

МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЌ • АЛЕКСАНДАР С. ТОМИЌ



АСТРОНОМИЈА



МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЌ ● АЛЕКСАНДАР С. ТОМИЌ
АСТРОНОМИЈА

Издавачи:

ЈУГОРЕКЛАМ - Скопје
Македонско астрономско друштво, Скопје

За издавачише:

Милован Миловановиќ
Мијат Мијатовиќ

Преведувач:

Марјан Николовски

Редактор:

Мијат Мијатовиќ

Лектор:

Нада Матиќ

Техничко уредување:

Бојан Тренчевски
Мијат Мијатовиќ

Компјутерска подготовка:

Бојан Тренчевски

МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЌ • АЛЕКСАНДАР С. ТОМИЌ

АСТРОНОМИЈА



CIP - Каталогизација во публикација
Народна и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

52

ДИМИТРИЈЕВИЌ, Милан С.

Астрономија / Милан С. Димитријевиќ, Александар С. Томиќ. - Скопје : Југореклам :
Македонско астрономско друштво, 1998, - 154 стр. : илустр., табели ; 24 см

ISBN 9989-52-000-3

1. Томиќ, Александар С.
а) Астрономија

1. ВОВЕД

Астрономијата е корисна затоа што не воздигнува над нас самиџе, корисна е затоа што е величествена, корисна е затоа што е прекрасна. Астрономијата е величествена токму затоа што ни покажува колку е мал човекот со телото, а колку е голем со духот, бидејќи неговото ум е во состојба да ги опфати безмерните пространија, во кои неговото тело е само една безначајна точка, а сепак има можност да ужива во џаа мирна хармонија. Само така стануваме свесни за својата соствената моќ. За оваа работа, ниту една цена не смее да биде преголема, бидејќи сејко што сознание не прави да бидеме многу посилни.

Анри Пуанкаре (Henri Poincare, 1854 - 1912)

1.1. ПРЕДМЕТ НА ПРОУЧУВАЊЕ И СПЕЦИФИЧНОСТИ НА АСТРОНОМИЈАТА

Астрономијата е најстара природна наука. Нејзиното име доаѓа од грчкиот збор *ἄστρον* (cosвездие, ѕвезда) и *νόμος* (закон). Трите основни задачи на астрономијата се: а) да ги проучува привидните и врз основа на нив вистинските местоположби на космичките објекти, како и нивната форма и големина; б) да ја проучува градбата на космичките објекти, нивниот хемиски состав, физичките услови и физичките и хемиските појави и процеси; и в) да го проучува создавањето и еволуцијата на космичките објекти и системи, како и на целата Вселена.

Земјата со својот сателит - Месечината, заедно со осумте други планети и нивните сателити, со повеќе илјади астероиди (планетоиди, мали планети) и голем број комети и метеори, кружи околу Сонцето, формирајќи го **Сончевиот систем**.

Просечната ѕвезда Сонце и поголемиот број соседни ѕвезди формираат **локално ѕвездено јато**. Осамените и повеќе-

кратните ѕвезди, ѕвездените јата, меѓуѕвездената материја и електромагнетното и гравитационо поле формираат систем на спирална структура што го нарекуваме **Галактика**. Таа има над сто милијарди ѕвезди, а нејзината проекција на небесната сфера, од Земјата, се гледа како белузлава трака - **Млечен Пат**.

Нашата галактика, заедно со сличните соседни ѕвездени системи, формира **Локална група на галактики**. Слични групи на галактики формираат разни групи и супергрупи со неправилна форма, во вид на влакна и јазли. Нашата локална група на галактики и припаѓа на **Локалната супергрупа**.

Супергрупите формираат просторна мрежа. Најголемите се сместени во јазлите на мрежата, а помалите во влакната од коишто се составени окцата на просторната мрежа. Во окцата практично се наоѓа простор без галактики и супстанции. Дел од овој систем, што го гледаме со помош на најмоќните современи ин-

струменти, го нарекуваме **Метагалактика**. Со развојот на набљудувачката техника, постојано се прошируваат и границите на нејзината видливост. Просторот и објектите вон границата на Метагалактиката, не се достапни за набљудување, но се проучуваат со помош на различни теориски модели. Метагалактиката, заедно со просторот и објектите вон нејзините граници, ги нарекуваме **Вселена**.

Предмет на нашето проучување ќе бидат: положбата и движењето на небесните тела во Вселената, нивната еволуција, изглед и нивните физички и хемиски појави и процеси.

Пред развојот на космичката техника единствен начин на собирање на податоци, во астрономијата, бил методот на набљудување. Токму затоа може да се каже дека астрономијата е набљудувачка, а не експериментална наука (каква што е на пример, физиката). Карактеристика на

астрономските набљудувања е тоа што тие се **пасивни** во однос на набљудуваните објекти, што значи дека не може да се влијае врз нив и да се изведуваат експерименти со нивно учество (како во физиката). Овие набљудувања се **неповторливи** и не губат од својата вредност со тек на време, а посебно при проучување на бавните промени. Пример, за проучување на сопствените движења на ѕвездите понекогаш се потребни и набљудувања што ги извршуваат низа генерации на астрономи. Набљудувањата што се извршени дури и пред повеќе илјади години, токму затоа што се неповторливи, иако во себе содржат големи грешки, се драгоцени и за денешната астрономија. Овие набљудувања, исто така се и **селективни** бидејќи, доколку се земе во предвид нашата положба во Сончевиот систем и Галактиката, некои објекти и насоки на набљудување ни се достапни повеќе, а други помалку.

1.2. ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНОСТ

Астрономијата ги користи достигнувањата и на другите природни науки, но воедно таа го збогатува и го стимулира нивниот развој, постојано поставувајќи пред нив нови прашања и задачи. Најголемото достигнување на модерното време, излегувањето на човекот од неговата колевка - Земјата, воопшто не може да се замисли без определени астрономски сознанија, што го поттикнаа и раздвижија развојот на космичката ера. Сето ова доведува и до се поголемо испреплетување на астрономијата со другите науки. Со тек на времето, покрај астрофизиката, настаната уште во 19 век, почнаа да се развива-

ат и други научни дисциплини како што се: астрохемијата, космичката биологија и космичката медицина.

Законите на физиката се универзални и непроменливи (иако границите на применливоста можат да се менуваат). Астрономијата ја проучува Вселената (објектите и појавите во неа), секогаш имајќи ја во предвид и нејзината еволуција. Тој еволуционен карактер на астрономијата ја приближува и до науките какви што се биологијата и геологијата, коишто исто така имаат еволуционен пристап. Материјата во Вселената се наоѓа во разни физички услови, што се незамисливи

во лабораторија. Токму затоа, за физичарите, Вселената претставува огромна лабораторија во која може да се истражува

и да се реализираат некои најфундаментални откритија.

1.3. КРАТОК ИСТОРИСКИ РАЗВИТОК

Почетоците на астрономијата се јавуваат уште во времето на појавата на човекот. За значењето и улогата на астрономијата сведочат и мегалитските остатоци, како што е Стоунхенџ во Англија, кое претставува културно средиште и астрономска опсерваторија стара над 4 000 години.

Во сите цивилизации, постари од Грчката, како што се Месопотамиската, Кинеската, Египетската и предколумбовската во Америка, астрономијата се развивала по пат на прибирање на посматрачки материјал. Правилата ги изведувале врз основа на проверени факти, но без теориски модели, па затоа им останала непозната самата суштина на појавите. Токму затоа, точноста на резултатите многу зависела од должината на траењето на цивилизацијата.

Во Месопотамија и Кина астрономијата се јавува околу 3 000 години п.н.е. Кинезите знаеле да го претскажат затемнувањето на Сонцето и Месечината, а времето го мереле со сончеви часовници. Поделбата на годината на дванаесет месеци и скоро сите имиња на соѕвездијата на Зодијакот потекнуваат од жителите на Месопотамија. Египћаните сето внимание го посветиле на определувањето на траењето на годината. Исто така и цивилизациите во претколумбовска Америка, што се развивале од околу 500 год. п.н.е. до околу 1500 година од н.е, имале многу прецизни податоци за движењето на не-

бесните тела и за траењето на годината.

Во однос на другите цивилизации на стариот свет, Грците во астрономијата внеле пресврт со воведувањето на разни видови теории, логички постапки и мисловни експерименти, како составен дел од истражувањето на суштината на набљудуваните појави. Така, во III век п.н.е. **Аристарх** (околу 310-230 год. п.н.е.) го образложува хелиоцентричниот систем, односно, во центарот го става Сонцето и тврди дека Земјата и останатите небесни тела кружат околу него. Најголемиот грчки астроном **Хипарх** (околу 180-125 год. п.н.е.) по систематското набљудување на небесните тела и сестраната математичка анализа го изработил и првиот каталог на ѕвезди, коишто врз основа на сјајот ги поделил во шест групи. Исто така, ја открил и прецесијата, спорото конусно движење на Земјината оска. **Клаудие Птоlemeј** (Александрија, околу 87-165 год.) го објавува прочуениот *Алмагест* (*Големиот зборник* или *Голема синџеза*), во кој математички го излага **геоцентричниот систем на светот** и дава синтеза на грчката астрономија.

Од IX до XII век центарот на астрономија се преселува во арапскиот свет, кој со преводите на грчките дела го сочувал научното наследство на античкиот свет. Во XII и XIII век, Европјаните ги преведуваат делата на грчките научници од арапски на латински јазик.

Препород во астрономијата предиз-

викува делото на **Коперник** (Nicolaus Copernicus, 1473-1543 год.) *За кружењето на небесните тела*, објавено 1543 година, со кое е воспоставен хелиоцентричниот систем на светот. Во 1610 год. астрономијата влегува во телескопската ера, кога **Галилеј** (Galileo Galilei, 1564-1642 год.) во набљудувањето го воведува и дурбинот. Тој ги открива планините на Месечината, четирите сателити на Јупитер и во Млечниот Пат гледа поединечни ѕвезди.

Астрономијата доживува револуционерни скокови и со воведувањето на спектралната анализа, чии основи ги поставуваат **Кирхоф** (Gustaw Robert Kirchof, 1824-1887 год.) и **Бунзен** (Robert Wilhelm Bunsen, 1811-1899 год.), во 1859 година. Тоа го овозможи раѓањето на астрофизиката. Потоа, со откривањето на радиозра-

чењата од Вселената, од страна на **Карл Јански** (Karl Jansky, 1905-1950 год.) во 1932 година, и со воведувањето на радио-телескопот на **Ребер** (Grote Reber, 1911 год.) пред астрономите се отворило едно сосема ново небо, исто онака како кога на Галилеј, кога прв пат погледнал низ оптички телескоп.

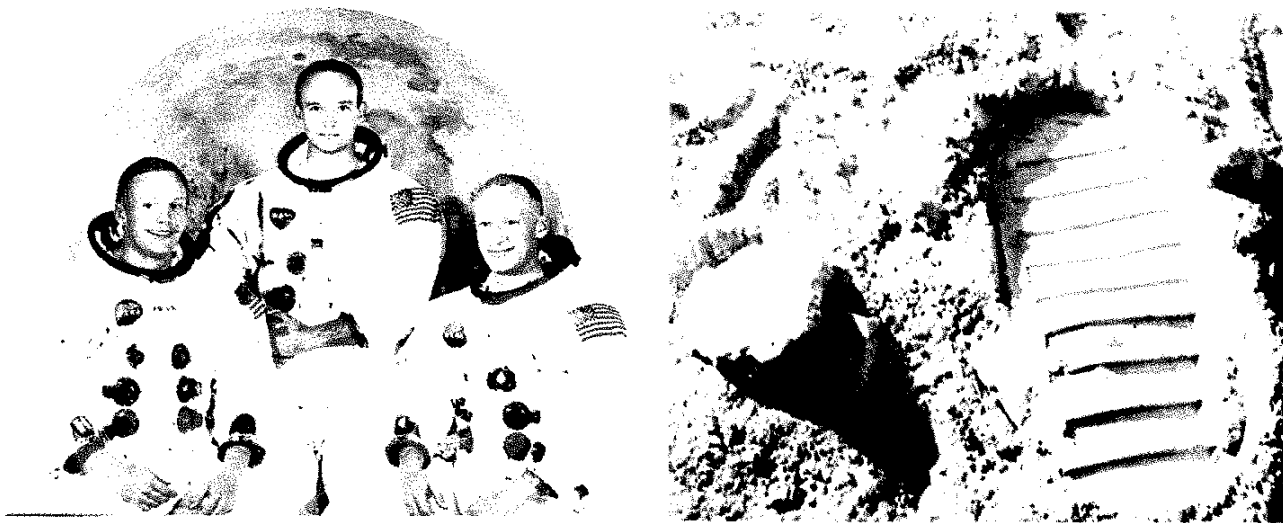
Две големи, нови револуции, астрономијата доживеа и со стапувањето на човештвото во космичката ера, што започна со лансирањето на првиот вештачки сателит од Земјата, на 4 октомври 1957 год. од СССР и со изнесувањето на телескопот и други астрономски инструменти во орбитата на Земјата, со што е избегнато и секое влијание на Земјината атмосфера врз астрономските резултати.

1.4 МОЖНОСТИ ЗА ПРОУЧУВАЊЕ НА ВСЕЛЕНАТА ОД ЗЕМЈАТА И УЛОГАТА НА КОСМИЧКИТЕ ЛЕТАЊА ВО ДЕНЕШНАТА АСТРОНОМИЈА

Ако се сфати дека атмосферата претставува вел преку очите на астрономите, големото значење од поставувањето на телескопи во орбитата околу Земјата и развојот на вонатмосферската астрономија ќе биде многу појасен. За астрономите секој поединечен дел од електромагнетниот спектар крие важни податоци. Меѓутоа, Земјината атмосфера апсорбира голем дел од зрачењето, па астрономите можат да гледаат само низ некои прозорци на видливост, од кои еден се наоѓа во оптичкиот, а делумно го зафаќа и инфрацрвениот дел од спектарот, додека другиот се наоѓа во радио подрачјата. Заради детектирање на зрачењето, во

оние спектрални делови што атмосферата делумно или воопшто не ги пропушта, (како што се: гама зрачењето, рендгенското, ултравиолетовото и инфрацрвеното зрачење, како и низа радио-бранови) потребно е испраќање на разни видови балони, авиони, ракети и сателити надвор од Земјината површина.

Космичката ера започнала на 4 октомври 1957 година. Првиот човек што ја видел нашата планета од Космосот бил **Јуриј Гагарин** (1934-1968 год.), пилот на вселенското летало „Восток-1“ лансирано во орбита околу Земјата, на 12 април 1961 година. Човекот првпат стапнал на друго небесно тело на 21 јули 1969 година. **Нил**



Слика 1.1 Армстронг, Колинс и Олдрин и отпечаток од стапало на Месечевата површина

Армстронг (Neil Armstrong, 1930 год.) и **Едвин Олдрин** (Edwin Aldrin, 1930 год.) се спуштија на Месечината, додека во вселенското летало „Аполо-11“ остана да ги чека, кружејќи околу Месечината, **Мајкл Колинс** (Michael Collins, 1930 год.).

До денес, космички бродови поминале во близина на сите познати планети во Сончевиот систем, освен покрај планетата Плутон. Посебно успешна е мисијата на космичките бродови Војадер 1 и 2, започната во 1977 година. Во овој истражувачки проект сондите поминале покрај Јупитер (1979 год.), Сатурн (1980 и 1981 год.), Уран (1986 год.) и Нептун (1989 год.) и на тој начин биле собрани драгоцените податоци за овие планети и нивните сателити.

Развојот на космичката ера доведе и до развој на вонатмосферската астрономија: различните видови на астрономски сателити буквално им ги „отворија очите“ на астрономите во спектралните

подрачја, вон оптичките и „радио-прозорите“. Сето тоа доведе и до експлозивен развој на инфрацрвената, ултравиолетовата, рендгенската и гама-астрономијата, како и до цела низа нови, а во некои случаи дури и револуционерни откритија. Голем број на мали револуции предизвикаа и резултатите што се добиени во текот на IUE (International Ultraviolet Explorer) мисијата, кога во орбитата околу Земјата, во 1978 година, беше лансиран телескоп од 45 cm. Голем број резултати се добиени и со помош на сателитот HEAO-2, наречен „Ајнштајнова опсерваторија“ на кој бил поставен рендгенски телескоп од 58 cm, а работел од 1978 до 1981 год. Овој телескоп овозможи да се согледа едно ново и дотогаш непознато рендгенско небо. Голема важност има и 2,4 метарскиот телескоп, лансиран во орбитата околу Земјата во 1990 год. Овој инструмент го доби името **Хаблов телескоп**.

ПРАШАЊА

1. Што е предмет на проучување на астрономијата?
2. Астрономијата ги користи скоро сите методи на физиката. Во што се состои нејзината специфичност во однос на физиката?
3. Дали може да се разликуваат историски етапи во развојот на астрономијата, што одговараат на историско време, стар век, среден век и нов век?
4. Какво значење за астрономијата имаат пронајдоците како што се: телескопите, спектралната анализа, фотодрафите, радиото, развојот на космонаутиката, разни видови на сметачи ...?
5. Која е најизразената карактеристика на астрономијата во однос на другите науки? Дали во одговорот на ова прашање може да се препознае формулата за „вечна младост на астрономијата“?
6. Каква новост внесува космонаутиката во астрономијата?

2. НЕБО, ПРОСТОР И ВРЕМЕ

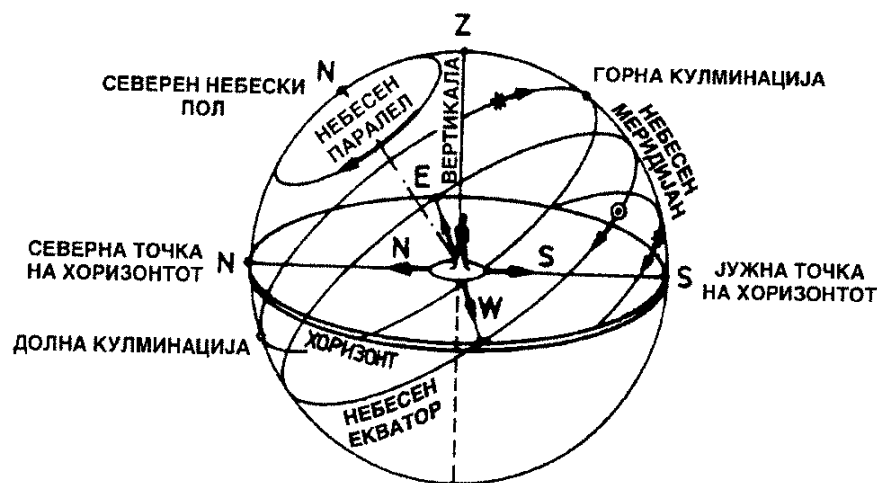
2.1. НЕБЕСНА СФЕРА, НЕЈЗИНОТО ПРИВИДНО ДВИЖЕЊЕ И ЗЕМЈИНАТА РОТАЦИЈА

За астрономијата од суштинско значење е ориентацијата во просторот. Гледајќи го небото и поминувајќи со поглед од еден објект кон друг, астрономите ги поврзуваат правците во коишто ги гледаат небесните тела (визури) со аглите помеѓу нив. Положбите на сите небесни тела се проектираат на површината на една замислена топка што ја нарекуваме **небесна сфера**. Поради големата оддалеченост на небесните тела, можеме да замислиме дека и небесната сфера се наоѓа на голема оддалеченост. Нејзиното средиште се наоѓа во точката каде што се наоѓа набљудувачот.

За определување на положбата на небесната сфера служат **сферните координати**, онака како што за определување на положбата на Земјата служат географските координати. Доколку на глобусот се спореди множеството на меридијани со множеството паралели, ќе се види дека тие се разликуваат. Множеството паралели е составено од еден голем, или главен круг и мноштво помали кругови, што лежат во меѓусебно паралелни рамнини. За разлика од ова, сите меридијани се големи полукружници настанати со пресек на сферата и рамнината што минува низ оската на ротација. Множеството на паралели на глобусот, одговара на **множеството на небесни паралели**, а множеството на големи кругови на коишто лежат меридијаните одговара на **множеството на деклинациски кругови**.

Привидниот изглед на појавите на небото е условено од движењето на Земјата како планета. Земјината ротација е причина за привидното движење на небесната сфера и за промената на денот и ноќта. Токму затоа, изгледот на видливиот дел на небото зависи од местоположбата на набљудувачот на Земјината топка и од моментот на набљудување.

Да замислиме дека набљудувачот на Земјата стои на хоризонтална површина. Правецот на силата на тежата, **вертикалната**, е нормална на таа рамнина. Правецот на вертикалата може да ни го покаже високот што слободно виси. Ако вертикалата се продолжи кон небесната сфера, тогаш ќе ја прободне во точка што ја нарекуваме **зенит**, а на неа спротивната точка, во којашто вертикалата исто така ја пробива небесната сфера, ја нарекуваме **надир**. Продолжената Земјина оска ја нарекуваме **светска оска**. Таа ја пробива небесната сфера во **северниот** (P_N) и **јужниот небесен пол** (P_S). Продолжената рамнина на Земјиниот екватор на небесната сфера пресекува круг на оваа сфера што го нарекуваме **небесен екватор**. Рамнината на меридијанот, на којшто се наоѓа набљудувачот, ја пресекува небесната сфера долж големиот круг кој го нарекуваме **небесен меридијан**. Небесниот меридијан поминува низ зенитот, надирот, северната и јужната точка на хоризонтот и низ северниот и јужниот небесен пол. Хоризонталната површина на



Слика 2.1

којашто се наоѓа набљудувачот ја нарекуваме **рамнина на хоризонтот**, а кругот што таа го сече го нарекуваме **хоризонт**. Пресекот на меридијанот и хоризонтот, што се наоѓа поблиску до северниот небесен пол го нарекуваме **северна точка на хоризонтот (N)**, а на неа спротивната точка на хоризонтот ја нарекуваме **јужна точка на хоризонтот (S)**. На хоризонтот можат да се издвојат и **источната (E)** и **западната (W)** точка, коишто се наоѓаат во пресекот на правата која е нормална на долж NS и поминува низ точката во којашто се наоѓа набљудувачот (сл. 2.1).

Бидејќи не сме во состојба да ја воочиме ротацијата на Земјата, ни се чини дека небесната сфера се врти околу светската оска и тоа во спротивна насока од насоката на Земјината ротација. Насоката на вистинското движење на небесната сфера, за набљудувачот од северната

хемисфера, се нарекува **директна**, а спротивната насока на Земјината ротација или насоката во правец на стрелката на часовникот се нарекува **ретроградна**. Свездите излегуваат на источната половина на хоризонтот и се подигнуваат се до небесниот меридијан, каде што ја достигнуваат својата најголема височина,

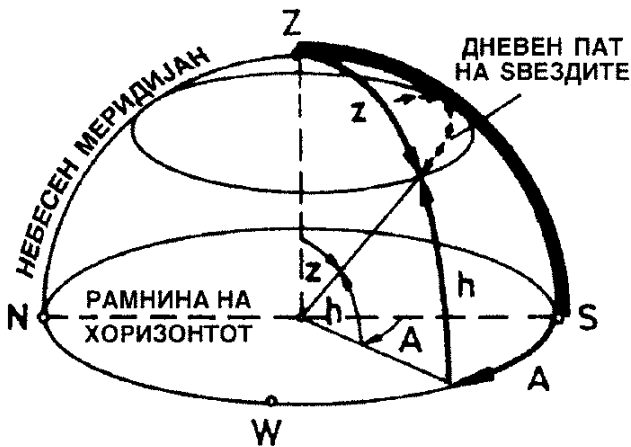
односно ја достигнуваат својата **горна кулминација**. Продолжувајќи го движењето околу светската оска, по круговите што се нарекуваат **паралели**, заоѓаат на западната страна на хоризонтот. На делот од небесната сфера, што е за нас невидлив, свездите ја достигнуваат својата најниска положба - **долна кулминација**. **Циркумполарни ѕвезди** се оние што никогаш не заоѓаат (единствено овие ѕвезди ги достигнуваат и двете кулминации над хоризонтот), а **антициркумполарни ѕвезди** се оние што никогаш не изгреваат.

Во астрономијата се користат неколку координатни системи. Секој од нив има свој **основен круг** (како што е екваторот за набљудувачот на Земјата) и **почетен полукруг** (пр. Гриничкиот меридијан) од кој почнуваат да се одбројуваат координатите.

2.2. ХОРИЗОНТСКИ КООРДИНАТЕН СИСТЕМ

Ако координатниот систем се врзе за набљудувачот на Земјата, тогаш дневните појави на небото ќе можат да се претстават онака како што тој ги гледа.

За определување на положбата на небесните тела во однос на набљудувачот, хоризонтот и страните на светот е погоден **хоризонтскиот координатен систем**, чии



Слика 2.2

координати се висина и азимут. Во овој систем основна рамнина е хоризонтската рамнина, а основен правец е правецот кон јужната точка на хоризонтот. Карактеристични точки се: зенит, надир и јужната точка на хоризонтот. **Висината** h е агол во центарот на сферата што се наоѓа во рамнината што е нормална на рамнината на хоризонтот. Ако замислиме де-

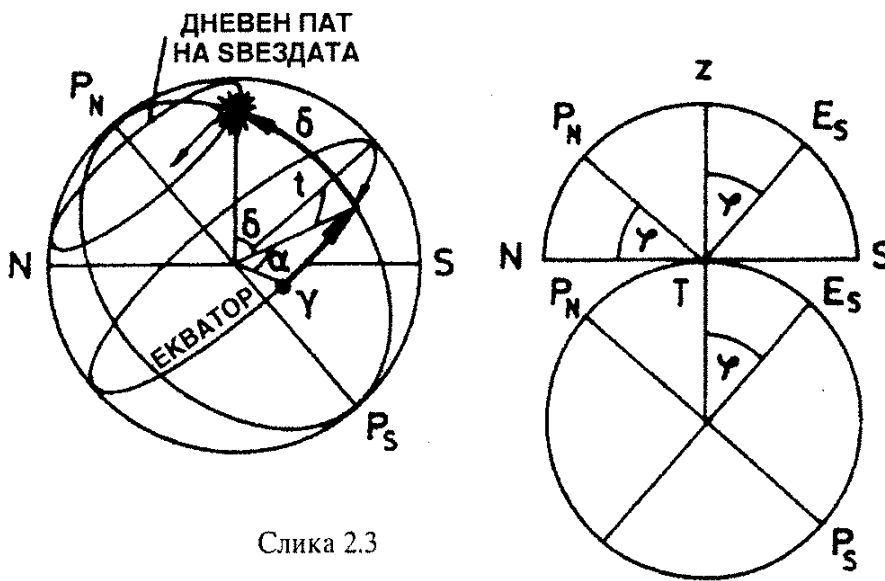
ка небесната сфера има единечен полупречник и ако аголот се мери со радијани, висината може да се определи и како должина на лакот на сферата, бидејќи тогаш таа е бројно еднаква со соодветниот средишен агол. Висината е позитивна над хоризонтот и се пресметува од 0° до 90° , а негативна испод хоризонтот, каде што се смета од 0° до -90° . Дополнувањето на висината до 90° , односно нејзиниот комплемент, се нарекува **зенитно растојание** z ($z + h = 90^\circ$).

Азимут A е координата што се мери од јужната точка на хоризонтот кон запад, во ретрограден смер, од 0° до 360° . Да спомнеме дека во геодезијата азимутот се мери од северната точка на хоризонтот кон запад до јужната точка, во директна насока и кон исток во ретроградна насока, од 0° до 180° .

2.3. ЕКВАТОРСКИ КООРДИНАТЕН СИСТЕМ

Со ротацијата на небесната сфера директно е поврзан и **екваторскиот координатен систем**. Овој систем најлесно може да се замисли како проекција на географскиот координатен систем на небесната сфера. Значи основна рамнина е рамнината на небесниот екватор, основен круг е кругот на небесниот екватор, а небесните паралели се паралелни со него. Агловата оддалеченост од небесниот екватор го нарекуваме **деклинација** δ . Оваа координата се мери од 0° до 90° , од небесниот екватор кон северниот небесен пол и од 0° до -90° од небесниот екватор кон јужниот небесен пол. Втората координата има две варијанти. Според првата - **локален екваторски координатен систем** (местен или локален, затоа што секој

посматрач на Земјата има свој координатен систем, што значи дека зависи од местото или локацијата на набљудувањето), почетната полурамнина е делот на небесниот меридијан од северниот кон јужниот небесен пол, а во себе го содржи зенитот и јужната точка на хоризонтот. Координатата што се пресметува од така дефинираниот почетен меридијан се нарекува **часовен агол** t . Аголот се пресметува во рамнината на екваторот, од деклинацискиот круг на ѕвездата и се зголемува во правец на привидното движење на небесниот свод, односно од исток кон запад. Часовниот агол се мери од 0^h до 24^h , во екваторската рамнина, а претставува време што поминало од горната куминација на посматраниот небесен об-



Слика 2.3

јект. Локалниот екваторски координатен систем е погоден за следење на дневното движење на небото.

За користење на ѕвездените карти и за ориентација со нивна помош е најпогодно координатите на ѕвездите да не се менуваат истовремено со привидното движење на небесната сфера. Токму затоа, во втората варијанта на екваторскиот координатен систем - **небесниот еква-**

торски координатен систем - е земено почетниот меридијан да минува, освен низ северниот и јужниот небесен пол и низ γ точката (види сл. 2.3). Во овој случај координатата е агол што расне од запад кон исток, значи спротивно од часовниот агол и се мери од точката γ , од 0 до 24^h. Оваа координата се нарекува **асенсија**. Асенсјата (α) и часовниот агол

(t) се поврзани со релацијата:

$$\alpha + t = s$$

каде s е **ѕвездено време**. Асенсјата и деklinацијата се бавно променливи координати на ѕвездите. Ако тие се познати, тогаш може да се користат ѕвездени карти и атласи и со нивна помош лесно може да се најде бараниот објект на небото.

2.4. ОРИЕНТАЦИЈА НА НЕБОТО. COSВЕЗДИЈА

Погледот на ноќното небо ни открива различни објекти. Со својот сјај најмногу се истакнува **Месечината** (кога се гледа). Таа по Сонцето е најсјаен објект на небото. На небото се и **планетите**, чија местоположба забележително се менува од ден на ден, а за тоа зборува и нивното име, кое на грчки значи талкач. Небото е насеано со **ѕвезди**, а се гледа и светла трака што ја нарекуваме **Млечен Пат** или **Кумова Слама** (во некои краишта, во Македонија, се нарекува и Попова Слама). Таа ја опкружува целата небесна сфера, а нејзиниот сјај го чинат над сто милијарди

ѕвезди од нашата **Галактика**.

Запознавањето со небесните тела ни овозможува подобра ориентација во просторот и времето. Така, Сонцето во деновите на рамнодневицата изгрева точно во источната и заоѓа точно во западната точка на хоризонтот. Според тоа, околу 20 март и 23 септември, со помош на Сонцето, можат лесно да се определат страните на светот. Во текот на денот, Сонцето привидно се поместува од исток кон запад по 15° на час и ова движење може да се искористи за приближно определување на изминатото време.

Од Земјата, можеме прилично точно и едноставно да се ориентираме и со помош на ѕвездите. Ѕвездата **Северница** можеме лесно да ја најдеме на небото, а нејзината висина над хоризонтот ја дава приближната географска широчина на местото на кое што се наоѓаме. Под Северницата, на хоризонтот, се наоѓа северната точка. Небесните објекти излегуваат од источната страна на хоризонтот и во текот на ноќта, во нашето видно поле, се појавуваат разни **cos**ѕвездија. Бидејќи Земјата обиколува околу Сонцето, во текот на годината, таа ја менува и својата положба во однос и на ѕвездите. Токму затоа гледаме различни **cos**ѕвездија во различни периоди од годината. Распоредот на ѕвездите и **cos**ѕвездијата се прикажуваат во **ѕвездени карти** и **атласи**, а во **ѕвездените каталози** се запишува нивната положба.

Од најстари времиња, луѓето се обидуваале да ги групираат ѕвездите на небото и да ги поврзат со замислени линии, за да можат полесно да го запомнат нивниот распоред и подобро да се ориентираат со нивна помош. Таквите групи на ѕвезди ги нарекуваме **cos**ѕвездија. Денес под **cos**ѕвездије се подразбира област на небото заградена со условна граница. Космичките објекти што се гледаат од Земјата, во рамките на таквата граница, без разлика на нивните вистински соодноси, како што се вистинската положба во просторот и нивното меѓусебно растојание, му припаѓаат на едно **cos**ѕвездије. Значи, ѕвездите во едно **cos**ѕвездије, по правило, се само проекција на ист дел од небото. Целото небо е поделено на 88 **cos**ѕвездија. (Ѕвездена карта на небото е дадена во прилогот).

Најлесно се воочуваат **cos**ѕвездија-



Слика 2.4

та што се наоѓаат во близина на Северниот небесен пол. Овие **cos**ѕвездија се движат, привидно, во мали кругови околу небесниот пол и се нарекуваат **циркумполарни cos**ѕвездија. Тие никогаш не заоѓаат и затоа можат да се видат секоја ноќ во текот на цела година.

Јохан Баер (Johanes Bayer) во 1603 година го вовел означувањето на ѕвездите во **cos**ѕвездијата со букви од грчката азбука и тоа во склад со нивниот сјај. Редоследот го направил само приближно. Тоа го потврдија и подоцнежните истражувања, (така α во **cos**ѕвездието не е секогаш и најсјајна ѕвезда, пр. како што е случај со **cos**ѕвездието Змеј).

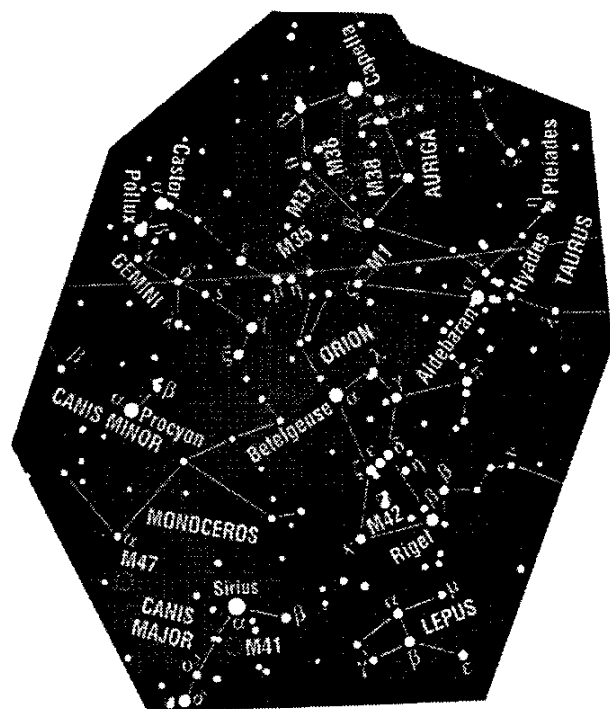
Најлесно може да се забележи **cos**ѕвездието **Голема Мечка** (Ursa Maior), односно нејзиниот дел што кај народот е познат како **Голема Кола**. Двете ѕвезди што се наоѓаат на крајот од Големата кола, **Дубхе** (α Ursae Maioris) и **Мерак** (β Ursae Maioris) ги нарекуваме покажувачи. Доколку приближно пет пати се продолжи линијата што ги спојува, кон север, тогаш лесно се наоѓа ѕвездата **Северница** или **Полара** (α Ursae Minoris), која се наоѓа многу блиску до Северниот небесен пол и затоа може да послужи како компас. Северницата се наоѓа на крајот

од опашката на соѕвездието **Мала Мечка** (Ursa Minor), или или на крајот на рудата на **Малата Кола**. Во близина на ова соѕвездие лесно е воочливо и соѕвездието **Касиопеа** (Cassiopeia) што има карактеристична форма на буквата W чии отвори покажуваат кон Северниот небесен пол. Точно помеѓу Големата мечка и Малата мечка започнува еден ланец на ѕвезди, што завршува со четворострана фигура. Оваа четворострана фигура, во текот на летото, се наоѓа скоро над нашите глави. Тоа е соѕвездието **Змеј** (Draco), за кое римската легенда вели дека божицата Минерва го однела на небото. Четириаголникот ја претставува главата на Змејот. Да видиме кои четири ѕвезди ја формираат. Најсјајната ѕвезда е **Етамин** (γ Draconis), а α Змеј е **Тубан**. Во времето на старите Египјани ѕвездата Тубан била поларна ѕвезда, но од тогаш небесниот пол, поради движењето на небесната оска (прецесија) се изместила во сегашната положба. На циркумполарните соѕвездија им припаѓа и помалку воочли-

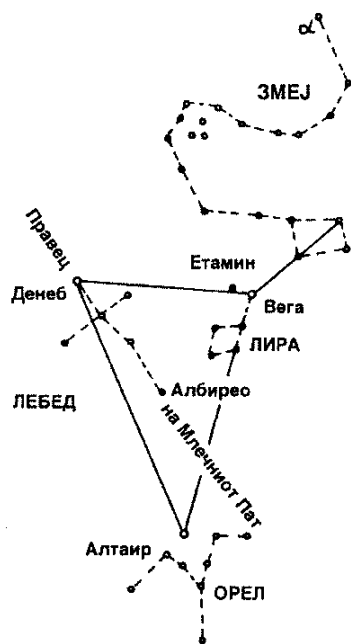
вото соѕвездие **Цефеј** (Cepheus), во кое се наоѓа и променливата ѕвезда δ Цефеј, по која е добиено и името цефеиди, позната класа на променливи ѕвезди.

Заради обиколувањето на Земјата околу Сонцето, во различни годишни периоди ноќното небо има различен изглед. Според тоа, **соѕвездијата можеме да ги поделиме на: зимски, пролетни, летни и есенски соѕвездија.**

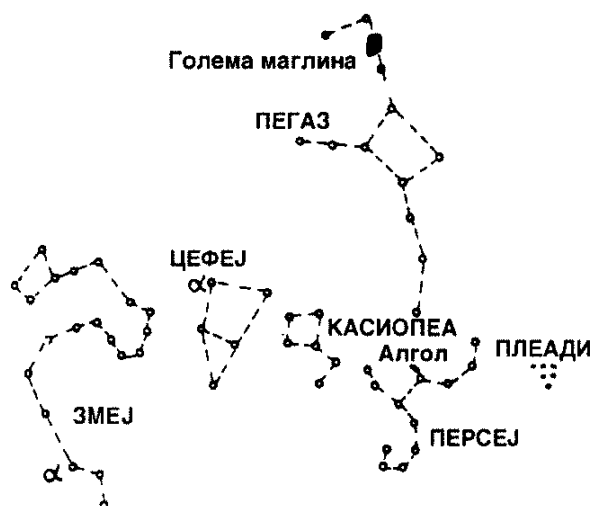
Во текот на зимските месеци најлесно се препознава соѕвездието **Орион** (Orion), кое се наоѓа високо на јужниот дел од небото. Во неправилната четириаголна фигура, се наоѓаат три сјајни ѕвезди, во низа, што го чинат појасот на Орион. Старите Грци го претставувале Орион како ловец. Сјајната црвеникава ѕвезда на североисточниот дел од соѕвездието е **Бетелгез** (α Orionis), а синобелузлавата на југозапад е **Ригел** (β Orionis). Средната ѕвезда во Орионовиот појас е **Алнитам** (ϵ Orionis). Ако се повлече линија преку ѕвездите во Орионовиот појас ќе се дојде до соѕвездието **Бик** (Taurus). Ова соѕвездие лесно се препознава по групата ѕвезди што се распоредени во форма на латинската буква V. Оваа група на ѕвезди, во која најсјајна е ѕвездата **Алдебаран** (α Tauri), го претставува ѕвезденото јато **Хијади**, а нешто понатаму се наоѓа ѕвезденото јато **Плеади** (или Квачка). Ако се следи линијата што се повлекува низ трите ѕвезди на Орионовиот појас, во насока на југоисток, ќе се дојде до најсјајната ѕвезда на небото - **Сириус** (α Canis Majoris). Потребно е добро да се погледне оваа ѕвезда на ноќното небо. Секоја посјајна ѕвезда од неа е сигурно планета. Сириус се наоѓа во соѕвездието **Големо Куче** (Canis Major), а североисточно од неа се наоѓа сјајната ѕвезда **Прокцион** (α Canis Minoris), што припаѓа на



Слика 2.5



Слика 2.6



Слика 2.7.

сосвездието **Мало Куче** (Canis Minor). (сл. 2.5)

Од пролетните сосвездија најлесно се воочува сосвездието **Рак** (Cancer), во кое се наоѓа големо растурино ѕвездено јато што го нарекуваме **Јасли** (Praesepere), потоа сосвездието **Лав** (Leo), чии најсјајни ѕвезди се **Регулус** (α Leonis) и **Денебола** (β Leonis), но и сосвездието **Девница** (Virgo), каде што најсјајна е ѕвездата **Спика** (α Virginis).

Ако од главата на сосвездието **Змеј** се повлече дијагонала што минува низ најсјајната ѕвезда **Етамин**, тогаш ќе се дојде до многу сјајната ѕвезда **Вега** (α Lyrae) во сосвездието **Лира** (Lyra), што ѝ припаѓа на летната група сосвездија. Доколку продолжиме и понатаму во иста насока ќе дојдеме до највоочливиот дел од сосвездието **Лебед** (Cygnus), кое поради својата форма на крст понекогаш се нарекува и **Северен Крст**, а се наоѓа во Млечниот Пат. Подолгата страна од крстот го покажува правецот во кој се простира Млечниот Пат. На врвот на крстот се наоѓа неговата најсјајна ѕвезда **Денеб** (α Cygni). Оваа ѕвезда од Земјата е оддалечена околу 1 600 светлосни години (види гл. 4.) и претставува една од најодда-

лечените ѕвезди што можеат да се видат со голо око. Млечниот пат води од северниот крст кон југ до сосвездието **Орел** (Aquila). Ѕвездите Вега, Денеб и **Алтаир** (α Aquilae) го формираат Големiot летен триаголник, лесно воочлив на летното небо. Следејќи ја рудата на Големата кола лесно наидуваме на сосвездието **Волар** (Bootes) и до најсјајната ѕвезда во него, со метално-црвеникава боја, ѕвездата **Арктур** (α Bootis). На летната група сосвездија ѝ припаѓа и сосвездието **Северна Круна** (Corona Borealis), интересна полукружна низа на ѕвезди со послаб сјај, меѓу кои се истакнува ѕвездата **Гема** (α Coronae Borealis).

На есенското небо, од Касиопеа кон Плеадите, се простира свиткан ланец од ѕвезди, дел од сосвездието **Персеј** (Perseus). Во ова сосвездие се наоѓа познатата ѕвезда **Алгол** (β Persei). Во близина на средната линија од четирите ѕвезди на сосвездието **Андромеда** (Andromeda) се наоѓа бледа маглина. Тоа е **Големата Андромедина маглина**, најблиска спирална галактика, оддалечена од Земјата над два милиони светлосни години. На есенската група сосвездија ѝ припаѓа и сосвездието **Пегаз** (Pegasus). Под него се наоѓа слабо

воочливото соѕвездие **Риб** (Pisces), во кое се наоѓа точката каде што ликот на

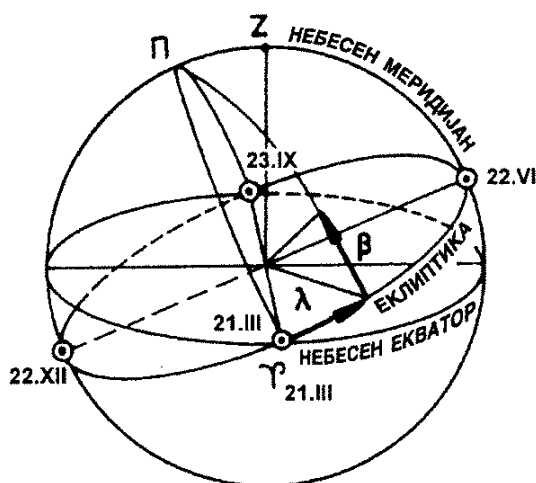
Сонцето се проектира во моментот на пролетната рамнодневица (γ точка).

2.5. ПРИВИДНО ГОДИШНО ДВИЖЕЊЕ НА СОНЦЕТО И ПОСЛЕДИЦИТЕ ОД НЕГО (ЕКЛИПТИКА, ЗОДИЈАК)

При обиколувањето на Земјата околу Сонцето - **револуција** - Земјината оска на ротација не е вертикална со рамнината што ја определува орбитата, туку со неа зазема агол од $23^{\circ},5$. Ова доведува до промена на годишните времиња. Насоката во која Земјата обиколува околу Сонцето е еднаква со насоката на нејзината ротација. Ако од северната Земјина полутопка се гледа рамнината во која Земјата обиколува околу Сонцето, таа ќе се движи спротивно од стрелката на часовникот. Непосредни астрономски последици од Земјината револуција се: привидното движење на Сонцето во текот на годината и годишната промена на изгледот на ноќното небо.

Набљудувајќи го Сонцето, го проектираме во некое подрачје на небото. Пример, на 22 септември Сонцето се наоѓа во соѕвездието Девица. Замислената

линија, повлечена од: набљудувачот на Земјата, преку Сонцето, до замислената небесна сфера, постојано се движи и тоа спротивно од стрелка на часовникот. Кругот по кој Сонцето привидно се движи, меѓу ѕвездите, се нарекува **еклиптика**. Движењето на Сонцето долж еклиптиката се одвива од запад кон исток, што всушност е спротивно на насоката на дневното движење на небесната сфера. Движењето на Сонцето меѓу ѕвездите е привид бидејќи се гледа од Земјата која е во постојано движење. Соѕвездијата, низ кои минува Сонцето, се нарекуваат **зодијачки соѕвездија**. Бидејќи полниот круг има 360° , што е приближно еднакво со бројот на деновите во годината, Сонцето долж еклиптиката секој ден поминува помалку од 1° . Сонцето се движи меѓу ѕвездите што се наоѓаат на дневната страна од небесната сфера, но ова движење



Слика 2.8а



Слика 2.8б

не може да се види директно. Сепак може да се види дека изгледот на ноќното небо, за ист период, непрекинато и секојдневно се поместува за помалку од 1° . Кружејќи околу Сонцето, односно со својата револуција, Земјата одредува многу важна рамнина во просторот, тн. **рамнина на еклиптиката**. Аголот ε , под кој е навалена рамнината на еклиптиката во однос на рамнината на екваторот, се менува многу бавно во текот на времето, па затоа астрономите овој агол го врзуваат за 1 900 год. кога изнесувал приближно $23^\circ,5$. (Пролетната или γ точка и есенската точка претставуваат пресечни точки на еклиптиката и небесниот екватор.)

