за нешто више од 20^м краћа од звездане. Разлика у дужини ових двеју година наступа услед прецесије еквinoxија (упор. § 25.) услед које се пролетња тачка сваке године помера на Запад за 50, 3 лучних секунда, те је Сунцу потребно око 20 минута да, дошав до пролетње тачке, пређе и ово растојање и доспе до исте звезде на небеској сфери.

31. Календар.

Календар је систем поделе времена удешен за потребе практичног живота.

Од разних врста календара од нарочитог су значаја две: *јулијански* и *грегоријански* календар, и овде ће само о њима бити говора.

И у једном и у другом јединице времена не поклапају се потпуно са одговарајућим астрономским периодама. Календарски дан је средњи сунчани дан у смислу грађанског дана. Календарски месец одступа од астрономског у толико, што су календарски месеци неједнаке дужине и могу изно-

сити 28, 29, 30 и 31 дан. Тако исто и дужина календарске године, за чију је основу узета тропска година као година од које зависе годишња времена, не поклапа се са дужином тропске године. Календарска година износи $365 \frac{1}{4}$ дана, док је тропска година за 11^м и 14^с од ње краћа. Напоследку недеља је једна календарска јединица, која нема директног астрономског значаја, иако имена недељних дана стоје у вези са именима небеских тела (тако у енглеском недеља, Sunday, значи дан Сунца).

Разлика у дужини између календарске (или тзв. *грађанске*) и астрономске тропске године доноси са собом у току времена померање датума пролетње равнодневице. У току од 128 година то померање износи читав један дан, а за 400 година три дана.

У јулијанском календару (тако названом по његовом иницијатору *Јулију Цезару*), стална дужина календарске године од $365 \frac{1}{4}$ дана осигурана је на тај начин, што три узастопне године имају по 365 дана (то су тзв. *просје године*) а четврта (тзв. *преступна*) 366 дана. У Цезарово доба држало се, да дужина тропске године износи тачно $365 \frac{1}{4}$ дана и да се стога датум пролетње тачке — која је тада падала 23-ег Марта — неће померити.

Али како је, као што помену смо, стварна тропска годена краћа од календарске, то се је на 400 год. после Цезара, у доба Никејског Сабора (385. г. после Христа), датум пролетње тачке већ био померио за три дана и падао на дан 21-ог Марта. Од Никејског Сабора (који је тај датум фиксирао) па до краја шеснаестог века датум пролетње тачке био је се померио за нових 10 дана и падао 11-ог Марта. Тада је папа Грегор XIII поново реформисао календар. Његова реформа састајала се у овим двома тачкама:

1. он је повратио 21-и Март као датум пролетње тачке на тај начин што је 5-и октобар 1582 г. био проглашен за 15-и октобар; и

2. да неби било никаквог новог померања тога датума у будућности утврђено је, да само оне године столећа буду преступне чије прве две цифре буду дељиве са 4.

Прва тачка папине реформе имала је у ствари само црквеног значаја (одржање ауторитета Никејског Сабора). Од много већег је значаја друга тачка: да се једном утврђени датум пролетње тачке више не помера. У јулијанском

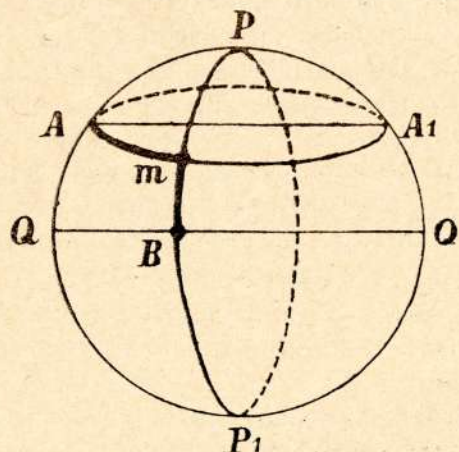
календару наиме све су године столећа биле преступне, и стога је јулијански календар изостао од 16-ог до 20-ог века за нова три дана иза грегоријанског, док су у овом последњем, према правилу садржаном у другој тачци папине реформе, 1700, 1800 и 1900 година биле просте године и новог померања датума пролетње тачке није било.

Али ни грегоријански календар није у овом погледу савршен. У њему разлика између календарске и стварне тропске године биће истина тек после 4000 година толика, да се датум пролетње тачке помери за један дан. Иако за сада то несавршенство грегоријанског календара нема практичног значаја, ипак далеки векови будућности имаће поново да се баве реформом календара.

Тзв. *црквени* календар разликује се од грађанског у толико у колико обухвата у себи и правила за израчунавање датума покретних црквених празника. Православна црква још се служи јулијанским календаром.

Одређивање географских координата.

Поред оријентисања на хоризонту, потребно је оријентисати се и на Земљи као телу т. ј. потребно је тачно одредити положај неке тачке на Земљиној површини.



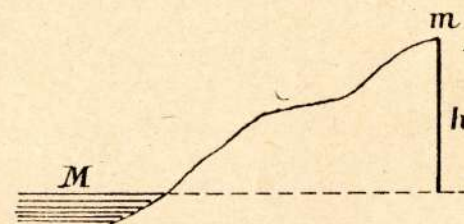
Сл. 60. — Географска ширина и дужина.