Кругот на еклиптиката служи како основен круг во **еклипичкиот координатен систем**. Круговите што се паралелни со рамнината на еклиптиката се кругови на ширината, латитуда, а круговите што се вертикални со рамнината на еклиптиката се нарекуваат кругови на должина, лонгитуда. **Еклиптичката латитуда** (β) се пресметува од 0° на еклиптиката до 90° кон северниот пол на еклиптиката и од 0° до -90° кон јужниот пол на еклиптиката. **Еклиптичката лонгитуда** (λ) се пресметува од кругот на латитудата што поминува низ γ точката, во насока на привидното Сончево движење, во директен правец од 0° до 360° . За разлика од хоризонтскиот координатен систем, кој е погоден за опишување на појавите на небото, онака како што ги гледа набљудувачот, и екваторскиот координатен систем, погоден за опишување на положбата на ѕвездите, еклиптичкиот координатен систем се применува за проучување на движењето на телата во Сончевиот систем, како и за проучување на влијанието на Земјината револуција на небесните појави.

Да го замислиме Сонцето, Земји-

ната патека околу Сонцето, проекцијата на Сонцето на еклиптиката и небесниот екватор. Потоа да се обидеме да воочиме како се менува положбата на Земјиниот екватор во однос на Сончевите зраци, во текот на годината. Во однос на сето ова, во текот на годината, се разликуваат четири важни моменти, а тоа се почетоците на годишните периоди.

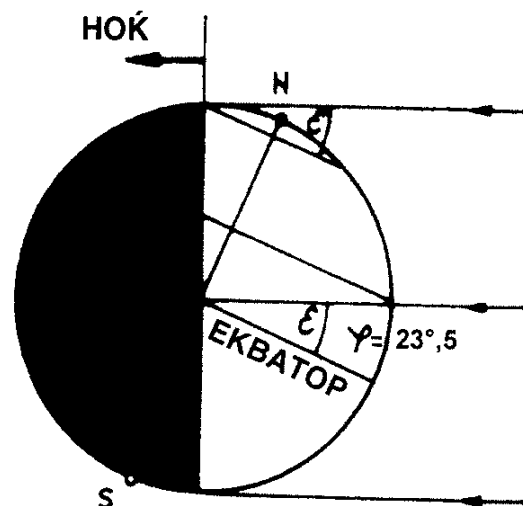
Пролетта почнува на 20 март, летото на 22 јуни, есента на 23 септември, зимата на 22 декември. Почетоците на годишните периоди се определуваат како: мигови кога Сонцето ги има следните координати (α, δ): $(0^h, 0^\circ)$ - пролет, $(6^h, +\varepsilon)$ - лето, $(12^h, 0^\circ)$ - есен и $(18^h, -\varepsilon)$ - зима. Сонцето во овие моменти е проектирано во четири главни точки на еклиптиката: **пролетна** или γ точка, **летна**, **есенска** и **зимска точка**.

Каква е меѓусебната положба на Земјата и Сонцето на 20 март и 23 септември? Во овие денови, линијата што ги спојува центарот на Земјата и центарот на Сонцето лежи во рамнината на екваторот, а земјината оска е вертикална на оваа рамнина. Токму затоа, во овие денови, за набљудувачот што се наоѓа на земјиниот екватор, Сонцето ја достигнува својата горна кулминација во зенитот. За набљудувачот што се наоѓа на половите, Сонцето ќе лежи на хоризонтот, односно ќе ги грее истовремено сите места на сите географски широчини, од кои може да се види. Момент на почеток на пролетта е оној момент кога Сонцето, на небесната сфера, на својот пат околу еклиптиката, ќе се најде во пролетната или γ точка (Υ). Проекцијата на Сонцето на 23 септември доаѓа во есенската точка. Тоа е точка во којашто еклиптиката исто така го пресекува небесниот екватор. Оваа точка го носи името на *cos*ѕвездие-

то Вага (Ω). Во двата споменати денови должината на денот и ноќта е еднаква на целата Земјина топка, па затоа овие денови се нарекуваат **рамнодневица** или **еквинокција**. По почетокот на пролетта Земјата патува околу Сонцето на тој начин што подрачјето на северниот пол е се повеќе, привидно, навален кон Сонцето, односно Сончевата деклинација се повеќе се зголемува

На 22 јуни Сонцето минува низ летната точка, која го носи знакот на соѕвездието Рак (Σ). Сончевите зраци го осветлуваат целиот северен леден појас, а на Северниот пол со рамнината на хоризонтот формира агол $\varepsilon = 23^\circ,5$. Овој агол е еднаков на аголот за кој Земјината оска е наклонета во однос на рамнината на еклиптиката. Паралелата на северната географска ширина од $66^\circ,5$, **Северниот поларен круг**, цел ден е осветлен од Сонцето. Истиот ден, Сончевите зраци ќе паднат вертикално на сите места со северна географска ширина од $23^\circ,5$, што значи дека во овие места Сонцето во текот на денот ќе помине низ зенитот.

Северно од овие места Сонцето не може да помине низ зенитот, токму затоа во нашите краишта Сонцето никогаш не поминува низ зенитот. На својот пат кон север Сонцето по 22 јуни, кога ќе ја достигне својата најсеверна точка во зенитот, што одговара на паралелата од $23^\circ,5$, на ова место како да застанува и затоа оваа точка се нарекува **летен солстициј** (што значи: застанување на Сонцето). До тој ден Сонцето на небесната



Слика 2.9

сфера привидно се оддалечува од екваторот, а по овој ден почнува постепено да се враќа кон него и да му се приближува. Затоа, паралелата што се наоѓа на географската ширина од $23^\circ,5$ се нарекува **Северен повратник** или **Раков повратник**.

Првиот ден од зимата, 22 декември, Сонцето привидно стигнува во зимската точка (Υ). Тогаш состојбата на јужната полутопка е иста како на северната на 21 јуни. Тоа е **зимски солстициј**. Сонцето поминува низ зенитот на местата што се наоѓаат на $23^\circ,5$ јужна географска ширина. Паралелата што одговара на $23^\circ,5$ јужна географска ширина ја нарекуваме **Јужен повратник** или **Јарчев повратник**. Годишниот циклус на Сонцето се завршува со враќање на Сонцето во пролетната (γ) точка. Овој циклус на промена на годишните периоди се нарекува **тропска година**. Таа трае $365,2422\dots$ денови или 365 денови 5 часови 48 минути и 46 секунди.

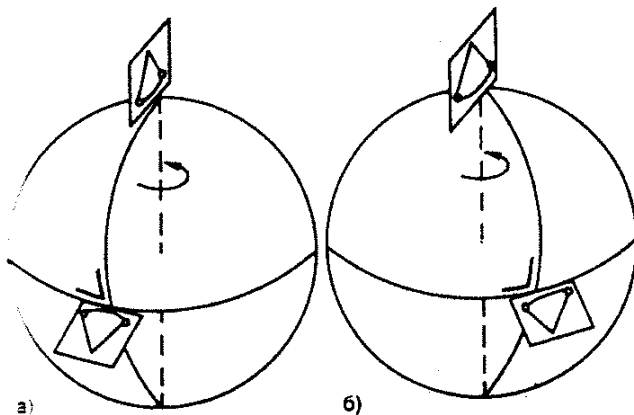
2.6. ДОКАЗИ ЗА ЗЕМЈИНАТА РОТАЦИЈА И РЕВОЛУЦИЈА

Непосредните последици од Земјината ротација се многубројни. Меѓу другите спаѓаат и: свртувањата на реките што течат долж Земјините меридијани и ветровите што дуваат во овој правец, отстапување на телата при слободно паѓање, Земјината форма (поради ротацијата, Земјата е сплескана на половите, а испалчена на екваторот) и тн.

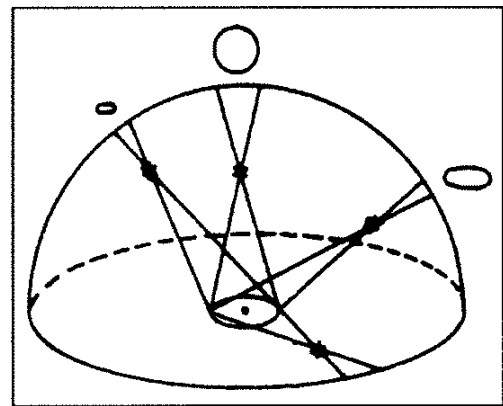
Ротацијата на Земјата може да се докаже со познатиот **Фукоов експеримент**. Познато е дека кога нишалото ќе се подвижи, тоа задржува непроменета положба во рамнината на нишањето. **Фуко** (Jean Bernhard Leon Foucault, 1819-1868 год.), во 1851 година, поставил во парискиот Пантеон доволно долго и тешко нишало кое можело и доволно долго време да се ниша. Под нишалото поставил слој од песок. На слободниот врв од нишалото поставил шилец за оцртување на положбата на рамнината на нишањето. Многу бргу можело да се забележи скршнување на рамнината на нишањето, што всушност е последица од движењето на подлогата, т.е. Земјата. Фукоовиот експеримент, кој е изведен и на многу други

места на Земјата, претставува очигледен и егзактен доказ за Земјината ротација.

Додека Земјата обиколува околу Сонцето, правецот во кој гледаме некоја звезда - постојано се изместува. Кога Земјата ќе го затвори своето движење околу Сонцето, тогаш и проекцијата на избраната звезда, на небесната сфера, ќе опише една извонредно мала елипса, што всушност е проекција или слика на Земјиното патување на небесната сфера (сл. 2.11). Ваквите мали привидни патувања на звездите, на небесната сфера ги нарекуваме **паралактички елипси**. Во крајни случаи може да се појави и права, доколку звездата се наоѓа во еклиптичката рамнина. Исто така може да се појави и круг доколку звездата се наоѓа на правата што е нормална на неа. Доволно е со мерење да се утврди дека тие постојат и егзактно да се утврди, дека Земјата кружи околу Сонцето, а не Сонцето околу Земјата. Ова се обидува да го докаже уште Аристарх во III век п.н.е. но без успех, па затоа заклучил дека звездите се многу далеку и дека нивното паралактичко поместување е под границите на



Слика 2.10



Слика 2.11

точноста на инструментите. Првото успешно мерење го извршил Бесел во 1837 год. и добил резултат дека големата по-

луоска на паралактичката елипса на ѕвездата 61 Cyg се гледа под агол од $0^{\circ},3$.

2.7. ВРЕМЕ

(ЕДИНИЦИ, СВЕЗДЕНО, СРЕДНО, ГРАЃАНСКО, СВЕТСКО, ЗОНСКО, УКАЗНО)

Навикнати сме да се користиме со рачни или ѕидни часовници, а при тоа да не размислуваме за вистинското значење на термините секунда, минута, час, ден, седмица, месец, година. Астрономите ја дефинираат секундата, минутата, часот и денот со помош на Земјината ротација, седмицата и месецот врз основа на Месечевото орбитално движење, а годината со помош на Земјината револуција околу Сонцето.

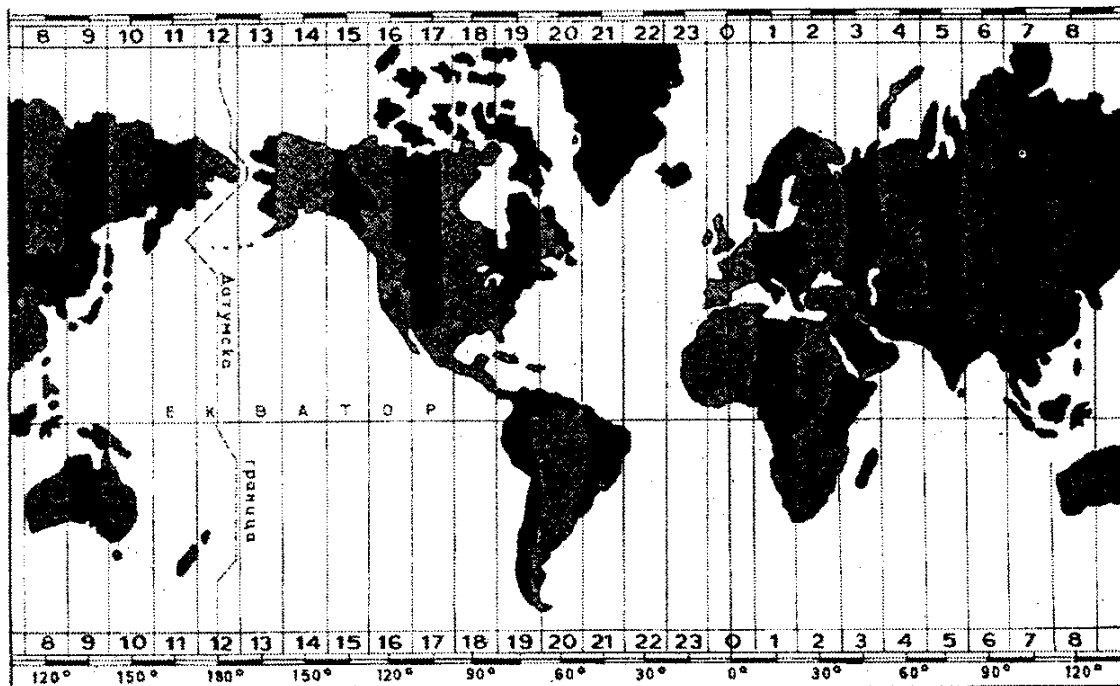
Деноноќието (24^h) можеме да го поделиме на **ден**, дел од деноноќието во кој Сонцето се наоѓа над хоризонтот и **ноќ**, кога Сонцето се наоѓа под хоризонтот.

Положбата на Сонцето, на некој друг објект или замислена точка на небесната сфера, претставува стрелка со која се определува периодот од деноноќието. Моментот на горна кулминација на Сонцето означува пладне, додека моментот на долната кулминација означува полноќ. **Сончевото деноноќие е време што поминува помеѓу две едноподруги горни кулминации на средиштето на Сончевиот диск.** Поради практичните потреби на нашиот живот, на часовниот агол на реалното Сонце, додадени се 12 часови, така што полноќ е моментот кога почнува да се пресметува деноноќието, додека на пладне е 12 часот.

На различни меридијани Сонцето кулминира во различни моменти. Токму

затоа, времето што е определено врз основа на вистинското Сонце се разликува од место до место. Ваквото време се нарекува **местно или локално време**. Тоа се менува со промената на географската должина. Дополнителни проблеми создава и фактот дека Земјата, по елиптичната патека, не се движи секогаш со иста брзина, па врз основа на тоа, ниту проекцијата на Сонцето на небесниот екватор не се движи рамномерно. Затоа, времето помеѓу две кулминации на Сонцето, односно траењето на Сончевото деноноќие, не е еднакво во текот на годината. За да не мораат постојано сите часовници да се менуваат воведено е **средно Сончево време**. Средно Сончево деноноќие претставува просек на сите вистински Сончеви деноноќија. Наместо вистинското Сонце, чија проекција на небесниот екватор се движи нерамномерно во текот на годината, за потребите на мерењето на времето се воведува фиктивна точка, **средно Сонце**, која по небесниот екватор се движи рамномерно, со средна аглова брзина на вистинското Сонце. Средниот Сончев ден почнува на полноќ, што се определува со долната кулминација на замислена точка - средно Сонце, а неговото времетраење не се менува во текот на годината (граѓанско време).

Разликата помеѓу вистинското и средното Сончево време се нарекува временско изедначување (η) и тоа достигну-



Слика 2.12

ва вредност од $-16,4^m$ (4. XI.) до $14,4^m$ (14. II.). Тоа значи дека должината на вистинскиот сончев ден варира во текот на годината до 31^m , и не може да биде земен за еталон за времето.

Деноноќието како временска единица се дели на 24 часа (1 440 минути или 86 400 секунди). Во 1967 година е договорено, наместо да се користи секунда што е определена со движењето на Земјата, да се користи секунда што е определена со помош на атомски часовник, а која мерка е поврзана со 1900 година. Бидејќи должината на годината и деноноќието се менуваат со текот на времето, повремено (на 30 јуни или 31 декември), поради усогласување на деноноќието со календарот, се вметнува додатна секунда.

Порано секој град живеел по свое локално време што го покажувал градскиот часовник. Развојот на железничката мрежа и другите комуникации ја зголемиле потребата од изедначување на времето во некои области. Тоа довело до воспоставување на **појасно** или **зонско**

време, во 1883 година. Земјината топка е поделена на 24 временски појаси или зони. Средишните меридијани на соседните појаси се раздвоени за 15 степени. Сепак, поради практични причини границите на појасите не одат секогаш по меридијаните, со цел економските, географските и државните целини да имаат еднакво време (сл. 2.12).

Некои држави воведуваат и **указно (декретно) време** кое поради определени причини се разликува од појасното. Кај нас се употребува **средноевропското време (SEV)**, што е определено со средното Сончево време за источна географска должина од 15° . Од 1983 год. се применува и **летното указно време**.

Кога треба да се прикаже временски тек на појави, што се случуваат на различни географски должини, како и вистински временски разлики, тогаш моментот на времето се изразува со помош на единственото **светско време**, што се врзува за нултиот меридијан кој поминува низ Гриничката опсерваторија, во бли-

зина на Лондон. Тоа е средно Гриничко време (или **светско време**), а скратено се обележува со UT (Universal time) или TU (Tempus Universalis). Скопје лежи источно од Гринич и тоа во временска зона во која стандардно време е средноевропското време. За да се добие светско време, од нашето време треба да се одземе - во зима еден час, а во лето два часа.

Бидејќи ширината на една часовна зона изнесува 15° , тогаш на појас од 15° географска должина ѝ одговара 1^h , $1^m = 15'$, $1^s = 15''$ ($1^\circ = 4^m$, $1' = 4^s$, $1'' = 0^s,066$).

Моментот на полноќ, во определена временска зона, го одвојува изминатото деноноќие од следното. Значи постои една природна граница на датумот што постојано се поместува од зона во зона и тоа од исток кон запад. Меѓутоа две подрачја на Земјата, со различни датуми, мораат да имаат уште една допирна граница. Токму затоа имало потреба и од воведување на цврста **датумска граница**. Оваа граница е поставена во најмалку населените подрачја на Пацификот, а нејзиниот поголем дел оди по меридијанот од 180° . Од двете страни на овој меридијан времето во текот на денот е еднакво, но се среќаваат два различни датума.

Ако датумската граница се поминува од запад кон исток, тогаш и следниот ден останува **истиот датум**, како и денот на седмицата. Доколку пак оваа граница се поминува од исток кон запад, **датумот се зголемува за единица** и се пишува следниот ден од седмицата.

За подобро да се определи положбата на ѕвездите, треба да се познава и **ѕвезденото време**. Аналогно на Сончевиот ден, ѕвездениот ден е временски интервал кој во γ точката ќе опише полн агол. Пролетната (γ) точка, во овој случај, претставува стрелка на ѕвезденото време

и тоа е еднакво на часовниот агол на γ точката. За почеток на ѕвездениот ден се зема моментот кога γ точката ја достигнува својата горна кулминација. Ѕвездениот ден е определен само со Земјината ротација. Бидејќи ѕвездите се наоѓаат далеку од нас, Земјината револуција не влијае забележливо на нивната привидна положба на небесната сфера. Бидејќи на сончевиот ден влијае и движењето на Земјата околу Сонцето, за една година, во однос на Сонцето, добиваме едно кружно движење повеќе, отколку во однос на γ точката. Затоа, ѕвездениот ден е покусок од средниот Сончев ден. Ѕвездениот ден трае $23^h 56^m 4^s$, ѕвездениот час $59^m 50^s$, а ѕвездената минута $59^s,8$ на средно Сончево време. Врската помеѓу различните времиња може лесно да се запомни со помош на следната шема:

$$\begin{aligned} \text{средно Сончево време} & \dots t_s = t_p - \eta; \\ \text{граѓанско време} & \dots t_g = t_s + 12^h; \\ \text{светско време} & \dots t_0 = t_g - \lambda; \\ \text{зонско време} & \dots t_i = t_0 + i; \\ \text{указно време} & \dots t_u = t_i + u; \end{aligned}$$

каде што i е број на зоната (и тоа кон исток позитивно, а кон запад негативно), u е указна корекција, λ - географска должина на местото, η - временско изедначување, а t_p вистинско Сончево време.

Средно Гриничко време и упатства за премин на локално ѕвездено време може да се најдат секоја година во списанието „Астрономски алманах“, што овозможува со помош на ѕвездените карти лесно да се најдат ѕвезди на небото. Имено, асенцијата на ѕвездата или друг објект на ѕвездената карта всушност е локалното ѕвездено време на премин на објектот врз небесен меридијан (види ја врската помеѓу α , t и s во 2.3).

2.8. КАЛЕНДАР

Во минатото, една од најважните задачи на астрономијата било следењето на периодичните промени на годишните периоди, поради исклучителната важност за земјодеието. **Календарот** е систем по кој тропската година се дели на денови, седмици и месеци. Најголемата тешкотија е во тоа што календарот мора да има цел број на денови, а тропската година трае $365^d 5^h 48^m 46^s$, односно $365^d,2422$. Токму затоа се настојува, правилата според кои се прави календарот да овозможат, во што е можно подолга низа на години, календарската година во просек да биде што поблиска до тропската година.

Седмицата и месецот се со постаро потекло и се поврзани со периодот за кој Месечината, кружејќи околу Земјата, за набљудувачот од Земјата, ќе се најде во иста точка во однос на Сонцето. Ова е **синодички период** кој е поврзан со фазите на Месечината и изнесува приближно 29,53 средни Сончеви денови. Седумте денови во седмицата најверојатно се засниваат врз основа на Месечевите четвртини. Четвртина од синодичкиот Месечев период изнесува 7,38 денови.

Уште старите Египјани знаеле дека годината од 365 денови, што ја применувале во Месопотамија, е прекратка. Секоја четврта година разликата била скоро еден ден. Оваа неусогласеност била исправена со Канопскиот едикт во 234 год. п.н.е. и тоа на тој начин што секоја четврта година била определена како престапна и имала 366 денови.

Врз основа на советот на астрономот Сосиген, Јулие Цезар овој календар го вовел во Рим, во 46 год. п.н.е. и затоа се нарекува **Јулијански** календар. Пре-

стапните години биле дефинирани со едноставно правило: тие се деливи со 4. Според Јулијанскиот календар, во четиригодишниот просек, годината трае 365,25 денови, односно малку подолго од тропската и затоа доцни за промените на годишните периоди. Јулијанскиот календар се разликува од тропската година за 0,0078 денови. Разлика од еден ден се добива за изминати 128 години, а за 400 год. оваа разлика се зголемува на три дена. Токму затоа почетокот на календарската година морал одвреме навреме да се коригира, како што било и направено на Никејскиот собор во 325 год.

Поприлагоден на тропската година е Грегоријанскиот календар, кој го вовел папата Гргур XIII, во 1582 год. по совет на астрономот **Лилио** (Giulio Aloisio Lilio, 1520-1576 год.). Тој предложил во период од 400 год. три престапни години да се воведат како обични. На тој начин е поставено правилото: не треба да бидат престапни оние години со кои се завршува столетието, а кои имаат две нули на крајот (освен доколку се делливи со 400). Тоа значи дека во првите 400 год. не се престапни годините што завршуваат на 100, 200 и 300, а дека во вторите 400 год. не се престапни годините што завршуваат на 500, 600, 700 и тн. Така, во период од 400 год. на секоја година ѝ се одземаат по 0,0075 денови. Во овој случај календарската година трае 365,2425 денови, што значи дека тропската година е продолжена за 0,0003 дена. На тој начин оваа разлика се зголемува за еден ден за период од 3000 год. Милутин Миланковиќ, на Конгресот на православните цркви во Цариград - во 1923 година, предложил

календар кој е поточен од Грегоријанскиот календар и воедно поблизок до тропската година. Според овој календар, изработен према трудовите на **Максим Трпковиќ** (роден 1864 во Кичево, умрел 1924 год.) престапна треба да биде секоја година што е деллива со 4, со исклучок на секуларните години (оние со кои се

завршува столетието, пр. 2000 год.). Секуларните години можат да бидат престапни единствено доколку бројот на нивните векови, поделен со 9 дава остаток 2 или 6. Тоа значи дека во иднина би биле престапни годините: 2000, 2400, 2900...

ПРАШАЊА

1. Што е небо, а што небесна сфера?
2. Што се созвездија, колку ги има и кои се најголеми?
3. Дали има смисла прашањето: кое созвездије е најблиско?
4. Кои созвездија се наоѓаат секогаш над, а кои секогаш под хоризонтот?
5. Кои ѕвезди го чинат летниот триаголник?
6. Кои најсјајни ѕвезди ги препознаваме (што можат да се видат на нашето небо - кориснојќи ѕвездена карта)?
7. Во кои созвездија можеме да видиме двојна ѕвезда (со голо око), дифузна маглина, расеано ѕвездено јато, дружи галакси (види гл. 7 и 8)?
8. Во кои созвездија можат да се видат планетите?
9. Дефинирајте ги елементите на небесната сфера?
10. Кои се предностите на хоризонтскиот, а кои на екваторскиот координатен систем?
11. Дефинирајте положба на месецот на Земјината површина и положбата на ѕвездите во небесниот екваторски систем. Зошто не е еднаков бројот на координатите?
12. Во каков однос се ѕвездата омега и Земјината омега на ротација?
13. Што е привидно денонокно, а што годишно движење на Сонцето?
14. Што е денонокне, а што ден?
15. Зошто ѕвездениот ден не е еднаков со средниот Сончев ден?
16. Што е ѕвездено време?
17. Дали е можен совршен календар?
18. Колку се разликуваат во праење, во однос на тропската година, Јулијанскиот и Грегоријанскиот календар?
19. Кои се докази постојат за Земјината ротација и какви се последици се јавуваат од неа?

ЗАДАЧИ

- 2.1. Набљудувајќи ги ѕвездите забележувате дека тие се повеќе и повеќе се издигнуваат над хоризонтот. Која страна на небото ја гледате?
- 2.2. На која висина се наоѓа Сонцето доколку должината на сенката е еднаква со висината на предметот?
- 2.3. Свездата Денеб има асенција $20^{\text{h}} 38^{\text{m}}$. Колкав е нејзиниот часовен агол во $18^{\text{h}} 22^{\text{m}}$ на ѕвезденото време?
- 2.4. Колкав е часовниот агол на една ѕвезда 16^{h} од нејзината горна кулминација?

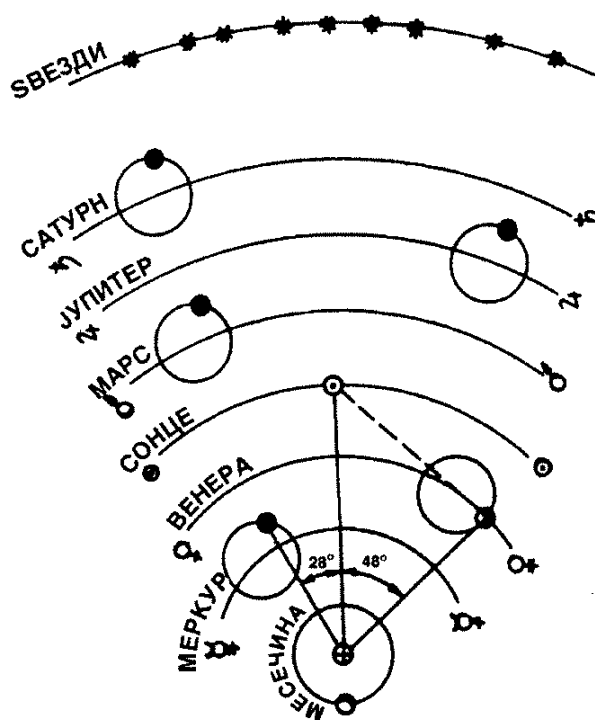
- 2.5. Колкав временски интервал поминува помеѓу:
- Две едноподруги горни кулминации на Вега ($\alpha = 18^{\text{h}} 34^{\text{m}}$)?
 - Горна кулминација на Вега и долна кулминација на Капела ($\alpha = 5^{\text{h}} 10^{\text{m}}$)?
- 2.6. Во кое време (приближно) излегува ѕвездата која пред месец дена излегла во 22^{h} ?
- 2.7. Под кој агол небесниот екватор го сече хоризонтот во источната и западната точка, во местата со географска широчина $41^{\circ} 59'$?
- 2.8. ѕвезда со асенција $18^{\text{h}} 23^{\text{m}}$ е посматрана на часовен агол од $19^{\text{h}} 33^{\text{m}}$. Определете го ѕвезденото време на моментот на набљудувањето?
- 2.9. Дали може да се посматра Сириус ($\alpha = 6^{\text{h}} 43^{\text{m}}$, $\delta = -16,6^{\circ}$) два часа после заоѓањето на Сонцето, од место што се наоѓа на географска широчина 42° , на 20 март?
- 2.10. Најди ја деклинацијата на Полукс (β Gem.) во Велес ($\varphi = 41^{\circ} 43'$) доколку висината на горната кулминација е $h = 76^{\circ} 28'$. ѕвездата кулминира јужно од зенитот.
- 2.11. Која најмала кулминација ја имаат циркумполарните ѕвезди во местото каде што живеете?
- 2.12. ѕвезда со деклинација $\delta = 30^{\circ}$ кулминира јужно од зенитот во место чија географска широчина е $\varphi = 40^{\circ}$. Најди ја висината на горната и долната кулминација на ѕвездата?
- 2.13. ѕвезда со деклинација $+ 22^{\circ} 23'$ кулминира $33^{\circ} 32'$ јужно од зенитот. Колкава е географската широчина на местото?
- 2.14. Циркумполарна ѕвезда има висина од 20° во долната кулминација и 50° во горната кулминација. Определете ја деклинацијата на ѕвездата и географската широчина на местото?
- 2.15. Циркумполарна ѕвезда кулминира северно од зенитот. Зенитската далечина на горната кулминација е $z = 30^{\circ}$, а висината на долната кулминација е $h = 20^{\circ}$. Најди ја географската широчина на местото и деклинацијата на ѕвездата?
- 2.16. Колкава е висината на Сонцето на меридијанот, на места со географска широчина од $44^{\circ},4$ на следните датуми: 20 март, 22 јуни, 23 септември, 22 декември?
- 2.17. Најди ја асенцијата и деклинацијата на ѕвездата која според ѕвезденото време кулминира во $s = 16^{\text{h}} 38^{\text{m}}$ во Струмица ($\varphi = 41^{\circ} 26'$) на зенитно растојание $z = 2^{\circ} 39'$, јужно од зенитот.
- 2.18. Колкав е периодот на Фуковата ротација, на рамнината на нишалото - во Скопје?



3. ГРАВИТАЦИОНИ ДЕЈСТВИЈА

3.1. ПРИВИДНИ ДВИЖЕЊА НА ПЛАНЕТИТЕ

Привидното движење на небесната сфера и планетите, кои како да обиколуваат околу Земјата, може да остави впечаток дека Земјата е центар на Вселената и дека сите небесни тела кружат околу неа. Ваквото геоцентрично сфаќање за светот било распространето многу одамна. Старите Грци во VI -V век п.н.е. почнале да разработуваат модели што ги објаснуваат привидните движења на небесните тела, кои во однос на планетите и не се така едноставни. Имено, ако од ноќ во ноќ се следи движењето на планетите меѓу ѕвездите, на небесната сфера, ни изгледа како тие повремено да застапуваат, почнуваат да се движат во спротивна насока, опишуваат некаков јазол, а потоа го продолжуваат своето нормално движење од запад кон исток. Привидното движење на планетите се обиделе да го објаснат уште Аристотел и Хипарх. Според нивното учење Земјата зазема централно место во Вселената. Таквиот **геоцентричен систем** на светот математички го разработил и систематски го изложил александрискиот астроном Клаудие Птолемеј, а го објавил околу 130 год. во своето дело *Алмагест* (*Голем зборник*). Според таквата слика на светот, небесните тела се распоредени на кристални сфери што непрекинато кружат околу Земјата. Најблиска до нас е сферата на Месечината, потоа сферата на Меркур, Венера, Сонце, Марс, Јупитер и Сатурн. На најоддалечената осма сфера се прицврстени ѕвездите.



Слика 3.1

За да ги објасни јазлите по кои се движат планетите, Птолемеј вовел дополнително кружно движење, претпоставувајќи дека планетите по кристалната сфера се движат по кружни патеки, околу замислена точка - **епицикл**. Оваа замислена точка, околу Земјата, опишува поголем круг - **деферент** (сл. 3.1). На тој начин, поради сложувањето на овие две движења, на патувањето на планетите по небесната сфера, се јавуваат јазли.

Основни карактеристики на Птолемевиот геоцентричен систем се: централна положба на Земјата, нејзината неподвижност и рамномерност на движењето на небесните тела по кружни патеки.

Иако Птолемеј погрешно претпоставил дека привидното движење на пла-

разликуваат: **внатрешни** или **долни** планети (оние што се наоѓаат поблиску до Сонцето, отколку до Земјата, а тоа се Меркур и Венера) и **надворешни** или **горни планети** (оние што се наоѓаат подалеку од Сонцето, отколку до Земјата), каде што влегуваат: Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Ако се посматра движењето на долните планети, како значајни положби можат да се издвојат оние моменти кога планетите се наоѓаат на најмала, односно на најголема оддалеченост од Земјата. Тие треба да бидат во рамнината што минува низ Земјата и Сонцето. Кога планетите се наоѓаат меѓу Земјата и Сонцето, се вели дека се наоѓаат во **долна конјункција** (Кд), а кога Сонцето се наоѓа меѓу планетата и Земјата, тогаш планетата се наоѓа во **горна конјункција** (Кг). На сликата 3.2. аголот α е фазен агол, а ϵ е **елонгација на планетата**. Во ниту еден од овие случаи планетата не се гледа од Земјата. Во првиот пример тоа се случува затоа што нејзиниот сјај е многу послаб од Сончевиот, а во вториот, затоа што кон Земјата е свртена нејзината неосветлена страна. Долните планети, на својот пат околу Сонцето, најдобро се гледаат, кога за набљудувачот од Земја-

та се наоѓаат во привидната најоддалечена положба од него. Во близина на **најголемата источна елонгација** (Еи) планетите се гледаат по заоѓањето на Сонцето, додека во случај на **најголема западна елонгација** (Ез) се гледаат пред изгревањето на Сонцето.

Горните планети, спротивно од долните, гледано од Земјата, најдобро се гледаат кога се наоѓаат на спротивната страна од Сонцето, бидејќи тогаш се најблиску до нас. Ваквата местоположба, кога во една рамнина се наоѓаат: планетата, Земјата и Сонцето се нарекува **опозиција** (О). Тогаш планетите кулминираат во полноќ и можат да се гледаат цела ноќ. Ако Сонцето се наоѓа меѓу планетата и Земјата, тогаш планетата се наоѓа во **конјункција** (К). Постојат уште две карактеристични положби: **источна квадратура** (Кв._и) и **западна квадратура** (Кв._з). Во двата случаја, елонгацијата на планетата е аголот што го склопува визурата на планетата - Земја и Сонце-Земја еднаков на прав агол.

Долните планети имаат потполна смена на фазите (мени) како и Месечината, а од горните планети, делумните фази можат да се видат само кај Марс.

3.3. КЕПЛЕРОВИ ЗАКОНИ

Покрај тоа што католичката црква ја прогласила книгата на Коперник во 1616 г. за еретичка и ја забранила, рушењето на догматизираниот геоцентричен систем се почувствувало и надвор од астрономијата. Сето тоа дало голем поттик во развојот и процутот на науките. Посебно значајна улога во развојот на новиот поглед на свет имал германскиот ас-

троном **Јохан Кеплер** (Johannes Kepler, 1571 - 1630). Како резултат на неговите триесетгодишни истражувања на движењето на Марс и другите планети тој воспоставил три закони што говорат за движењето на планетите околу Сонцето.

Прв Кеплеров закон:

Планетите опишуваат околу Сонцето елиптични патеки; во заедничкиот

фокус на тие патеки се наоѓа Сонцето.

Орбитите на планетите освен кај Плутон и Меркур, се со мал ексцентрицитет и не се разликуваат многу од кружните патеки. Точката во која што планетата е најмногу оддалечена од Сонцето се нарекува **афел (апохел)**, а точката во која е најблиска до Сонцето **перихел** (сл. 3.3). По елиптични патеки не се движат само планетите туку и нивните сателити. Во случај на геоцентрично движење, соодветните точки се наречуваат **перигеј** и **апогеј**. Ако со r го обележиме радиус-векторот на планетите, а со θ поларниот агол, пресметан од перихелот, а со ε ексцентричноста на планетарната орбита, тогаш Кеплеровиот закон може да се претстави со равенката за елипса во поларни координати:

$$r = \frac{\text{const.}}{1 + \varepsilon \cos \theta}.$$

Втор Кеплеров закон:

Радиус-векторот Сонце планета во еднакви временски интервали опишува еднакви површини.

Од овој закон, кој математички може да се претстави со изразот:

$$r^2 \frac{d\theta}{dt} = \text{const.}$$

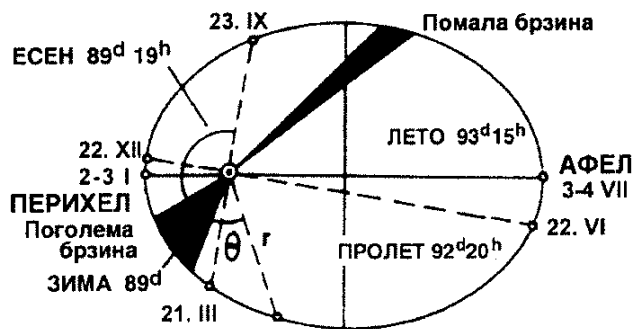
следува дека брзината на движењето на Земјата е најголема кога таа минува низ перихел, а најмала кога минува низ афел.

Од еднаквоста на површините, што во еднакви временски интервали ги опишува радиус-векторот на планетата, пр. во близина на перихел и афел ($S_a = S_p$), следи:

$$\frac{1}{2}(v_a dt) r_a = \frac{1}{2}(v_p dt) r_p$$

каде што v е брзина.

Проширено со масата на планета-



Слика 3.3

та, по скратувањето, се добива закон за запазување на моментот на импулсот:

$$m v_a r_a = m v_p r_p.$$

Бидејќи кинетичката енергија на револуција на планетата е еднаква на:

$$E_k = \frac{1}{2} I \bar{\omega}^2 = \frac{L^2}{2I},$$

каде $\bar{\omega}$ е средна аглова брзина, гледаме дека важи и законот за запазување на енергија.

Доколку поставиме:

$$v dt = r d(\sin \theta) \approx r d\theta$$

и поделиме со временскиот интервал dt , се добива наведениот израз за секторска брзина.

Трет Кеплеров закон:

Квадратите на периодите (T) на ротациите на планетите околу Сонцето се пропорционални со кубовите на големите полуоски (a) на нивните патеки.

Овој закон може да се претстави и со изразот:

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} = \text{const.}$$

и тој важи како за планетите така и за сателитите, со тоа што вредноста на константата за секој систем е различна.

Овој закон посебно е значаен затоа што ги поврзува движењата на планетите во Сончевиот систем и овозможува, врз основа на ротацијата на планетите околу Сонцето, едноставно да се определат вистинските растојанија и со-

односи во него. Големата полуоска на Земјината патека - астрономска единица (AU) се користи како единица за растојание, со која се изразуваат далечините во Сончевиот систем.

3.4. ЊУТНОВИОТ ЗАКОН НА ГРАВИТАЦИЈА

Големите англиски физичар **Исак Њутн** (Isaac Newton, 1643 - 1727) го открил законот за општа гравитација, со што објаснил и зошто планетите се движат токму на таков начин.

Уште **Хајгенс** (Christian Huygens, 1629 - 1695) покажал дека: материјална точка што се движи по круг со радиус r , со линиска брзина v има центрипетално забрзување a_c , дадено со изразот:

$$a_c = \frac{v^2}{r}.$$

Силата што го предизвикува ова забрзување е насочена кон центарот на кругот и поради неа телата скршнуваат од праволиниска кон криволиниска патека на движење. Њутн претпоставил дека истата сила предизвикува и слободно паѓање на телата на земјината површина и центрипетално забрзување на Месечината на нејзината патека околу Земјата. Оваа претпоставка ја докажал покажувајќи дека забрзувањето, при слободното паѓање и центрипеталното Месечево забрзување, се идентични на оддалеченост на Месечината од Земјата. Њутн увидел дека телата имаат различно забрзување, т.е. дека телата имаат различна тежина на различни оддалечености од Земјиното тежиште, иако нивната маса останува иста. Токму затоа го издвоил поимот маса од поимот тежина, што ја дефи-

нирал како сила со која Земјата привлекува определено набљудувано тело со дадена маса. Вклучувајќи го и третиот принцип на механиката - принципот за акција и реакција, формулирал еден од најопштите природни закони - Законот за гравитација, кој гласи:

Две тела заемно се привлекуваат со сила на интензитет F која е пропорционална на производот на нивните маси, а обратно пропорционална на квадратот на нивното растојание:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Во овој израз γ е гравитациона константа и таа изнесува:

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}.$$

Овој закон ја дефинира силата со која Сонцето ги принудува планетите да се движат околу него, а Кеплеровите закони се само последица од него. Како пример, Третиот Кеплеров закон може да се изведе од Законот за општа гравитација. Врз основа на вториот основен принцип на механиката - Принципот за независност на дејството на силата и Законот за општа гравитација, планета со маса m и Сонце со маса M_\odot , едно кон другото, ќе ги имаат следните забрзувања:

$$a_1 = \gamma \frac{m}{r^2}, \quad a_2 = \gamma \frac{M_\odot}{r^2}.$$

Бидејќи двете тела се забрзуваат едно кон друго, релативното забрзување на планетите кон Сонцето ќе биде еднакво на нивниот збир:

$$a_{rel} = a_1 + a_2 = \gamma \frac{m + M_\odot}{r^2}.$$

Ако со T се обележи периодот на обиколката на планетата околу Сонцето, а нејзината аголна брзина со $\omega = 2\pi/T$, тогаш радијалното забрзување a_r ќе изнесува:

$$a_r = \omega^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} r.$$

Земајќи во предвид дека $a_{rel} = a_r$, следи дека:

$$\frac{4\pi^2}{T^2} r = \gamma \frac{m + M_\odot}{r^2},$$

односно:

$$(m + M_\odot) \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{\gamma},$$

а ова е всушност Третиот Кеплеров закон, во кој е дефинирана вредноста на Кеплеровата константа.

3.5. ДЕЈСТВИЕ НА ПЛИМАТА

На море, лесно е воочлива појавата на плимата и осеката, а главната причина за тоа е Месечината. Нивото на водата во океаните се подига и спушта два пати дневно, а плимата секогаш доаѓа еден час подоцна во однос на претходниот ден. Тоа се случува затоа што Месечината ја достигнува својата горна кулминација секој ден подоцна за 53 минути. Силите на плимата, чија причина е Месечевата гравитација, го подигнува нивото на водата во морињата и океаните.

На Јадранското море, плимата и осеката се движат од 0,5 до 2 m. За да се почувствува вистинаската сила на плимата сепак треба да се појде до брегот на океаните. Таму, во некои заливи, плимата може да биде поголема и од 10 m. Во Мон Сен Мишел, во Франција, за време на најголемите плими и осеки брегот се подвижува и до 16 km.

Сонцето исто така предизвикува плима на Земјата. Лесно може да се прес-

мета дека односот на големината на силата на плимата предизвикана од Сонцето и Месечината изнесува приближно 5/11. Овие два ефекта на плимата се собираат векторски, така што резултантата зависи од взаемната местоположба на Сонцето, Месечината и Земјата. Кога Месечината е во конјункција или во опозиција, овие сили се собираат. Затоа најголемите плими се среќаваат пред крај на пролетта.

Енергијата на плимата и осеката ја смалуваат енергијата на Земјината ротација, така што должината на деноноќието се зголемува за 0,002 секунди за едно столетие. Дејствието на плимата е причина за уште една интересна појава. Таа е причина за изедначеното траење на Месечевата ротација со нејзината револуција, па затоа, таа се движи синхронно, свртена секогаш со истата страна кон Земјата.

Силата на плимското дејство е разлика од двете сили на гравитација на

едно тело, и тоа, првата, со која телото дејствува на поблиската половина, и втората, со која делува на пооддалечената половина на некое друго тело. Кај блис-

ките двојни ѕвезди тоа може да предизвика истекување на материјата од едната на другата ѕвезда (види 7.7).

ПРАШАЊА

1. Опишете го привидното движење и објаснете го вистинското движење на планетите.
2. Што означуваат поимите: опозиција, конјункција и елонгација на планетите?
3. Формулирајте ги прецизно Кејлеровите закони.
4. Во што се состои суштинската разлика меѓу Њутоновиот закон за гравитација и Кејлеровите закони што можат да се изведат од него?
5. Што е клима а што осека? Што е причина за нивната појава? Кои се последиците од дејствието на климата?

Прашања за размислување

6. Дали епитиклитите и деферентите ве постојувале на низа од броеви или на прогресија?
7. Дознајте кога се развила теоријата на броевите. Дали Птоломеј морал да биде геоцентричар?
8. Дали Птоломеј, со тогашните математички знаења, можел на некој друг начин толку успешно да ги опише привидните движења на планетите?
9. Зошто се вели „Коперников хелиоцентричен систем на светот“ кога истата слика ја застапувал и Аристарх, 18 векови порано? (Види точка 4.3. и задачите 3.6. и 3.7. што прв ги решил Н. Коперник).

ЗАДАЧИ

- 3.1. Колку време би и требало на Земјата да падне на Сонцето, доколку при судир со некое тело би застанала и не би ротирала околу него? Колку време би и требало на Месечината да падне на Земјата, кога на сличен начин би била сопрена во својата ротација околу Земјата?
- 3.2. Определете ја масата на Сонцето, во споредба со масата на Земјата, користејќи ги периодите и големите полуоски на Месечевата и Земјината револуција.
- 3.3. Синодичкиот период на Венера (T_{sin}) изнесува 584 денови, а Земјиното средно движење по патеката изнесува $0^\circ,986$ на ден. Колкав е сидеричкиот период (T_1) на револуцијата на Венера?
- 3.4. Опозицијата на Јупитер се повторува по 399 денови. Колкав е периодот на обиколување околу Сонцето?
- 3.5. Колку трае Сончевиот ден на Венера, која околу својата оска ротира за 243,16 дена, во ретроградна насока, а околу Сонцето за 225 денови, во директна насока? Колку би траел Сончевиот ден доколку нејзината ротација би била во иста насока како и нејзината револуција?
- 3.6. Колкава е оддалеченоста на Меркур и Венера од Сонцето ако ги посматраме нивните најголеми елонгации, 28° и 48° ?
- 3.7. Изведете ја формулата за определување на оддалеченоста на надворешните планети од Сонцето, со помош на мерење на аголот планета-Земја-Сонце и на интервалот на времето меѓу опозицијата и посматраниот момент.
- 3.8. Растојанијата на Земјата, Меркур и Плутон, од Сонцето, изнесуваат: $r_1 = 1$ AU, $r_2 = 0,387$ AU и $r_3 = 39,5$ AU. Доколку е поз-

ната брзината на движењето на Земјата ($v = 29,8 \text{ km/s}$), колкави се брзините на движењето на Меркур и Плутон?

- 3.9. Докажете дека дејствието на плимата, со која тело со маса M делува на растојание d , на топчесто тело со радиус r и маса m , определена со формулата:

$$F_p = \gamma M m \frac{2r}{d^3},$$

каде што γ е гравитациона константа. Во кој однос се наоѓа оваа сила кон гравитационата сила меѓу овие тела? Кога може да се занемари делувањето на плимата?

- 3.10. Венера ја имала својата најголема западна елонгација на 20 март, а Меркур својата најголема источна елонгација на 22

септември. Во кои соѕвездија се наоѓале овие планети во тоа време?

- 3.11. Радиусот на некоја планета е R , а оддалеченоста на некој нејзин сателит е $d=nR$. Најди го гравитационото забрзување на површината на планетата доколку периодот на револуција на сателитот е T .
- 3.12. Брзината на сателит што кружи околу Земјата е $v = 10^4 \text{ m/s}$, а масата $m = 500 \text{ kg}$. Најди ја неговата вкупна енергија.
- 3.13. Сателит се движи по кружна патека со радиус $r = 5 R_{\oplus}$. Во еден краток период, заради кочење, неговата брзина се намалила, така што почнал да се движи по елипса што ја допира Земјата. За кое време сателитот ќе падне на Земјата ако е познато R_{\oplus} и гравитационото забрзување на површината на Земјата g ?

4. ОДДАЛЕЧЕНОСТ И ГОЛЕМИНА НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

4.1. ПАРАЛАКСА

Денешното мерење на оддалеченоста на небесните тела се темели на поимот паралакса, што во строга, денешена смисла на зборот, во астрономијата прв го вовел Коперник.

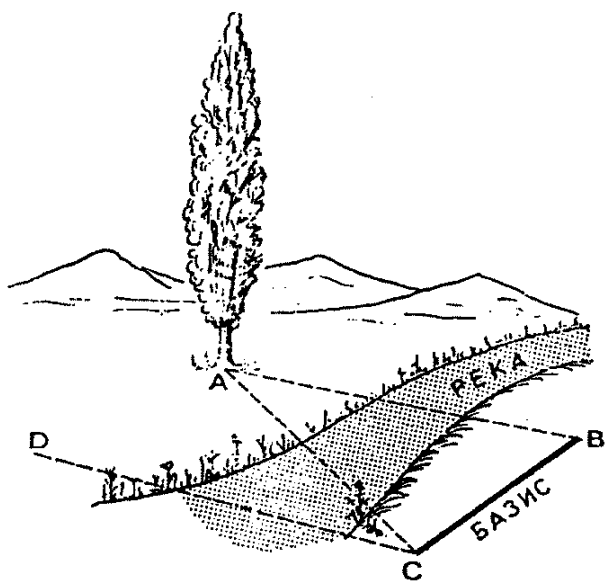
Под паралакса се подразбира агол под кој од дадена точка А се гледа дадена должина ВС (сл. 4.1). Ако точката А е многу оддалечена или непристапна, тогаш аголот кај точката А не може непосредно да се определи, но затоа можат да се измерат аглите кај точките В и С. Тогаш паралаксата А ќе биде дополнување на нивниот збир до 180° . Ако се измери и должината ВС, тогаш може лесно, пресметувајќи ги елементите на триаголникот АВС, да се најде оддалеченоста на точката А од точката В, односно оддалеченоста од нас. На овој начин геодетите

ја определуваат оддалеченоста на непристапните точки на Земјата.

Меѓутоа, кога точката А е небесно тело, основата ВС, дури и да се протега низ целата Земја, е незначителна во однос на нејзината далечина. Токму затоа се јавувале многу тешкотии додека оваа **тригонометриска метода** не е искористена, па дури и за најблиските небесни тела. Првпат во пракса била употребена во 18 век, од француските астрономи **Лаланд** (Joseph Jerome Le Francois de Lalande, 1732 - 1807) и **Лакај** (Nicolas Louis de Lacaille, 1713 - 1762) и тоа за определување на далечината на Месечината. За овој опит тие извршиле мерења во Берлин и на Ртот Добра Надеж.

Свездите се толку многу оддалечени од нас, така што колку и далеку да патуваме по Земјата, секогаш ги гледаме во ист правец. Уште Аристарх дошол на идеја, при определување на паралаксата и оддалеченост на свездите, дека за основа на триаголникот може да се земе и должина поголема од секоја должина на Земјата, а тоа е пречникот на Земјината патека околу Сонцето.

Аголот под кој од едно небесно тело се гледа средниот полупречник на Земјината патека претставува годишна паралакса на тоа небесно тело. Може да се дефинира и како агол под кој од Земјата се гледа големата полуоска на паралактичката елипса на набљудуваното

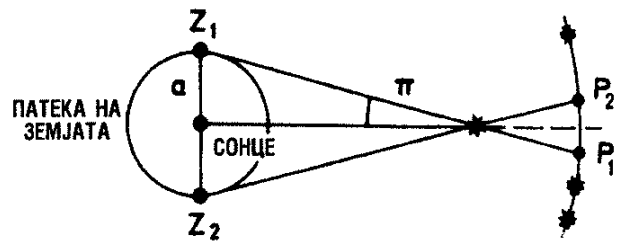


Слика 4. 1.

тело. Ако се знае годишната паралакса, тогаш лесно може да се определи и растојанието до телото. Ако паралаксата се означи со π , бараното растојание со r , а полупречникот на Земјината патека со a (види сл. 4.2) се добива дека $\sin \pi = a/r$, каде што π е изразено во радијани. Ако, пак, се земе во предвид дека за мали агли $\sin \pi \approx \pi = a/r$ и дека $1 \text{ rad} = 206265''$, тогаш ќе се добие дека:

$$\frac{\pi(")}{206265(")} = \frac{a}{r},$$

односно, дека бараното растојание до ѕвездата е:



Слика 4.2

$$r = \frac{206265(")}{\pi(")} \cdot a.$$

Свездените паралакси се агли помали од една секунда ($1''$ е агол под кој се гледа човек на далечина од 350 km). Поради тоа јасно е дека тешко се мерат.

4.2. АСТРОНОМСКИ ЕДИНИЦИ ЗА РАСТОЈАНИЕ

За мерење на оддалеченоста во Сончевиот систем се зема должината на големата полуоска на Земјината патека околу Сонцето, односно средното растојание на Земјата од Сонцето. Таа должина претставува една астрономска единица (AU) и изнесува 149,6 милиони километри.

За меѓузвездени растојанија се користи должината што светлината може

да ја помине, во вакуум, за една година. Оваа единица се нарекува светлосна година (ly) и изнесува $9,46 \cdot 10^{12}$ km.

Парсек (pc) е оддалеченост од која големата полуоска на Земјината патека, односно 1 AU се гледа под агол од $1''$. Парсекот во себе содржи 3,26 светлосни години или 206 265 AU.

4.3. ОСНОВНИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ГОЛЕМИНАТА НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

Уште старите Грци се обиделе да ги определат вистинските димензии на небесните тела. Така во III век п.н.е. александарскиот астроном Аристарх ги посматрал Земјата (Z), Месечината (M) и Сонцето (S) во три различни положби за време на потполното затемнување на Сонцето; затемнувањето на Месечината

и за време кога Месечината, гледано од Земјата, е осветлена до половина (сл. 4.3). Тој забележал дека за време на потполното Сончево затемнување, Сонцето и Месечината имаат ист привиден пречник, што ќе го обележиме со δ . Доколку вистинскиот пречник на Сонцето и Месечината ги обележиме со S и M (сл.

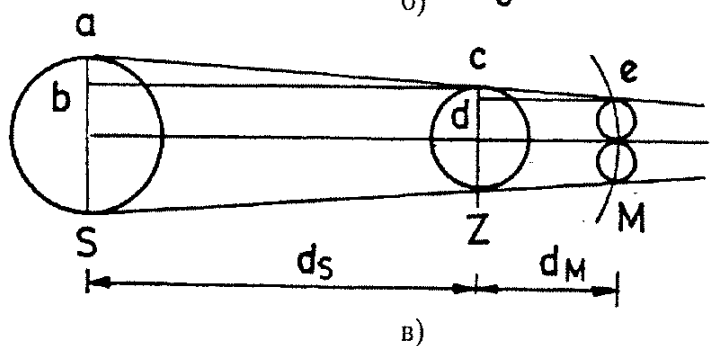
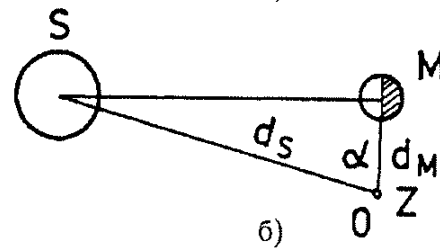
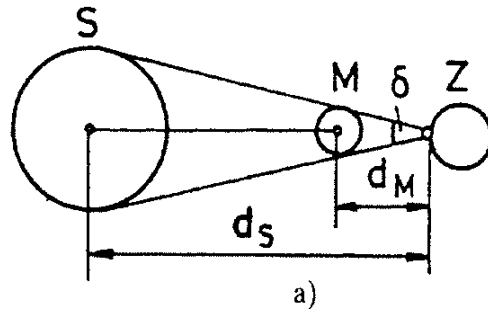
4.3а), а нивната оддалеченост со d_s односно d_M тогаш следи дека нивните вистински пречници се однесуваат како нивната оддалеченост од Земјата:

$$S : M = d_s : d_M$$

Во втората положба, кога Месечината на небото во Александрија е осветлена до половина, правата Земја-Месечина со правата Сонце-Месечина зафаќа прав агол. Тогаш се вели дека Месечината е во **квадратура** со Сонцето. Од правоаголниот триаголник Земја-Месечина-Сонце (сл. 4.3б) се добива дека оддалеченоста на Месечината и Сонцето се однесуваат како косинус на аголот меѓу правецот кон Сонцето и правецот кон Месечината:

$$d_M : d_s = \cos \alpha .$$

Аристарх потоа го посматрал потполното централно затемнување на Месечината. Со мерење на времето на преминот на Месечината низ Земјината сенка, заклучил дека збирот на времето од влегувањето на Месечината во сенката, па се до излегувањето од неа е еднаков на должината на престојот во неа; односно дека пречникот на конусот на Земјината сенка, на далечина каде што се наоѓа Месечината, е двапати поголем од Месечевиот пречник. Од сличностите на триаголниците abc и cde ја добил и третата равенка, според која пречникот на Земјата, намален за два пречника на Месечината, се однесува кон пречникот на Сонцето, намален за пречникот на Земјата, онака како што се однесуваат и оддалеченостите на Месечината и Сонцето:



Слика 4. 3.

$$(Z - 2M) : (S - Z) = d_M : d_s .$$

Бидејќи ги измерил привидниот пречник на Сонцето, δ , кој со вистинскиот пречник е поврзан со релацијата:

$$\delta = \frac{S}{d_s} ,$$

на Аристарх не му било тешко од четири равенки да најде четири непознати S , M , d_s , d_M , изразени во пречници на Земјата (Z).

Заради непрецизноста на инструментите тој не можел да ги најде точните вредности, но утврдил дека Сонцето е големо небесно тело, барем 312 пати поголемо од Земјата и дека од нас е оддалечено 770 Земјини пречници. За првпат Земјата се нашла на понизок ранг во однос на другите небесни тела, па Аристарх можел да согледа колку е поголемо Сон-

цето и колку е позначајно од Земјата. Тој затоа го поставил во средината на Вселената, сфаќајќи дека Земјата и сите други планети обиколуваат околу него.

Бидејќи растојанието d_s до набљудуваното тело во Сончевиот систем, денес со сигурност може да се определи, пример со Третиот Кеплеров закон, со мерење на привидниот (аглов) полупречник δ лесно може да се најде вистинскиот полупречник R на набљудуваното тело во Сончевиот систем бидејќи:

$$R = d \sin \delta \approx \frac{\delta (")}{206265 (")^2} d,$$

при што R се добива во единица во која е дадена оддалеченоста на набљудуваното небесно тело d .

Сигурното определување на оддалеченоста и привидните големини на небесните тела е од исклучителна важност за развојот на човековата претстава и за сфаќањето на вистинските соодноси во Сончевиот систем и Вселената (види: 7.5 и 8.5).

ПРАШАЊА

- Објаснете го поимот паралакса?
- Зошто за телата во Сончевиот систем, како основа на триаголникот за определување на паралакса, може да се укористи Земјиниот радиус, а за ѕвездите не може?
- Колку астрономски единици одговараат на растојание за кое паралаксичкиот агол изнесува $1''$?
- Како е определена големината на Земјата со помош на астрономски методи е покажано во задача 4.5. Како се определени димензиите и оддалеченостите на Сонцето и Месечината?
- Во што се состои корисноста од воведување на астрономската единица како мерка што е еднаква на средното растојание Земја-Сонце?
- Спореди ги големините (види точка 7.5.) и растојанието на ѕвездите со големините и растојанијата на молекулите кај гасовите, при нормален притисок?
- Како се нарекува постојанката во геометријата, што ја применил Аристарх, за определување на оддалеченоста и големината на Месечината и Сонцето?
- Зошто основните методи за мерење на оддалеченоста и големината на поблиските небесни тела се геометриски, односно тригонометриски?
- Поврзете го барањето за зголемување на точноста на мерењата во астрономијата со пронајдокот на телескопот. Која карактеристика на телескопот можеше да ја наскроти од фактот дека телескопот навистина овозможил револуција во астрономијата?
- Кој е нумеричкиот однос меѓу астрономската единица, парсесекот и светлосната година?
- Зошто светлосната година е погодна како единица за растојание?

ЗАДАЧИ

- 4.1. За кое време светлината го поминува растојанието од Сонцето до Земјата, а за кое од Месечината до Земјата?
- 4.2. Колкав е агловиот пречник на Сонцето за набљудувачот од Уран, Нептун и Плутон?
- 4.3. Колкав е агловиот пречник на Земјата гледан од Јупитер, ако Земјата се наоѓа во долна конјункција? Паралаксата на Сонцето (аголот под кој од Сонцето се гледа радиусот на Земјата) е $8''{,}8$, а растојанието Сонце-Јупитер е $5{,}2$ AU.
- 4.4. Колкав е линеарниот пречник на маглината M 57 во Лира, изразен во астрономски единици, ако нејзината оддалеченост е 660 pc, а агловиот пречник $83''$?
- 4.5. Ератостен го пресметал радиусот на Земјата, 250 год. п.н.е. врз основа на податокот дека Сонцето, во исто време, во Сиена се наоѓа во зенитот, а во Александрија, оддалечена 5000 стадии кон север, зафаќа агол од $7^{\circ}{,}2$ кон зенитот. Ако една стадија е должина од приближно 156 m, колкава е релативната грешка на Ератостеновото определување на радиусот на Земјата?
- 4.6. Колкав пат ќе помине Сонцето меѓу ѕвездите за една година, изразен во астрономски единици, ако се движи со брзина од $19{,}5$ km/s?
- 4.7. Ако агловиот радиус на Сонцето е $16'$, а паралаксата $8''{,}8$, тогаш колку пати е поголем Сончевиот радиус од Земјиниот?
- 4.8. О. Ремер ја определил брзината на светлината со помош на затемнувањето на Јупитеровите сателити, на почетокот на 18 век. Ако доцнењето на предвиденото затемнување е 1000 s, кога Јупитер се наоѓа во конјункција, изведете ја формулата за брзина на светлината во случај да се посматра повеќе денови пред конјункцијата.



5. ЗРАЧЕЊЕ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

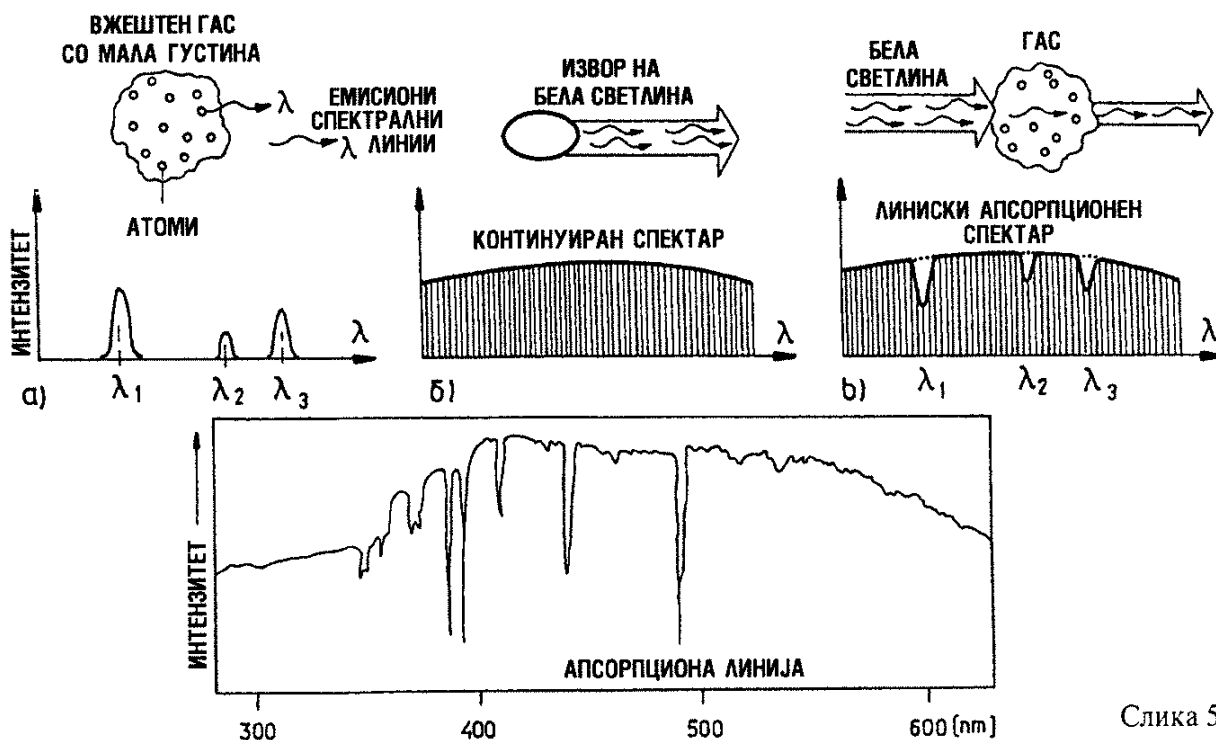
5.1. СПЕКТАРНО ЗРАЧЕЊЕ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

Основен извор на информации за објекти во Сончевиот систем претставува електромагнетното зрачење. Тоа овозможува да се добијат податоци за положбата и движењето на небесните тела, нивниот хемиски состав, температура и т.н. За добивање на податоци за физичките услови на небесните тела и нивниот хемиски состав се користи анализа на нивниот спектар. На континуираниот спектар на ѕвездите се гледаат многубројни темни апсорпциони линии (сл. 5.1), што се создаваат кога белата светлина на ѕвездата минува низ поладна, гасовита атмосфера. Кај некои ѕвезди се гледаат и емисиони линии. Свездините спектри се набљудуваат со помош на телескоп на кој се поставени спектрографи.

Распределбата на енергијата на зрачењата по брановите должини во ѕвездените спектри е во согласност со еден од облиците на законот на зрачење на црно тело, **Виновниот закон за поместување**:

$$\lambda_{max} T = b, \quad b = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m K},$$

каде што λ_{max} е бранова должина што одговара на максималниот интензитет на зрачење, а T е температура. Областа на бранови должини околу λ_{max} ја определува **бојата на ѕвездата** и како што се гледа од дадената релација, таа боја зависи од температурата на ѕвездената површина. Свездите чија површинска температура е меѓу 4 300 и 7 700 К го имаат својот максимум во видливата област на спектарот.



Слика 5.1

Свездите што се поладни од околу 4 300 К имаат максимум во инфрацрвената, а оние што се потопли од 7 700 К - во ултравиолетовата област. Развојот на „инфрацрвената астрономија“ е посебно ин-

тересен затоа што ова подрачје на бранови должини е важно за истражување: планети, ѕвезди што се наоѓаат на почетокот од својата еволуција, меѓусвездени облаци на прашина и гасови и тн.

5.2. ВЛИЈАНИЕТО НА ХЕМИСКИОТ СОСТАВ И ФИЗИЧКИТЕ УСЛОВИ НА ИЗГЛЕДОТ НА СПЕКТАРОТ

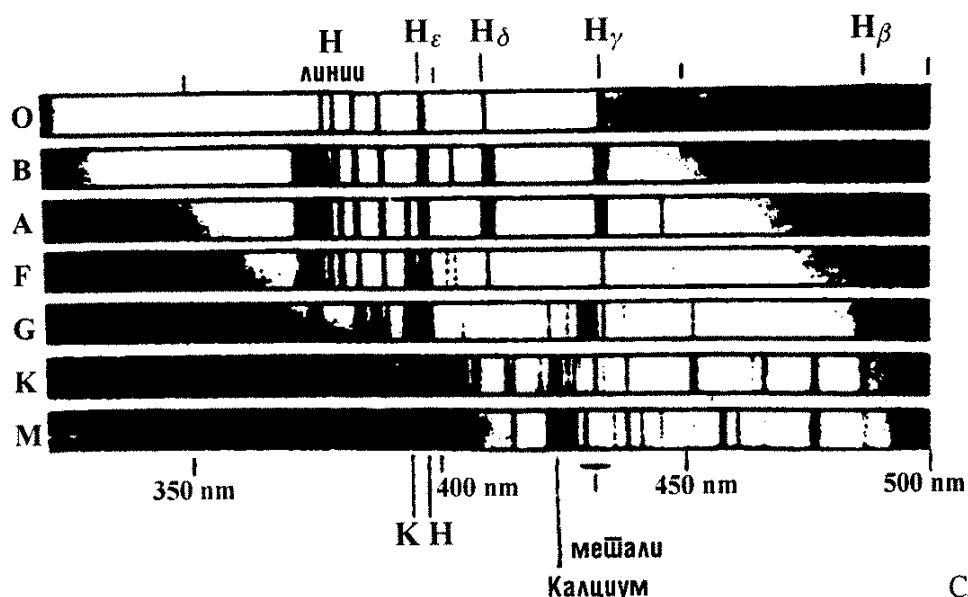
Застапеноста на хемиските елементи на небесните тела се мери со односот на бројот на атомите на некој елемент према бројот на атомите на водородот. Овој однос се определува со проучување на спектралните линии, што е овозможено со откривање на спектралната анализа (Кирхоф и Бунзен) во 1859 год.

Најзастапен хемиски елемент во Вселената е водородот. Во просек, на 10 000 атоми водород доаѓаат 700 атоми на хелиум, 7 атоми на кислород, 4 атоми на јаглерод и по еден атом на азот и неон. Сите останати елементи ги има помалку. Значи, најголем број од познатите ѕвезди се составени од водород, со мал додаток на хелиум. Иако останатите еле-

менти се наоѓаат само во трагови, проучувањето на разликата во нивната застапеност е важна за истражувањето на термонуклеарните реакции во ѕвездите, како и за нивната еволуција, односно потекло и старост.

Од атомска физика знаеме дека енергијата, односно брановата должина на зрачените фотони зависи и од бројот на протоните во јадрото на атомот што зрачи. Тоа значи дека линискиот спектар претставува „лична карта“ на секој атом. Интензитетот, положбата и меѓусебните растојанија на линиите, се различни за секој атом (или молекула).

На изглед на ѕвездениот спектар, покрај хемискиот состав, суштински вли-



Слика 5.2

јае и температурата, која што освен бојата на ѕвездата го определува и изгледот на линијскиот спектар. Ова е лесно да се разбере ако се знае дека распределбата на електроните по енергетски нивоа во атомот и степенот на јонизација зависат од оваа физичка големина.

Врз основа на својот изглед ѕвездните спектри, според Харвардската

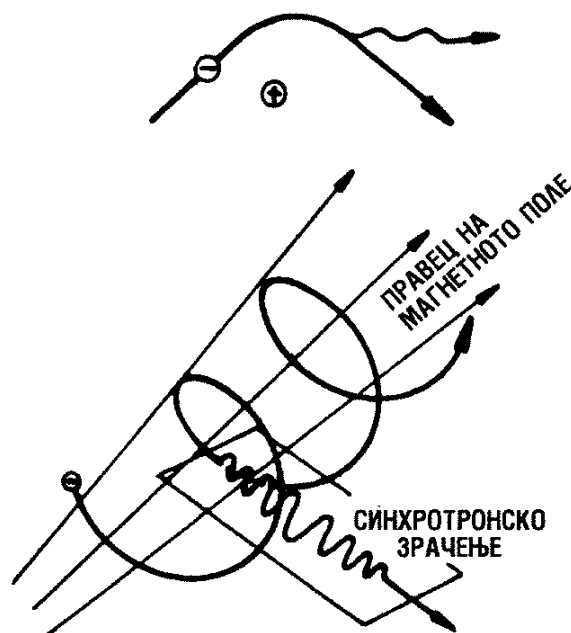
класификација, се поделени во видови или класи: O, B, A, F, G, K, M. Свездите што припаѓаат на левата страна од оваа поделба (O, B, ...) припаѓаат на **раниот** вид, а ѕвездите од десната страна на **доцниот** вид (сл. 5. 2). За спектралната класификација подетално се зборува во точка 7.1.

5.3. ТОПЛИНСКИ И НЕТОПЛИНСКИ МЕХАНИЗМИ НА ЗРАЧЕЊЕ

Зрачењето на небесните тела, што емитуваат непрекинат спектар, затоа што се загреани, може добро да се опише со **законите за зрачење на црно тело** (топлотен механизам). Врз основа на овие закони се пресметува температурата, како важен параметар кој ги определува физичките услови на небесните тела и изгледот на спектарот.

Непрекинатиот спектар исто така се добива со **закочно зрачење** на слободните електрони во полето на јоните. Имено, при судир на јон со слободен електрон, како полесна честичка електронот се движи по крива патека (значи со центрипетално забрзување) околу спротивно наелектризираниот јон, кој го привлекува. Бидејќи наелектризираната честичка при забрзување зрачи електромагнетни бранови, електронот губи дел од кинетичката енергија, еднаква на енергијата на израчениот фотон. Изгледа како електронот да се закочил, по што овој механизам и го добил името.

Слободните електрони зрачат непрекинат спектар и уште на еден начин. Ако наелектризирана честичка се движи во магнетно поле, таа под влијание на Лоренцовата сила, што делува нор-



Слика 5.3

мално на неговиот правец, ќе се движи по спирала околу линијата на силата. Таа ќе зрачи затоа што ќе има центрипетално забрзување. Ваквото зрачење е откриено во лабораториите за забрзување на честичките и тоа во уредите што се нарекуваат синхротрони, па оттаму доаѓа и името **синхротронско зрачење**. Интензитетот на зрачењето зависи од енергијата на честичката и од јачината на магнетното поле. Токму затоа, ова зрачење е посебно изразено кај честичките со висока

енергија. Ако тие честички имаат брзина поголема од 1/10 од брзина на светлината, тогаш ги нарекуваме **релативистички**. Секаде каде што се јавуваат релативистички електрони, забрзани од некој експлозивен процес (а магнетно поле обично постои, иако понекогаш многу

слабо), тогаш ќе се јави синхротронско зрачење. Ова зрачење е линеарно поларизирано, а електроните зрачат во правец на движењето (сл. 5.3). Со неговото испитување се добиваат податоци за магнетното поле, енергијата и бројот на електроните.

5.4. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА РАДИЈАЛНИТЕ БРЗИНИ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

Небесните тела се движат во просторот во различни правци и со различни брзини. Од становиште на мерењето, погодно е брзините да се разложат на радијална и тангенцијална компонента. (За мерење на тангенцијалните компоненти и просторните брзини ќе се зборува во точка 7.3).

Радијалните брзини, v_r , можно е да се измерат благодарение на постоењето на емисиониот или апсорпциониот линијски спектар во зрачењето на небесните тела. Радијалната брзина на приближувањето или оддалечувањето на небесните тела е определена со формулата за **Доплеров ефект**:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} c$$

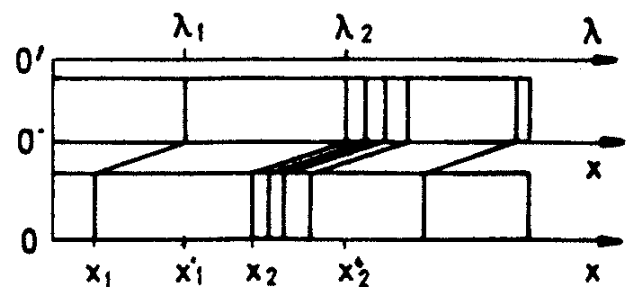
каде што c е брзина на светлината, λ_1 е бранова должина и $\Delta\lambda$ - нејзината промена. Доколку не е исполнет условот: брзината да е многу помала од брзината на светлината, тогаш мора да се примени **релативистичката формула за Доплеров ефект**:

$$v_r = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} c$$

во која $z = \Delta\lambda/\lambda_1$. Колку мали вредности на радијалната брзина можат да се мерат зависи пред сè од карактеристиките на

спектроскопот - инструмент за добивање на спектар (види глава 6.), но и од физичките услови во ѕвездената атмосфера што ги определуваат карактеристиките на линиите. Ако се постигне $\Delta\lambda \approx 0,001 \text{ nm}$, тогаш мерењето е одлично (освен за Сонцето, каде што точноста треба да биде поголема за приближно два реда на големина), а тоа, во средината на видливиот спектар дава брзина од околу 500 m/s. Интересно е да се напомене дека, добиените вредности за брзините на галаксиите се распоредени скоро рамномерно во интервал од нула до брзина на светлината.

Со фотографирање на спектарот на ѕвездите и во споредувачкиот спектар, со помош на микрометар, се мерат положбите x, x', x_2 на избраната линија со бранова должина λ_1 и лесно воочливата друга блиска линија λ_2 . Нивното растоја-



Слика 5.4

ние (сл. 5.4), $L = x_2 - x_1$ и поместувањето на избраната линија во однос на положбата во компаративниот спектар, $\Delta x = x_1' - x_1$, ја определуваат големината на поместувањето на линиите во спектарот,

$$\Delta \lambda = (\lambda_2 - \lambda_1) \frac{\Delta x}{L}.$$

5.5. АСТРОНОМСКИ ФОТОМЕТРИСКИ ЕДИНИЦИ И НИВНАТА ВРСКА СО ФИЗИЧКИТЕ ЕДИНИЦИ

Една од основните единици во системот SI е кандела (cd) - единица мерка за светлосна јачина или интензитет на светлина. (1 cd претставува светлосна јачина во определена насока, на извор што емитува монохроматско зрачење на фреквенција $5,40 \cdot 10^{14}$ Hz, чиј интензитет во таа насока е

$$\frac{1}{683} \frac{\text{W}}{\text{sr}};$$

XVI Генерална конференција за мерки и тегови, 1979 год.).

Просторниот агол (единица: стереорадијан, sr) е определен со односот на површината (S) што на сферата го зазема разгледуваниот извор или приемник и квадратот на радиусот на сферата (r):

$$\Omega = \frac{S}{r^2}.$$

Светлосната јачина може да се измери со помош на ефектот што го предизвикува на супстанција, пр. со загревање. Се мери енергијата на зрачењето од изворот, во приемникот, во единица време. Тоа е **моќност на зрачење** или **светлосен флуks** (Φ). Светлосен флуks претставува производ на површината на приемникот и густината на испуштената енергија што стигнува до него.

Кога ѕвездата се оддалечува, ова поместување ќе биде позитивно, т.е. линијата се поместува кон црвениот дел од спектарот (тн. **поместување кон црвено**). За приближување се добива тн. **поместување кон сино**.

Електромагнетната теорија за светлината покажува дека преносот на енергија на зрачењето е определен од јачината на променливото електрично (E) и магнетно (H) поле:

$$[EH] = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 1 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{s}} = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

што претставува енергетска единица на густината на израчената енергија (или луминозност). Оптичката единица е lm/m^2 (лумен на квадратен метар).

Единица за светлосен флуks е лумен ($\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$). Соодветна енергетска единица е ват (W). Во видливиот спектар за нашето око на еден ват му одговараат 683 lm.

Интензитетот на светлината (I) може да се изрази како количник на флуksот (Φ) и просторниот агол (Ω) по кој се распоредува:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}.$$

Осветленоста може различно да се изрази:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{I \Omega}{S} = \frac{I}{r^2}.$$

Се гледа дека осветленоста опаѓа со квадратното растојание од светлосни-

от извор. Единица за осветленоста е лукс ($lx=lm/m^2$). Соодветна енергетска единица е W/m^2 . Емисионата способност на тело што зрачи се изразува во W/m^2 или lm/m^2 .

Површинскиот сјај (B) или луминацијата е карактеристика на извори што не се точкasti. Тоа е однос на интензитетот на светлината и површината од кое доаѓа зрачењето, долж нормалата на површината:

$$B = \frac{I}{S} = \frac{\Phi}{\Omega S}$$

Единиците се $\frac{cd}{m^2}$ и $\frac{W}{sr m^2}$.

Во фотометријата се користи и **експозиција** (H), која се дефинира како производ на осветленоста и времето на осветлувањето. Единици се $lx \cdot s$ и Ws/m^2 .

Кога во астрономијата ќе се спомене терминот **сјај на звезда**, тогаш под овој термин се подразбира - осветленост. Бидејќи овој термин ќе биде често употребуван, ова треба секогаш да се има на ум.

Во II век п.н.е. Хипарх ги распоредил по сјај сите ѕвезди, што се видливи со голо око, на шест групи - тн. **привидни ѕвездени големини**. Најсјајните ѕвезди се од прва, а најмалку сјајните од шеста ѕвездена големина. Во минатиот век, со развој на објективната - инструментална фотометрија, е утврдено дека соодносот на сјајот меѓу две соседни ѕвезди е од големина 2,512, што дава однос од 100 : 1 меѓу ѕвездите од прва и шеста големина. Тоа е содржината на **Вебер-Фехнеровиот психофизички закон**:

$$(m_2 - m_1) \log c = \log \frac{E_1}{E_2},$$

или:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1},$$

т.е.:

$$\log \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1),$$

што го изразува **Погсоновиот закон**. Тој ги поврзува објективната дразба (E) и субјективното чувство на дразба (m). Имено, ако дразбата се зголемува со геометриска прогресија, тогаш сетилноста се зголемува со аритметичка прогресија. За осветленоста во лукси наведениот однос дава еднозначна врска:

$$E(lx) = 2,5^{-m-14,18} = 10^{-0,4m-5,67}.$$

Знакот минус потекнува од инверзија на скалата. Скалата станала попрецизна со воведувањето на децимали, а поради примена на телескопите (види го следното поглавие) се повеќе и повеќе се продолжува кон послаби големини - седма, осма, ... дваесет и деветта ... Во иста скала може да се изрази и сјајот на небесните тела што се посјајни и од најсјајната ѕвезда - Сириус. Скалата е проширена со нула, а потоа и со негативни броеви. Вообичаено е сјајот да се наведува во ѕвездени големини (m - според латинскиот збор *magnitudo* - големина) во форма: $-1^m,4$ (за Сириус) или за сјајот на Сонцето $-26^m,6$, кога е полна Месечината $-12^m,6$; Венера во својот најголем сјај $-4^m,4$. На тој начин, односот на сјајот на најсјајниот и најмалку сјајниот посматран објект на небото сега е приближно еднаков на $2,5^{29+1+27} = 10^{0,4 \cdot 57} \approx 10^{23}$ пати. Зависно од фрекфентниот опсег, односно од видот на приемникот, можат да се разликуваат: **визуелна, фотографска** и други видови ѕвездени големини.

Бидејќи за нас сите ѕвезди се точ-
касти извори на зрачење, тие можат да
имаат различен сјај заради повеќе физич-
ки причини: нееднаква големина (радиус,
маса), различни температури и различна
оддалеченост. За две ѕвезди што имаат
еднаков интензитет на зрачење (I), но се
наоѓаат на различни растојанија (r, r_1)
односот на осветленоста е, според Лам-
бертовиот закон, $E = I/r_2$, еднаков на:

$$\frac{E_1}{E} = \left(\frac{r}{r_1}\right)^2 = 10^{0.4(m-m_1)}.$$

Одовде се добива начин за споре-
дување на сјајот на ѕвездите, ако претход-
но се определени нивните растојанија, за-
тоа што на еднаквата оддалеченост на
посјајната ѕвезда и одговара помал број
 m . Со таа цел, од мерните вредности m ,
 $r(\text{pc})$ или $\pi(") = 1/r(\text{pc})$ се пресметува
апсолутната ѕвездена големина M , според
формулата:

$$M = m + 5 - 5 \log r(\text{pc}),$$

или:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi("),$$

каде што M е сјајот што би го имала иста
ѕвезда на растојание од $r_1 = 10\text{pc}$. Ако
образецот се примени на Сонцето и Си-
риус, ќе се добие $M_{\odot} = +4,8$ и $M_s = +1,5$
(Сириус). Тоа значи дека ѕвездата Сириус
е посјајна. Сончевата привидна големина
е многу поголема само поради близината
до нас. За разлика од привидните ѕвезде-
ни големини, што објективно можат да ги
имаат сите вредности, позитивни и нега-
тивни, нивните апсолутни ѕвездени голе-
мини (поради конечноста на димензиите
на ѕвездите и природата на енергијата
што ја зрачат) се во мал опсег. За пого-
лемиот дел ѕвезди таа изнесува:

$$-6^m \leq M \leq +10^m.$$

Ова е еден од најважните подато-
ци за ѕвездите, без кој не би можело мно-
гу да се дознае за нивниот развоен пат.

5.6. ВЛИЈАНИЕТО НА ЗЕМЈИНАТА АТМОСФЕРА НА ПРИЕМОТ НА ЗРАЧЕЊЕТО ОД НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА

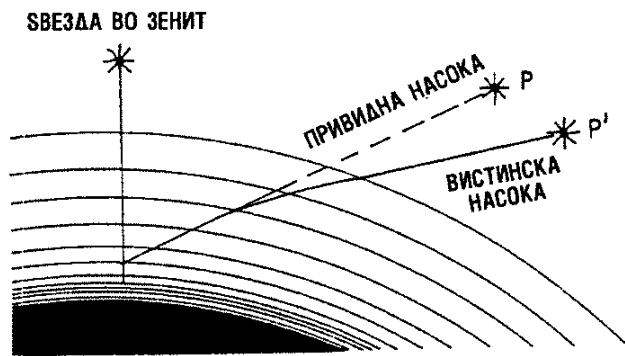
Земјината атмосфера е активен
посредник меѓу нас и небесните тела. Таа
е нехомогена. Нејзината густина, во од-
нос на висината, се менува според експо-
ненцијалниот закон. Може да се додадат
и локалните отстапувања, поради темпе-
ратурните и другите влијанија. Сето тоа
прилично го отежнува набљудувањето на
небесните тела.

**Атмосферската рефракција на
светлината привидно ги издига сите тела
од хоризонтот кон зенитот**, поради пре-
кршувањето кон нормалата при влезот

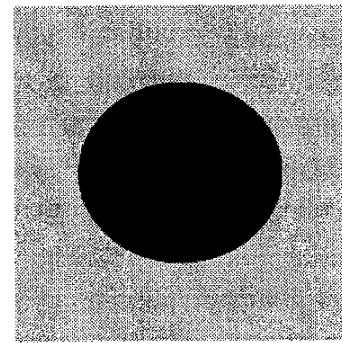
на светлината во погустите слоеви над
хоризонтот, за агол (сл. 5.5) кој во прва-
та апроксимација е еднаков на:

$$\rho' = 57',3 \cdot \text{tg } z,$$

каде што z е зенитно растојание на наб-
људуваното тело. Заради овој ефект,
Сонцето може да се види и кога тоа веќе
се наоѓа под хоризонтот, додека негови-
от привиден диск во близина на хоризон-
тот изгледа сплеснат (сл. 5.6) што е по-
следица на тн. диференцијална рефрак-
ција.



Слика 5.5



Слика 5.6

Атмосферското расејување на светлината на молекули приближно може да се изрази со Рејлиевата формула:

$$I \sim \frac{I_0}{\lambda^4}$$

каде што I_0 и I се интензитетите на светлината пред влегување во атмосферата и по доаѓање на детекторот, од која се гледа дека зрачењето на пократки бранови должини има поголемо расејување. Со тоа се објаснува и сината боја на небото.

Атмосферската апсорпција на електромагнетното зрачење е причина за тоа што при набљудување на располагање ги имаме само оптичките и радио - „прозорите”, додека за набљудување во други области од спектарот инструментите треба да се изнесат надвор од Земјината атмосфера. Тоа во нашата - „космичка ера” - успешно се спроведува. На тој начин, тн. **вселенски (или Хаблов) телескоп**, со пречник на објективот од 2,4 m, во својата орбита околу Земјата успешно извршува набљудување во целата

низа на бранови должини. Инаку, атмосферската апсорпција во правец на зениот, ноќе е околу $0^m,3$, а дење и до 1^m .

Треперењето на ѕвездите потекнува од нехомогеноста на долните слоеви на атмосферата. Затоа светлината од точкастиот извор постојано го менува правецот кога поминува низ немирната атмосфера. Заради појавата на поголеми промени во рефракцијата, посилно треперат ѕвездите што се поблиску до хоризонтот. Објектите што се наоѓаат на аголова димензија од $2''$ ретко треперат, бидејќи во нашето око доаѓаат голем број зраци чии преместувања, меѓусебно, се компензираат. Заради тоа, оваа појава не се забележува кога се набљудуваат планетите, Месечината и Сонцето, освен ситните пречки на нивните краеве. Фреквенцијата на треперењето најчесто изнесува од $0,5 \text{ s}^{-1}$ до 100 s^{-1} , што лесно може да се утврди, пр. со фотографирање на патеките на ѕвездите со помош на неподвижен телескоп.

ПРАШАЊА

1. Кои видови на електрромагнетно зрачење се регистрирани во спектриите на небесните тела?
2. Кои тела зрачат континуиран спектар, а кои емисионен линиски спектар?
3. Кои параметри најмногу влијаат на изгледот на спектарот на небесните тела?
4. Објаснете ги разликите меѓу термалниот и синхронскиот механизам на зрачење.
5. На што се темели определувањето на радијалните брзини на небесните тела?
6. Кои фотометриски единици се користат во астрономијата?
7. Дефинирајте ја скалата на привидни ѕвездени големини?
8. Кој закон на фотометријата лежи во основа на скалата на апсолутните ѕвездени големини?
9. Какво и колкаво е влијанието на Земјината атмосфера при набљудувањето на небесните тела?
10. Кој е основниот придонес на сителитите како набљудувачки станици, при испражувањето на небесните тела?
11. Дали астрономската рефракција ја скрапува или го продолжува денот?
12. На кој начин со помош на набљудување на Сонцето може да се изведе заклучок за постоење на атмосферска асориција?
13. Зошто е воведена апсолутната ѕвездена големина?
14. Дали рефракцијата внесува промени во видливиот изглед (со голо око) на ѕвездата? Образложете го одговорот.

ЗАДАЧИ

- 5.1. Свезда со големина $+1^m$ е посјајна 100 пати од ѕвезда со големина $+6^m$, а 2,5 пати од ѕвезда со големина $+2^m$. Колку пати, за набљудувачот од Земјата, Сонцето е посјајно од полната Месечина, ако нивните привидни ѕвездени големини се $-26^m,6$ и $-12^m,6$?
- 5.2. На која привидна ѕвездена големина и одговара сјај од една кандела на растојание од 1 km?
- 5.3. При ведра ноќ, ако пропустливоста на Земјината атмосфера, во оптичкиот дел на спектарот е 76,5%, тогаш колкаво е губењето на сјајот на небесното тело во зенитот, изразен во ѕвездени големини?
- 5.4. Ако осветленост од еден лукс, на површината на Земјата, дава ѕвезда што се наоѓа во зенитот со ѕвездена големина од $-14^m,18$, тогаш изведете ја формулата за претворање на ѕвездените големини во лукси.
- 5.5. Ако осветленоста што ја дава ѕвезда на растојание од 10 pc е $E = 10^{-2}lx$, тогаш најди ги: а) апсолутната ѕвездена големина M , б) оддалеченоста на ѕвездата, ако нејзината привидна големина е $m_v = 5$.
- 5.6. Што има поголема луминозност: Сонцето ($m_{\odot} = -26,6$) или ѕвездата S Dor ($M = -9,4$)?
- 5.7. Ако во оптичкиот дел на спектарот $1W = 683 lm$, тогаш колкав дел од зрачењето на Сонцето му припаѓа на оптичкиот спектар?
- 5.8. Око, потполно прилагодено на темнина, кога набљудувачот се наоѓа на место на некоја висока опсерваторија, може да види ѕвезди до $+8^m$. Пресметајте го бројот на фотоните што окото ги прима за време од една секунда, при отвор на зеницата од 6 mm.