Да би се одредио положај тачке m на Земљиној површини потребно је знати њену *географску ширину*, *географску дужину* и *апсолутну (надморску) висину*. То су *географске координате* тачке m . (в. сл. 60).

Географска ширина тачке m јесте њена удаљеност од полутара QQ_1 , или лук Bm на подневку те тачке; ова се удаљеност изражава степенима, минутима и секундима. Географска ширина може бити *северна* и *јужна*: северну ширину имају тачке северно, а јужну тачке јужно од полутара.

Географска дужина тачке m јесте њена удаљеност од почетног подневка PQP_1 , или лук Am на упореднику те тачке; и ова се удаљеност изражава степенима, минутима и секундама. Географска дужина може бити *источна* и *западна*; источну дужину имају тачке источно, а западну тачке западно од почетног подневка. Као почетни подневак узима се највише *гринички* т. ј. подневак који прелази преко звездарнице у Гриничу код Лондона. Сем гриничког, употребљавају се као почетни подневци и *париски* и *ферски*. Париски је удаљен за $2^{\circ}20'24''$ од гриничког на Исток, а ферски за $17^{\circ}39'36''$ од гриничког на запад; ферски подневак прелази преко Фера, острва које лежи у групи Канарских Острва, у Атланском Океану, западно од северне Африке.

Земља има облик кугле, и према томе се не може говорити о дужини и ширини на њој. Али су стари Грци и Римљани познавали углавном област око Средоземног Мора, која је у правцу Запад—Исток дугачка, а у правцу Север—Југ широка. Тада су постали појмови и изрази *географска дужина* и *ширина*; они су се задржали и доцније, када се упознала цела Земљина површина и сазнало да Земља има облик кугле.

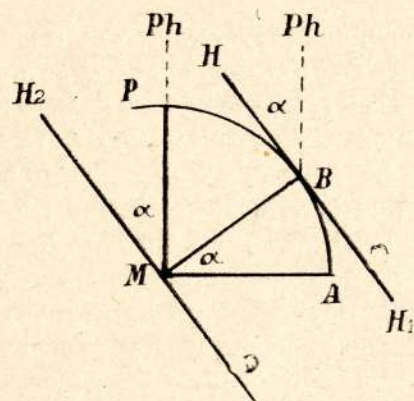


Сл. 61. — Надморска висина.

Апсолутна (надморска) висина (h) тачке m јесте њена висина према морској површини (M); та се висина изражава метрима (в. сл. 61).

Географска ширина неке тачке одређује се на следећи начин.

Нека је (в. сл. 62) M средиште Земље; P пол; MA екваторски полупречник; Ph линије, које иду од небеског пола и

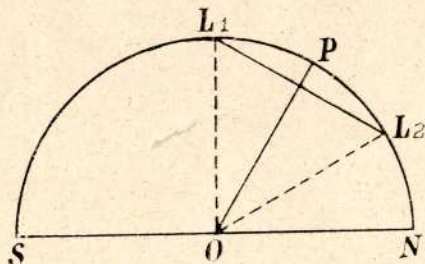


Сл. 62. — Одређивање географске ширине.

које су паралелне, пошто је небески пол неизмерно далеко; HN_1 привидни хоризонт тачке B ; H_2H_3 прави хоризонт исте тачке, паралелан са HN_1 . Географска ширина тачке B јесте лук BA или угао α (BMA). Овоме углу су једнаки и угао PMH_2 и угао $PhBH$. А овај последњи угао није ништа друго него висина пола над хоризонтом. Према томе, да се одреди географска ширина неке тачке, потребно је изнаћи висину пола за ту тачку.

Висина пола одређује се на овај начин:

Нека је (в. сл. 63) O стојиште, N северна, S јужна тачка хоризонта, PO небеска оса, и P небески пол. Једна циркумполарна звезда кретаће се у кругу око небеског пола. Њена горња кулминација биће у тачки L_1 , а доња у тачки L_2 . Раван њене



Сл. 63. — Одређивање висине пола.

путање биће управна на правац небеске осе, и небески пол ће лежати у средини између горње и доње кулминације те звезде. Висина пола (α) изнађа се по формули:

$$\alpha = \frac{L_1ON + L_2ON}{2}$$

Да се одреди висина пола неке тачке, а тиме и њена географска ширина, потребно је, дакле, одредити горњу и доњу кулминацију једне циркумполарне звезде.

Географска дужина налази се на овај начин. Познато је да све тачке које леже на истом меридијану имају подне у исти час, имају уопште исто локално време. У своје привидном кретању око Земље Сунце обиђе цео круг (360°) за 24 часа, или 15° за 1 час, или 1° за 4 минута. Разлика у локалном времену двају суседних меридијана износи дакле $4''$. У оном тренутку, када је на једном меридијану 12 часова, на меридијану који лежи источније за 1° тада је 12 часова и 4 минута: путујући привидно око Земље, са Истока на Запад, Сунце је овај меридијан већ прешло; међутим, на меридијану који лежи западније за 1° тада је 11 часова и 56 минута, јер Сунце до њега још није дошло. Према томе, да се одреди географска дужина неке тачке, потребно је одредити њено локално време. То се време онда упореди са временом почетног меридијана, и према овом меридијану одређује се географска дужина.