- 5.9. Изведете ја формулата за вкупна ѕвездена големина на две блиски ѕвезди што окото не може да ги раздвојува, како функција на сјај на двете ѕвезди.
- 5.10. Колкава е ѕвездената големина на двојната ѕвезда Кастор (α Gem.) чии компоненти на сјајот се $1^m,99$ и $2^m,85$?
- 5.11. Колкава е температурата на Сонцето ако моќноста на неговото зрачење на границата на Земјината атмосфера е еднаква на $1,4 \text{ kW/m}^2$, а неговиот радиус $R = 696\,000 \text{ km}$?
- 5.12. Радио предавател на Марс емитува бранова должина од $3,40 \text{ m}$. Колку најмногу би изнесувало поместувањето на брановата должина, за набљудувачот на Земјата, заради Доплеровиот ефект?
- 5.13. Да се пресмета ефективната температура на Арктур, ако нормално на површината од $S = 1 \text{ cm}^2$ (над Земјината атмосфера) пристигнува количество на топлина $Q = 2,68 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ во време од $t = 60 \text{ s}$. Паралакса на ѕвездата е $\pi = 0'',08$, а аглиот дијаметар $\rho = 0'',02$.

6. АСТРОНОМСКИ ИНСТРУМЕНТИ

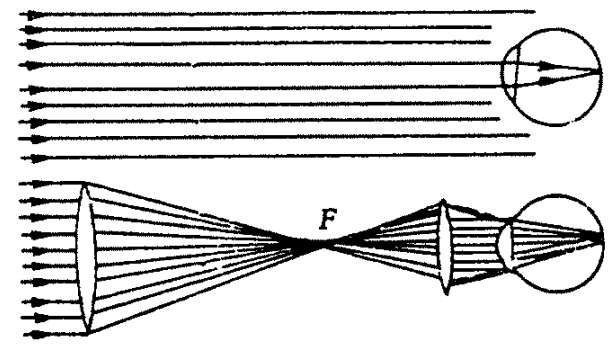
6.1. РЕФРАКТОРИ. РЕФЛЕКТОРИ

Галилео Галилеј, во 1610 год. прв го употребил телескопот во астрономијата и со негова помош направил повеќе откритија и вистинска револуција во астрономијата. Од големо значење за астрономијата, исто така, биле и пронајдоците на спектроскопот, фотографијата, радиотелескопот, интерферометарот и изнесувањето на телескопот надвор од Земјината атмосфера.

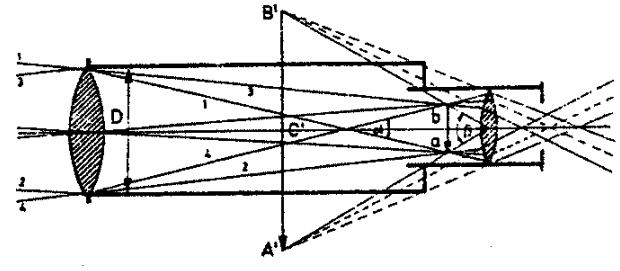
Основен оптички дел на секој телескоп е **објективот**, чија функција е двострана: да собере што е можно повеќе светлина и да овозможи набљудување на објектот, што е можно под поголем агол (сл. 6.1а,б). Зависно од тоа дали објективот е леќа (или систем од леќи) или огледало (или комбинација од повеќе огледала), оптичките телескопи можат да се поделат на **рефрактори** и **рефлектори** (сл. 6.2).

Првите рефлектори биле со метални огледала. Тоа заради корозијата на рефлексната површина и нивната голема маса создавало низа проблеми. Меѓутоа предноста дека треба квалитетно да се избруси само една површина, (а не две или повеќе, како за објективите со леќи), дала повод за негово усовршување кај многу градители на телескопи - рефлектори. Во XVIII век најуспешен во оваа работа бил Вилијам Хершел. Во XIX век, усовршувањето на технологијата за производство на стакла овозможило да се намали аберацијата, со комбинирање на собирали и растурни леќи на-

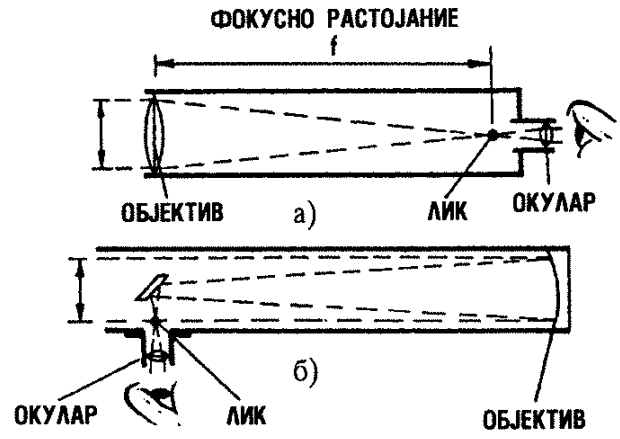
правени од лесно и тешко стакло (крон и флинт). Пронаоѓањето на техниката за посребрување на стаклото и за негово брусење до сферна, параболична или елиптична површина, довело телескопите да се усовршат до сегашната генерација на рефлектор со алуминизирани ог-



Слика 6.1а



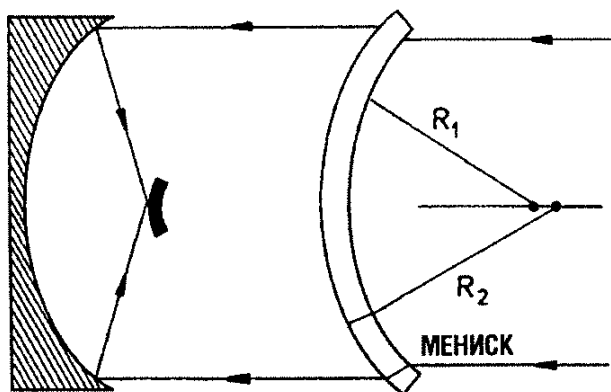
Слика 6.1б



Слика 6.2

ледала. Двата најголеми поединечни телескопи имаат пречник од 6 m (Кавказ, 1975 год.) и 5,08 m (Маунт Паломар, 1948 год.). Во Арizona од 1979 год. работи телескоп што е составен од шест огледала со пречник од 1,8 m, кои ја концентрираат светлината во еден сноп. На Хаваите е поставен телескоп со пречник од 10 m, составен од 36 шестоаголни огледала. Најголемата објективска леќа има пречник од 105 cm, но повеќе не се користи. Во употреба се само оние што имаат пречник до 75 cm.

Многу телескопи се **катадиоптрични**, те. комбинација на огледала и



Слика 6.3

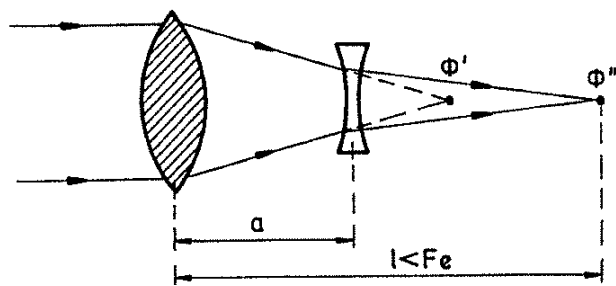
леќи пр. каков што е телескопот со менiskus-коректор (сл. 6.3).

Конструкционата предност на сложените телескопи е во тоа што поради можноста на промена на растојанието помеѓу елементите лесно се постигнува значајна промена на фокусното растојание. Во основа на пресметките на таквиот телескоп е едноставна формула за резултирчко фокусно растојание (F) на комбинацијата, пр. огледала или две тенки леќи со фокусно растојание f_1 и f_2 :

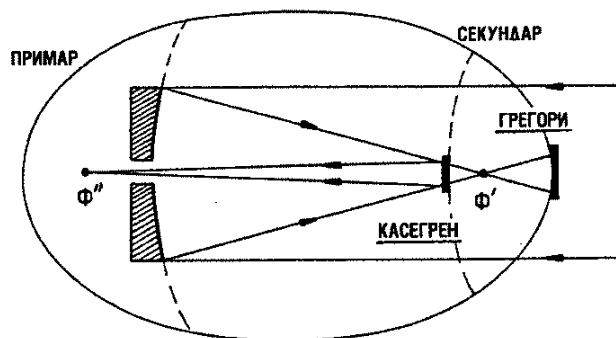
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{a}{f_1 f_2},$$

каде што a е растојание помеѓу леќите - огледалата.

Од бројните видови телескопи ќе ги споменеме само оние што најмногу се користат. **Кеплеровиот рефрактор** (1610 год.) за објектив има собирна леќа зад чиј фокус се става окулар - собирна леќа со мало фокусно растојание (сл. 6.1б). Со замена на окуларот со растурна леќа, што се става пред фокусот на објективот, се добива **Галилеев дурбин** (1610 год.). Кога дурбинот се користи за фотографирање на Сонцето се нарекува **фотохелиограф**. Во општ случај ваквиот систем се нарекува **телеобјектив** (сл. 6.4а). **Њутновиот рефлектор** (1661 год.), најчесто, како објектив има сферно огледало и рамно мало секундарно огледало (сл. 6.2б), кое е поставено малку пред фокусот, за да можат светлосните зраци да се изведат под прав агол - надвор од цевката и да се внесат во окуларниот дел. **Грегоријевиот рефрактор** (1666 год.) во средината на сферното огледало има отвор низ кој минуваат рефлектираните



а)



б)

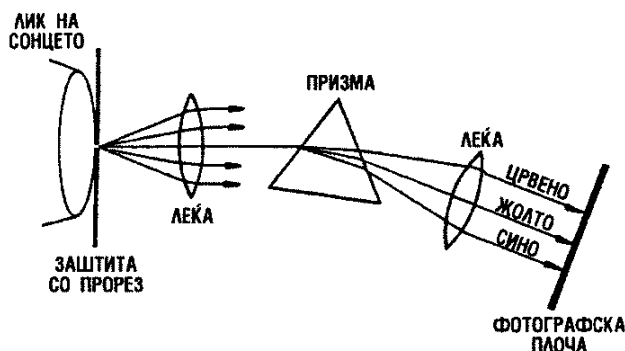
Слика 6.4

зраци од исто такво конкавно секундарно огледало (најчесто сфера или елипсоид), што се наоѓа на оптичката оска на објективот, но подалеку од неговиот фокус. **Касегреновиот рефлектор** (1667 год.) е сличен на Грегоријевиот, но секундарното огледало (конвексно) лежи пред фокусот на објективот. Овие два телескопа (сл. 6.4б) претставуваат телеобјективски системи, па затоа можат да имаат и мала должина, а големо фокусно растојание, што не е случај кај Кеплеровиот рефрактор и Њутновиот рефлектор.

Тоа се основните видови оптички телескопи со осна симетрија. На овие телескопи се додаваат филтри, коректори на полето, призми или решетки, камери и низа други дополнителни уреди, и на тој начин се добиваат голем број различни комбинации на набљудувачки прибор.

Направени се телескопи што се сосема специфични и по својот изглед и по својата намена. За набљудување на Сонцето се користи и **сончевата кула**, со големи рамни огледала што ја следат ротацијата на небото и ја испраќаат Сончевата светлина до неподвижен телескоп со големо фокусно растојание (така се постигнува голема разделна моќ) со спектрограф, камери, филтри и тн. Најпознатиот ваков телескоп се наоѓа во опсерваторијата Кит Пик (САД).

Коронограф е телескоп кој служи за набљудување на Сончевата корона, во кој специјалната прекривка ја врши улогата што ја има Месечината при Сончевото затемнување. Овој телескоп заради милијарда пати помалиот сјај на короната, во однос на фотосферата на Сонцето и заради големото расејување



Слика 6.5

на нејзината светлина во атмосферата на Земјата, добро функционира дури на надморска височина над 2000 m. **Спектрохелиографот** служи за фотографирање на Сонцето во определена бранова должина. Се користат два мали прорези, подолги од пречникот на ликот на Сонцето. Првиот го дава спектарот, а со вториот (поширокиот) се врши избор на спектралната линија. Зад неа се става фотоплоча (сл. 6.5). **Магнетографот** го снима магнетното поле на Сонцето. Тоа е прецизен спектрограф што ја мери јачината на магнетното поле врз основа на Земановото расцепување на спектралните линии во магнетното поле.

Куде-телескопот има специјална конструкција, во која неподвижната слика на небесното тело се формира вон телескопот и секогаш на исто место, што се постигнува со вметнување на систем од рамни огледала долж деклинациската оска на ротацијата на телескопот. Тоа многу помага при работата со разновиден дополнителен прибор (пр. спектрографи) со големи димензии, но сепак како проблем се јавува ротацијата на сликата во видното поле.

6.2. ПРИЕМНИЦИ НА ЗРАЧЕЊЕ

Телескопите служат пред сè како колектори на зрачењето, па во тој случај претставуваат и специфичен вид на предпојачувачи што се јавуваат пред посматрачката апаратура, што може да се нарече **приемник (детектор) на зрачењето**. Зависно од тоа на што реагираат, приемниците се делат во четири групи:

- приемници што реагираат на **интензитетот на зрачењето**, односно приемници што извршуваат интеграција на површинскиот сјај по површина, (нашето **око**);

- приемници што го интегрираат површинскиот сјај по просторен агол, т.е. оние што реагираат на **осветленост** (фотографска емулзија);

- приемници што ги интегрираат двата наведени параметри, па реагираат на **флуксот** на зрачењето. Оваа група е најбројна и тука спаѓаат: фотомултипликаторот, термопарот, електричниот дипол и др.;

- **детектори за честички**, како што се пр: Гајгер-Милеровиот бројач, Вилсоновата маглена комора, Черенковљевите бројачи и тн. за кои обично се зборува во рамките на нуклеарната физика, иако ова зрачење и во астрофизиката зазема значајно место.

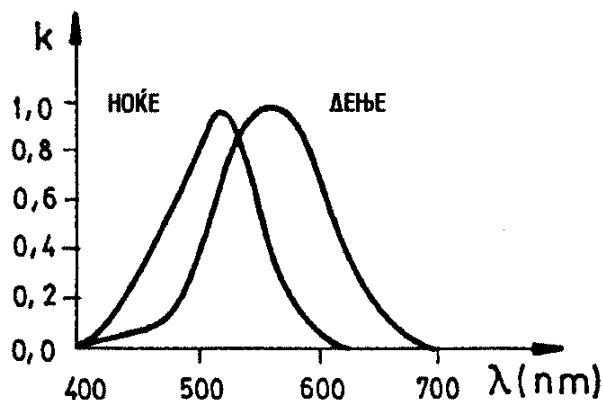
Од гледна точка на параметрите што се мерат или од суштината на физичката појава што се одвива во детекторот, поделбата е уште по разновидна. **Електричниот напон** се менува кај фотокелијата, радио-антената, термопарот, а **електричниот отпор** во болометарот, фотоотпорникот, а **електричниот полнеж** во CCD-детекторот.

Charge Coupled Device (CCD) е сос-

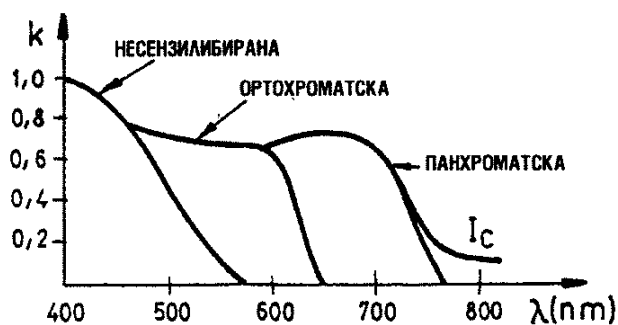
тавен од матрица на силиконски келии со мали димензии (околу $20 \mu\text{m}$), пр. 400×400 келии, осетливи на светлина. Фотоните ги избиваат електроните што се собираат во текот на експозицијата. После експозицијата може да се отчита електричниот полнеж на секоја келија. Добиената информација може да се прикаже на екран или пак да се сочува.

Хемиските промени се случуваат во окото, **електронската екситација** во фотографската емулзија, **електронската емисија** во фотоотпорникот, гасната келија, телевизиските цевки и тн.

Приемниците на електромагнетното зрачење ги карактеризира **спектрален опсег**, во кој се делотворни, зависно од специфичноста на нивната реализација и други параметри како што се: **квантните излези** (однос на бројот на детекти-



Слика 6.6



Слика 6.7

раните фотони и бројот на упаднатите фотони), шумот (излез кога детекторот не е осветлен) и брановата должина на максималната осетливост. За детекторите со честично зрачење карактеристичен е односот сигнал-шум; временската константа (време на реагирање на зрачењето) и енергетскиот опсег (или видот на честичките што се детектираат, односно начинот на трансформација на енергијата на честичките) како и други параметри.

Окото е приемник на зрачењето со опсег 390 - 750 nm, со максимална осетливост при дневно гледање од 554 nm (жолта светлина) и 513 nm при ноќно гледање (зелена светлина). При ноќно гледање окото може да биде многу осетлив приемник; а за да може да реагира во него треба да влезат околу 60 фотони.

Фотографската емулзија врз база на сребро-бромид реагира на зрачење од ултравиолетова до зелена светлина, со максимална осетливост од 415-435 nm. Со додавање на различни сензибилизатори може да се постигне осетливост се до инфрацрвената област од спектарот. Квантниот излез варира од 5% до 0,1% (сл. 6.7).

Фотомултипликаторот според равенката за фотоефект има гранична бранова должина што зависи од видот на супстанцијата нанесена на катодата во својство на фотометар. Пример за KBr изнесува 155 nm, а за GaAs или GaCs 1000 nm. Квантниот излез е во посебен режим на работа (тн. бројач на фотони) и е над 30%.

6.3. ОСНОВНА КАРАКТЕРИСТИКА НА ТЕЛЕСКОПИТЕ. РАЗДЕЛНА МОЌ, СОБИРНА МОЌ, ЗГОЛЕМУВАЊЕ. ПОСТАВУВАЊЕ НА ТЕЛЕСКОПОТ.

Објективот го карактеризира: пречник (D) и фокусна далечина (F). Ако телескопот служи за визуелно набљудување, тогаш зголемувањето (u) е првата карактеристика што се забележува. Зголемувањето е еднакво на односот на фокусната далечина на објективот и окуларот (f):

$$u = \frac{F}{f}.$$

Доколку телескопот е сложен оптички систем, F е негова еквивалентна фокусна далечина. Втор начин на определување на зголемувањето е преку односот на пречникот на објективот и пречникот на излезниот сноп (d):

$$u = \frac{D}{d}.$$

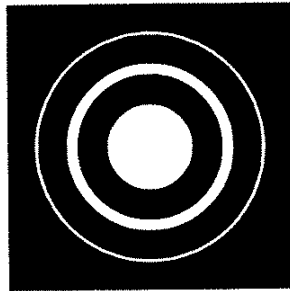
Оптичката моќ (S_M) на телескопот претставува однос на флуksот на зрачењето што излегува од телескопот (Φ_i) и влезниот флуks (Φ_u). Бидејќи разликата потекнува од колекторското дејство на објективот, овој однос е еднаков на:

$$S_M = \frac{\Phi_i}{\Phi_u} = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \left(\frac{D}{d}\right)^2.$$

Ова воедно е и квадрат на зголемување. Доколку постои губење на енергијата во оптичкиот систем, тогаш оваа вредност треба да се помножи со коефициентот на пропустливост (τ).

Разделната моќ (R_M) претставува реципрочна вредност на најмалиот агол што телескопот може да го раздвојува, а што е определен со брановата должина на светлината (λ) и пречникот на објективот. Теоријата на дифракција, за аголот под кој се гледа дифракциониот диск (сл. 6.8), покажува дека $\delta(\text{rad}) = 1,22 \lambda/D$, или за агол изразен во лачни секунди, приближната формула е:

$$\delta(") = \frac{\lambda(\text{nm})}{4 D(\text{mm})}$$



Слика 6.8

Дали телескопот ќе ја достигне оваа теориска вредност зависи пред сè од квалитетот на оптичкиот систем. Разделната моќ на два телескопа, при еднаква бранова должина на светлината, се однесува онака како што се однесуваат и нивните пречници.

За телескопите често се дава и **гранична ѕвездена големина** што со нив може да се постигне. Ако нашето око постигне ѕвездена големина m_0 , земајќи ги во предвид дефиницијата за ѕвездена големина и собирната моќ следи дека:

$$m_{gr} = m_0 + 2,5 \log S_M.$$

Ако се земе дека максималниот отвор на зеницата е 1 cm, тогаш за пречник на објективот изразен во сантиметри ќе биде:

$$m_{gr} = m_0 + 5 \log D(\text{cm}).$$

На планините, далеку од градските светла, $m_0 \approx 7^m$, а во градски услови m_0 изнесува $2^m - 5^m$.

Точното познавање на фокусната далечина на телескопот е посебно важна, доколку телескопот се користи за астрометриски цели, бидејќи со неа е определен **размерот во фокусната рамнина**. Заради практично неизмерните далечини на небесните тела, во однос на фокусната далечина на телескопот, ликот се формира во фокусот. Според правилата за конструкција на ликот, во геометриската оптика, зраците што минуваат низ центарот на објективот не скршнуваат. Оттаму следува и формулата за пречник на ликот: $d = F \text{tg}\theta$.

Најчесто се мерат мали агли, многу помали од 5° . За нив е приближно:

$$\text{tg}\theta = \sin\theta = \frac{\theta(^{\circ})}{57,29} = \frac{\theta(')}{3438} = \frac{\theta(")}{206265}$$

со што е даден соодносот, те. врската помеѓу линеарните и агловите единици, пр. милиметар - лачна секунда.

$$d(\text{mm}) = F(\text{mm}) \text{tg}\theta.$$

Значи, во фокусната рамнина, растојанието $d(\text{mm})$ на точките на небо-то, што се разделени под агол θ'' , е еднаков на:

$$d(\text{mm}) = F(\text{mm}) \frac{\theta(")}{206265''}.$$

Оваа релација е основа врз кој се заснива микрометарското мерење на аглите и размерите во астрофотографијата.

Поставувањето на телескопот има големо значење, бидејќи доколку тој зголемува, тогаш тој не ја зголемува само сликата што сакаме да ја видиме, туку ги зголемува и сите пречки. Значи телескопот мора да биде стабилен за време на набљудувањето, но и лесен за ракување, што значи, добро избалансиран. Телескопот исто така мора да поседува можност за набљудување на сите точки



Слика 6.9

на небото, што се наоѓаат над хоризонтот. Тој треба да биде поставен на масивна основа, со тежиште на пресекот на две меѓусебни нормални осовини, околу кои ќе може слободно да ротира.

Од гледна точка на координатните системи, што се користат во астрономијата, очигледно е дека треба да се примени или **хоризонтскиот** или **екваторијалниот координатен систем**. Првиот, затоа што во него инструментот лесно се поставува (со висок или либела). Ова е многу важно за инструментите што често се пренесуваат, како што е **теодолитот**, кој служи за определување на географската широчина и за теренски мерења. Ваквото поставување на телескопот најчесто се нарекува **азимутска монтажа**.

Втората тн. **екваторијална монтажа**, има неколку варијанти. За помали-



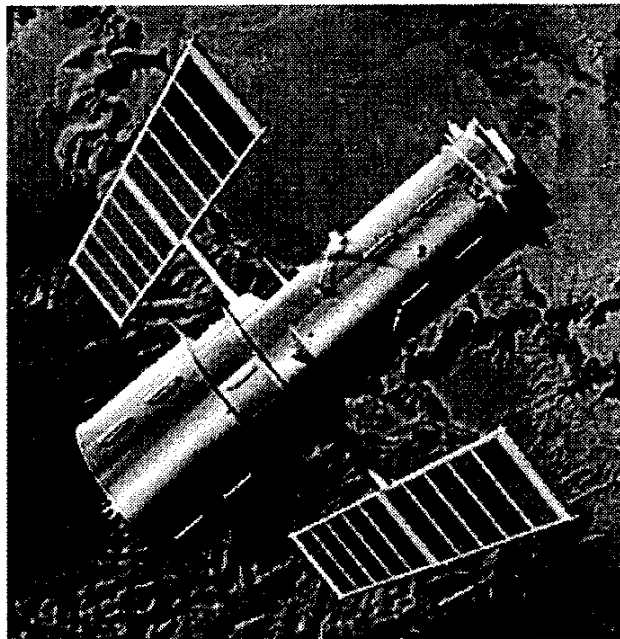
Слика 6.10

те телескопи се препорачува тн. **германска монтажа** (сл. 6.9 - телескоп во опсерваторијата во Медон). На вертикален столб-носач е поставена во меридијанска рамнина една оска, паралелна на светската оска. Тоа е часовна осовина, а деклинациската осовина е поставена под нормален агол на часовната осовина. Заради можноста од манипулирање, тубусот на телескопот треба да биде покрај носечкиот столб. На спротивната страна се става противтег, со кој тежиштето на системот се враќа на носечкиот столб. **Англиската монтажа** повеќе одговара за поголемите телескопи, рефлектори. Оската што е паралелна со светската оска ја носат два столба, што се наоѓаат во меридијанската рамнина. **Американската** или **потковичеста монтажа** е всушност варијација на Англиската монтажа и е

погодна за најголемите телескопи, рефлектори. Телескопот е прицврстен на тој начин што едната оска, околу која што ротира телескопот, ја носи потковица чија оска е паралелна со светската оска (сл. 6.10).

Екваторијалната монтажа е погодна за екваторијални набљудувања, бидејќи следењето на објектите (заради Земјината ротација) се остварува мошне лесно затоа што телескопот се врти само околу една оска - околу светската оска.

Повеќе инструменти се изнесени и надвор од Земјината атмосфера. Меѓу нив најголем е Хабловиот телескоп со пречник од 2,4 m (сл. 6.11). Поголемиот дел од телескопите се наменети за набљудување на оние бранови должини на зрачење (како што се пр. X-зрачењето,



Слика 6.11

γ-зрачењето, инфрацрвеното зрачење и тн.) што Земјината атмосфера не ги пропушта.

6.4. РАДИО-ТЕЛЕСКОП

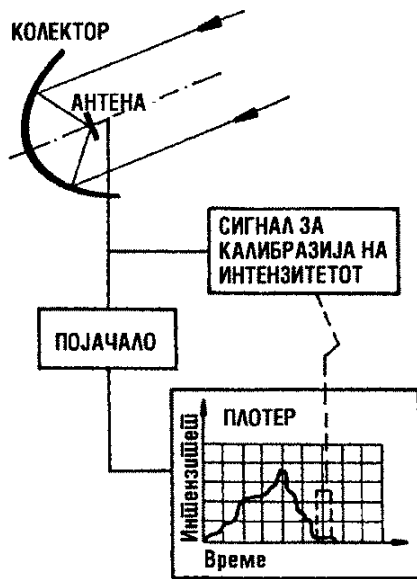
Радио зрачењето на небесните тела прв го регистрирал радио-инженерот во Беловите лаборатории Карл Јански, во 1932 год. Во негова чест, единицата за спектрална густина на флуксот на радио-зрачењето го носи неговото име ($1 \text{ janski} = 10^{-26} \text{ W/m}^2\text{Hz}$). Радио-астрономијата почнала да се развива по 1940 год кога инженерот Г. Ребер ја снимил првата радио-карта на небото.

Радио-телескопите што работат на кратка бранова должина многу се слични на оптичките телескопи - рефлектори. Наместо секундарно огледало, тие во фокусот имаат диполен приемник, од кој сигналот понатаму се засилува и се регистрира (сл. 6.12). Огледалото е метален параболоид, кое во зависност од работната бранова должина може да биде и мрежест. Овој дел на теле-

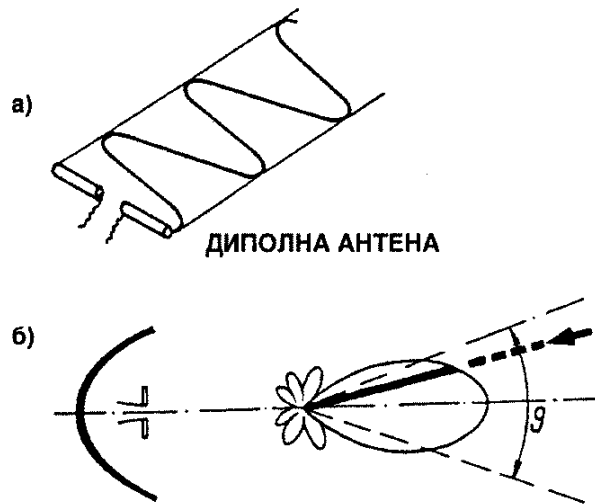
скопот се нарекува **антена**, иако терминот антена во строга смисла на зборот претставува само диполен приемник, а металниот параболоид е колектор.

Космичкото радио-зрачење е исклучително слабо, што се гледа и од дефиницијата за радио-флукс. Најчесто, пречките од Земјините извори се посилни од набљудуваниот сигнал. Тоа им дава посебност на радио-астрономските методи, пред сè во раздвојувањето на правилните радио-сигнали на небесните радио-извори од значително посложените шумови од стохастичка природа.

Истовремено радио-телескопот ја мери и поларизацијата на зрачењето, затоа што сигналот е најјак кога полубрановиот дипол е во рамнината на поларизација на пристигнувачките електромагнетни бранови. Елиптичкиот по-



Слика 6.12



Слика 6.13

ларизиран бран се открива со промена на интензитетот при ротирањето на диполот околу оската што се поклопува со правецот на простирање на брановите.

Сличноста на радио телескопите со оптичкиот рефлектор брзо се губи затоа што во флуksот на колекторот не се формира слика, туку се поставува радио-фотометар. Неговата осетливост е најголема за зрачењата што доаѓаат од правец на визурата, а заради дифракцијата брзо се менува со зголемување на аголот на отстапување од визурата. **Дијаграмот на насочување**, како што обично се нарекува функцијата на осетливост, од правецот во поларните координати (сл. 6.13), е важна карактеристика на радио телескопите. **Разделниот агол** на радио-телескопот е еднаков на половина од аг-

ловата широчина на дијаграмот на насоченоста или на агловото растојание на првиот минимум од оската на антената. Радио-телескопот е специфичен спектрометар, затоа што работи само на неколку фреквенции.

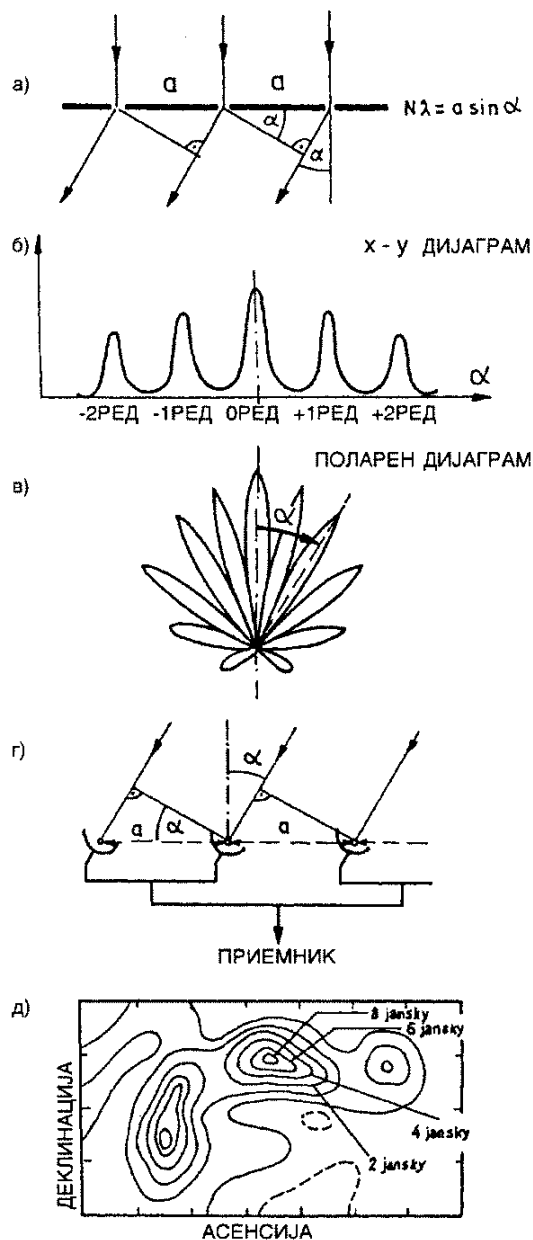
Најголемиот подвижен радио-телескоп има антена со пречник од 100 m и се наоѓа во близина на Бон (Германија), а најголемата неподвижна „чинија“, од 305 m е во Порторико. Радио-телескопот РАТАН, што се наоѓа на Кавказ, има рефлекторски прстен со пречник од 576 m. Дури и за овие телескопи, разделната моќ на радио-телескопите е мала во однос на оптичките телескопи, во што можете и сами да се уверите. (Најкратка бранова должина за РАТАН е 8 mm.)

6.5. ИНТЕРФЕРОМЕТРИ

Слабата раздвојна моќ на радио-телескопите ги навела астрономите да конструираат и радио-интерферометар. Овде ќе стане збор само за принципот на работа на радио-интерферометарот.

На слика 6.14а е прикажана ди-

фракционата решетка со константата d , кај која засилувањето настанува на аголот на дифракција α и резултатот од интерференцијата, претставен во правоаголен координатен систем xOy (сл. 6.14б), вообичаен за оптичка интерпретација и



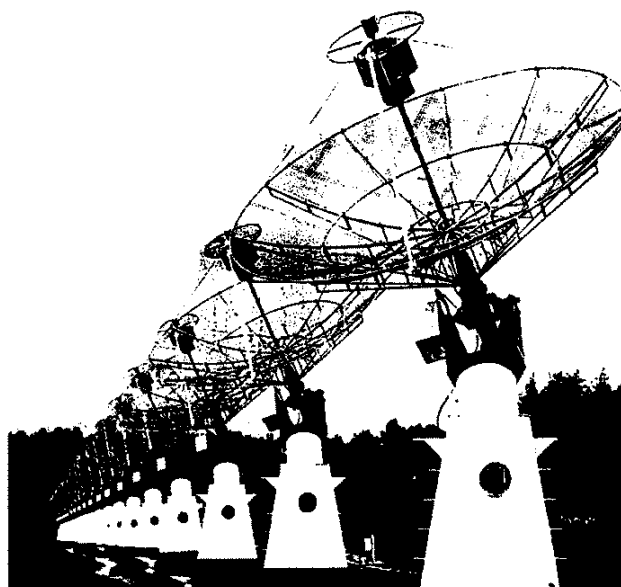
Слика 6.14

во поларен дијаграм (сл. 6.14в), вообичаен за радио-техниката. Да се потсетиме дека на решетката поголем број засеци даваат потесни интерференциони максимуми, или „латици“ кажано со јазикот на радио-инженерите. Ваквата слика дава точкаст извор т.е. записот за точкастите извори е идентичен со дијаграмот на насоченост.

Радио-антените, поставени на еднакво растојание (сл. 6.15) се еквивалентни со прорезите на решетката, со тоа што заедно поврзани даваат збирен

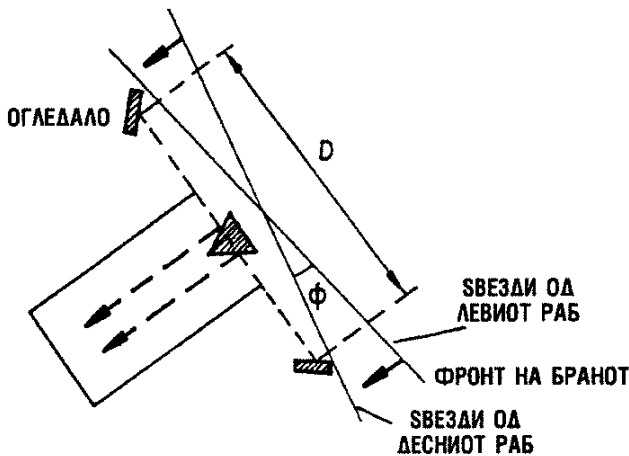
результат кој одговара на дифракционо-интерференционата слика 6.14г. Неточкастите извори даваат многу посложена слика со чија анализа се добиваат изофоти на зрачењето, односно структурата на радио-изворите (сл. 6.14д).

За радио-телескопот, секој извор чии аглови димензии се помали од димензиите на раздвојниот агол претставуваат точкаст извор или „радио-свезда“. Базите на интерферометарот се со различна должина, а најголеми се во Калифорнија (САД) - Крим (Украина) и на ст-опсег има разделување од $0'',0005$, што е многу подобро отколку во оптичкиот спектар.



Слика 6.15.

Апертурната синтеза на М. Рајл (Martin Ryle, 1918-1984 год.) е духовито решение за постигнување на голема раздвојна моќ. Се користи радио-интерферометар составен од повеќе антени, што даваат заедно разделување како телескоп со пречник еднаков на растојанието на најоддалечените антени. За набљудувањето на објектите се користи „скенирање“ а потоа синтеза во една слика. За таа цел може да се искористи Зем-



Слика 6.16

јината ротација, што полека го придвижува набљудуваниот објект преку оската на базата на интерферометарот. Со обработка на записот се добива слика - карта со висока разделна моќ низ целиот извор.

Мајкелсоновиот ѕвезден интерферометар служи за определување на пречникот на големите, блиски, ѕвезди (сл. 6.16). Работи во оптичкиот дел на спектарот. Две многу оддалечени рамни огледала служат како база на интерферометарот; од нив светлината се доведува во телескопот, каде во фокусната рамнина во дифракционото кружче на ликот на ѕвездата се создава интерференциона слика. (На сл. 6.17 е прикажан изглед на точкаст извор што дава: а) едно огледало, б-в) интерферометар од две или повеќе огледала, г) вкрстени интерферометри.) Од широчината на интерференционата лента θ и познатото растојание на ѕвездата $r(\text{km})$ или $\pi(\text{''})$ се добива пречникот на ѕвездата D :



Слика 6.17

$$\begin{aligned}
 D(\text{km}) &= \theta(\text{rad}) \cdot r(\text{km}) = \\
 &= \frac{\theta(\text{''})}{206265} \frac{206265}{\pi(\text{''})} 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = \\
 &= \frac{\theta(\text{''})}{\pi(\text{''})} \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} .
 \end{aligned}$$

За Алдебаран (α Tau) $\theta = 21 \cdot 10^{-3}(\text{''})$ и $r=20,8 \text{ pc} = 0,0487$ дава $D=65,4 \cdot 10^6 \text{ km}$ или околу 50 Сончеви пречници.

6.6. ПРИМЕНА НА ЛАСЕРИТЕ ВО АСТРОНОМИЈАТА

Денес, растојанието до Земјините вештачки сателити може многу прециз-

но да се измери со помош на ласер. Работата на ваквите уреди, што се нареку-

ваат **ласерски сателитски далечиномери**, се темели на мерењето на интервалот на времето додека импулсниот ласерски зрак доаѓа до сателитот, се одбива од него и се враќа во далечиномерот. Бидејќи брзината на светлината е позната, врз основа на прецизно измерен временски интервал лесно може да се пресмета растојанието до сателитот и тоа со точност

од 10 cm. На ист принцип се направени и ласерските далечиномери за определување на растојанието до Месечината. Тие најчесто се монтираат на големи телескопи, а ласерскиот зрак се одбива од специјални рефлектори поставени на Месечината, за време на летањата на „Аполо“.

ПРАШАЊА

1. Што е заедничко кај рефракторите и рефлекторите? Кои видови на телескопи ги познавате?
2. Дефинирајте ја собирната и разделната моќ на телескопите?
3. Опишете ги основните видови на телескопски монџажи?
4. Зошто денес се прават големи рефлектори, а не и големи рефрактори?
5. Опишете го принципот на работата на Њутоновиот рефлектор?
6. Што се телеобјективски системи, а што астрографи?
7. Опишете го принципот на работата на спектрографите. Кое и какво е нивното значење за астрономијата?
8. Кои се сличностите и разликите помеѓу оптичките и радио-телескопите?
9. Опишете ги основните приемници на зрачење?
10. Како работат интерферометарот и што може да се одреди со неговата помош?
11. Дали знаете што е ајертурна синтеза?
12. Каде се се употребува ласерот во астрономијата?
13. Како може да се дефинира човечкото око, како набљудувачки инструмент?
14. Дали се идентични визуелните и фотографските слики на ноќното небо? Образложете го одговорот.

ЗАДАЧИ

- 6.1. Кога се набљудуваат ѕвездите, тогаш колку повеќе од окото ќе собере светлина, телескоп со пречник на објективот од 11 cm; а колку од 1 m?
- 6.2. Може ли телескоп со отвор на објективот од 11 cm да раздели двојна ѕвезда чии компоненти се со сина боја, на растојание од 0",5?
- 6.3. Колкава е разделната моќ на радио-телескопот РАТАН, со пречник на телескопот од 576 m, на бранова должина од 8 mm и 300 mm?
- 6.4. Колкава е агловата разделна моќ на дво-глед 6x30 mm?
- 6.5. Колкав е пречникот на ликот на Сонцето снимен: а) со телескоп со фокусна далечина 2 m, б) со камера со фокусна далечина 50 mm?
- 6.6. Колкаво зголемување даваат окулари со фокусна далечина од 5 mm, 8 mm и 12 mm, доколку се монтирани на телескоп со фокусна далечина од 2 000 mm?
- 6.7. Колкава е ефективната фокусна далечина на телескоп што во фокусот дава лик на Јупитер од 5 mm, доколку Јупитеровиот диск е видлив под агол од 41"?

7. СВЕЗДИ

7.1. ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ВИДОВИ СВЕЗДИ

Кои се основните карактеристики на ѕвездите? Изгледа дека порано беше полесно да се одговори на ова прашање отколку денес. Кон почетокот на веков ѕвездите ги замислувале како топчести, гасовити, вжештени тела со сопствен извор на енергија. Меѓутоа, сега се знае дека постојат и ѕвезди што многу се сплеснати, заради нивната брза ротација, потоа, ѕвезди во форма на конус, во блиски двојни парови и тн и тн. За некои ѕвезди со сигурност може да се каже дека не се гасовити, додека за некои дека ја потрошиле својата термонуклеарна енергија. Ѕвездите претставуваат шарено множество од објекти, што покрај низата специфичности, сепак имаат и некои заеднички особини. **Сите ѕвезди се создаде со собирање (акреција) на меѓуѕвездената материја, која кога ќе достигне определена густина, почнува да се загрева до температура што овозможува термонуклеарни процеси. Ѕвездите, значи, во една фаза од својот живот, во себе имаат термонуклеарен извор на енергија, се составени од вжештен гас и зрачат.**

Најчесто, најзастапени елементи во ѕвездите се водородот и хелиумот. Приближно на десет атоми водород доаѓа еден атом на хелиум, а според масата 70% водород и 28% хелиум. Процентот на сите останати хемиски елементи, во ѕвездите, изнесува само 2% од нивната маса.

Од спектарот можат да се дознаат многу физички особини на ѕвездите. Тие зависат од температурата и хемиски-

от состав и можат да бидат многу разновидни. Набљудувачот најнапред ја забележува **бојата на ѕвездата**. Со зголемувањето на температурата, максималното зрачење се поместува кон пократките бранови должини, така што само еден поглед кон две ѕвезди може да биде доволен за да се заклучи чија фотосфера е потопла. Снимањето на ѕвездените спектри со груба дифракциона решетка (со константа на решетката од 5 cm), со долгофокусна камера, овозможува релативно лесно определување на температурата, со помош на Виновиот закон за поместување. (Се мери релативната положба на максималното зрачење - во континуум; види 5.1)

Класификацијата на ѕвездите може да се изведе според разни параметри. Овде ќе ја наведеме поделбата **според изгледот на спектарот**. Такви поделби постојат повеќе, но ние ќе се ограничимо на **Харвардската спектрална класификација**. Според оваа класификација ѕвездите се распоредуваат во некоја од седумте основни класи и четирите поткласи или видови на ѕвезди. Основните класи (сл. 5.2) се обележуваат со буквите:

O - B - A - F - G - K - M,

при што температурата опаѓа од 35 000 K (во фотосферата на класата O) до 2 500 K (во класата M). Значи, во оваа поделба на ѕвездите основа се: температурата и карактеристичниот линиски спектар. Секоја класа (вид) се дели на десет поткласи означени со цифрите 0 - 9. Во оваа

поделба нашето Сонце е ѕвезда од видот G2, а приближно 90% од ѕвездите припаѓаат на класите од В до М.

КЛАСА - О: Тоа се сино бели ѕвезди со висока површинска температура од $(25 - 35) \cdot 10^3$ К, со голема маса и сјај. Спектарот има мноштво апсорпциони линии на јонизиран хелиум, азот и кислород, односно неутрален водород и хелиум. Типичен претставник е λ Orionis.

КЛАСА - В: Сини ѕвезди со температура од $(15 - 25) \cdot 10^3$ К, слични на класата О, со изразити апсорпциони линии на водород и хелиум, што се засилуваат кон класата А и дискретни апсорпциони линии на јонизиран калциум. Типични ѕвезди: Ригел, Спика и Регулус.

КЛАСА - А: Бели ѕвезди со температура од околу 9 000 К, со изразени апсорпциони линии на водород, но без линии на хелиум. Како што температурата се смалува, така линиите на јонизиран калциум се сè повоочливи. Типични ѕвезди: Сириус и Вега.

КЛАСА - Ф: Жолто бели ѕвезди, малку посјајни од Сонцето, со температура од околу 7 000 К. Најинтензивни се апсорпционите линии на јонизиран калциум, додека линиите на водородот се послаби. Се појавуваат и апсорпциони линии на метали. Типични ѕвезди: Процион и Кастор.

КЛАСА - Г: Жолти ѕвезди, слични на Сонцето, со температура од околу 6 000 К. Апсорпционите линии на водородот се уште послаби, а на металите посилни отколку кај класата Ф. Линиите на јонизиран калциум се појаки отколку во класата Ф. Типични ѕвезди: Сонце и Капела.

КЛАСА - К: Портокалово-жолтеникави ѕвезди со температура од 4 000 - 4 500 К. Интензитетот на линиите на јо-

низираниот калциум е најголем. Голем е бројот на апсорпциони линии на метали, водородните линии се сосема слаби, но се појавуваат линии на молекуларен водород. Типични ѕвезди: Полукс, Алдебаран и Арктур.

КЛАСА - М: Црвеникави ѕвезди. Температура од 2 500 - 3 500 К. Максимален интензитет достигнуваат апсорпционите линии на металите, а се зголемуваат и лентите на титан-оксид. Во оваа класа се наидува и на ѕвезди со променлив сјај, со емисиони линии на водород. Тие добиваат суфикс „е”. Типични ѕвезди: Антарес, Бетлгејзе и Мира Цети.

Постојат и четири поткласи: R, N, S, W.

КЛАСА - R: Портокалово-црвени ѕвезди со температура од околу 3 500 К. Доминираат апсорпционите линии на молекуларниот јаглен-диоксид, цијан и јаглен-моноксид. Типични ѕвезди: RU Virginiis и S Camelopardalis.

КЛАСА - N: Темноцрвени ѕвезди со температура од околу 2 500 К со спектар сличен на класата R, но со послаб интензитет. Типичен претставник: S Cephei.

КЛАСА - S: Слична е на класата М, но линиите на титан-оксид се послаби. Се појавуваат линии на циркониум-оксид и емисиони спектри на водородот. Во оваа класа често се среќаваат променливи ѕвезди. Типична ѕвезда: R Cygni.

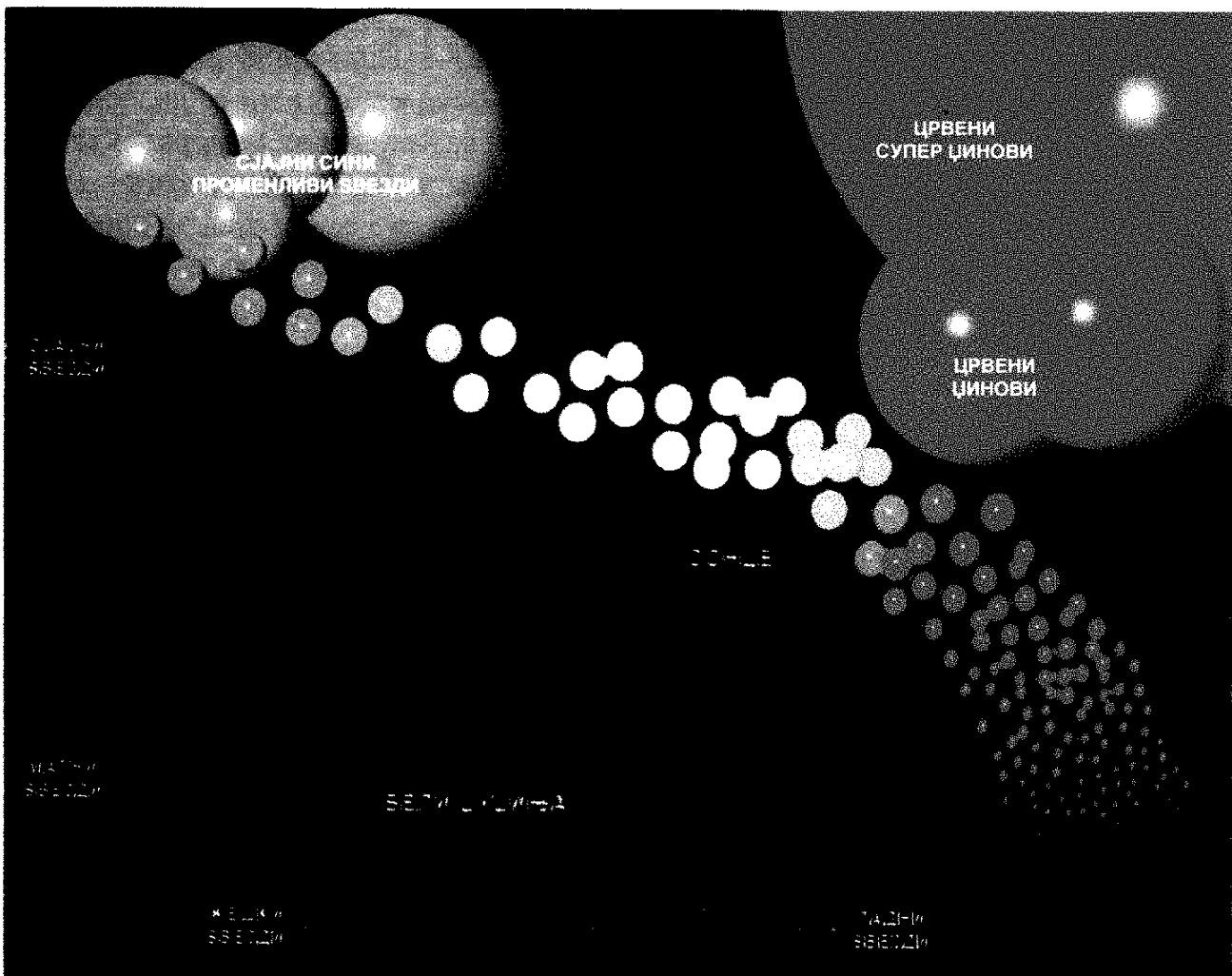
КЛАСА - W: Ова се тн. Волф-Рајетови ѕвезди, со екстремно високи температури од 50 000 - 100 000 К, со белосина боја и исклучително висок сјај. Спектарот го карактеризираат широки емисиони линии и ленти на азот или јагленород со додаток на кислород и хелиум. Типична ѕвезда: γ Едро.

7.2. X - P ДИЈАГРАМ

На почетокот на XX-от век данскиот астроном **Херцшпрунг** (Einar Hertzsprung, 1873 - 1967 год.) утврдил дека постои врска помеѓу сјајот на ѕвездата (апсолутната ѕвездена големина) и температурата (спектралната класа) го конструирал првиот дијаграм за ѕвезди, од јатата Плеади (Квачка) и Хијади. Американецот **Расел** (Henry Norris Russell, 1877 - 1957 год) го конструирал првиот таков дијаграм за ѕвезди од околината на Сонцето. Овој дијаграм, наречен Херцшпрунг-Раселов или скратено X - P дијаграм, има исклучително значајно, практично централно, место во проучувањето

на ѕвездите (сл. 7.1).

Ако координатните оски се ориентираат температурата да опаѓа од лево кон десно, а сјајот да расне нагоре, тогаш се добива карактеристична слика: најголемиот број ѕвезди лежи во широката лента од горниот лев кон долниот десен агол на дијаграмот. Тоа е **главната низа на X - P дијаграмот**. Нашето Сонце е ѕвезда што се наоѓа приближно во средината на оваа низа, па затоа може да се каже дека Сонцето е типична ѕвезда со средна големина и температура. Меѓутоа, во горниот десен агол постојат и неколку помалубројни низи на ѕвезди, како и



Слика 7.1.

мали островца на ѕвезди, во долниот лев дел на дијаграмот, но и непополнети области.

Оттаму на прашањето „за постоење на ѕвезди во сите можни комбинации на сјајот и температурата, а тоа воедно значи и на радиусот и масата“ добиваме негативен одговор. Особините на ѕвездите не се рамномерно застапени во набљудуваната популација. Постојат сосем малку ѕвезди со висока температура и слаб сјај. Доколку тие покрај високата температура не се сјајни, тоа значи дека се со мали димензии. Токму затоа се нарекуваат **бели џуџиња**. Утврдено е дека нивниот радиус не е поголем од четири Земјини, ниту пак помал од една десетина од Земјин радиус. Нивната густина достигнува 10^9 kg/m^3 . (Пример: густината на осмиумот е $21,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, што е $1/50\,000$ дел од густината на тие ѕвезди). Тие се сместени во долниот лев агол од Х - Р дијаграмот.

Во дијагонално спротивниот дел од дијаграмот се сместени ѕвезди со ниска температура и многу висок сјај. Очигледно е дека овие ѕвезди, наречени **црвени џиновци**, имаат многу големи димензии, а често и голема маса. Нивните радиуси го надминуваат Сончевиот радиус и за дваесетина пати. Сепак, некои од овие ѕвез-

ди (тн. **суперџиновци**) имаат радиуси што се над 1 000 пати поголеми од Сончевиот радиус.

Малиот број на џуџести и џиновски ѕвезди, ни сугерира дека тоа се само периоди од еволуцијата на ѕвездите. Најголемиот број ѕвезди своето постоење го минуваат во главната низа.

Бидејќи од карактерот на спектарот не е тешко да се утврди дали на една ѕвезда местото и е во главната низа или помеѓу џиновските ѕвезди, односно џуџестите, се појавува интересна можност за **определување на растојанието на ѕвездите** од нивниот сјај (m) и спектралната класа (Sp), затоа што од дефиницијата за апсолутна ѕвездена големина следува дека:

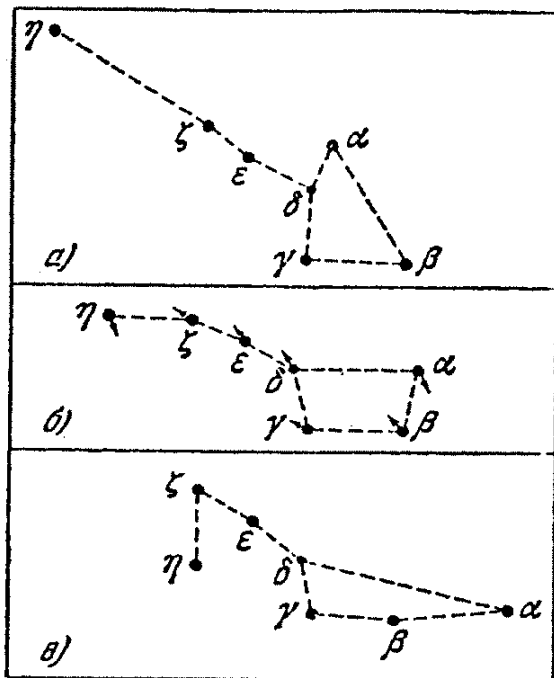
$$\log r (\text{pc}) = 0,2(m - M) - 1.$$

Вака определените далечини се наречуваат **спектрални паралакси**. Во извесна мерка тие се од статистичка природа, а посебно се погодни за определување на одалеченост на ѕвездите во ѕвездените јата. (Сите ѕвезди од едно ѕвездено јато практично се наоѓаат на еднаква одалеченост и токму затоа е најсигурно далечината да се определи статистички од Х - Р дијаграмот, заради големиот број примери.)

7.3. ДВИЖЕЊЕ НА СВЕЗДИТЕ

Покрај привидното дневно и годишно движење на ѕвездите, предизвикано заради Земјината ротација и револуција, ѕвездите имаат и сопствени, вистински движења во просторот. Овие движења се забележливи дури во многу долги временски интервали (заради многу големото растојание од нас), но понекогаш се

и позначителни, бидејќи можат да претставуваат суперпозиција на повеќе различни движења. Дека тоа е така ни сугерираат два набљудувачки факта: изгледот на соѕвездијата се менува сосема малку и во многу големи временски интервали (сл. 7.2 - Големата мечка пред 200 000 години, денес и по 200 000 години). Меѓу-



Слика 7.2

тоа, забележани се и многу големи радијални брзини на некои ѕвезди.

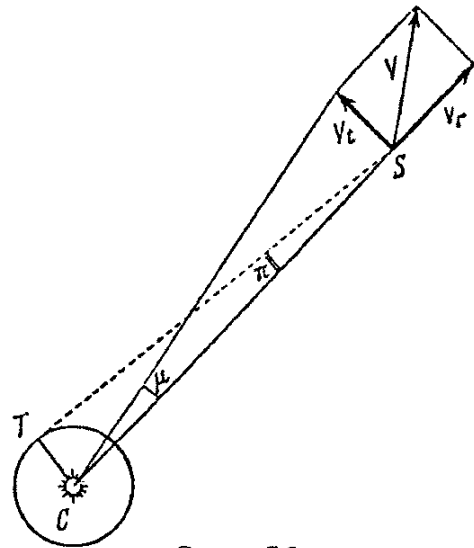
Заради сопственото движење, ѕвездата ја менува сопствената местоположба, што се манифестира како промена на небесните екваторски координати: $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$. За да се избегне влијанието од промената на Земјината положба, при нејзиното движење околу Сонцето, сопственото движење се определува за период од една година, па затоа ова движење често се нарекува **сопствено годишно движење**. Вкупното сопствено годишно движење (латински: *motus proprius*) μ или МР, изнесува:

$$\mu(") = \sqrt{15 [\Delta\alpha(s)]^2 + [\Delta\delta(")]^2}.$$

Ова е поврзано со тангенцијалната компонента на брзината v_t и растојанието на ѕвездата r со очигледната релација (сл. 7.3):

$$\frac{v_t}{r} = \sin \mu = \frac{\mu(")}{206\,265},$$

при што множителот „1 година“ покрај брзината се подразбира. За одалеченост



Слика 7.3

важи уште една релација:

$$\frac{R}{r} = \sin \pi = \frac{\pi(")}{206\,265}.$$

Доколку растојанието Земја - Сонце (R) се изрази во километри, а годината во секунди, од наведените равенки следи дека:

$$v_t = 4,74 \frac{\mu(")}{\pi(")}$$

каде што v_t е дадено во km/s. Од радијалната брзина (v_r), измерена со помош на Доплеровиот ефект на спектралните линии и тангенцијалната брзина, се добива вкупната пространа брзина на ѕвездата:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}.$$

Вака добиените брзини можат да имаат вредности и до 250 km/s. Најголемиот број на ѕвезди, за коишто имаме податоци, имаат брзина што е помала од 50 km/s.

Уште кон крајот на XVIII век, В. Хершел го воочил сопственото движење на Сонцето (околу 20 km/s) и постоењето на **апекс** - точка кон која се движи Сонцето ($\alpha = 18^h 30^m$, $\delta = +30^\circ$) која се наоѓа во сосвездието Херкул. Ваквата појава, за големи временски интервали, за

набљудувачот од Земјата, треба да предизвика привидно раздвојување на ѕвез-

дите во овој дел од небото.

7. 4. ДВОЈНИ СВЕЗДИ И СВЕЗДЕНИ ГРУПИ

Двојните ѕвезди се делат на: визуелни (каде што и двете компоненти можат да се набљудуваат одвоено), астрометриски (каде што може да се набљудува само главната ѕвезда и врз основа на периодичната промена на нејзината положба може да се предвиди и постоењето на нејзин пар), спектроскопски (каде што врз основа на периодичното поместување на спектралните линии се заклучува дека станува збор за двојна ѕвезда) и фотометриски или засолнувачки (каде што компонентите взаемно се засолнуваат и откриваат, што од своја страна доведува до промена на вкупниот сјај).

Постоењето на ѕвезди што се толку блиски една до друга, што дури и се движат една околу друга, е откриено уште во половината на XVII век, што значи, набрзо по воведувањето на телескопот во астрономијата. Прва таква откриена ѕвезда е Мизар, ζ во Големата Мечка. Раздвоените ѕвезди што се гледаат преку телескоп, а претставуваат физички поврзан пар, го добиле името **визуелни двојни ѕвезди**. Тие по правило имаат една посјајна ѕвезда и таа ѕвезда ја бележиме како компонента А. Во однос на оваа ѕвезда се мери агловото растојание (ρ) и аголот на местоположбата (P), како функција на времето. Патеката на послабата ѕвезда околу посјајната се проектира како елипса на небесната сфера. Утврдено е дека Кеплеровите закони важат и за овие елипси, со што е покажана и нивната универзалност, но и универзалноста на Њут-

новиот закон. Со ова е остварена и можноста за **определување на ѕвездените маси**, што всушност претставувало голем придонес за понатамошното развивање на астрономијата.

За разлика од Сонцето и планетите, чии маси, во однос на Сончевата, се занемарливи, во овој случај во Третиот Кеплеров закон, во збирот се задржува и масата на пратечката ѕвезда:

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{T^2}.$$

Исто така важи и равенката:

$$M_1 r_1 = M_2 r_2.$$

M_1 и M_2 ја претставуваат масата на ѕвездите, додека r_1 и r_2 нивното моментно растојание од тежиштето на системот. Бидејќи тежиштето на системот не може да се види, туку можат да се измерат само нивната меѓусебна оддалеченост што определува привидна елипса, чија голема полуоска е a , тогаш важи и односот:

$$r_1 + r_2 = a$$

Со набљудување се определува периодот T и големата полуоска на привидната елипса a ("), при што преминот на големата полуоска на вистинската елипса се врши со релацијата:

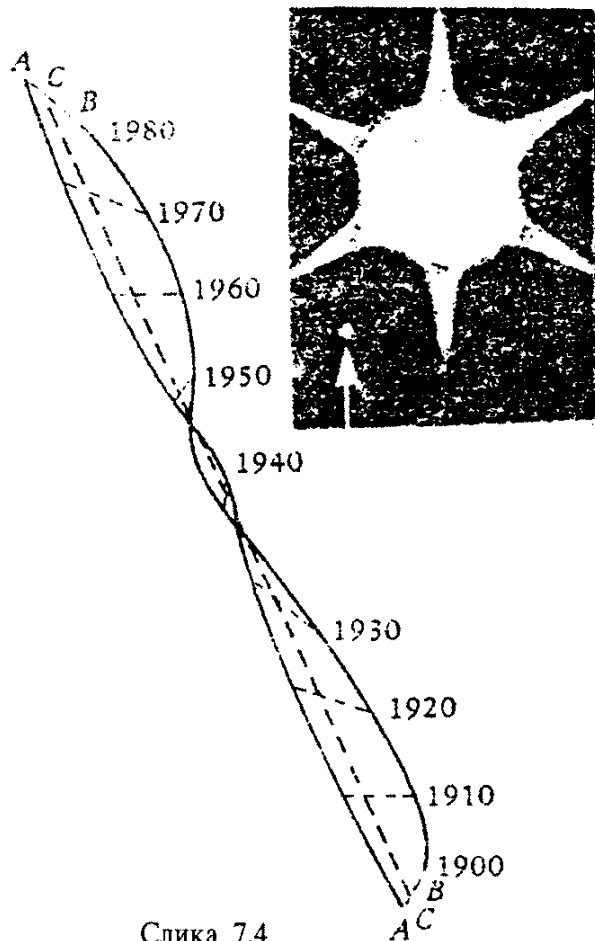
$$a(\text{AU}) = \frac{a(")}{\pi(")}.$$

Ако T се изрази во години и a во AU, тогаш факторот $4\pi^2/G$ ќе се изгуби и масата ќе се добие во Сончеви маси M_{\odot} .

Во општ случај, привидното движење на една ѕвезда околу друга може да има било каква положба во просторот. Со помош на Вториот Кеплеров закон може да се утврди и положбата на големата полуоска на елипсата.

Во некои случаи Б компонентата на двојната ѕвезда е со многу слаб сјај, па затоа не може да се воочи ниту со најголемите телескопи. Двојноста на ѕвездата сепак може да се утврди со сигурност. Ѕвездите најчесто приближно се со еднакви маси, иако со нееднаков сјај. Патувањето на видливата компонента помеѓу ѕвездите е слична на синусоида, затоа што и двете обиколуваат околу тежиштето на системот (сл. 7.4).

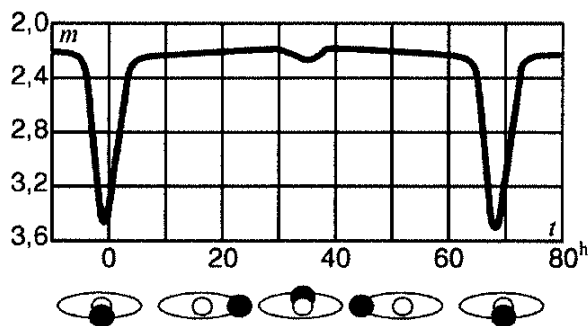
Имајќи во предвид дека рамнините на патеката на двојните ѕвезди се споредени сосема случајно, тогаш кај не-



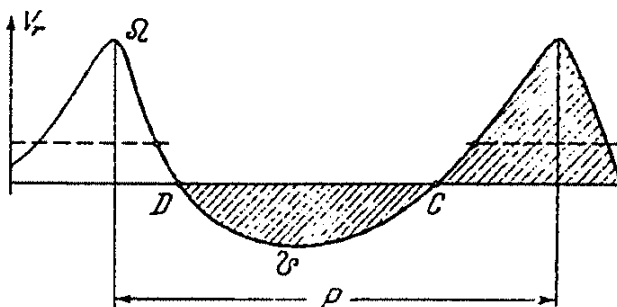
Слика 7.4

кои двојни ѕвезди визурата може да лежи и во рамнината на движењето, така што една ѕвезда може, периодично, привидно да засолнува друга ѕвезда. Таквите ѕвезди лесно се препознаваат по карактеристичната крива на промена на сјајот (сл. 7.5), па оттаму го добиле и името - **затемнувачки (еклипсни) двојни ѕвезди**. Бидејќи преку телескоп, оваа ѕвезда, не се гледа како раздвоена на компоненти, ова претставува сигурен начин да се утврди нивната физичка двојност. Типична ѕвезда од овој вид е β Персеј (Алгол). Врз основа на специфичноста на кривата на сјајот, како што се длабочината и положбата на минимумот, доволно сигурно можат да се пресмета (иако со нешто покомплицирани пресметки) сите податоци за ѕвездите и нивните патеки.

Со снимање на ѕвездениот спектар е утврдено периодично поместување на линиите (во спротивна насока) на два спектра што се совпаѓаат. Ваквите ѕвезди се нарекуваат **спектроскопски двојни ѕвезди** (сл. 7.6). Од карактеристиката на



Слика 7.5



Слика 7.6

дијаграмот на радијалните брзини еднозначно се определуваат поголем број параметри на движењето на двојни ѕвезди од ваков вид.

Да спомнеме дека две ѕвезди, за набљудувачот, можат да се најдат во привидно иста положба на небото, но тоа не мора да значи и двојност на ѕвездата. Таквите ѕвезди се наречуваат **оптички двојни** ѕвезди. Релативното движење на едната ѕвезда, во однос на другата, се изведува долж права линија, па на тој начин овие ѕвезди лесно се елиминираат од списокот на двојни ѕвезди.

Најкраток период на обиколка, кај визуелно двојните ѕвезди, има ϵ Сети (2,62 год.), додека најдолг период на обиколка, сосема сигурно утврден, има σ_2 Голема Мечка (околу 11 000 год.). Постојат и ѕвезди што, на небесната сфера, се наоѓаат на значително аглово растојание, но сепак имаат скоро поклопувачки

сопствени движења, паралакси и радијални брзини. Тоа се **широки (раздвоени) парови**, ѕвезди кои се одвоени дури и повеќе илјади астрономски единици. Нивните периоди на револуција се од редот на милион години. Таков пар чинат, до нас најблиските ѕвезди - Проксима и α Кентаур, раздвоени 10 000 AU, односно 2° .

Прва, од спектралните двојни ѕвезди, е откриена ѕвездата Мизар. Најкраток период од $0^d,1084$ има γ Голема Мечка.

Постојат и тројни ѕвезди и ѕвездени групи. Свездите θ Ори (Орионов трапез) се состои дури од шест ѕвезди што обиколуваат една околу друга, поврзани со гравитацијата.

Многу блиски двојни ѕвезди, тн. **блиски (или тесни) парови**, се исклучително значајни за разбирање на еволуцијата на ѕвездите (а за нив ќе стане збор во 7.10).

7.5. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА СВЕЗДЕНИТЕ МАСИ, ПРЕЧНИКОТ И ТЕМПЕРАТУРАТА

Кога е собран доволен материјал од набљудувањето и откога се направени дијаграмите маса-сјај, тогаш е добиена и линеарна врска помеѓу апсолутниот сјај (M) и масата M (сл. 7. 7.):

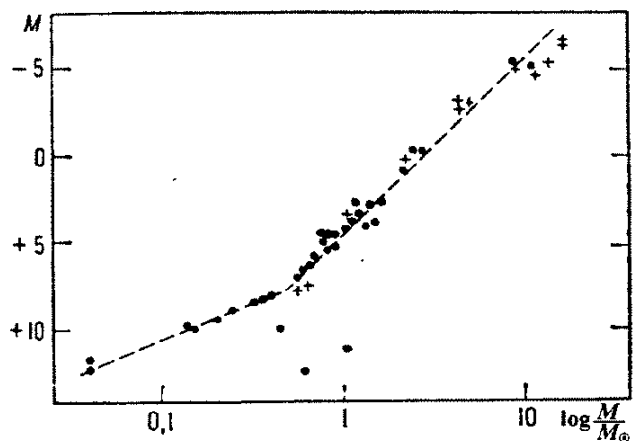
$$M = 6,76 - 3,80 \log M, \text{ за } M > 7^m,5;$$

$$M = 4,62 - 10,03 \log M, \text{ за } M = -0^m,3 \text{ до } 7^m,5.$$

За најсјајните спектрални двојни, множителот покрај $\log M$ изнесува околу 7. Најдени се маси на ѕвезди во многу широк опсег, од 0,0015 маси на Сонцето (за Бернаровата ѕвезда), до повеќе од 60 Сончеви маси за тн. Пласкетова вжештена ѕвезда. Со помош на статистички утврдени зависимости, може да се опреде-

ли масата на било која ѕвезда со позната апсолутна ѕвездена големина.

За определувањето на температурата на ѕвездите се користат законите за



Слика 7.7

зрачење на црно тело. Ако се снимат спектарот и се определи брановата должина на максимумот на зрачењето (λ_{\max}), тогаш температурата може да се пресмета според Виновиот закон за поместување:

$$T = \frac{b}{\lambda_{\max}}, \quad b = 0,00289 \text{ мК.}$$

Определувањето на пречникот на ѕвездата може да се изведе на различни начини. За Сонцето, до нас најблиската ѕвезда, тоа може да се постигне со мерење на агловиот пречник и растојанието - паралакса. За релативно блиските ѕвезди може да се примени и ѕвездениот интерферометар. Применето на триесетина најблиски ѕвезди, добиени се вредности од $0'',047$ до $0'',0007$. Зависно од паралаксата π'' , вистинските радиуси се определени со релацијата:

$$R = 107,5 \frac{d''}{\pi''},$$

каде што R е изразен во Сончеви радиуси, а d'' е агловиот пречник на ѕвездата, изразен во $''$.

Меѓутоа за сите ѕвезди е применлива и постапката заснована на мерење-

то на одалеченост (r) и нејзиниот сјај - односно осветленоста E , пр. изразени во ѕвездена големина (m). Бидејќи луминозност (L) на некоја ѕвезда е определена од нејзината површина ($4\pi R^2$) и со енергијата што ја зрачи на единица површина (Штефан-Болцманов закон, σT^4):

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4; \quad E = \frac{L}{4\pi r^2} = 10^{-0,4m-5,67}$$

може да се пресмета ѕвздениот радиус (R) ако е определена температурата на фотосферата (T). Имајќи ја во предвид дефиницијата за апсолутна ѕвездена големина (M), радиусот на ѕвездата е определен со формулата:

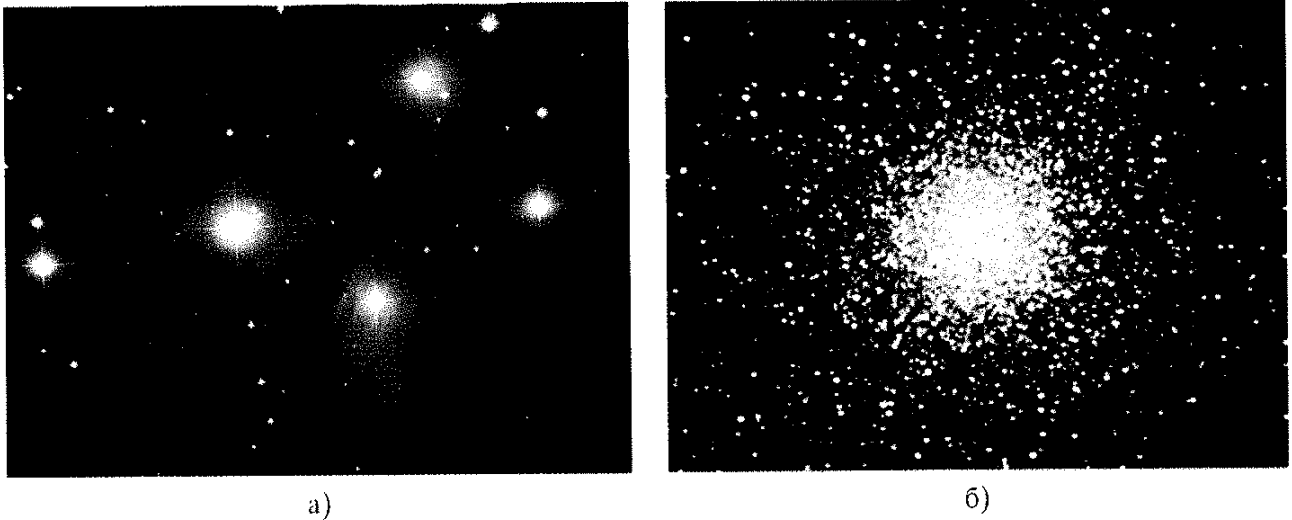
$$\log R = -0,2M - 2 \log T + 8,46.$$

Пречникот на Лујтеновата ѕвезда N 768-500 изнесува околу 0,1 од пречникот на Земјата! Пречникот на Бетелгејз, сјајна ѕвезда од Орионовото рамо, е 850 пати поголем од пречникот на Сонцето, а компонентите на еклипсната ѕвезда S Златна Риба се дури 1 260 и 1 400 пати поголеми!

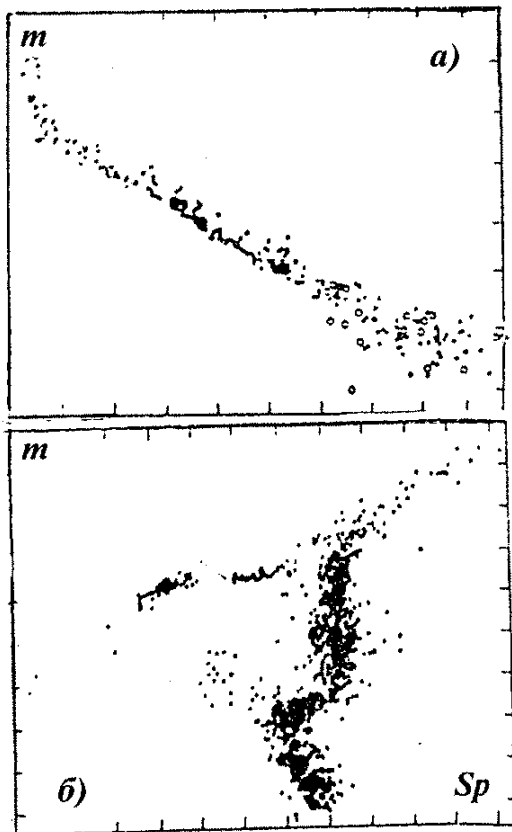
7.6. СВЕЗДЕНИ ЈАТА

Во созвездието Бик, со голо око, можат да се видат две сјајни групи ѕвезди - ѕвездени јата. Тоа се Плеади (Квачка) и Хијади. Во такви групи, ѕвездите имаат заедничко потекло, движење и меѓусебни растојанија, кои се прилично помали отколку вообичаено (сл. 7.8а). Двете јата се **расеани**, но постојат и јата што наликуваат на топка - топчести или **збиени јата** (сл. 7.8б). За разлика од расеаните јата, кои во себе содржат неколку стотина ѕвезди, збиените јата имаат и по не-

колку стотина илјади ѕвезди. Оттаму доаѓа и посилна гравитациона врска помеѓу ѕвездите во збиените јата. Нив ѕвездите не можат да ги напуштат (тие се гравитационо затворени јата), за разлика од расеаните јата кои со време се распаѓаат (гравитационо отворени јата). Расеаните јата се помлади отколку затворените јата. Староста на расејаните јата изнесува од неколку милиони до стотини милиони години, а збиените јата се стари и до десет милијарди години.



Слика 7.8



Слика 7.9

За ѕвездените јата е карактеристично и следното: двојни ѕвезди можат почесто да се најдат во расеаните јата, додека ѕвезди со променлив сјај (од видот Цефеиди) почесто во збиените јата. Во нашата Галактика топчестите јата се распоредени сферно симетрично околу галактичкиот центар, додека расеаните јата главно во Галактичката екваторска рамнина.

Јасно е дека се разликува и изгледот на Х - Р дијаграмот што е конструиран за ѕвездите од овие јата. За расеаните јата ѕвездите се наоѓаат во главната низа (сл. 7.9а). Само дел од ѕвездите во збиените јата припаѓа на главната низа, додека останатите ѕвезди припаѓаат на циновските ѕвезди, а тоа значи нестационарна етапа во животот на ѕвездите (сл. 7.9б).

7.7. ПРОМЕНЛИВИ СВЕЗДИ

Ниту една ѕвезда нема совршено константен сјај. Сепак и во долги временски периоди, кај најголемиот број ѕвезди, нема промена на сјајот, освен оние промени што при нашите мерења ги внесува Земјината атмосфера. Во таа смисла по-

делбата на **стационарни** (непроменливи) и **променливи** ѕвезди е сосема условна, затоа што и границата на промената на сјајот, како критериум за поделбата, понекаде е поставена произволно. Сепак, сите ѕвезди не го менуваат својот сјај под-

еднакво, ниту пак било која звезда го менува својот сјај подеднакво, за време на своето постоење. Затоа, кога ќе се каже променлива звезда, се мисли на звезда што го менува својот сјај така што промената на сјајот може со сигурност да се утврди, а при тоа промената на сјајот да произлегува од физичките причини во ѕвездената атмосфера или од нејзината внатрешност. (Еклипсните двојни ѕвезди го менуваат својот сјај затоа што меѓусебно се засолнуваат, па затоа обично се ставаат во посебна група.)

Имајќи ја во предвид формата на кривата на промената на сјајот, ѕвездите можат да се поделат на правилно променливи (или пулсирачки), полуправилно променливи и неправилно променливи, а како краен случај и на катаклизмички или еруптивно променливи ѕвезди. Амплитудата на промената на сјајот и интервалите на повторувањето растат од првите кон последните. Не влегувајќи во природата на промената, ќе се задржиме само на некои суштински особини, на секоја од овие групи. Констатацијата дека променливите ѕвезди, со исклучок на оние чии промени се најмали по амплитуда, не се на главната низа на Х - Р дијаграмот, би можела да послужи и како нивна втора дефиниција. Тоа значи дека овие ѕвезди чинат само мал дел од вкупната популација. Тоа е утврдено - ги има до 1%.

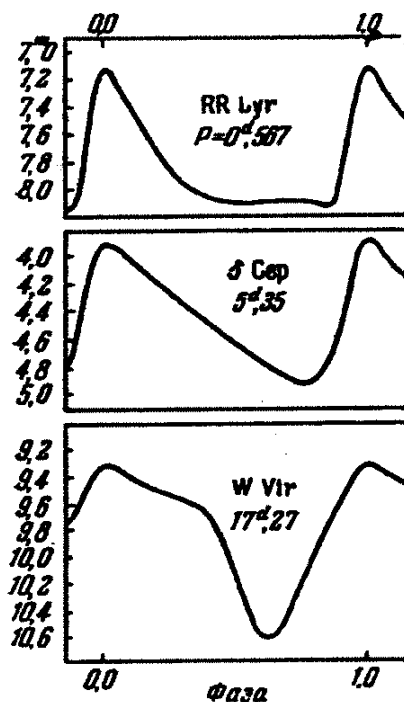
Пулсирачките променливи ѕвезди имаат правилни периоди на промена на сјајот. Меѓу нив се разликуваат неколку групи со различни средни периоди (\bar{P}), амплитуда (\bar{A}), форма на крива на сјајот,

спектрална класа (Sp) и апсолутна ѕвездена големина (\bar{M}). Основните податоци за некои од нив се наведени во табела 1.

Неколку типични форми на кривата на сјајот се наведени на слика 7. 10. Од табелата може да се види дека краткопериодичните пулсирачки ѕвезди припаѓаат на топлите ѕвезди, а како што расте периодата, амплитудата на промената на сјајот е се поголема, додека фотосферската температура е се пониска. Всуш-

ТИП	\bar{P}	\bar{A}	Sp	\bar{M}
β C Ma	4 ^h	0 ^m ,1	B	-3
цукести	3	1	A, F	+2
RR Lyr	12	1	A	+0,5
δ Cep	7 ^d	1-2	F, G	-3
W Vir	15	1	F, G	-2
RV Tau	75	2	G, K	-2
долгопериодични	175	5	M	-1
σ Cet	350	6	M, N, R, S	0

Табела 1

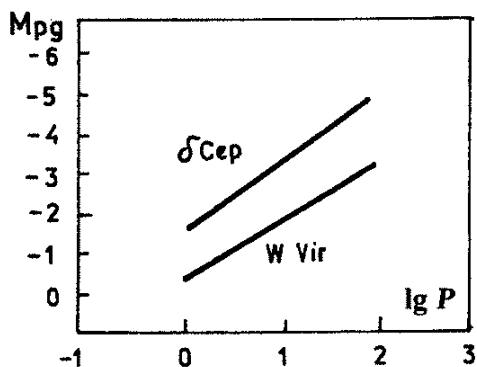


Слика 7.10

ност, многу покоректно е да се каже обратно - периодот на пулсирање и амплитудата раснат онака како што температурата на ѕвездата се намалува. Ова е важна констатација кога се интересираме за еволуцијата на ѕвездите.

Според карактеристичната ѕвезда δ -Cephei, што е откриена прва, често и целата група на вака променливи ѕвезди се нарекува **цефеиди**, а подгрупите, дадени по редослед: β -цефеиди, цуести цефеиди, лириди, виргиниди, δ -цефеиди, тауриди, долгопериодични и мириди (о Сети се нарекува Мира).

Бидејќи овие ѕвезди не се наоѓаат во главната низа на Х - Р дијаграмот, а



Слика 7.11

тоа важи и за ѕвездите од збиените јата, начинот на определувањето на растојанието на таквите ѕвезди, односно ѕвездени јата е прилично едноставен. Статистички е утврдено дека сите мириди имаат иста апсолутна ѕвездена големина: $M=0,5$, а за δ -цефеидите и виргинидите дека постои врска помеѓу средната апсолутна големина \bar{M} и периодата $P(d)$ (сл. 7.11):

$$\bar{M} = a + b \log P.$$

Ако \bar{M} е средна вредност на апсолутна фотографска ѕвездена големина (за средната вредност на привидната големина, од минималната и максималната вредност), тогаш константите a, b ја имаат следната вредност:

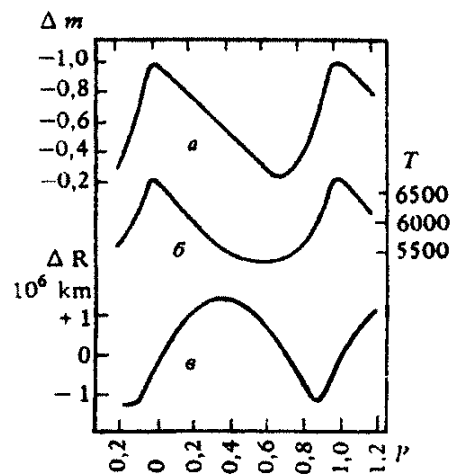
РЕДЕН БРОЈ	ТИП НА СВЕЗДА	a	b
1	δ Cep	-1,73	-2,12
2	W Vir	-0,2	-1,50

Бидејќи постои еднозначна врска помеѓу апсолутната ѕвездена големина и растојанието на ѕвездата, тогаш:

$$M = m + 5 - 5 \log r \text{ (pc) ;}$$

од овие две равенки не е тешко да се пресмета нивното растојание.

За ѕвездите од збиените јата (или тн. сферни компоненти на Галактиката) важат константите под реден број 2, за ѕвездите од расаните јата (или од рамнината на Галактичкиот екватор) важат константите под број 1.



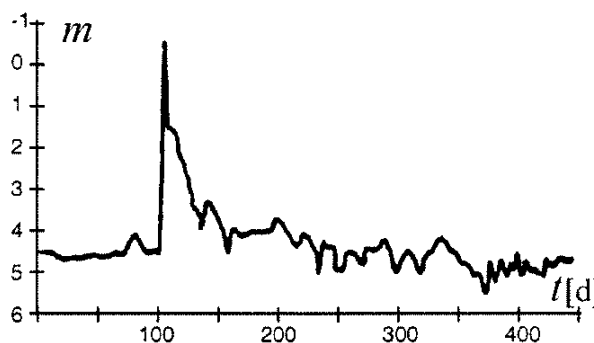
Слика 7.12

Да кажеме и тоа дека во правилен ритам не се менува само сјајот на овие ѕвезди, туку дека пулсираат и вредностите на нивните радијални брзини, радиусот и ефективната температура на фотосферата. Иако со ист период, овие пулсирања не се одвиваат и во иста фаза (сл. 7.12).

Постојат и други ѕвезди, исто така физички променливи, но со **еруптивна природа**, често пати со огромна амплиту-

да на промена на сјајот. Овие ѕвезди можат да се поделат во повеќе групи (видови): Неправилни со различни спектрални класи: од Орионов вид („FU Ori“), од видот U Gem, Z Cam, R CVo. UV Cet, нови и супернови. Свездите од видот U Gem имаат ерупции што траат десетина денови, после кои следува неколку пати подолг период на постојан сјај. Амплитудата е неколку ѕвездени големини.

Неправилно променливите ѕвезди имаат амплитуда до 2^m , апсолутна големина $+1^m$ до -4^m и ниски температури. Свездите од видот R CVo (R Северна Круна) имаат големи и неправилни промени на сјајот, а воедно и на спектралната класа. Свездите од видот UV Cet го зголемуваат својот сјај и по неколку ѕвездени големини, за период пократок од една минута, а потоа нивниот сјај постепено опаѓа. Овие ѕвезди припаѓаат на расеаните јата и на ѕвездените асоцијации. Тоа се млади ѕвезди.



Слика 7.13

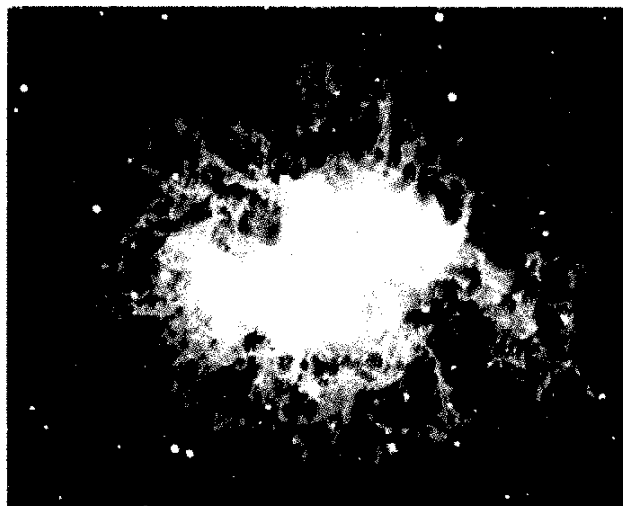
Новите ѕвезди ги карактеризира брза промена на сјајот од 8^m до 15^m (просечно 13^m или 160 000 пати поголем сјај) за само неколку денови, а потоа споро варирање и опаѓање на сјајот (сл. 7. 13). Во максимумот, апсолутниот сјај е во просек околу -7^m . При ова, ѕвездата минува низ различни „рани“ спектрални класи. Некои нови се повторуваат. Утвр-

дено е дека поголемиот број периодични нови потекнуваат од блиските двојни ѕвезди. За последните седумдесет години се откриени околу 150 нови ѕвезди во нашата Галактика.

Суперновите ѕвезди во галактиките (а тоа значи меѓу милијарди ѕвезди), се појавуваат во просек еднаш на 20 до 400 години, што зависи од видот на галактиката. Амплитудата на промената на сјајот на една таква ѕвезда е до 19^m (или зголемен за десетици милиони пати). Постојат два вида на вакви ѕвезди. **Супернова од I вид** обично достигнува максимален сјај од $M=-20^m$ за период од една недела, после што за 20 до 30 денови опаѓа до $0,1^m$ дневно, потоа се успорува на $0,014^m$ дневно, се додека не се нормализира. **Суперновите од II вид** во својот максимум имаат помал сјај, околу -17^m , после што нивниот сјај многу брзо опаѓа.

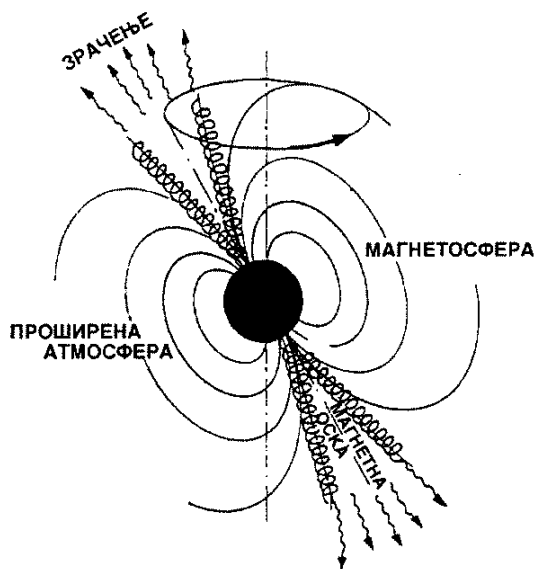
За сето време на ерупциите, испуштената енергија надминува 10^{42} J. До експлозија доаѓа во слоевите од ѕвездата што се поблиску до површината. Заради тоа доаѓа и до отфрлање на гасовитиот облак, со многу голема брзина.