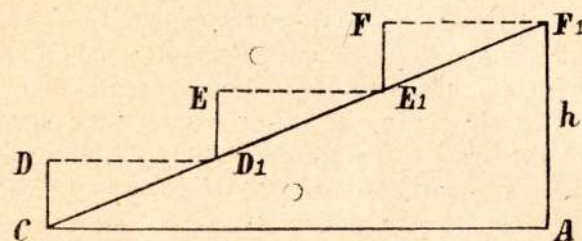
Локално време једне тачке изнађа се на тај начин што се часовником одреди час, минут и секунд када Сунце прође кроз небески меридијан те тачке; ово се локално време онда упореди са временом почетног меридијана. А време овог почетног меридијана види се у свакој прилици на хронометру, часовнику који показује 12 часова, када Сунце пролази кроз почетни меридијан.

Има и других метода за одређивање разлика у времену и за одређивање географске дужине. Има небеских појава које се виде у истом тренутку са свих тачака Земљине површине. Постоје астрономске таблице, у којима је означено, колико је часова на почетном меридијану онда када се која од небеских појава деси. Забележи се локални час, у који се извесна небеска појава види у тачки, чија се географска дужина жели да одреди. Тако се изнађе разлика у времену између ове тачке и почетног меридијана, а тиме и разлика у географској дужини.

Ајсолушина висина одређује се методом нивелмана или помоћу барометра (анероида).

Методом нивелмана она се одређује на овај начин. Имамо да одредимо висину брега h (AF_1 у сл. 64). Узме се доглед, који је причвршћен на једној летви одређене висине. У томе је до-

гледу либела. Кад се изнађе хоризонталан положај, либела пада у тачку где се укрштају два кончића, управна један на други. Тако посматрач, стојећи у тачки C , и гледајући из тачке D , запази на падини брега тачку D_1 ; она је од тачке



Сл. 64. — Нивелман.

C виша за висину саме летве. На исти се начин даље одреде и висине осталих тачака на падини (E_1 и F_1). Висина брега добија се, када се висина летве, која је позната, помножи са оним бројем колико је пута мерење вршено.

Помоћу барометра апсолутна висина одређује се на овај начин. Како ваздушни притисак опада са висином, изнађено је колико се метара треба попети, па да жива у барометру спадне за 1° . Барометре са живом је теже носити, те се место њих на екскурзијама употребљују anerоиди. Висинска разлика између двеју тачака изналази се по овој формули: $Z = 30 \frac{D}{h}$ ($t + 269$). Z је висинска разлика, која се тражи; D је разлика у ваздушном притиску између ниже и више тачке ($H - H_1$); h је средња вредност ваздушног притиска у те две тачке ($\frac{H + H_1}{2}$); а t је средња ваздушна температура у те две тачке ($\frac{T + T_1}{2}$).



ПРЕГЛЕД САДРЖИНЕ.

	стр.
Предговор.	3
Задатак Астрономије и Математичке Географије . . .	5

Основи Астрономије.

Небеска сфера и привидно кретање звезда.	7
1. Небеска сфера и небеска тела.	7
2. Видик и хоризонт.	9
3. Привидно дневно кретање Сунца и стране света.	11
4. Небески координатни системи.	13
5. Систем хоризонта.	14
6. Привидно дневно кретање звезда и систем екватора.	15
7. Привидно годишње кретање Сунца и систем еклиптике.	21
Сунчани систем.	25
8. Сунце.	25
9. Планете и њихово привидно кретање.	27
10. Месец.	34
11. Месечева и Сунчева помрачења.	39
12. Комете и метеори.	42
13. Зодијакална светлост.	46
14. Птолемејев систем света.	46
15. Коперников систем света, Кеплерови закони и Њутнов закон гравитације.	47
Звезде.	50
16. Сазвежђа.	50
17. Величина, даљина, кретање и физичка природа звезда.	51
18. Звездане гомиле и маглине.	54
19. Млечна путања и систем некретница.	59

Основи Математичке Географије.

Облик и величина Земље.	62
20. Докази да Земља има облик кугле.	62
21. Величина и прави облик Земље.	69
Стварна кретања Земљина.	71
22. Докази за обртање Земљино око осе.	71
23. Докази за кретање Земљино око Сунца.	78

24. Облик Земљине путање око Сунца и нагиб њене осе на равни путање.	85
25. Прецесија и нутација.	87
Последице стварних кретања Земљиних на њеној повр- шини.	89
26. Дан и ноћ и њихова различна дужина.	89
27. Годишња времена.	94
28. Климатске зоне.	96
Утицаји небеских тела на површину Земљину.	97
29. Плима и осека.	97
Основи хронологије.	98
30. Подела времена.	98
31. Календар.	102
Одређивање географских координата.	104