Во нашата Галактика, во 1572 и 1604 година, блеснале две супернови ѕвезди, познати како Брахеова и Кеплерова



Слика 7.14

нова. Од суперновата во 1054 година, забележана во кинеските хронологи, потекнува тн. Рак маглина, во соѕвездието Бик (сл. 7.14). Утврдено е дека прстенестата дифузна маглина, во соѕвездието Касиопа, што претставува еден од најјаките познати радио-извори, исто така претставува остаток од супернова ѕвезда што блеснала 369 год. (што е забележано во хронологиите од тоа време).



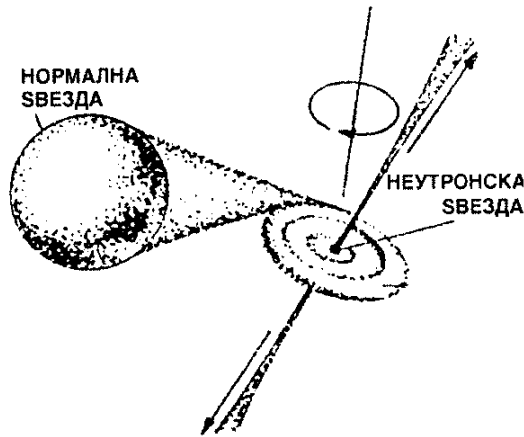
Слика 7.15

Во 1987 година се појавила супернова видлива со голо око, што овозможило со модерни средства да се анализира оваа појава.

Радио астрономите, во остатоците од две супернови, во 1967 година, пронајдоа силни извори на радио-зрачење, што зрачат во кратки временски интервали, слично како светилник. Овие тела го добиле името **пулсари**. Пулсарот што се наоѓа во Рак маглината има периоди на зрачење од само 0,033 s. Зрачењето на пулсарот не е од топлинска природа, туку потекнува од забрзано движење на наелектризирани честички во магнетното поле. Набљудувачките факти покажуваат дека пулсирањата потекнуваат од брзата ротација на ѕвездата, чиј пречник

изнесува само десетина километри, а чија магнетна оска не се поклопува со оската на ротација (сл. 7.15). Материјата на овие ѕвезди е скоро еднакво густа како и густината на атомските јадра $10^{15} - 10^{17} \text{ kg/m}^3$ и е составена од неутрони. Токму затоа овие тела се нарекуваат **неутронски ѕвезди**. Таквите ѕвезди се создаваат кога, при експлозија на супернова, што се одигрува во површинските слоеви, внатрешниот дел со имплозија и со помош на гравитационите сили ќе се претвори во тело во кое атомите се разорени, додека протоните и електроните се стопени во неутрони. Ѕвездата за време на собирањето го задржува магнетното поле, но го собира на многу помал простор, заради што и интензитетот му се зголемува. Оттаму доаѓа и третото име на овие објекти - **магнетни ѕвезди**. Тоа ја објаснува и причината за насочено зрачење, што е можно, во полна мера, само долж оската што минува низ магнетните полови. Зрачењето може да го примиме само кога, заради ротацијата, еден од магнетните полови ќе се најде насочен кон нас. Електроните се движат кон половите, долж линиите на силата на магнетното поле, ротирајќи околу нив и забрзувајќи го своето движење до релативистички брзини во областа на половите, каде што во силно магнетно поле зрачи насочено синхротронско зрачење.

Кај блиските двојни ѕвезди, најчесто, само едната ѕвезда е „нормална“, додека втората е цин или пулсар. Бидејќи најчесто, масите на ѕвездите не се еднакви, материјата понекогаш од едната ѕвезда истекува кон другата. Прераспределбата на материјата може да биде и со огромни размери, посебно ако едната ѕвезда е пулсар или црна јама. Во тој случај, материјата што истекува не паѓа директно



Слика 7.16

но на ѕвездата туку се движи кон неа во спирала, формирајќи околу неа облак во форма на диск, односно **акреционен диск**. Кај астрономите голем интерес предизвика системот SS 433, откриен во 1979 год. (сл. 7.16). Во овој случај, кога наелектризираните честички, од акрециониот диск, ќе дојдат до неутронска ѕвезда, стануваат заробени од нејзиното магнетно поле и така забрзани истекуваат како јонизи-

ран гас, долж магнетната оска, со брзина од околу 40000 km/s. Тогаш интензивно загреаниот гас зрачи интензивни спектрални линии, но и радиозрачење кога исфрла гас долж магнетната оска. Во тој систем, оддалечен од нас околу 10000 светлосни години, во ѕвездното Орел, втората ѕвезда е нормална.

А. Хјуиш (Antony Hewish, 1924 год.) за откривање на пулсар доби Нобелова награда за физика. Во 1992 год. врз основа на промената на периодот на пулсирањето, слични на периодичниот Доплеров ефект, кај пулсарот PSR 1257+12 се откриени две планети.

Нобеловата награда за физика, во 1993 год. му е доделена на **Расел Халс** (Russel A. Hulse) и на **Џозеф Тејлор** (Joseph H. Taylor) за откритие на двоен пулсар PSR 1913+16, кој претставува вистинска лабораторија за истражување на релативистичките ефекти.

7.8. МЕЃУСВЕЗДЕНА МАТЕРИЈА

Меѓусвездениот простор не е празен. Освен гравитационо и магнетно поле, во него се наоѓа и меѓусвездена материја што се состои од честички, прашина и гас. Густината е многу различна, но во просек изнесува 10^{-24} kg/m³. На Земјата ваква ретка материја сè уште не е добиена, но и покрај ова, заради огромните димензии на просторот меѓусвездената материја чини една десетина од масата на Галактиката.

Меѓусвездената прашина е составена од честички со пречник од околу 10^{-5} m и маса од околу 10^{-16} kg. На нив се врши апсорпција, расејување и поларизација на ѕвездената светлина. Овие ефекти претставуваат извор на податоци за ме-

ѓусвездената материја. Меѓусвездената прашина е нерамномерно распоредена, а најмногу ја има во рамнината на Млечниот пат.

Меѓусвездениот гас пред сè се состои од водород, но и од други молекули на, пр. NH₃, H₂CO, CH₃OH, H₂O, и тн. Водородот, во форма на неутрален водород, е откриен во Вселената, дури во 1951 год. бидејќи тој зрачи енергија многу помала отколку во јонизирана состојба.

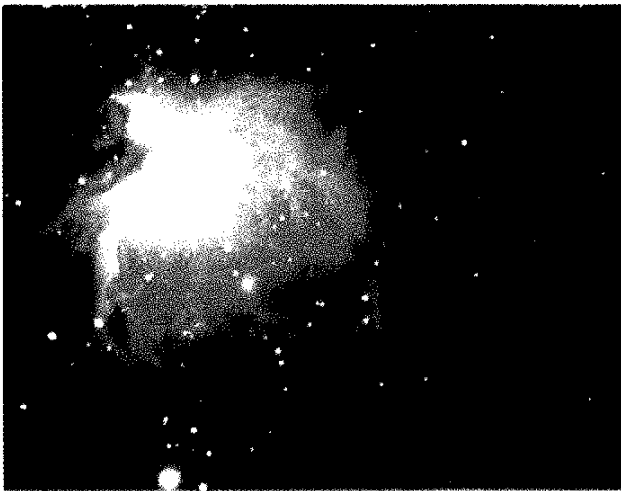
Најниското енергетско ниво на водородот $1^2 S_{1/2}$ се состои од два поднивоа, чија енергетска разлика изнесува $5,86 \cdot 10^{-6}$ eV, а потекнува само од разликата на ориентацијата на спиновите на протонот и електронот. Премините по-

меѓу овие две поднивоа одговара на фреквенција од 1420.4 MHz (или 21.1 cm). Иако веројатноста за премин на електронот од антипаралелна во паралелна ориентација на спинот во однос на спинот на протонот е еднаш во 11 милиони години, заради големиот број атоми во меѓусвездените области од неутрален водород, сепак зрачи голем број од нив. Развојот на радио-астрономијата овозможи регистрирање и на други слаби линии, како што е онаа на 1.46 cm, што се добива при премин од ниво $n = 91$ на ниво $n = 90$, во водородниот атом.

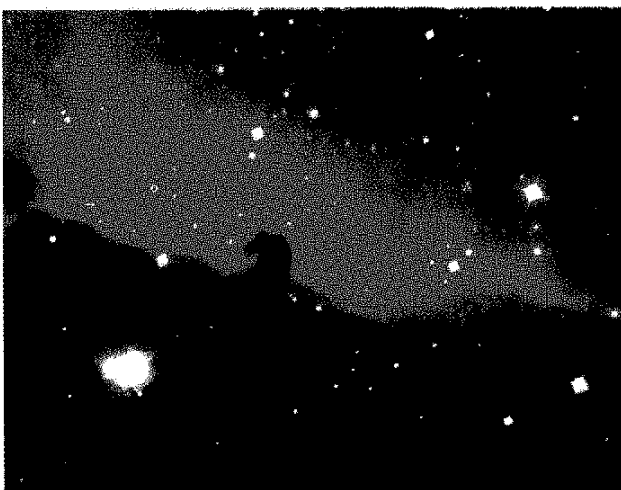
Космичкото зрачење го чинат релативистички честички. Кинетичката енергија на протонот и јадрото на хелиу-

мот достигнуваат 10^{11} GeV. Сепак просечната енергија е прилично помала и изнесува од 10 до 1000 GeV. Експлозиите на суперновите се главен извор на овие честички. Релативистичките електрони најчесто имаат брзина 0.4 c .

Средната кинетичка температура на честичките на меѓусвездениот гас е од 10 до 100 K, а густината на енергијата околу 10^{-13} J/m³. Меѓусвездениот гас и прашина се најгусти околу Галактичката екваторијална рамнина и во областите што ги нарекуваме **маглини**. Облаците од меѓусвездена материја можат да формираат планетарни и дифузни маглини. **Дифузните маглини** се делат на светли и темни. **Светлите маглини** се наоѓаат во близина на топлите ѕвезди, па затоа тие се јонизирани. Тие светат или заради јонизацијата или заради расејување на светлината што доаѓа од ѕвездата на честички од прашина. Големата Орионова маглина (сл. 7.17) е една од ваквите маглини. Таа обвиткува група ѕвезди од класата O. Нејзината густина не е хомогена, а во просек е поголема за илјада пати од меѓусвездената материја. **Темните маглини** главно се состојат од прашина, па своето присуство го покажуваат со апсорп-



Слика 7.17



Слика 7.18



Слика 7.19

ција. Тие изгледаат како области без ѕвезди (сл. 7.18).

Планетарните маглини имаат форма на елиптични плочки или прстени со ѕвезда во средината (сл. 7.19). Името го добиле според сличноста со изгледот на планетите, што го имаат кога се гледаат преку мали телескопи. Топлината на гасот во маглината може да достигне и над 10 000 К. Подрачјето што го зазема јонизируваниот гас во маглината може да достигне и до 10 pc, а самото подрачје е јасно ограничено од околниот неутрален гас. За планетарните и дифузните маглини е карактеристично присуството на тн.

забранети линии во нивниот спектар, како што се линиите на два пати јонизируваниот кислород: 500,7 nm и 495,9 nm. Се додека не се знаело за нивното потекло, овие линии биле припишувани на непознатиот елемент „небулиум“ (лат. nebula – маглина).

Облаците помеѓу набљудувачот и ѕвездата, заради големата апсорпција и расејување на сината светлина, го поместуваат спектарот на ѕвездата кон црвено, со намалување на сјајноста. Ако ова не се земе во предвид, од Виновиот закон, би се добила погрешна температура на ѕвездата.

7.9. ИЗВОРИ НА СВЕЗДЕНАТА ЕНЕРГИЈА

Изворите како што се согорување, хемиски реакции и фисија не можат да обезбедат потребно количество енергија за опстанок на ѕвездите. Количество-то енергија што е неопходна за одржување на зрачењето во долг временски интервал може да произведат само два механизма:

- Гравитационо собирање и
- Термонуклеарни реакции.

Гравитационото собирање и дава енергија на ѕвездената материја за сметка на промената на потенцијалната енергија, те. смалување на гравитациониот радиус. Овој механизам е значаен во почетната фаза од формирањето на ѕвездата, се додека не се воспостави рамнотежа на гравитационата сила со хидростатичкиот притисок, притисокот на зрачењето и тн. Тогаш, ако се оствари доволно висок притисок и температура, почнува термонуклеарна реакција.

Термонуклеарните реакции настапуваат ако се исполнети условите за високи температури ($T \approx 10^7$ К) и густина ($\approx 10^5$ kg/m³). Според Ајнштајновата релација за дефект на масата ($\Delta E = c^2 \Delta m$) во синтезата на лесните јадра се ослободува енергија. Заради изобилство на водород во ѕвездите треба да се очекува процес на фузија на водородните јадра во хелиум. До синтеза може да дојде на повеќе различни начини - процеси.

Ако ѕвездата во своето јадро се уште нема тешки атоми, тогаш се одвива протон-протонски циклус, што заедно со пратечките процеси $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$ дава вкупно 26,10 MeV, што е околу 0,7% од вкупната маса на водородниот атом. Кога има доволно тешки елементи, како што се јагленородот, азотот и кислородот, тогаш се одвива еден циклус што го предвидел **Бете** (Hans Albrecht Bethe, 1906 год.), во 1939 година. Во овој процес јагленородот се појавува како посредник што не се троши.

Од околу 550 милиони тони водород, колку што во Сончевото јадро се претвора во хелиум за само 1 секунда, околу пет милиони тони се претвора во чиста енергија, при температура од најмалку 16 милиони степени. Со таква по-

трошувачка на енергија, звезда со големина на нашето Сонце би требало да зрачи околу десет милијарди години. Нашето Сонце поминало приближно половина од ова време.

7.10. ЕВОЛУЦИЈА НА СВЕЗДИТЕ

Дијаграмот спектар-сјај сега ни се чини како нешто сосема едноставно, а оваа врска како да сугерира на размислување за развојот, за еволуцијата на ѕвездите. Тој всушност претставува само една моментална слика на Вселената, слична на еден поглед, на улица што е преполна со луѓе со најразлична старост, застапени во нееднаков број. Од таа слика, со извесен напор, сепак може да се реконструира развојниот пат на типична единка. Астрономите **Чандрасекар** (Subrahmanyan Chandrasekhar, 1910-1995 год.) и **Фаулер** (William A. Fowler, 1911-1995 год.) успеале во ова, а за својот труд се наградени со Нобелова награда за физика, во 1983 год. Во основа на ова прашање лежат и резултатите на **Л. Ландау** (1909 - 1968 год.), **Опенхајмер** (Robert Openheimer 1904 - 1967 год.) и на многу други истражувачи.

Се мисли дека ѕвездите се создаваат со помош на гравитационо собирање на облаците во меѓуѕвездената материја, што започнува со нарушување на рамномерната густина, а завршува со формирање на **протосвезда**. Нивната густина на почетокот е сосема мала, а температурата ниска. Со понатамошно збивање овие параметри се зголемуваат. Протосвездата почнува да зрачи во инфрацрвениот дел од спектарот. Дури кога ќе се постигне густина од 10^5 kg/m^3 и тем-

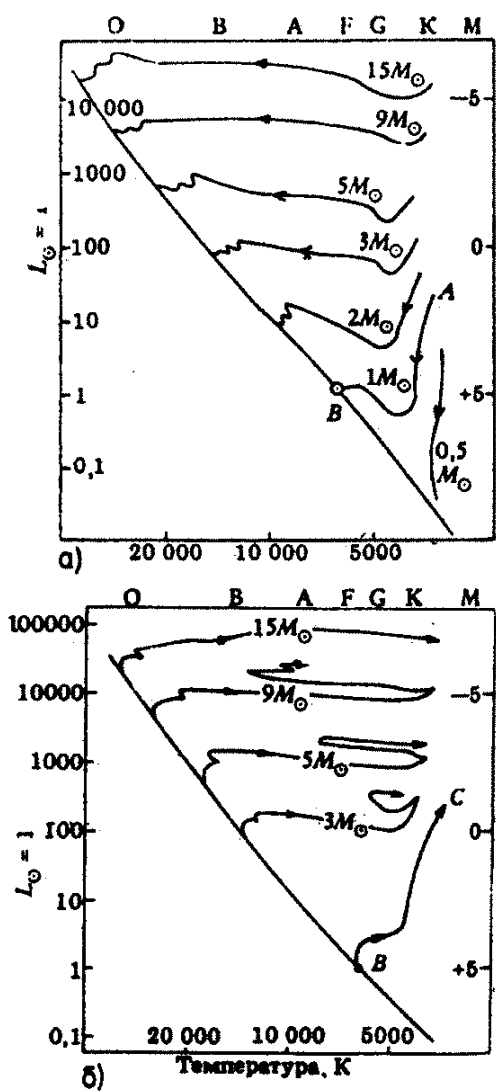
пература од 10^7 K започнуваат да се одвиваат термонуклеарни реакции. Тогаш се воспоставува рамнотежа - ѕвездата станува стабилна и го зазема своето место во главната низа на Х - Р дијаграмот. Патот што ѕвездата ќе го мине низ Х - Р дијаграмот (патот на сопствената **еволуција**) пред сè зависи од масата на протосвездата. На слика 7.20а развојниот пат на нашето Сонце е означен со АВ.

Ѕвездите својот најголем дел од животот го минуваат во главната низа на дијаграмот (затоа и најголемиот број на ѕвезди се сконцентрирани во тој дел од дијаграмот). Времетраење на престојот на ѕвездата во главната низа зависи од масата на ѕвездата (M_*) и изнесува приближно:

$$t_{gn} = 10^{10} \left(\frac{M_{\odot}}{M_*} \right)^3$$

години, при што M_{\odot} е маса на Сонцето. Кога ќе се потроши поголемиот дел од водородот, во животот на ѕвездата се случуваат бурни промени, што обично започнува со трошење на хелиумот и површинско трошење на водородот. За она време за кое се синтетизираат тешките елементи, ѕвездата се поместува во горниот десен дел на Х - Р дијаграмот. Ѕвездата станува црвен џин. Патот на нашето Сонце е обележен на слика 7.20б со ВС.

Завршната етапа од постоењето на ѕвездата може да се одвива на три на-



Слика 7.20

чина. Кој од овие три начини ќе биде застапен во ѕвездата единствено зависи од масата на ѕвездата во критичниот момент (открытие на С. Чандрасекар). Критични вредности за масата се $1,4M_{\odot}$ и $3M_{\odot}$.

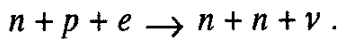
Кај ѕвездите со мала маса ($M < 1,4M_{\odot}$) кога ќе престане трошењето на водородот, повторно почнува гравитационо собирање, кое притисоците во нив не можат да го спречат. Ѕвездата колапсира. Првата таква ѕвезда, што е најдена, е 40 Eri B, ѕвезда што се наоѓа во долниот лев агол на X - P дијаграмот. Станува збор за бело џуце со средна густина од 10^8 kg/m^3 и со маса, малку помала од масата на Сонцето. Во вака густите ѕвезди Пау-

лиевит принцип делува во потполност, а состојбата во која се пополнети сите енергиски нивоа на електронот, до Фермиевит, се нарекува **дегенериран електронски гас**.

И покрај големата внатрешна енергија, заради непостоење на празни енергетски нивоа, ѕвездата зрачи сосема малку. Чандрасекар и Ландау пронаоѓаат дека ѕвездата може да остане стабилна иако не зрачи, затоа што зголемувањето на притисокот, на големи густини го запира натамошниот колапс, се додека масата на ѕвездата е помала од критичните $1,4 M_{\odot}$. Непосредно пред почетокот на колапсот, овие ѕвезди минуваат низ фаза на планетарна маглина, во која отфрлаат дел од својата обвивка.

Ѕвездите со средна маса ($1,4 M_{\odot} < M < 3M_{\odot}$), по престанокот на трошењето на водородот почнуваат да се збиваат, се додека во јадрото не почне нова термонуклеарна реакција врз основа на трошење на хелиумот (на 10^8 K). Ѕвездата станува црвен џин со компактно јадро и разредена обвивка. По смалувањето на количеството на хелиумот, под определено ниво, повторно започнува колапс што привремено се запира со започнување на нови термонуклеарни реакции со потешки елементи. Секоја следна фаза трае се пократко и пократко заради сè поголема температура и густина. Во завршната фаза доаѓа до експлозија на нова, бидејќи притисокот на зрачењето повеќе не ја доведува во рамнотежа со гравитационата сила. Почнува колапс при што се создава повратен ударен бран што предизвикува експлозивно согорување на преостанатиот водород што се наоѓа во површинските слоеви, а сето ова ние го гледаме како нова или супернова. При тоа ѕвездата колапсира се додека не достигне гус-

тина од околу 10^{18} kg/m^3 . При таа густина електроните и протоните се претвораат во неутрони, во процес од видот:

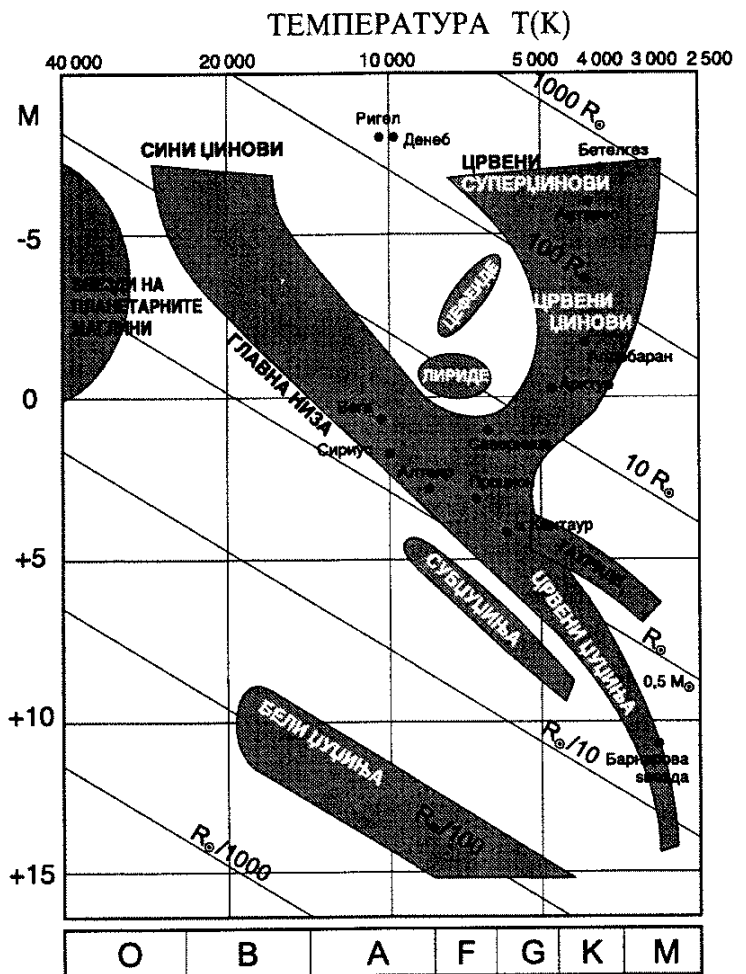


Се формира дегенериран неутронски гас, кој исто така при критична маса на ѕвездата, поголема од $1,4 M_{\odot}$, го спречува понатамошниот колапс. Неутронските ѕвезди зрачат повеќе ако пред колапсот имале магнетно поле, кое што со колапсот станува поинтензивно. Овие ѕвезди се помали од белите џуџиња што се со димензии на планети. Радиусите на неутронските ѕвезди изнесуваат само десетина километри.

Ѕвездите со најголема маса ($M > 3M_{\odot}$): еден дел од нив минуваат пат што е сличен на ѕвездите со средна маса. Завршеното термонуклеарно синтетизирање на водородот во хелиум, сега во слоевите што се поблиску до површината на ѕвездата, заради повратниот ударен бран, предизвикан од гравитационен колапс, е пропратен со експлозија на супернова. Тогаш, меѓуѕвездената средина се обогатува и со тешки елементи, што со реден број доаѓаат по железото - кои без супернови би останале заробени во изгасените ѕвезди. Вака создадените масивни атоми можат да бидат градба за ѕвезди од втора генерација (ѕвезди на кои им припаѓа и нашето Сонце).

Ѕвездата трпи колапс што не може да се сопре во фаза на дегенериран неутронски гас. Таа станува **црна јама**, при што нејзиниот радиус изнесува само:

$$R_s = 2\gamma \frac{M}{c^2},$$



Слика 7.21 Посложена форма на X - P дијаграмот, со податоци за типичната маса и радиусот на ѕвездата (коси линии), изразени во маса (M_{\odot}) и полупречници (R_{\odot}) на Сонцето.

каде што γ е гравитациона константа, а c е брзина на светлината. Овој радиус се нарекува Шварцшилдов радиус (Karl Schwarzschild, 1873 - 1916 год.). (Интересно е што го предвидел уште П. Лаплас во 1798 година. Сепак, тој работел врз основа на Њутновата теорија добил двојно помала вредност.) Дел од просторот при ваков радиус не дава никакви информации за себе, бидејќи ниту зрачењето не може да го напушти и да излезе од него. При тоа, ваквата ѕвезда во внатрешноста на сферата со радиус $1,5 R_s$ ја впира и сета материја. Силното гравитационо поле сосема ја менува структурата и на просторот и на времето.

Кога би можела Земјата да стане црна јама, тогаш нејзината густина би била огромна $2 \cdot 10^{30} \text{ kg/m}^3$, а радиусот ед-вај 0,9 cm. Сонцето, кое исто така само од себеси не може да стане црна јама, со радиус од 3 km би имало густина од $2 \cdot 10^{19} \text{ kg/m}^3$. Од ова би можело да се изведе погрешен заклучок дека огромната густина е битна карактеристика за ваквите објекти. Ако нашата Галактика би станала црна јама, би имала радиус од 6 000 AU и густина од само $2 \cdot 10^{-9} \text{ kg/m}^3$. Целата позната Вселена (Метагалаксија) би се собрала во радиус од 10^9 светлосни години, со средна густина од $2 \cdot 10^{-25} \text{ kg/m}^3$. Една од основните особини на црната јама е неминливоста на информациите од нејзина-

та внатрешност, односно од еден свет во друг, па затоа може да се каже дека претставува еден вид мембрана што бавно ги пропушта информациите и тоа само во една насока - кон црната јама.

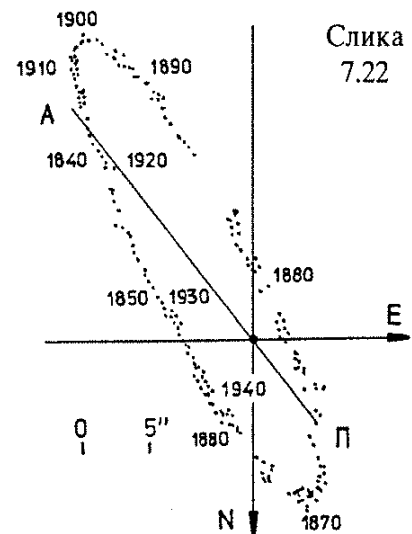
На небесната сфера се пронајдени повеќе објекти што би можеле да бидат кандидати за црна јама. Тие имаат многу поголема маса од критичната и интензивно зрачат X и други зрачења, од акрециониот диск што ги опкружува. Тоа значи дека црната јама не може да се види, но материјата што ја опкружува го сугерира нејзиното присуство паѓајќи на нејзиниот хоризонт на настан (сфера чиј полупречник е R_s).

ПРАШАЊА

1. Кои физички параметри ја карактеризираат ѕвездата?
2. Дефинирајте го X - P дијаграмот. Објаснете зошто белите џуџиња се долу лево, а црвените џиновци горе десно. Која е физичката смисла на главната низа?
3. Како се определува брзината на ѕвездите? Зошто соѕвеноното движење на ѕвездите е наречено „годишно“?
4. Колкава е брзината на Сончевоото движење кон андроси и каде тој се наоѓа?
5. Дефинирајте ја поделбата на двојни ѕвезди на: визуелни, затемнувачки и спектроскопски.
6. Зошто посебно се значајни двојните ѕвезди?
7. Како може да се определат, а како да се измерат пречниците на некоја ѕвезда?
8. На кој начин може да се определат температурите на ѕвездите и на кој нивен дел тие се однесуваат?
9. Кои видови на групации на ѕвезди ги познаваме и колкава е бројноста на ѕвездите во нив?
10. Како се распоредени во ѕвездениите јама младите, а како старите ѕвезди?
11. Кои видови на променливост на ѕјајот ги познаваме? Колкави се нивните амплитуди и апсолутни големини?
12. Што може да се определат со набљудување на цефеидите?
13. Од што е соѕавена меѓуѕвездната материја? Колкава е нејзината густина и температура?
14. Кои се механизмите за создавање на енергијата во ѕвездите?
15. Кој параметар влијае одлучувачки врз еволуцијата на ѕвездите?
16. Кој е резултатот од колајсот кај ѕвездите со: мала, средна и голема маса?
17. Зошто претставува колајсот кај џуџињата и џулсариите?
18. На кој начин темските хемиски елементи стигнуваат во космичкиот простор?

ЗАДАЧИ

- 7.1. Со помош на небесна карта утврдете во кое созвездие се наоѓа апексот на движењето на Сонцето. Какви промени во обликот на ова созвездие можат да се очекуваат?
- 7.2. Свезденото јато Плеади (Квачка) содржи околу 160 ѕвезди. Имајќи во предвид дека јатото е топчесто, определете ја средната густина на ѕвездите, во еден кубен парсек. Пречникот на јатото е 7 pc.
- 7.3. Растојанието до Сириус се намалува за 8 km секоја секунда. По колку години ќе порасне привидниот сјај за двојна вредност, ако сегашната далечина изнесува 2,70 pc. Воопштете го добиениот резултат во случај сјајот да се промени n пати.
- 7.4. Некоја ѕвезда се наоѓа на растојание $r=15,7$ ly и се движи кон Сонцето само со радијална брзина од $v=26$ km/s. Пресметајте за кое време нејзината привидна големина ќе се промени за 0,5.
- 7.5. Бернаровата (Bernard) ѕвезда има паралакса од $0,546''$, годишно сопствено движење од $10,25''$ и радијална брзина од -22 km/s. Колкава е тангенцијалната брзина, а колкава вкупната просторна брзина на оваа ѕвезда?
- 7.6. Привидната ѕвездена големина на Вега е $0^m,14$, а на ѕвездата β Водолија $3^m,07$. Ако нивните паралакси изнесуваат $0'',123$ и $0'',003$, пронајдете го односот на осветленоста и луминозносста на овие две ѕвезди.
- 7.7. Користејќи го X - P дијаграмот, на слика 7. 21, одговорете на следните прашања:
 а) Дали постои ѕвезда со спектрална класа A, со апсолутна ѕвездена големина од $+4^m$;
 б) Дали може ѕвезда со спектрална класа B да има поголем сјај од сјајот на Сонцето за 10 000 пати;
 в) Дали постојат ѕвезди што имаат 100 пати помал сјај од Сончевиот, а при тоа да имаат температура од 30 000 K;
 г) Која ѕвезда има поголем радиус: ѕвезда од класата G8III или од класата G7V?
- 7.8. Определете го растојанието до Алдебаран ако неговата спектрална класа е K5III, а привидната ѕвездена големина $+0^m,85$.
- 7.9. Определете го растојанието на Антарес (α Sco) и односот на неговиот сјај во споредба со Сонцето, ако неговата спектрална класа е M1b, а температурата 2900 K.
- 7.10. Користејќи ја кривата период-сјај (сл. 7.11) определете го растојанието до променливата ѕвезда ϵ Gem, која припаѓа на видот W Virginis со средна привидна ѕвездена големина од $+4^m,8$ и период од 10^d .
- 7.11. Колку е далеку спиралната галактика во созвездието Триаголник, во кое е набљудувана цефеида од сферна компонента, со привидна големина од $+19^m,6$ и период на промена на сјајот од 13^d ?
- 7.12. Колкава би била оддалеченоста на галактиката, од претходната задача, ако цефеидата би била од тн. втор вид?
- 7.13. Пресметајте ја масата на двојната ѕвезда α Cep (сл. 7. 22) чија паралакса е $0'',76$, периода 79^s , а големата полуоска, гледано од Земјата, $17'',6$.
- 7.14. Компонентите на двојната ѕвезда имаат максимално зрачење на бранова должина од 289,8 nm и 578,6 nm. Колкава е разликата на нивните температури?
- 7.15. Со снимање на спектар со мала дисперзија е утврдено дека максималното зрачење на ѕвездите се движи во областа на бранови должини од: 415 nm, 555 nm, 590 nm и 650 nm. Колкава е температурата на атмосферата кај овие ѕвезди?
- 7.16. Колку пати е поголем пречникот, во споредба со Сонцето, на ѕвезда со еднаква боја, а сто пати поголема луминозност?



8. ГАЛАКТИКИ

8.1. МЛЕЧЕН ПАТ. СТРУКТУРА И РОТАЦИЈА НА ГАЛАКТИКИТЕ

Млечен Пат е белузлавиот појас на небото, чија централна линија со небесниот екватор затвора агол од $62^\circ,6$. Може да се види, во зависност од периодот на ноќта и датумот, на сите места помеѓу хоризонтот и зенитот. Уште Галилеј, во 1610 година, забележал дека Млечниот Пат е составен од ѕвезди. Подоцна ова го докажал **Вилијам Хершел** (William Herschel, 1738-1822 год.). Со помош на многу поголем телескоп, Хершел ја утврдил нерамномерната застапеност на ѕвездите во Млечниот Пат и нивното групирање околу централната рамнина. Подоцна почнуваат да се изработуваат и каталози на магловити објекти (**Месје** (Charles Messier, 1730-1817), В. Хершел); се откриваат збиени ѕвездени јата; се прават модели на Млечниот Пат (**И. Кант**, **Ј. Ламберт** (Jochann Heinrich Lambert, 1728-1777 год.)), па дури и на целата Вселена. На крај се покажала и структурата на нашата Галактика.

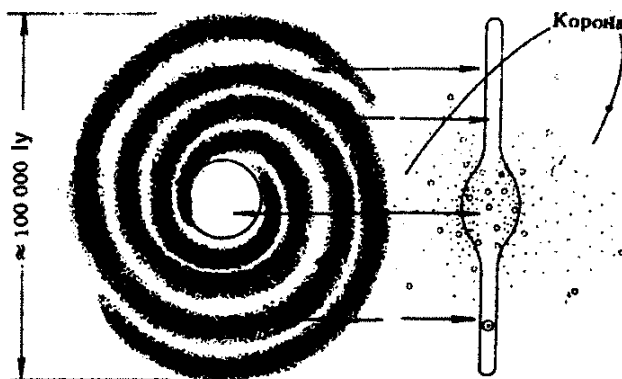
Галактичката рамнина, што лежи во Млечниот Пат, го дели симетрично нашиот ѕвезден систем, така што тој наликува на две прилепени чинии со пречник од околу 30 000 pc, со здебеленост на средниот дел околу 4 000 pc, а на дискот до 800 pc. Нашето Сонце се наоѓа во близина на екваторијалната рамнина, а оддалечено е околу 10 000 pc од центарот на галактиката, што значи дека се наоѓа некаде на нејзината периферија. Ова го докажал **Шепли** (Harlow Shapley, 1885-1972 год.) слично на откритието на Коперник,

во 1543 година, во врска со Земјата и на тој начин ги надминал илузиите дека Сонцето е центар на ѕвездениот систем.

Ако нашата Галактика се пресече долж екваторот ќе покаже спирална структура. Долж спиралите, освен ѕвезди, ѕвездени јата, дифузните и планетарните маглини, се наоѓаат и облаци од неутрален и јонизиран водород. (**Ј. Орт** (Jan Hendrick Oort, 1900-1992 год.) со помош на радио-зрачење, ја потврдува спиралната структура на Галактиката.)

Галактичкиот координатен систем е сферен координатен систем со центар во Земјата (Сонцето). Небесните екваторски координати на северниот небесен пол се $\alpha=12^h49^m$, $\delta=+27^\circ24'$. Галактичката должина (l) се пресметува од правата кон галактичкиот центар ($\alpha=17^h42^m,4^s$, $\delta=-28^\circ55'$), долж Галактичкиот екватор, во директна насока, а Галактичката ширина (b) позитивно кон северниот пол на Галактиката.

Формата на Галактиката укажува на постоење на ротација на целиот сис-



Слика 8.1

тем. Со мерење е добиено дека Сонцето обиколува околу Галактичкиот центар со брзина од околу 220 km/s, што значи дека за една обиколка му се потребни околу 250 милиони години. Ова дава можност да се пресмета и **масата на Галактиката**, врз основа на Третиот Кеплеров закон. Изразено во Сончеви маси, делот од Галактиката каде што патува Сонцето има маса од околу $10^{11} M_{\odot}$. Масата на целата Галактика е приближно двојна. Кога ќе се спореди со други галактики - таа има средна големина, бидејќи постојат и многу повеќе и многу помалку масивни галактики.

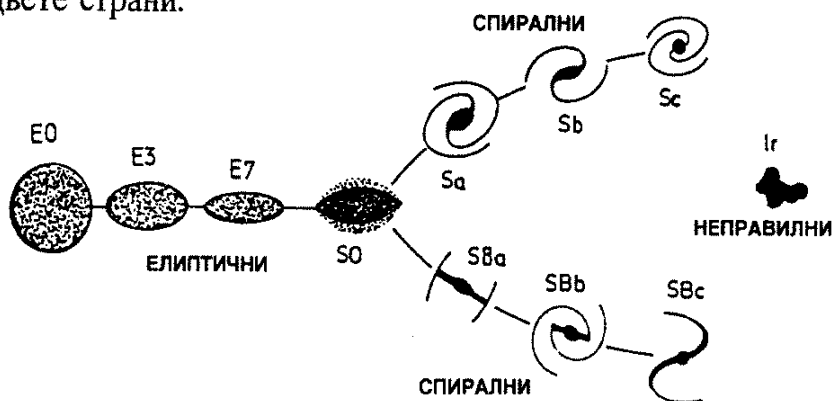
Централната област на Галактиката обилува со ѕвездена и меѓуѕвездена материја, така што апсорпцијата, во видливиот дел на спектарот, во таа насока го намалува сјајот на ѕвездите и до 25^m ! Димензиите на централната област, што може да се види во соѕвездието Стрелец, изнесуваат приближно 27° долж Галактичкиот екватор и 14° нормално на него, што дава, со оглед на положбата на Сонцето, димензии $2,1 \text{ kpc} \times 1,2 \text{ kpc}$.

Во таа област се јавува исклучително силно радио зрачење на извор што се обележува како Sgr A. Тој е составен од пет компоненти, од кои двете најсилни имаат пречник од 10 pc и 40 pc, разделени на околу 25 pc, со две послаби компоненти оддалечени од нив 100 pc и тоа од двете страни. Компонентата со големина од 10 pc има јадро со пречник од 1,5 pc, што содржи околу 30 милиони ѕвезди, додека делот со изразита густина во него - јадренцето - содржи околу три милиони ѕвезди и со околу милион пати поголема пополнетост на просторот со ѕвезди, отколку во

Сончевата околина.

Набљудувањата во IC-спектарот на $1,65 \mu\text{m}$, $2,2 \mu\text{m}$ и $3,4 \mu\text{m}$ од сателит-опсерваторија откриваат ѕвездolik извор во центарот на Галактиката, со аглов пречник од $5'$. Во него се наоѓа силен точкаст извор што се поклопува со радиоизворот Sgr A. Со анализа на зрачењето **Шкловски** (1916-1985 год) ја утврдува неговата синхротронска природа, со вкупна енергија на релативистичките честички од околу 10^{41} J . Самиот извор има радиус од 10^9 km - 10^{11} km . Имајќи го во предвид интензитетот на зрачењето и неговата природа масата се проценува на околу 30 000 Сончеви маси. Се претпоставува дека е тоа црна јама со радиус од 10 000 km. Преостанатиот простор го зазема гасовитиот акреционен диск формиран со паѓање на материјата кон црната јама. Ваквата структура би можела да ги објасни податоците од набљудувањето, иако е прилично тешко да се потврди или побие оваа претпоставка, заради неможноста за директно набљудување на црната јама.

Галактиката има сопствено магнетно поле, иако многу слабо - околу 10^{-9} T или 6 000 пати послабо отколку Земјиното. Заради големите димензии на Галактиката, наелектризираните честички што се движат долж магнетните линии сепак можат да поседуваат огромна енергија.



Слика 8.2

8.2. ВИДОВИ ГАЛАКТИКИ

Вонгалактичката астрономија претставува млада наука, иако првите вонгалактички објекти се откриени многу одамна. Нејзиното цутење почнало со примена на спектроскопијата, развојот на радио-астрономијата и вонатмосферската астрономија.

Според изгледот галактиките можат да се поделат, во вилушкеста класификација (**Е. Хабл** (Edwin Hubble), 1889-1953 год.) (сл 8.2), на: од топчасти галактики (E0), преку елиптични (E1-7) и спирални (S) до неправилни (Ir). Постојат два вида спирални галактики - обични, со различен степен на развој на спиралите (Sa, Sb, Sc) и премостени спирални галактики, исто така со различен развој на спиралите (Sba, Sbb, Sbc).

Елиптичните галактики, според сплоснатоста, се класификуваат од E1 до E7. Овие галактики се без воочлива структура. Типични претставници се придружните галактики на галактиката M31 во созвездието Андромеда (сл. 8.3). Во принцип ова се компактни системи чии маси не надминуваат 10^{10} Сончеви маси, не земајќи ја во предвид меѓусвездената материја. Апсолутниот сјај на овие галактики не изнесува повеќе од $-13^m,7$, а за повеќето од нив дури и под -12^m . Спектралната класа е G3,7 што претставува средна класа на ѕвезди во овие галактики.

Спиралните галактики се најсјајни, со среден сјај од $-16^m,3$ и со спектрални класи:

ТИП	S0+SB0	SA+SBa	SB+SBb	Sc+SCc
КЛАСА	G2,2	G1,4	F9,6	F6,1

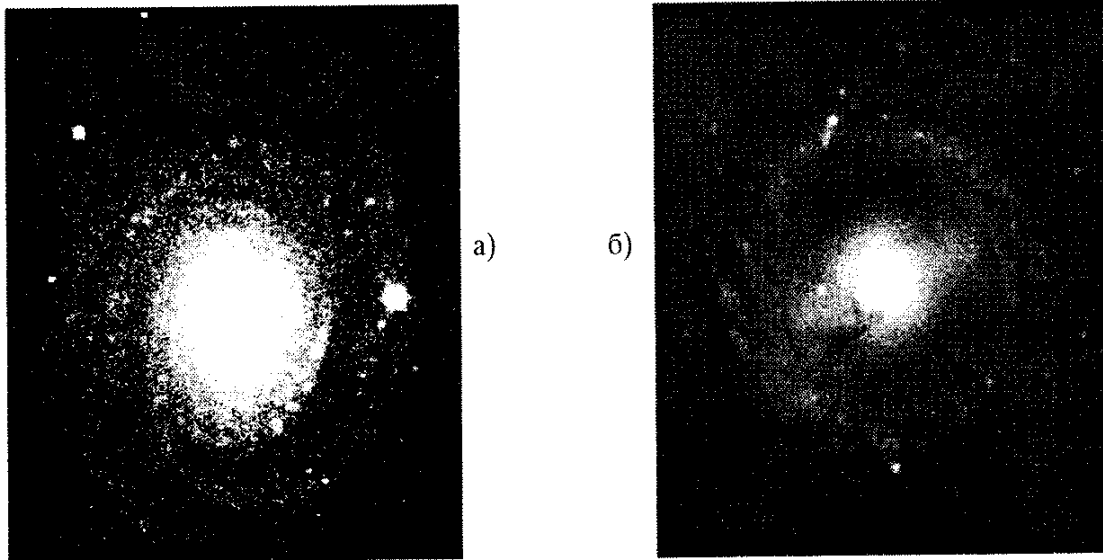


Слика 8.3

Удел во спектрите на овие галактики даваат и сјајните маглини. Спиралните гранки содржат млади - бели и сини ѕвезди, додека во јадрото главно се сместени ѕвезди од постарите класи, типични за сферната компонента на галактиките (тн. вид II).

Галактиките од видот Sc (сл. 8.5a - NGC 4631 или 8.5b - M51) се најголеми, а имаат мало јадро, кое малку влијае на спектарот на целата галактика. Меѓу нив припаѓаат и галактиката M31 во Андромеда и M87 во Девица. Тие се и поголеми од останатите галактики.

Неправилните галактики имаат некарактеристични форми и големини. За нив е карактеристично изобилие од меѓусвездена материја околу младите ѕвезди. Малиот и Големиот Магеланов



Слика 8.4.а,б - NGC 2985, галактика од видот Sb, во Големата Мечка и M95, вид SBb, во Лав.

облак - сателити на нашата Галактика - видливи и со голо око на јужното небо, се карактеристични претставници на овој вид. Оддалечени се 69 крс и 52 крс, а масите им изнесуваат 10^9 и 10^{10} Сончеви маси.

Освен оваа класификација постои поделба и на **нормални** и **активни галактики**. Првите не покажуваат воочлива измена на сјајот, а скоро сета израчена енергија потекнува од ѕвездите. Активните галактики, исто како и променливите

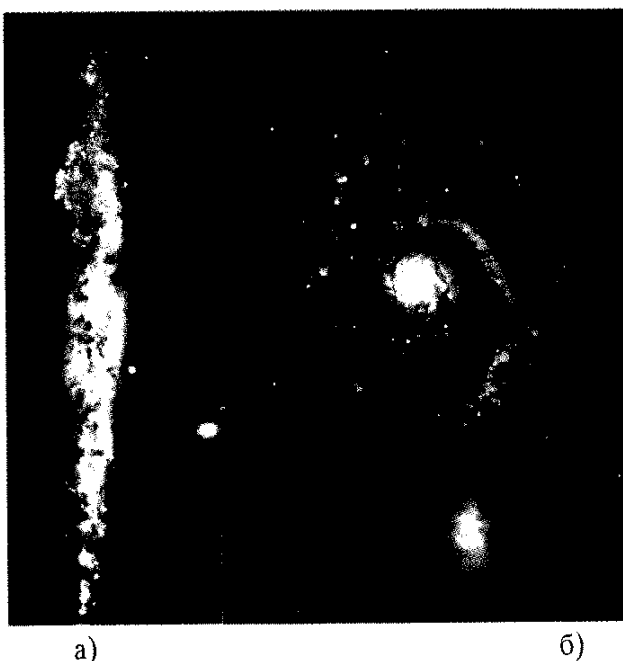
ѕвезди, имаат цела низа специфичности, како што се:

- силно радио-зрачење со нетоплинско потекло,
- интензивни емисиони линии, што укажуваат на бурни процеси во јадрото,
- зголемено зрачење во UV и IC делот од спектарот,
- насочени експлозивни процеси.

Постојат и **галактики во интеракција**, што се наоѓаат на мало растојание и поседуваат силно гравитационо дејство.

Радио-галактиките емитираат многу поинтензивно радио-зрачење, отколку што е зрачењето во другите делови на спектарот.

Радио-зрачењето на нормалните галактики на далечина што е поголема од 10 Мрс неможе да се регистрира. Тоа значи дека далечните радио-галактики, заради истовременото присуство на силни емисиони линии што ги зрачат исклучително возбудените атоми, имаат јадро со висока температура и голема густина, но и сјајни млазеви од гасови, од кои главно и потекнува радио зрачењето. Најснажен радио извор е Cyg A (во соѕвездието Лебед), со флуks од 10^{-11} W/m²



Слика 8.5

и вкупна моќност на зрачење од 10^{37} W. Оптичкото зрачење на овој објект е околу пет пати послабо отколку радио-зрачењето, што дава апсолутен сјај од -21^m . Радио зрачењето потекнува од две симетрични лепези од гасови околу оптичкиот извор (сл. 8.6). Сеп А (соѕвездие Кентаур) во оптичкиот дел зрачи како и Суг А, но во радио-спектарот околу 300 пати помалку.



Слика 8.6

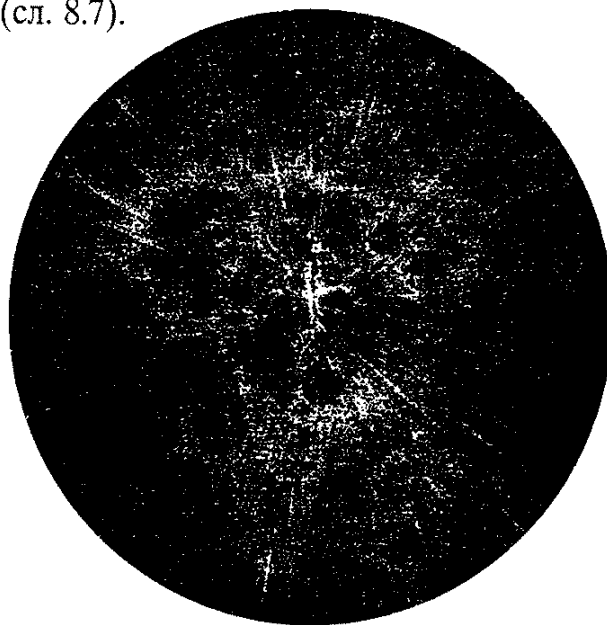
Сејфертовите галактики имаат мало сјајно јадро, многубројни емисионии линии со силна побуденост и големи широчини, што укажуваат на хаотично движење со брзини од $\pm 4\,000$ km/s. Пер А (Персеј) припаѓа на ваквите галактики, а зрачи во радио-опсег со моќност од 10^{33} W. Јадрата имаат, исто така, непрекинат спектар и зголемено ИС зрачење. Имајќи во предвид дека е најден само мал број на вакви објекти станува јасно дека ова е само една од фазите во развојот на галактиките којашто не трае долго.

Галаксиите формираат **галактички јата**, кои содржат до неколку стотина членови. Познати се повеќе илјади вакви јата. Сите тие се динамички стабилни - не постојат галактики надвор од галактич-

ките јата. Просторот меѓу галактиките е пополнет со меѓугалактичка материја, а нејзината густина е исклучително мала - околу 10^{-26} kg/m³.

Локалната група на галактики брои 25 членови. Најголема е галактиката М31 околу која кружат четири сателитски галактики, оддалечени околу 700 Мрс. Групата содржи три спирални галактики, додека останатите се елиптични, цуцести (апсолутен сјај -7^m) и неправилни. Нашата Галактика е втора по големина во оваа група.

Супергалактиката е систем од повеќе групи на галактики, со центар во соѕвездието Девица, каде што се наоѓа група од 35 000 галактики, оддалечено од нас 10 Мрс. Супергалактиката исто така ротира. За нашата Галактика периодот изнесува околу $2 \cdot 10^{10}$ години. Масата на оваа циновска група изнесува околу 10^{15} Сончеви маси, а пречникот околу 30 Мрс. (сл. 8.7).



Слика 8.7

8.3. ХАБЛОВ ЗАКОН. КВАЗАРИ

Зборувајќи за особините и големините на галактиките ги наведовме и

податоците за нивните далечини. Оддалеченоста на галактиките тешко се опреде-

лува заради многу големите далечини. Затоа не можат да се применат геометриските методи, што се користат за блиските објекти.

За ваквите растојанија, освен веќе споменатите методи, е значајна само уште онаа што се темели на опаѓањето на сјајот со квадратот на растојанието. Меѓутоа и оваа метода, заради апсорпција и расејување на зрачењето на меѓугалактичката и меѓусвездената материја мора да се дополни со нови членови:

$$M = m + 5 - 5 \log r - a r,$$

каде што a е коефициент на апсорпција. Сите останати големини ги имаат претходно наведените значења. Ако во галактиките се пронајдат ѕвезди со променлив сјај - цефеиди, лириди, нови или супернови, проблемот може да се реши затоа што привидниот сјај (m) може да се измери, додека апсолутниот сјај се добива од претходната промена на сјајот или спектралните карактеристики. За поблиските галактики, оваа метода (со претпоставка дека истите закони важат во целата Вселена) дава сигурни резултати.

Вториот начин се базира на мерење на привидните агли на објектите со познати димензии, затоа што за малите агли врската со растојанието е линеарна. Со претходната постапка можат да се определат растојанијата на блиските галактики, а потоа да се калибрираат и димензиите на стандардно големите објекти во нив, како што се збиените ѕвездени јата и облаците на јонизиран водород или галактичките јадра (посебно за секој вид галактика). Во далечните галактики прво се мерат нивните аглови димензии, а потоа се добиваат и нивните оддалечености. Меѓутоа, за најоддалечените галактики би требало да се пронајде друг на-

чин - врз основа на Доплеровиот ефект.

Американскиот астроном Е. Хабл, во 1929 година утврдил дека сите галактики се оддалечуваат од нашата, со линеарна зависност на радијалната брзина (v_r) од растојанието (r)

$$v_r = Hr.$$

Оваа врска се нарекува **Хаблов закон**. H - претставува Хаблова константа која е бројно еднаква на радијалната брзина на единечно растојание (1 Мрс). Различните методи даваат, за Хабловата константа, вредности што се движат помеѓу 50 и 100 $\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$. Интересно е тоа што отстапувањата се помали за подалечните галактики. На тој начин мерењето на далечината на галактиката се сведува на мерење на поместувањето на линиите во нивните спектри - тн. поместување кон црвено. Бидејќи се измерени и радијалните брзини, што за најоддалечените објекти споредливи со брзината на светлината, треба да се користи релативистичката формула за Доплеров ефект (види глава 5).

Во 1963 година, **Метјус** (T. Matthews) и **Сендиц** (A. Sandage) откриле многу необични објекти - исклучително силни радио-извори со променлив интензитет и поместување на линиите во спектарот кон црвено, многу поголемо отколку кај било кој познат извор. Заради малите аглови димензии („ѕвездест изглед“) тие се наречени **квасари** - скратено од quasi-stellar-object. Зрачењето е интензивно во сите области на спектарот, со енергија со каква обично зрачат цели галактики - само во радио-областа 10^{38} W. Механизмот на зрачењето е синхротронско, што значи дека постојано пристигаат брзи електрони. Силното радио-зрачење проследено е и со силно оптичко. За ти-

пичен квазар $M = -26^m$, а за време на зголемено зрачење дури до $M = -31^m$. Само за споредба, најсјајната нормална галактика достигнува $M = -24^m$. Оптичкиот спектар на квазарите својот максимум го има во сино. Содржи континуиран и линиски (емисионен и апсорпционен) спектар на атомите и јоните, како што се Mg кој еднаш или C - кој четири пати е јонизиран. Зрачењето главно потекнува од области со пречник од само неколку парсека, со 10^{15} јони во кубен метар. Поместувањето на апсорпционите линии кон црвено се сосема различни во однос на емисионите линии и тие формираат групи. Ова укажува на апсорпција во облаците од материја што се наоѓаат помеѓу нас и квазарите.

Квазарите се исклучително јак извор на рендгенско зрачење (10^{38} до 10^{40} W), што може да се земе и за нивна суштинска одлика. Познати се неколку стотици вакви објекти, со Доплерово поместување од $z = 0,4$ до $z = 2,88$. Тоа значи дека овие објекти се наоѓаат скоро на хоризонтот од за нас достапната Вселена. Нивната зголемена концентрација на околу $z = 1,95$ веројатно е последица од ефектот на еволуцијата на Вселената. Малиот број пронајдени квазари укажува дека тие претставуваат само една од фазите во развојот на Вселената.

Значи, не би се очекувало да пос-

тојат и „**двојни квазари**“, оддалечени само $6''$, а да имаат скоро идентични спектри. Сепак, вакви објекти се пронајдени (пр. 0957+561 A и B)! Ова е објаснето набргу по нивното откривање, а тоа е **ефектот на гравитациона леќа**, бидејќи само еден од нив е реален, а вториот е само лик што е формиран со гравитациона леќа. Уште во 1919 година, при потполно затемнување на Сонцето е докажано скршнувањето на светлината во близина на неговото гравитационо поле, што го предвидува и Ајнштајновата теорија на релативност. Постоенето на некоја оддалечена (можеби елиптична) галактика, точно во визурата на овој квазар, со маса 10^{12} Сончеви маси, може да произведе ефект кој е сличен на набљудуваниот. Несовершенство на „дупликатот“ може да се објасни со распределба на масата во галактиката - леќата, при што поместувањето кон црвено останува непроменето $z = 1,41$.

На крајот да спомнеме и тоа дека се пронајдени и такви објекти кои по своите карактеристики се наоѓаат некаде помеѓу квазарите и активните галактики. Кај овие тела нема линии во оптичкиот спектар, како во нив да не постојат ѕвезди. Прв од нив е BL Lac, па затоа се наречени лацертиди. Ги нарекуваат и **квазаги** (quasi stellar galaxie) или **блазари**. Овие објекти исто така се наоѓаат на големи оддалечености - 500 Mpc, а и подалеку.

8.4. РЕЛИКТНО (ПОЗАДИНСКО) ЗРАЧЕЊЕ

Заради своето ширење Вселената се лади, па затоа може да се заклучи дека таа некогаш била потопла. Атомите, формирани од елементарни честички, најнапред биле јонизирани, а потоа со понатамошно ладење преминале во неу-

трална состојба. Премиот од состојба на плазма (јонизиран гас) во состојба на неутрален гас доведува до промени во начинот на пренесување на енергијата, односно зрачењето. Додека Вселената била во состојба на јонизиран гас таа била непро-

сирна за зрачењето и се однесувала како идеално црно тело на соодветна температура. Низ мноштво слободни електрони и јони, зрачењето се пренесува во низа процеси на расејување, апсорпција и емисија. Кога зрачењето минува низ гас од неутрални атоми, тие апсорбираат само зрачење на определена бранова должина. Зрачењето на останатите бранови должини минува низ гасот и може да се види, а тоа значи дека ваквиот гас е просирен.

Околу милион години по почетокот на ширењето, кога температурата на Вселената се спуштила на околу 3 000 К, јоните почнале да се неутрализираат, па затоа дотогаш непровидната Вселена станала провидна. Зрачењето што е емитувано во тој миг е најстарото зрачење што и денес може да се детектира. Ова било теориски предвидено во половината на

XX век. Се наречува **позадинско зрачење**, затоа што тоа е зрачењето на позадината на небото, или **реликтно зрачење**, затоа што претставува остаток (реликт) на раната Вселена. Во 1965 година, ова го откриле **Пензијас** (Arno Penzias, 1933 год.) и **Вилсон** (Robert Woodrow Wilson, 1936 год.) како изотропен шум на милиметарски бранови. Задржувајќи ја поделбата по бранови должини како кај црно тело, реликтното зрачење, заради ширењето на Вселената и Доплеровиот ефект, ја изгубило енергијата и затоа денес соодветствува на температура од 2,7 К. Откритието на реликтното зрачење ја потврди теоријата за Вселена што се шири, а ова претставува и едно од најголемите откритија на нашето време. За ова откритие Пензијас и Вилсон добија Нобелова награда за физика во 1978 година.

8.5. КОСМОЛОШКИ ХИПОТЕЗИ

Кога ќе се погледне ноќното небо, може да се забележи дека ѕвездите и галактиките се простираат во бесконечност. Дали е ова можно? Уште во 1826 година германскиот астроном **Олберс** (Heinrich Willhelm Olbers, 1758 - 1840 год.) ја посочи неможноста од создавање таков модел. Количеството на светлина што пристигнува од ѕвездите опаѓа пропорционално со квадратот на растојанието. Ако, покрај ова, се претпостави дека ѕвездите се рамномерно распоредени во просторот, тогаш би требало и нивниот број да се зголемува со квадратното растојание, што значи дека овие две влијанија би се поништиле. Ноќното небо, теориски, според тоа, би морало да биде целото осветлено, што не е случај. Ова е тн. **Ол-**

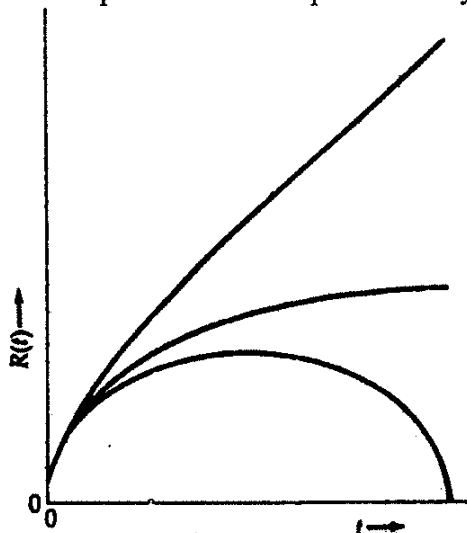
берсов парадокс кој ни укажува дека архитектурата на Вселената треба да е поинаква.

Истражувањето на Вселената како целина, односно истражувањето за нејзиниот настанок, развој и градба е предмет на проучување на **космологијата**.

Општа претстава за минатото на Вселената може да ни даде Хабловиот закон. Бидејќи Вселената се шири, ова ширење, во минатото, морало да почне од некоја многу компактна и многу густа состојба. Почетокот на ширењето се нарекува **голема експлозија** (Big Bang). Ваквиот космолошки модел почнал да се развива уште во 1922 година, кога советскиот научник **Фридман** (Александар Александрович Фридман, 1888-1925), тргну-

вајќи од Ајнштајновата теорија за релативност, формирал модел на нестационарна Вселена што се шири. Во модерна форма, ваков модел формулирал и **Гамов** (George Gamow, 1904 -1968), во 1946 година. Хабловото откритие за поместувањето во спектарот на галактиките кон црвено (во 1929 год.) и откривањето на реликното зрачење (во 1965 год.) одат во прилог на ваквата претстава за развој на Вселената.

Да претпоставиме дека Вселената е изотропна, хомогена и дека брзината на светлината е конечна и константна (односно дека нема универзално време). Тогаш можат да се замислат **три модели на Вселена што се шири** (сл. 8.8): **затворен, рамен и отворен** (хиперболички) модел. Сите три модели почнуваат од сингуларитет (во $t = 0$) со голема експлозија. Според кој модел ќе се развива нашата Вселена зависи од количеството на супстанца во неа. Ако средната густина на масата во Вселената ($\bar{\rho}$) е поголема од **критичната вредност** (ρ_c), што изнесува приближно $5 \cdot 10^{-27} \text{ kg/m}^3$, тогаш гравитационите сили ќе го успорат и запрат оддалечувањето на галактиките. Галактиките ќе почнат да се приближуваат и сета маса повторно ќе се собере во сингуларитет,



Слика 8.8

тет, од каде што може да започне и ново ширење. Ваквиот затворен модел се нарекува **модел на пулсирачка Вселена**. Ако $\bar{\rho} < \rho_c$, тогаш гравитационите сили нема да можат да го сопрат оддалечувањето на галаксиите и тие постојано ќе се оддалечуваат (отворен модел). Ако, пак, $\bar{\rho} = \rho_c$, тогаш ширењето ќе сопре и Вселената ќе помине во стационарна состојба.

Од набљудување на масата што се гледа, се добива дека $\bar{\rho} < \rho_c$, но голем дел од масата не свети. Колкава е оваа тн. „скриена маса“ не е утврдено со сигурност, а различните проценки велат дека $\bar{\rho}$ е блиску до ρ_c . На тој начин се можни сите три модели.

Според **стандардниот модел на големата експлозија** ширењето почнало пред околу 15 милијарди години. Во процесот на ширењето, поради опаѓањето на температурата, се менувала и содржината на Вселената. Грубо кажано, **топлинската историја на Вселената** може да се подели на четири периоди: (1) **период на тешки честички**, кога доминирале масивните елементарни честички (протони и неутрони) и нивните античестички, (2) **период на лесни честички**, кога електроните и позитроните постојано се создавале и исчезнувале, (3) **период на зрачење**, кога зрачењето претставувало основна форма на енергија, и (4) **период на супстанција**, во кој живееме и во кој сме ги собрале сите наши знаења за Вселената.

Период на тешки честички. - На почетокот сета материја се однесувала како фотоните, бидејќи почетната состојба била хаотична смеса на фотони и релативистички елементарни честички, што во основа се движеле со брзина на светлината. Како што Вселената се ширела, а температурата се намалувала, потешките честички (хиперони и мезони)

се анихилирале или се претворале во стабилни тешки честички (протони и неутрони).

Период на лесни честички. - По 10^{-4} s, температурата се симнала под нивото за создавање на протони и неутрони и затоа можеле да се создаваат само лесни честички - електрони. Овој период завршил 1s по Големата експлозија, кога температурата се спуштила под 10^{10} K.

Период на зрачења. - По создавањето на елементарни честички поголемиот дел од енергијата во Вселената бил во форма на светлина, т.е. зрачење. Во овој период, кога температурата паднала на 10^9 K, започнала и космичката нуклеосинтеза во која се создадени водородот, хелиумот, деутериумот, а во трагите и литиумот и берилиумот.

Период на супстанција. - По 2 000 години, кога супстанцијата (водород и хелиум) почнала да доминира со Вселената, а зрачењето станало само нејзин додаток, започнал периодот на супстанцијата. Супстанцијата била јонизирана (плазма) се додека температурата не паднала до точка во која почнало да доминира рекомбинацијата во неутрални атоми. Тоа се случило по приближно 300 000 години, кога температурата паднала до 3 000 K. До тој миг Вселената се однесувала како идеално црно тело. Таа била непровидна, хомогена и изотропна смеса во која фотоните биле создавани и апсорбирани во услови на термодинамичка рамнотежа. На $T \approx 3\,000$ K ја снемало ваквата спрега помеѓу фотоните (зрачењето) и атомите (супстанцијата), па затоа нивната еволуција понатаму почнала да тече независно. Вселената станала проѕирна. Во тој миг хипотетичкиот набљудувач за прв пат би можел да види што се случува околу него. (За прв пат се појавила

светлината!) Реликтното зрачење, т.е. космичкото позадинско зрачење ја претставува токму оваа прва прасветлина, која е оладена до 2,7 K, а и денес се гледа. Исто така, супстанцијата по овој миг доживеала трансформација. Спрегата со зрачењето ја одржувала во хомогеност. Тогаш, мали нехомогености можеле да доведат до формирање на првите галактики.

Стандардниот модел не можел да даде задоволителен одговор на **три** суштествени **прашања**: (1) зошто околу нас има повеќе материја отколку антиматерија (проблемот на антиматеријата); (2) зошто за време на набљудувањата не е забележана искривеноста на простор-времето (проблемот на привидната рамност на просторот - времето); (3) од каде потекнуваат почетните нехомогености од коишто се формирале галактиките (проблемот за настанокот на галактиките). Одговор на ова прашање се обидел да даде **моделот на инфлаторна Вселена**, кој се создал со воведувањето на резултатите од теоријата за унификација на силите во Стандарден модел. Унификацијата на силите бара симетрија меѓу нив, а основен концепт, тука, е концептот за **спонтано нарушена симетрија**. На пример, ако се набљудува ладењето на водата која е хомогена и изгледа исто во сите насоки, т.е. има ротациона симетрија, ќе се види дека во точката на замрзнување се одвива фазен премин и дека структурата на мразот, што кристализирал, изгледа сосема поинаку. Мразот веќе не изгледа еднаков во сите насоки, односно ротационата симетрија се губи. Симетријата којашто е спонтано нарушена со помош на природен фазен премин, може повторно да биде воспоставена со загревање и топење на мразот. Теоријата за унификаци-

ја предвидува спонтано нарушување на симетријата на основните сили на температура од 10^{27} K, што одговара на време од 10^{-35} s, по Големата експлозија.

Ова спонтано нарушување на симетријата предизвикало фазен премин со огромно ослободување на енергијата, што довело до брзо и големо ширење на Вселената (инфлационен процес), при што Вселената се раширила за фактор 10^{50} за само 10^{-32} s, тоа значи дека растојанието меѓу две честички се зголемило за 10^{50} пати. Овој период на инфлација природно го решава проблемот на рамност на просторот. Најлесно е Вселената да се замисли како балон што се шири, а ние се наоѓаме на површината на тој балон. Да замислиме дека пред периодот на инфлација постоеле многу криви области во просторот-времето, како кривини на слабо надуван балон. Ако брзо дуваме во балонот, овие кривини ќе ги снема, а закривеноста на целиот простор ќе биде помала. Балонот ќе биде порамен. Според инфлациониот период, што природно го решава проблемот на привидната рамност на просторот-времето, целиот модел се нарекува **модел на инфлаторна Вселена**.

Освен ова, од Теоријата за унификација следи дека интеракциите на елементарните честички, на температура под 10^{27} K довеле до вишок на материја во однос на антиматеријата. На крајот и проблемот за создавање на галактиките, исто така се решава со фазен премин, што води до нарушување на симетријата. Како аналогија може да се набљудува процесот на замрзнувањето на површината на езерото. Мразот не се формира

хомогено и одеднаш, на целата површина, туку најнапред на одделни делови, што значи дека процесот на замрзнување, односно дека фазниот премин не е идеален, туку има дефекти. Ваквите дефекти, во зависност од применетите теории, можат да бидат површински, како во претходниот пример, но и линиски (струни) или точкасти (монополи). Овие дефекти имаат маса и можат да траат доволно долго за да станат јадра на гравитациони нестабилности што ќе доведат до формирање на галактики.

Забелешка. - Во овој дел, Вселената е претставена во нејзините макроскопски размери. Почнавме од нашиот ѕвезден систем - Галактиката (чиј пречник на почетокот беше „дури“ 30 крс, а сега видовме дека изнесува „само“ 30 крс), а завршивме со еден комплетен приказ за раѓањето и развојот на Вселената. Наведени се повеќе аргументи во прилог на тоа сценарио. Сепак, многу интересни теми не се ниту почнати - пример за можноста од постоење на живот сличен на нашиот, некаде во тоа големо пространство, преполно со цели светови. За ова прашање исто така постојат сериозни размислувања на компетентни и стручни луѓе. Тие прашања навистина бараат многу потесно стручно знаење од повеќе области, но ако тоа некого го интересира нека побара соодветна литература. Таа постои. Астрономијата е модерна наука, а тоа значи и интердисциплинарна. Таа има допирни точки со многу науки. Во овој оддел се инсистираше само на она што е во директна врска со физиката и според тоа дадена е основната слика со нејзините физички особини.

ПРАШАЊА

1. Што е Млечен Пат, а што Галактика?
2. Кои се димензиите на Галактиката?
3. Од што е составена Галактиката?
4. Каде се наоѓа Сонцето во Галактиката? Со која брзина обиколува Сонцето околу Галактичкиот центар?
5. Во кое соѕвездие е центарот на Галактиката и што се наоѓа во неџо?
6. Како е утврдена спиралната структура на Галактиката и на кој вид и припаѓа?
7. Кои класификации на галактиките ги познавате?
8. Која е карактеристиката на активните галактики?
9. Што се квазари, колкави се нивните оддалечености и радијални брзини? Кои објекти, според своите карактеристики, се помеѓу квазарите и активните галактики?
10. Објаснете ја гравитационата леќа.
11. Како се определуваат растојанијата до галактиките и квазарите?
12. Што претставува реликното зрачење и колкава е неговата температура, во наше време?
13. Кој параметар е сушествен за избор на актуелен космолошки модел?
14. Што е мора старост на Вселената?
15. Како може да се објасни ширењето на Вселената?

ЗАДАЧИ

- 8.1. Изведете ја теориската крива на распределба на брзината на ѕвездите со растојанието од Галактичкиот центар, доколку Галактиката има хомогено густо јадро со радиус R .
- 8.2. Во спектарот на квазарите е пронајдена водородна линија H_β (486,1 nm) на положба 1458,3 nm. Колкаво е растојанието на овој квазар?
- 8.3. За случај на дводимензионална кружна Вселена, со радиус R , изведете ги вредностите за Хаблова константа, односно покажете дека Хабловиот закон важи.
- 8.4. Колкав е периодот на обиколка на Сонцето околу Галактичкиот центар? (Брзината на Сончевото движење кон апексот е 19,5 km/s, а растојанието од центарот 10 kpc.)
- 8.5. На местото на радио-изворот 3C 241 се наоѓа галактика со слаб сјај, чије црвено поместување изнесува 1,67. Колкава е далечината на овој објект?
- 8.6. Во спектарот на квазарот 3C 273 се пронајдени Белмерови линии од 483,6 nm и 434,2 nm, но на положбите 563,2 nm и 503,2 nm. Со помош на вредноста за Хаблова константа $H = 75 \text{ km/s Mpc}$ определете го црвеното поместување, радијалната брзина и растојанието на овој квазар.
- 8.7. Определете го апсолутниот сјај на квазарот 3C 273, ако неговата привидна големина е $+13^m$. Занемарете ја апсорпцијата во меѓузвездениот простор.
- 8.8. Маглината во соѕвездието Рак покажува Доплеровско поместување на линијата H_α (656,47 nm) и годишно зголемување на полупречникот од $0",23$. Определете го растојанието, приближната старост и вистинскиот пречник на маглината, ако агловиот пречник е $6'$.
- 8.9. Определете го приближното растојание до најоддалечените објекти на набљудуваниот дел од Вселената.
- 8.10. Со помош на ѕвездена карта утврдете низ кои соѕвездија се простира Млечниот Пат и кој негов дел секогаш е над хоризонтот, за нашите географски широчини?

9. СОНЦЕ

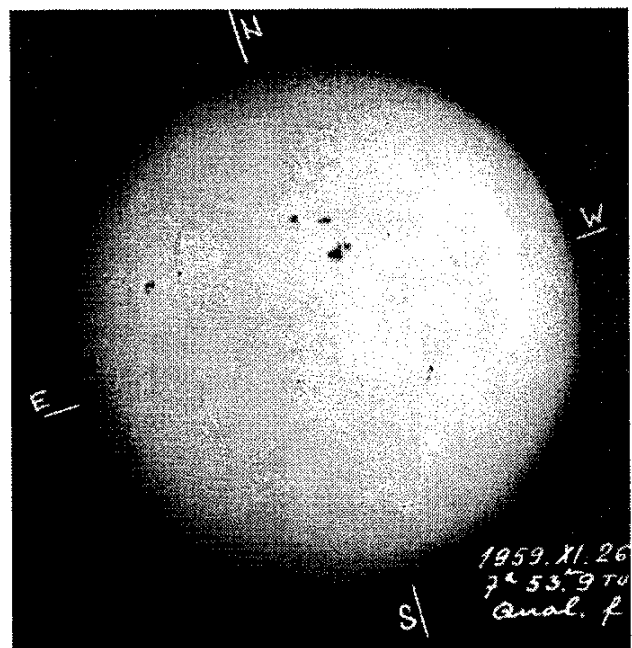
9.1. КАРАКТЕРИСТИКИ НА МИРНОТО СОНЦЕ

Сонцето е централно тело во Сончевиот систем и до нас најблиската ѕвезда. Тоа претставува извор на светлина, топлина и живот на Земјата. Тоа е голема вжештена плазмена топка, составена пред сè од водород и хелиум, при што на секои десет атоми водород доаѓа еден атом на хелиум (што прво е откриен на Сонцето а потоа на Земјата, името го добил по грчкиот бог на Сонцето). Сите останати елементи се застапени околу 2% од Сончевата маса. Карактерот на Сончевата ротација е необичен. Брзината на ротацијата опаѓа од екваторот, каде периодот на ротација на точка што се наоѓа на површината изнесува 25 дена; кон половите, каде што на широчини поголеми од 60° изнесува над 30 дена. Во просек, Сонцето прави една ротација за 27 дена.

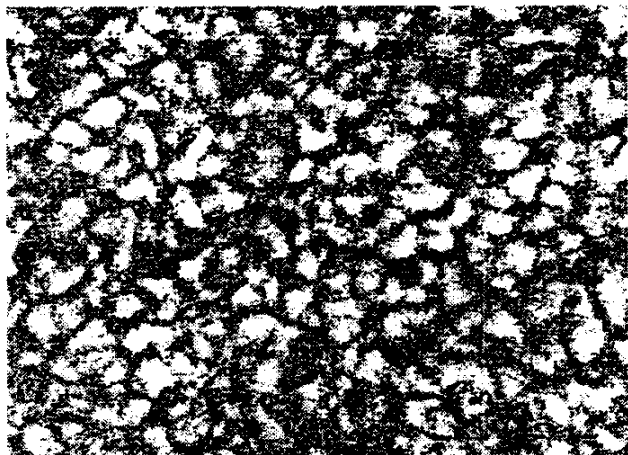
Во внатрешноста на Сонцето се наоѓа **јдро** што се простира до 0,25 радиуси на Сонцето, (R_\odot). Во него се одвиваат термонуклеарни реакции (во секоја секунда во 10^{38} реакција на протонски циклуси се ослободува $4 \cdot 10^{26}$ J енергија, што е 10 000 пати повеќе енергија отколку што човештвото произвело во целата негова историја). Температурата во центарот достигнува $1,4 \cdot 10^7$ K. На границата на Земјината атмосфера пристигнува околу 1,4 kW на зрачење по квадратен метар. Тоа е т.н. **соларна константа**. Од ова дел се рефлектира, а дел (до 85%, зависно од состојбата на атмосферата) се апсорбира.

На растојание од $0,25 R_\odot$ до $0,85 R_\odot$ на Сонцето се наоѓа зона во која оваа енергија се пренесува кон површината со зрачење. Од $0,85 R_\odot$ на Сонцето па до површината, енергијата се пренесува со движење на материјата. Врелиот гас се издига кон површината со брзина од неколку km/s, доаѓа до површината, се лади и со тоа станува погуст, а потоа се враќа назад, каде што повторно се загрева. Ваквото циклично кружно движење на гасот се нарекува **конвекција**, па затоа и овој дел од внатрешноста на Сонцето се наречува **конвективна зона**.

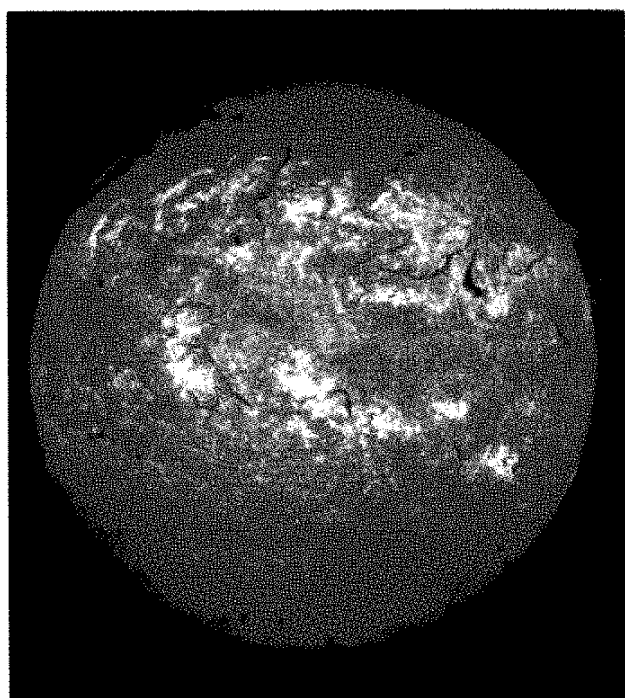
Внатрешниот дел на Сонцето, се до фотосферата, е обвиткан со три гасовити обвивки. Тоа се фотосфера, хромосфера и корона.



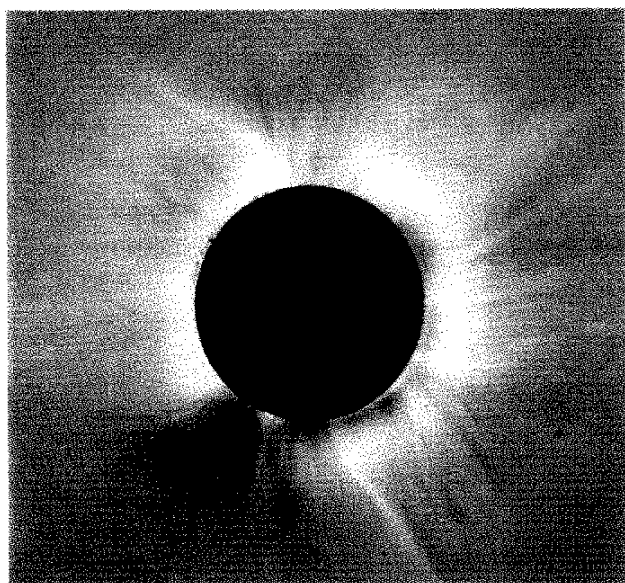
Слика 9.1



Слика 9.2



Слика 9.3



Слика 9.4

Фотосфера (грчки: $\phi\omega\zeta$, $\phi\omega\tau\acute{o}s$ - светлина), сјаен Сончев диск - со голо око се гледа во бела светлина (сл. 9.1). Иако многу поретка од Земјината атмосфера, фотосферата е најгуста од спомнатите три Сончеви обвивки, со дебелина од околу 300 km. Низ фотосферата нашиот поглед не може да продре за да ги видиме останатите, подлабоки делови на Сонцето. При преминот на светлината низ Сончевите обвивки, таа делумно се апсорбира, па затоа на непрекинатиот спектар на фотосферата се гледа голем број темни апсорпциони линии. Во чест на научникот што ги открил, тие го добиле името **Фраунхоферови линии** (Joseph Fraunhofer, 1797-1826 год.). Набљудувана со помош на телескоп (не директно, бидејќи силната светлина може да го оштети видот, туку со помош на специјални филтри и други помагала), фотосферата се покажува како да поседува зрнеста структура и потсетува на каша од ориз што врие. Светлите зрнца, гранули (сл. 9.2) се млазеви од материја што избиваат на површината, со температура што е за околу 100 K повисока од фотосферската. Кога материјата, по десетина минути, доволно ќе се олади, повторно се враќа во подлабоките слоеви и тогаш нови гранули избиваат на површината. Средниот пречник на гранулите е околу 1 500 km, а траат $5^m - 15^m$.

За разлика од фотосферата, хромосферата и короната се многу поретки и скоро потполно провидни во видливиот дел на зрачењето на непрекинатиот спектар.

Хромосфера (грчки: $\chi\rho\omega\mu\alpha$ - боја) се наоѓа над фотосферата. Таа може да се набљудува само со помош на специјални филтри, или за време на потполното затемнување на Сонцето, кога дискот

на Месечината ќе ја сокрие силната светлина на фотосферата. Хромосферата емитува карактеристичен линиски спектар во кој најсилни се црвените линии на водородот и лилјаковите линии на калциумот, па затоа и снимките на хромосферата (сл. 9.3) се прават со помош на филтри кои од спектарот го издвојуваат само зрачењето на една од овие линии. Со премин од фотосферата во хромосферата, најчесто температурата бргу се зголемува, достигнувајќи во хромосферата и десетици илјади степени. Овој слој е многу подинамичен од фотосферата, со интензивни турбулентни движења. **Спикулите** се составен дел на хромосферата, имаат форма на вертикални влакна кои некои ги опишуваат како трева, а некои како пламени јазици што никогаш не мируваат. Спикулите живеат кратко - од 20 секунди до половина час. Заради нивната различна височина, тешко е да се каже колкава е дебелината на хромосферата. Просечната дебелина се движи од 3 000 до 7 000 km.

Короната се гледа само за време на целосното затемнување на Сонцето (сл. 9.4). Тогаш може да се набљудува нејзиниот сложен систем на зраци и лакови со забележлива влакнеста структура. За време на целосно затемнување на Сонцето, таа се гледа како сјаен ореол. Неј-

зината боја е слична на бојата на Сончевата светлина, а нејзиниот лик е променлив. Во периодот на минимум Сончева активност, нејзиниот лик е многу истегнат во правец на екваторот, додека на половите се гледаат кратки снопови што потсетуваат на четка. Во периодот на максимум формата на короната има многу поправилна форма. Температурата во разредениот гас на короната може да достигне и до неколку милиони степени, а спектарот се состои од континуум и од емисиони линии на високојонизирани елементи, чие што истражување имало големо значење во развојот на физиката. Тука бил и првиот допир на научниците со спектрите на високојонизираните елементи, кои во тоа време не можеле да се добијат и проучуваат во лабораториите на Земјата.

Короната непрекинато се шири во надворешното космичко пространство и на тој начин создава **сончев ветар**, што е составен од наелектризирани честички. Кога ќе стигнат до Земјата, овие наелектризирани честички имаат просечна брзина од 400 km/h. Тие предизвикуваат поларна светлина и други појави во Земјината атмосфера. Нивното постоење експериментално го потврди „Маринер 2“, во 1962 год.

9.2. СОНЧЕВА АКТИВНОСТ (ПЕГИ, ПРОТУБЕРАНЦИ, ЕРУПЦИИ)

Количеството на енергија што ја емитува Сонцето се менува циклично, а причина за ова е периодичната појава и развојот на одделни делови на неговата површина, чии карактеристики се разликуваат од карактеристиките на мирното

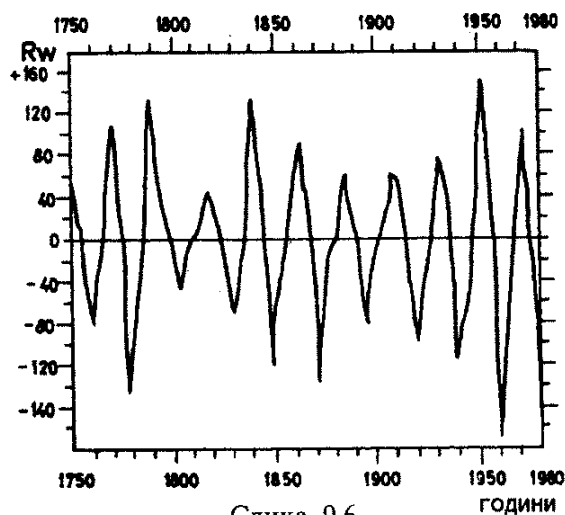
Сонце. Тие се нарекуваат **центри на активности**.

Сончевите пеги се форма на Сончева активност која најдолго се проучува. Првите записи за нив се пронајдени уште во старите кинески ракописи, но систе-



Слика 9.5

матски се пребројуваат од 1749 година. Пегите во фотосферата го започнуваат својот развој како темна **пора**, што набрзо се проширува и живее неколку недели, а понекогаш и неколку месеци. Околу темното јадро (**сенка**), поладно од околината на фотосферата, се наоѓа малку посветла **полусенка** со влакнеста структура (сл. 9.5). (Со помош на пегите може да се проучува ротацијата на Сончевата фотосфера на разни точки). Најмогубројни се порите што имаат пречник од неколку стотини километри, а често можат да се видат и пегите што заедно со полусенката имаат големина од неколку десетини илјади километри. Пример, една група пегите што е регистрирана на Сонцето, во април 1947 година, заземала повеќе од 1% од површината на Сончевиот диск. На вкуп-



Слика 9.6

ната површина на оваа група би можело да се стават 100 Земјини топки. Сончевите пегите зрачат помалку светлина и топлина отколку површината на Сонцето околу нив, па затоа и изгледаат потемни. Нивната температура изнесува околу 4 300 K, што значи дека е околу 1 500 K пониска од температурата на околината.

Набрзо по откривањето на пегите забележано е дека нивниот број се менува, но периодичноста на нивната промена не била позната се до 1843 година, кога Швабе ги објавил своите резултати од седумнаесетгодишните истражувања. Циклусот на сончевите пегите всушност не е строго периодичен. Средниот интервал помеѓу максимумот (или минимумот) е 11,2^g, но траењето на поединечните циклуси се менува од 7^g,5 до 16^g. Времето од минимумот до максимумот обично е пократко за 5^g,2 отколку од максимумот до минимумот (околу 6^g,0). Истражување за циклусите на Сончевата активност изведувал и **Волф** (Rudolph Wolf, 1816-1893 год.) од Цирих, користејќи стари набљудувања. Тој успеал да ги реконструира старите циклуси и промената на бројот на пегите, се до 1750 год. Како мерка на Сончевата активност го вовел бројот $R = k(f+10g)$, кој денеска го носи неговото име (**Волфов број**) и зависи од бројот на групата на пегите или активните области - g , вкупниот број на поединечни пегите - f и множителот - k , кој зависи од методата на набљудување, набљудувачот и карактеристиката на инструментот, кој денеска се определува во Дебрецен, критериумите за да можат да бидат воедначени. XXII циклус на Сончеви активности започнал со минимум во 1986 година, а својот максимум го достигнал во 1990 год. Пегите главно се појавуваат на хелиографските широчини од $\pm 60^\circ$. (На сл.

9.6 знакот +, односно – се однесуваат на поларитетот на магнетното поле на водечката пега).

Осамените пеге се или почеток или остаток од некоја поголема група. Од порите обично се развиваат две помали групи пеге, што се наоѓаат на растојание од 3° – 4° . Со тек на време се развива поголема и покомпактна пега - водителка. Таа постепено почнува да доминира со групата, а се наоѓа пред неа во насока на Сончевата ротација. Во групата што следи се издвојува малку помала пега - следбеничка, при што поларитетот на нејзиното магнетно поле е спротивно од поларитетот на пегата водителка.

Во областа на пегите постои интензивно магнетно поле, со магнетна индукција до 0,4 Т, чии линии на силата понекогаш можат да се видат скоро материјализирани, во Сончевата плазма, на снимки на група пеге во водородната линија. Сонцето има и општо магнетно поле, од диполен вид, чија магнетна индукција, на половите, изнесува околу $6 \cdot 10^{-5}$ Т.

На една од Сончевите полутопки (пр. северната) сите пеге водителки имаат ист поларитет на магнетните полови, а на другата полутопка имаат спротивен. Исто така забележано е дека во секој следен циклус поларитетите на водителките се менуваат во спротивни.

Протуберанците, на снимките на Сонцето, во водородната и калциумовата светлина, се гледаат на Сончевиот диск како темни влакна (сл. 9.3). На работ на Сонцето, за време на неговото затемнување или со помош на специјални помагала, протуберанците се гледаат како портокалови облаци од вжештен гас, кои се исфрлаат од хромосферата во короната, а при тоа можат да достигнат и височина од неколку илјади километри (сл.



Слика 9.7

9.7). Некои протуберанци имаат еруптивен карактер и наликуваат на пламени гејзири. Едни изгледаат како грмушки и пламени јазици, а други висат одвоено како облаци. Некои сосема ненадејно се формираат на големи височини и потоа се изливаат во Сонцето како светлосни поточиња, а некои имаат форма на јазол. Протуберанците можат да траат и повеќе недели.

Хромосферските ерупции обично се манифестираат како ненадејно, краткотрајно зголемување на зрачењето во голем опсег на бранови должини. Најчесто се појавуваат во активните области, над поголемите групации на пеге. Во видливата светлина изгледаат како ненадеен блесок што трае од неколку минути до еден час, а потоа се гаси. Се мисли дека во областа на ерупциите станува големо збивање на гасовите, заради влијание на магнетните сили. Затоа температурата на гасот нагло се зголемува и доаѓа до зрачење на големо количество енергија во околниот простор со опсег од γ зраци до радио-бранови и до исфрлање на наелектризирани честички: протони, неутрони и

други видови на честички со различна енергија, тн. **сончев ветар**. Кога тие ќе стигнат до Земјата, предизвикуваат поларна светлина, јоносферски и магнетни бури и други геофизички ефекти.

Значаен придонес во истражувањата на хромосферските ерупции дал и академикот на МАНУ **Паскал Сотировски** (роден 1927 година).

9.3. ГЕОФИЗИЧКИ ПОСЛЕДИЦИ

Земјината јоносфера и озоносфера се формирани со делување на компонентите на Сончевото зрачење па затоа се подложни на сите негови промени. Ултравioletовото (UV) зрачење на Сонцето го апсорбираат молекулите на кислородот, распаѓајќи се на атомарен кислород, од кој понатаму се формира озон. Тоа е нестабилен молекул, кој се распаѓа при судари и фотодисоцијација, но и при делување на тешките молекули што ги создава човекот во индустријата. Посебно е штетен фреонот и различните спрејови. Во процесот на механизмите што го создаваат и разоруваат, озонот се наоѓа во рамнотежа во слоевите што се наоѓаат на височина од 30 до 40 km. Неговата густина зависи од промената на интензитетот на UV зрачењето на Сонцето, па затоа сезонските промени посебно се изразени на поголемите географски широчини. Во овие слоеви се апсорбира штетното UV зрачење на Сонцето, а со тоа се заштитува и животот на Земјата.

Под влијание на Сончевото зрачење, во горните слоеви на атмосферата се создаваат слободни електрони што формираат слој кој го нарекуваме **јоносфера**. Благодарение на овој слој, од кој се одбиваат радио-бранови, можно е да се воспостави радио врска меѓу далечни точки на Земјата и покрај искривеноста на Земјината површина. Во овој слој, се апсорби-

ра и зрачењето на Сонцето на брановите должини што се помали од 200 nm.

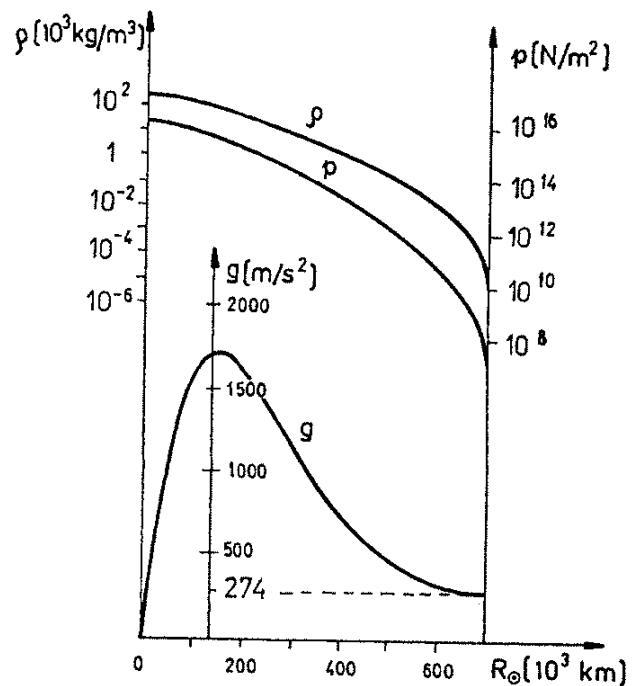
Кога наелектризираните честички и зрачењето, создадени при ерупции во хромосферата, ќе стигнат во јоносферата, тогаш густината на наелектризираните честички се менува, а тоа предизвикува цела низа на појави што се манифестираат како ненадејно зголемување и слабеење на поедини радио-фреквенции. Овие појави се нарекуваат **ненадејни јоносферски пореметувања**. Хромосферските ерупции предизвикуваат и ненадејни **магнетни бури**, и други пореметувања во Земјиниот магнетизам, како и појава на **поларна светлина**. Поларната светлина претставува светење на горните слоеви на атмосферата, од 80 до 1 000 km, заради низа судирни процеси во разредениот воздух. Светењето е заради влијанието на брзите електрони и протони, што доаѓаат од Сонцето. Взаемното дејствие на Сончевиот ветар и Земјиното магнетно поле доведува до зголемување на концентрацијата на наелектризираните честички, посебно во зоните околу магнетните полови, кадешто и појавите на поларна светлина се најчести. Судирот на брзите електрони и протони со молекулите на кислород и азот, ги доведува до побудена состојба и затоа зрачат вишок на енергија: молекули на кислород во зелен и црвен спектар, а молекули на азот во лилјаковата објаласт од спектарот.

ПРАШАЊА

1. Кои слоеви на Сонцето можеме директно да ги набљудуваме?
2. Кои се карактеристичките на „мирното Сонце“?
3. Што е и колку изнесува „соларната константа“?
4. Зошто айсолутивната ѕвездена големина на Сонцето е помала од привидната? Колкави се овие големини?
5. Како е определен периодот на Сончевата ротација? Дали Сонцето еднакво ротира на сите хелиографски широчини?
6. Што е Сончев ветар? Дали постои врска помеѓу ерупциите, протуберанциите и Сончевиот ветар?
7. Како влијае Сончевата активност на Земјата?
8. Каде е највисока, а каде најниската температура на Сонцето? Колкави се нивните бројчани вредности?
9. Каква е големината на гранулиите? Дали може да се види короната со голо око? Дали постојат пеѓи што се поголеми од Земјата?
10. Кој период е карактеристичен за Сончевата активност?
11. Кои големини би ги навеле како најкарактеристични за Сонцето?
12. Во кој сооднос се наоѓаат пречниците и масите на Сонцето и Земјата?
13. Споредете ја големината на просечна Сончева пеѓа со големината на нашата планета. Како ви се чини сега сфаќањето за Земјата како центар на светот?

ЗАДАЧИ

- 9.1. Ако се земе дека Сончевата плазма ја чинат електрони, протони и јадра на хелиум, во однос на концентрацијата 109 : 91 : 9, тогаш најдете ја средната молекуларна маса на Сончевата материја.
- 9.2. Со помош на равенката за состојба на идеален гас, определете ја температурата во центарот на Сонцето.
- 9.3. Користејќи ги податоците од графиконот на слика 9.8, за густината и гравитационото забрзување во функција на Сончевиот радиус и формулата за хидростатички притисок, проценете ги притисоците, на растојание: од $1,5 \cdot 10^8$ m од центарот од Сонцето, во центарот на Сонцето, на површината на Сонцето, а потоа споредете ги тие вредности со вредностите што се дадени на графиконот.
- 9.4. Ако Сонцето зрачи според Ламбертовиот закон (види 5.5), и на границата на Земјината атмосфера дава осветленост од $1,35 \cdot 10^5$ lx, тогаш колкав е неговиот површински сјај.



Слика 9.8

- 9.5. Дали на Сонцето може да се види, со голо око, пеѓа чиј пречник е два пати поголем од Земјиниот?

- 9.6. За колку треба да се промени температурата на фотосферата на Сонцето, $T_{ef} = 6\,000\text{ K}$, па емисионата моќ да се промени за 1%?
- 9.7. Колку атоми на водорот постојано се претвораат во хелиум во центарот на Сонцето, за една секунда?
- 9.8. Со мерење на радијалните брзини на екваторот, во близина на источната и западната ивица на привидниот Сончев диск, е измерена разлика од 4 km/s . Колкав е периодот на ротацијата на Сонцето?
- 9.9. Колкава е минималната кинетичка енергија на протоните што се исфрлени при ерупција на Сонцето, ако до Земјата стигнуваат за 100 минути?
- 9.10. Со колкава кинетичка енергија располагаат протоните што стигнуваат до Земјината атмосфера со брзина од $100\,000\text{ km/s}$?

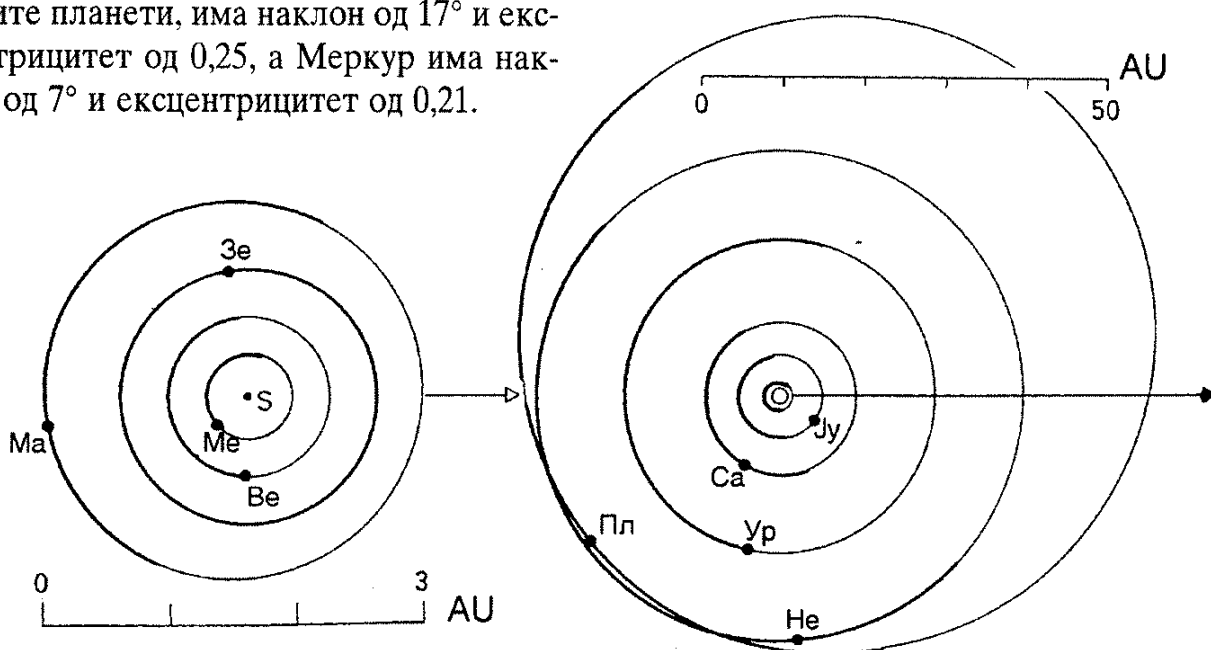
10. СОНЧЕВ СИСТЕМ

10.1. ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СОНЧЕВИОТ СИСТЕМ

Сонцето, чија маса чини 99,9% од вкупната маса на Сончевиот систем, претставува динамички центар околу кој обиколуваат девет познати планети: **Меркур, Венера, Земја, Марс, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон**. Нив ги следат сателити, повеќе од 5000 до сега познати **астероиди (мали планети)**, голем број комети и безброј метеорски тела. Овие тела се движат во просторот што се нарекува **меѓупланетарен простор**.

Сите девет планети обиколуваат околу Сонцето во ист (директен) правец, по патеки што лежат скоро во иста рамнина и што малку се разликуваат од кругови. Ислучок прават патеките на Плутон и Меркур. Орбитата на Плутон, во однос на орбитата на Земјата и на останатите планети, има наклон од 17° и ексцентрицитет од 0,25, а Меркур има наклон од 7° и ексцентрицитет од 0,21.

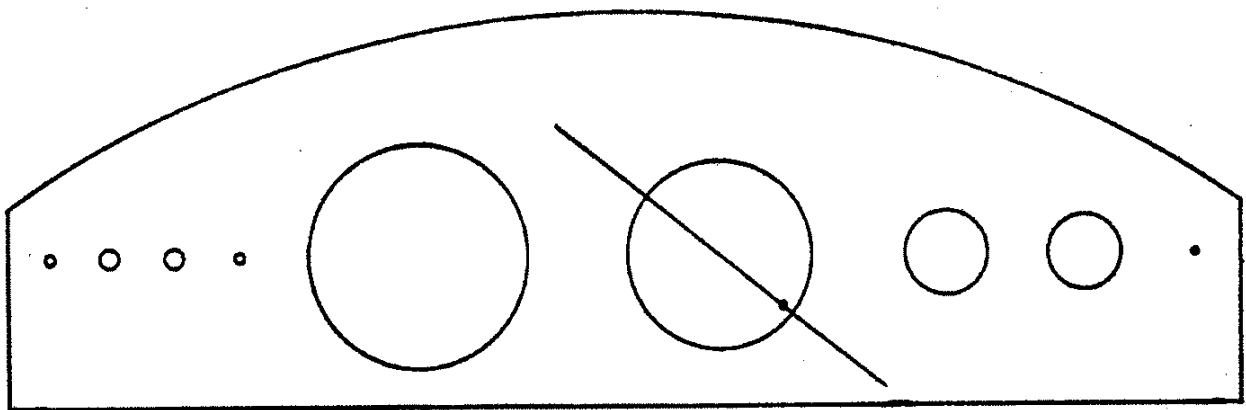
Планетите се делат во две групи. **Планети од Земјин вид** се Меркур, Венера, Земја и Марс, а **планети од Јупитеров вид** се Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун. Плутон, кој со својот сателит Харон чинат двоен систем, не припаѓа на ниту еден од овие две групи. Планетите од Земјин вид ги карактеризира: мала маса, голема густина, бавна ротација и мал број на сателити. Планетите од Јупитеров вид ги карактеризира: голема маса, мала густина, брза ротација, голем број на сателити, многу просторна и густа атмосфера и прстени околу нив. Нивниот хемиски состав е сличен на составот на Сонцето, односно се составени од водород и определен процент на хелиум.



Слика 10.1

ТАБЕЛА 10.1

ОСНОВНИ ПОДАТОЦИ ЗА ПЛАНЕТИТЕ									
Планета	Сидер револ. во троп. години	Траење на ротација	Оддалеченост од Сонце во AU		Полуп. (екват.) во km	Маса во M_z	Најголема прив. големина	Број на сателити	ρ во 1000 kg/m^3
			најголема	најмала					
Меркур	0,24	58 ^d ,6	0,467	0,308	2 439	0,055	-1,2	0	5,4
Венера	0,62	243 ^d ,01	0,728	0,718	6 052	0,815	-4,3	0	5,25
Земја	1,00	23 ^h 56 ^m	1,017	0,983	6 378	1,000	/	1	5,5
Марс	1,88	24 ^h 37 ^m	1,666	1,381	3 397	0,107	-2,8	2	3,93
Јупитер	11,86	9 ^h 55 ^m	5,455	4,951	71 492	318	-2,6	16	1,4
Сатурн	29,46	10 ^h 39 ^m	10,071	9,007	60 268	95	0,5	18	0,7
Уран	84,01	10 ^h 36 ^m	20,096	18,296	25 559	14,6	5,4	17	1,2
Нептун	164,8	17 ^h 50 ^m	30,328	29,813	24 764	17,1	7,6	8	1,7
Плутон	247,7	6 ^d ,39	49,263	29,651	1 123	0,002	14,2	1	2,1



Слика 10. 2

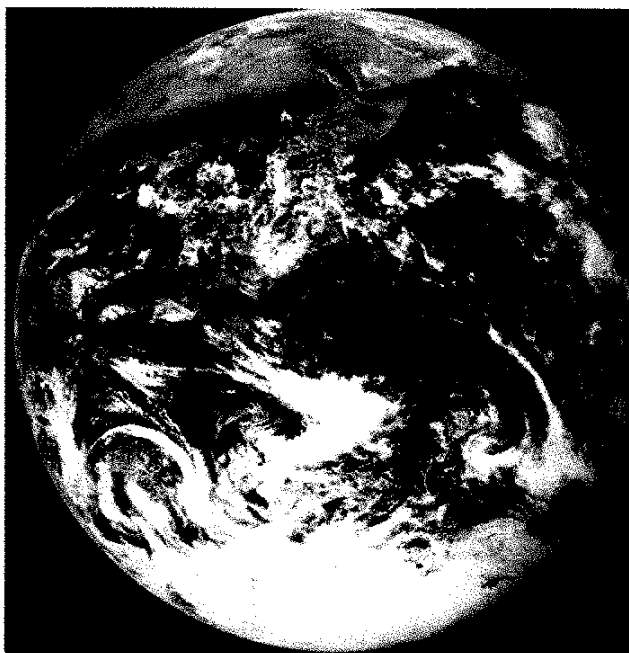
10.2. ПЛАНЕТИ

Земја. - Во однос на оддалеченоста од Сонцето, Земјата е трета планета. Таа има полупречник од 6 378 km (или 1/109 од Сончевиот) маса од $6 \cdot 10^{24}$ kg (или изразена во Сончеви маси 1 / 333 000) и средна густина од $5,54 \cdot 10^3$ kg/m³ (или четири пати повеќе од Сончевата).

Земјата е обвиткана со **атмосфера**, чија густина опаѓа со височината според „барометарската формула“:

$$\rho = \rho_0 e^{-kh}$$

каде што ρ_0 е густина на површината на Земјата, а k е константа. Масата на атмосферата се менува приближно со висина-



Слика 10.3

та на атмосферата и тоа на следниот начин: првите 6 km на приземниот слој содржи околу 1/2 од масата на атмосферата, следните 12 km околу половина од втората половина, следните 24 km околу половина од преостанатата половина и следните 48 km околу половина од преостанатата половина. Или на:

$$6 \text{ km} + 12 \text{ km} + 24 \text{ km} + 48 \text{ km} = 90 \text{ km}$$

се наоѓа:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 0,94$$

од масата на атмосферата.

Хемискиот состав во близината на површината изнесува: 78% азот N₂, 21% кислород O₂ и 1% останати елементи. Хемискиот состав се менува со висината, така што на висина од 1 000 km преовладуваат полесни гасови - водород и хелиум.

Во XVIII век мислеле дека според слична формула се менува и густината на внатрешноста на Земјата:

$$\rho = \rho_1 e^{k_1 h}$$

каде што ρ_1 е густината на површината на Земјата (приближно еднаква на $2,6 \cdot 10^3$ kg/m³, а k_1 е константа). Врз основа на сложените пресметки на **Лаплас** (Pierre Simon Laplace, 1749-1827 год) е најдено дека **Земјината сплоснатост**, заради нејзината ротација, треба да изнесува 1/90. Меѓутоа, мерењата на должината на лакот, на секој степен од меридијанот, на различни географски широчини, од 1750-60 година, а во согласност со пресметките на **Руѓер Бошковиќ** (1711-1787 год.), дале резултат од 1/293 или три пати помало. Бошковиќ вовел во геодезијата повеќе мерења, наместо едно (и тоа со две положби на телескопот), а воедно во пресметките ја користел и методата на најмали квадрати, а со тоа во голема мера ја зголемил точноста. Овој негов резултат низа години бил оспоруван заради големиот авторитет на Лаплас. Современите мерења по-

кажуваат дека сплесканоста е $1/298,3$, а средниот екваторски радиус $6\,378,136\text{ km}$.

Дека **внатрешноста на Земјата** не е континуирана туку со скоковито променлива густина и притисок утврдил **Андрија Мохоровичиќ** (1857 - 1936 год.) со обработка на податоците од сеизмолошките записи на земјотресите што го погодиле Топуско на 8. X. 1909 год. Добивајќи повеќе од седум рефлекси на ист удар, тој заклучил дека во внатрешноста на Земјата постојат скоковити промени на густината, што доведува до рефлексии на брановите. За набљудуваниот трус добил длабочина на дисконтинуитетот од 54 km .

Во 1911 год. врз основа на податоците од големиот земјотрес во Тихиот Океан, **Гутенберг** (Gutenberg) добил податоци за уште еден слој што лежи на длабочина од $2\,898\text{ km}$. Овие два слоја се нарекуваат **Мохо** и **Гуте-дисконтинуитет** и претставуваат гранични слоеви на кората и обвивката на Земјата, односно обвивката и јадрото. Подоцнежните истражувања дале резултат дека длабочината на Мохо појасот се менува од неколку до повеќе од 130 km , со просек од 33 km . Исто така утврдено е дека постојат и други, помалку изразени дисконтинуитети на длабочина од 410 km , $1\,000\text{ km}$, $2\,700\text{ km}$, $4\,980\text{ km}$ и $5\,121\text{ km}$.

Да спомнеме дека **Павле Савиќ** (1909-1994 год.) со својата хипотеза за потеклото на ротацијата на небесните тела, врз база на атомската струја на материјата, заедно со **Радивоје Кашанин** (1892-1989 год.) ја развил теоријата за однесувањето на материјата под висок притисок, која овозможува моделирање на небесните тела врз основа на мал број податоци: радиус, маса и густина на површинскиот слој. Според нив Земјата има

четири слоја, со дисконтинуитети на длабочина од 39 km , $2\,890\text{ km}$ и $4\,371\text{ km}$, при тоа помеѓу обвивката и јадрото постои нов слој - флуид. Изведените вредности на густините на дисконтинуитетите се: $(3,0\text{ и }3,5) \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ за Мохо-слојот, $(5,9\text{ и }9,8) \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ на границите на обвивката - флуид-Гуте-слојот и $(11,8\text{ и }14,2) \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ на границата флуид-јадро, а $20 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ во самото јадро. Според овој модел температурата во центарот изнесува $(3,5\text{-}5,5) \cdot 10^3\text{ K}$ со притисок од $6 \cdot 10^6\text{ bar}$. Оваа теорија предвидува и постоење на магнетно поле, со интензитет на половите од $0,67\text{ Ga}$.

Милутин Миланковиќ (1879 - 1958 год.) ја развил математичко-астрономската теорија на климата, со која ги објаснил периодичните појави на ледените периоди со помош на осцилирање на орбиталните параметри на Земјата околу средните вредности, што дефинитивно е потврдено во 1981 година. Пресметките на Миланковиќ и неговите соработници покажале постоење на девет ледени периоди во последните $600\,000$ години, за коишто се пронајдени и докази.

Земјата има магнетно поле, со јачина на половите од $6,3 \cdot 10^{-5}\text{ T}$ ($0,63\text{ Ga}$). Полето е од диполен вид со оска наведена за 11° кон оската на ротација, но заради влијанието на Сончевиот ветар не е симетрично туку е сплескано од онаа страна од која се наоѓа Сонцето. Во шестесетите години, во магнетосферата на Земјата **Ван Ален** (James Alfred van Alen, 1914-1995 год.) открил, врз основа на мерењата на сателитот „Вангард”, три радијациони појаси на $(1,5 - 2,0) R_\odot$, $(3,0 - 4,0) R_\odot$ и $(6 - 12) R_\odot$. Во нив остануваат заробените наелектризирани честички од Сончевиот ветар и јоните што ја напуштаат Земјината атмосфера.

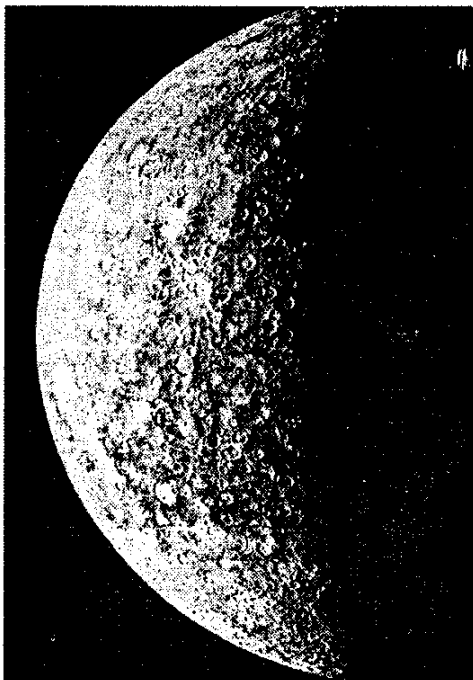
Земјата има еден природен сателит - Месечината (за кој ќе се зборува подоцна) и два облака од гасови и прашина („облаци на Кордилевски”, откриени во 1977 год.) во тн. **Лапласови точки**, 60° пред и позади Месечината, на нејзината патека околу Земјата. Околу Земјата кружат и над 6 000 вештачки сателити или нивни делови.

Меркур. - До определувањето на вистинската големина на Плутон, во 1978 година, се мислело дека Меркур е најмалата планета, што не е точно. Меркур не е најмала планета, но се наоѓа најблиску до Сонцето и токму заради оваа близина тешко се набљудува. Околу Сонцето обиколува на средно растојание од 59 милиони километри. Од Месечината е поголем 1,4 пати. Пресметано е дека неговата ротација има период од 59, а револуција од 88 денови. Разликата помеѓу дневната и ноќната температура, на површината, изнесува околу 600 К. За време на долгите ноќи таа се спушта на 100 К, а во текот на денот се издига и до 700 К.

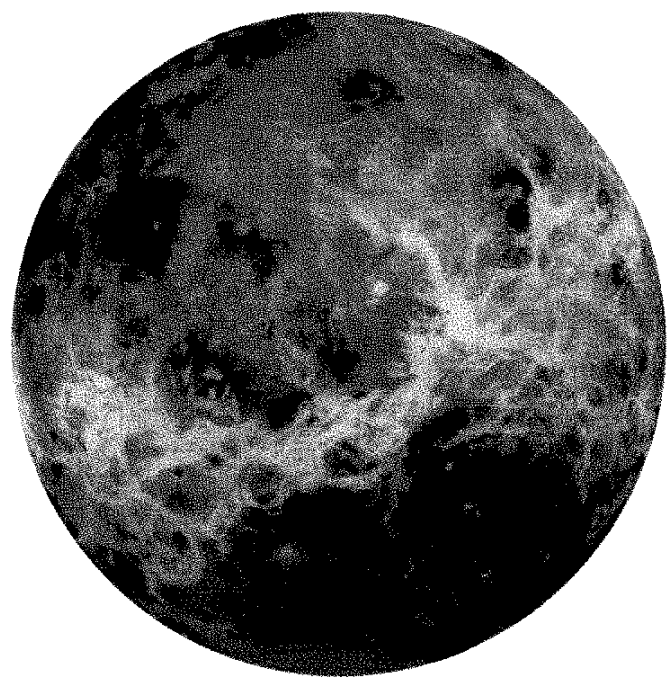
На фотографиите што ги испрати „Маринер 10”, Меркур неодолливо потсетува на Месечината. Сепак, окото на стручно лице веднаш може да забележи дека постојат разлики кои се појавуваат поради двојно поголемата гравитација. Планините на Меркур не се толку високи, а кратерите се поплитки отколку на Месечината (оние со ист пречник).

Во видното поле на телескопите, Меркур како и Месечината, може да се види во фази што се менуваат од мал срп до цел круг. На нашите широчини, со голо око, Меркур може да се гледа околу дваесеттина дена во годината и тоа ниско над хоризонтот.

Венера. - Според растојанието од Сонцето, Венера е втора планета во Сончевиот систем, а по Сонцето и Месечината претставува најсјаен објект на небото. Пречникот на оваа планета, на екваторот, е само малку помал од Земјиниот, а нејзината маса изнесува 0,8 од Земјината. Сите планети кружат околу својата оска во иста, директна насока, освен Венера



Слика 10.4



Слика 10.5

која ротира во ретроградна насока. Тоа значи дека на Венера Сонцето би се „раѓало“ на запад. Освен ова, нагибот на нејзината оска на ротација не надминува 3° што значи дека на оваа планета практично нема годишни периоди. Атмосферата на Венера ја открил **Ломоносов** (1711 - 1765 год.) набљудувајќи го нејзиниот премин пред Сончевиот диск, во 1761 год.

Во декември 1970 год. на површината на оваа планета се спушти космичката станица „Венера 7“. На местото на спуштањето температурата изнесуваше 733 K, што ги отфрли сите желби и соншта за живот на оваа планета, тн. Земјина сестра. Притисокот на нејзината површина е исто така голем и изнесува околу 90 атмосфери. Атмосферата на планетата е составена од 97% CO_2 и 3% N_2 .

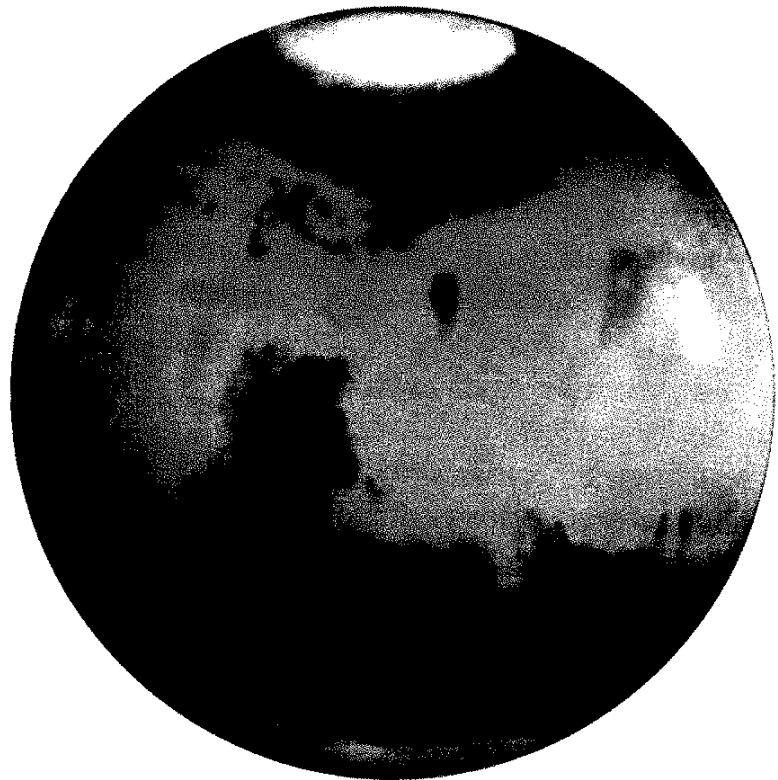
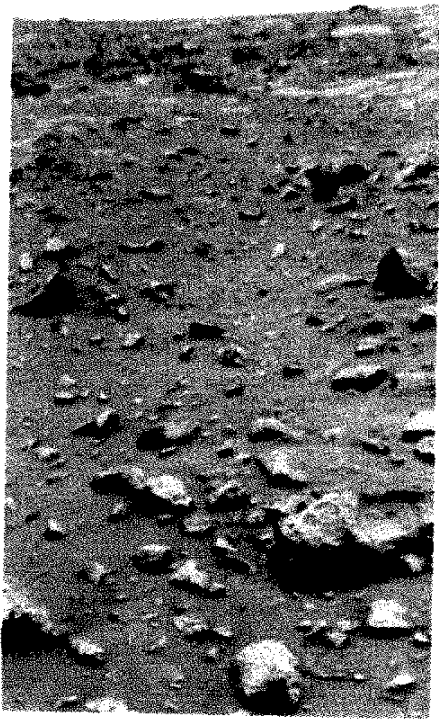
Високата температура на површината на планетата се објаснува со ефектот на стаклена градина. Имено CO_2 е провиден за сите видливи и ултравиолетови зраци, но многу силно го апсорбира топлинското, односно инфрацрвеното зрачење. Затоа, иако доаѓа големо количество на енергија до површината на планетата, зрачењето на загреаната површина го апсорбира самата атмосфера. Интересно е што облаците кои ја кријат површината на планетата, од нашите погледи, е составена од капки на концентрирана сулфурна киселина. Тие сепак пропуштаат малку светлина, па според мерењата на космичките апарати што се спуштиле на површината на Венера, осветленоста на површината изнесува околу 10% од осветленоста на површината на Земјата. Тоа значи дека на оваа планета преку ден е мрачно како во тмурните денови на Земјата.

Од лансирањето на советскиот космички брод „Венера 1“ (12. II. 1961

год.), оваа планета ја посетија повеќе од дваесет космички бродови. Податоците што ги добивме од нив разјаснија многу тогогаш скриени тајни за оваа планета.

Марс. - Од сите планети Марс најмногу поттикнувал на фантазии и соншта. Уште кон почетокот на XIX век било познато дека околу својата оска ротира за околу 24 часа и дека неговата оска, слично на Земјината, е наведната во однос на рамнината на орбитата за околу 24° , па според тоа на оваа планета постојат годишни периоди. Знаејќи дека пречникот на Марс е за околу половина помал од Земјиниот, а силата на тежата на површината на планетата е само 0,4 од Земјината, астрономите уште во тоа време заклучиле дека атмосферата на Марс треба да биде многу поретка од нашата. Атмосферскиот притисок е околу 0,008 атмосфери, како што изнесува на околу 40 km над Земјата. Дене температурата се искачува до 243 K, а ноќе паѓа и до 183 K. Облаците на Марс можат да бидат составени од водена пара, како што се на Земјата, но и од CO_2 . Интересно е дека северната поларна капа е составена од обичен мраз, а јужната од тн. сув мраз, тн. смрзнат CO_2 , како последица што Марсовите зими на јужниот пол се поладни, бидејќи оваа планета тогаш е пооддалечена од Сонцето.

Денеска ја познаваме планетат Марс многу подобро отколку што од почетокот на космичката ера ја познаваме Месечината. Космичките бродови „Викинг 1“ и „Викинг 2“ го посетија Марс во 1976 година. „Викинг 1“ работеше четири години, а „Викинг 2“ две години. Заедно испратија повеќе од 55 000 фотографии. Тие собираа податоци за климата на Марсовата површина повеќе од една Марсова година (На слика 10.6 можат да се видат



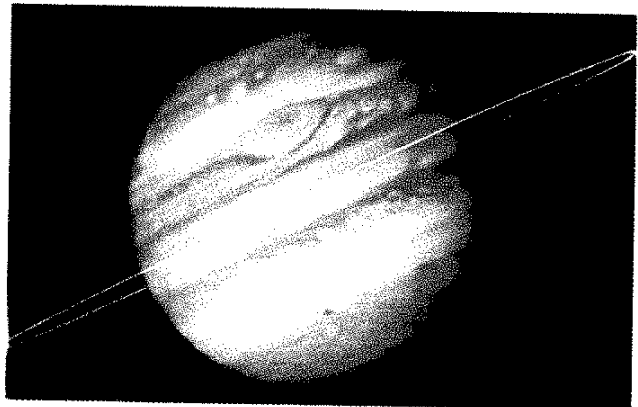
Слика 10.6

детали на Марсовата површина и снимката на Марс со помош на Хабловиот вселенски телескоп).

Марс претставува прва од надворешните планети, така што нејзината појава не е врзана ниту за утрото ниту за вечерта, односно за близината со Сонцето. На оваа планета ѝ требаат повеќе од две години од конјункција, кога привидно е помала од далечниот Уран, да помине во опозиција, кога со помош на помал телескоп се гледа како црвен диск, на кој можат да се забележат детали од површината, поларни капи и понекогаш белузлави облаци од водена пара и CO_2 .

Јупитер. - Што знаеме за Јупитер денеска, по поминувањето на „Пионир 10“, „Пионир 11“, „Војаџер 1“ и „Војаџер 2“ во близината на оваа планета? Оваа планета со право го заслужува името на врвното божество во римската митологија, бидејќи не само што е најголема пла-

нета, туку има и скоро 2,5 пати поголема маса од сите останати планети заедно. Јупитер во целост е течно тело, освен малото железно-силикатно јадро во центарот, во кое температурата достигнува и до 30 000 К. Над ова јадро се наоѓа слој од металоиден водород со дебелина од околу 70 000 km. Дебелината на атмосферата е околу 1 000 km. Присуството на црвениот фосфор, водородните и амонијачните полисулфиди и сулфур, ја обојува



Слика 10.7

оваа планета со црвена, кафена и жолта боја. Во екваторијалните области ветровите, поради брзата ротација на планетата, дуваат со брзина и до 400 km/h.

Јупитер го краси **Големата црвена пега**, која ја открил **Касини** (Giovanni Domenico Cassini, 1625 - 1712 год.) во 1665 година. Денеска се мисли дека таа претставува циновски вртлог во атмосферата на Јупитер кој трае веќе стотици години.

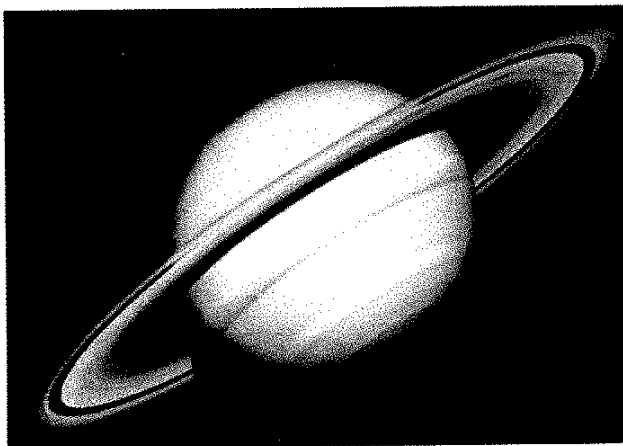
Еден од сензационалните резултати на мисијата „Војаџер“ е откритието на составот на прстенот околу оваа планета, кој е составен од многу темни честички, па заради тоа неговиот сјај е десетилјадити дел од сјајот на Сатурновиот прстен.

Сатурн. - Оваа планета со векови ја означувала горната граница на Сончевиот систем. Иако луѓето ја набљудуваат многу одамна, како се движи меѓу ѕвездите, сепак во сета своја убавина се претставила дури кога астрономите го измислиле телескопот. Како и сите планети од Јупитеров вид, и оваа планета скоро целосно е течно тело, чија површина ја обвиткува океан од водород со малку хелиум, со длабочина и до 35 000 km (на екваторот). Средната густина на оваа планета изнесува 704 kg/m^3 што значи

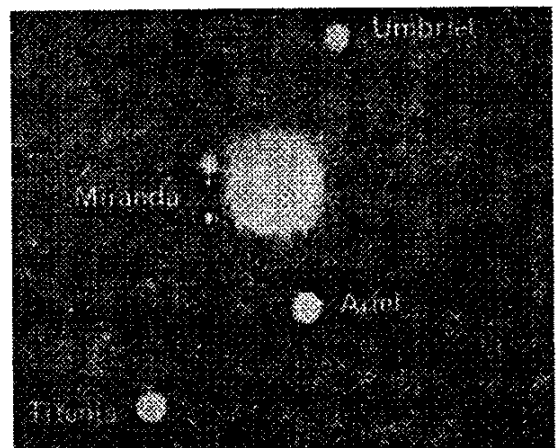
прилично помала од водата. Заради брзината на ротацијата (период - $10^{\text{h}39^{\text{m}}}$), т.е. големата центрифугална сила, планетата е сплескана на половите, а во екваторијалните предели дуваат силни ветрови, во правец на ротација на планетата, со брзина од 1 800 km/h. Видливата површина на Сатурн ја чинат облаци од кристали на амонијак измешани со капки од метан. Живи бои на оваа планета ѝ даваат јагленородите, сулфурот и фосфорот.

Системот на Сатурновите прстени претставува едно од чудата на видливиот Универзум. Според класичната поделба, прстенот е составен од три главни прстени што лежат во екваторијалната рамнина, а се означуваат со буквите А, В и С. Во 1979 година е откриен и прстенот D, а подоцна и Е и F. Летот на „Војаџер 2“ покажа дека овие прстени се изградени од стотици помали прстени. Составени се од силикатни честички, околу кои е акумулирана вода, така што светлината ја одбиваат во сите насоки.

Уран. - Од најстарите времиња па до 1781 година, кога најуспешниот астроном - аматер Вилијам Хершел - ја открил новата планета Уран, планетата Сатурн претставувала граница на Сончевиот систем. Уран, првата планета што е откриена со помош на телескоп, по својата град-



Слика 10.8

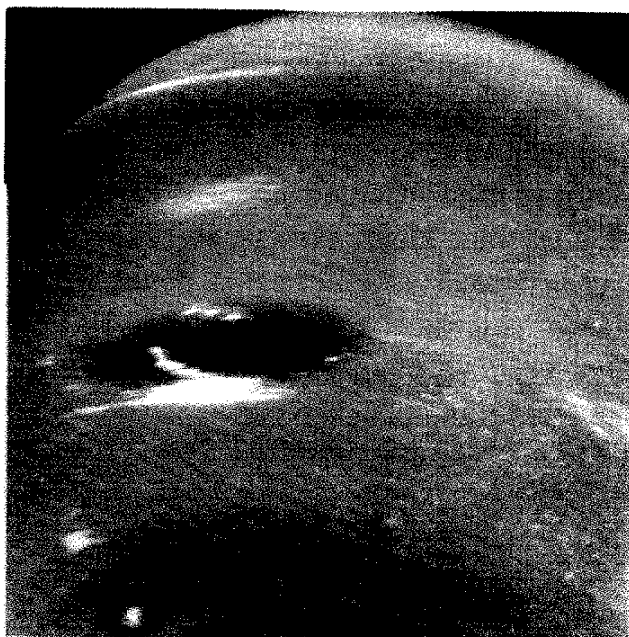


Слика 10.9

ба е сличен на планетите од Јупитеров вид. Од сите останати планети се разликува по тоа што неговата оска на ротација се наоѓа скоро на рамнината на еклиптиката. Во 1977 година, на оваа планета е откриен систем од девет прстени, а „Војаџер 2“, во 1986 година откри и десети прстен. (На сл. 10.9 може да се види Уран и некои од неговите сателити.)

Нептун. - Зеленосината планета Нептун е откриена „на ивица од перо“. Врз основа на анализа за пореметувањата на движењето на планетата Уран, студентот **Адамс** (John Couch Adams, 1819 - 1892 год.), во 1843 год. извел пресметки и предвидел положба на непозната планета. Директорот на опсерваторијата во Гринич овие податоци не ги сфатил како сериозни. Во 1845 година, францuzот **Леверје** (Urbain Jean Joseph le Verier, 1811 - 1877 год.) повторно ја определува положбата на планетата, а берлинскиот астроном **Гале** (Jochann Gottfried Galle, 1812 - 1910 год.) веќе во првиот обид ја нашол планетата на предвиденото место.

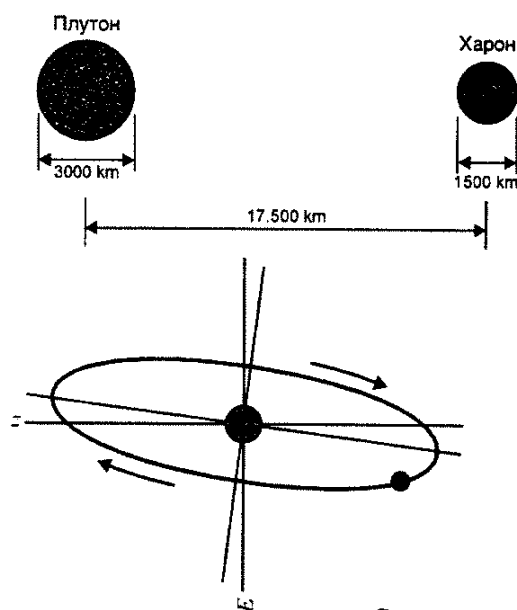
Нептун се наоѓа на триесет пати



Слика 10.10

поголемо растојание од Сонцето, отколку Земјата. Неговата година трае 165 наши години па затоа, откако е откриен до денес, не направил ниту една полна обиколка околу Сонцето. Благодарейќи на карактеристиките на Плутоновата орбита, од 22. I. 1979 год. до 15. III. 1999 год. Плутон се наоѓа поблиску до Сонцето отколку Нептун, па затоа во овој период Нептун ќе биде најдалечната позната планета. Во август 1989 год. „Војаџер 2“ помина покрај оваа планета и на Земјата испрати околу 9 000 фотографии за Нептун и неговите сателити. (види сл. 10. 10.). По оваа мисија познато е дека околу Нептун кружат четири прстена. „Војаџер 2“ снимил и три лачни формации, кои од Земјата се приметени уште во 1981 година.

Плутон. - По долго и макотрпно барање оваа планета ја откри **Томбо** (Clyde William Tombaugh, 1906–1997 год.) во 1930 година. Неговата орбита е прилично истегната и наведната за 17° во однос на рамнината на еклиптиката. За набљудувачот од оваа планета Сонцето претставува само точка на небото, а му дава 1 560 пати помалку светлина отколку на Зем-



Слика 10.11

јата. Периодот на неговата ротација изнесува 6,39 Земјини денови, а револуцијата 247,7 Земјини години.

Меѓу најинтересните откритија, во планетарната астрономија, спаѓа откритието на Плутоновиот Харон, во 1978 година. Се покажало дека Плутон е помал од Меркур и дека заедно со својот сателит чини двоен систем кој е многу покомпактен отколку Земјата и Месечината.

Во 1988 год. Плутон привидно засолнил една ѕвезда. Тогаш е востановено дека Плутон има атмосфера, што е необично откритие кога ќе се земе во

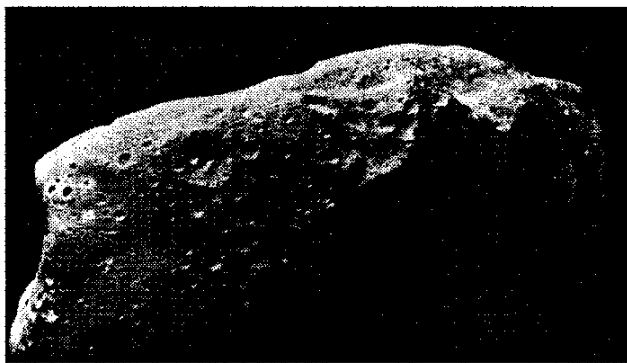
предвид дека е релативно мало тело чија гравитација не може да го спречи растурањето на атмосферата во околниот простор. Се претпоставува дека главниот состав во атмосферата е неон и дека планетата успеала да го сочува само благодарение на својата ексцентрична орбита. Имено, кога во зима Плутон се оддалечува од Сонцето, атмосферата почнува да се кондензира и на тој начин смрзната паѓа на површината на оваа планета. За време на летото атмосферата се топи и повторно формира гасовита обвивка.

10.3. АСТЕРОИДИ (ПЛАНЕТОИДИ)

Уште во XVIII век било познато дека растојанието на планетите до Сонцето се потчинува на правилото што го добило името **Тициус-Бодерово** (Johann Daniel Titius, 1729 - 1796, Johann Elert Bode, 1747 - 1826) : $r \text{ (AU)} = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$, $n = -\infty, 0, 1, \dots$, според кое помеѓу Марс и Јупитер треба да има уште една планета. Систематското барање на непознатата планета довело до откритие на првиот **астер-**

оид (планетоид - мала планета). На 1 јануари 1801 год. италијанскиот астроном **Пијаци** (Giuseppe Piazzi, 1746 - 1826 год.) точно на очекуваното место го здогледал првиот планетоид, кој е најголем. Овој планетоид го добил името Церера. Неговиот пречник е околу 1 000 km. До сега се пресметани патеките на над 6 000 мали планети. Се мисли дека постојат над еден милион.

Американската сонда „Галилео“, во 1991 год. ја снимил од близина (16 200 km) малата планета Гаспра и испратил на Земјата низа успешни фотографии и други податоци. Истата сонда, во 1993 год. ја снимил и малата планета Ида, долга 52 km, на растојание од 3 060 km (сл. 10.12). Откриено е дека Ида има и сателит, наречен Дактил.



Слика 10.12

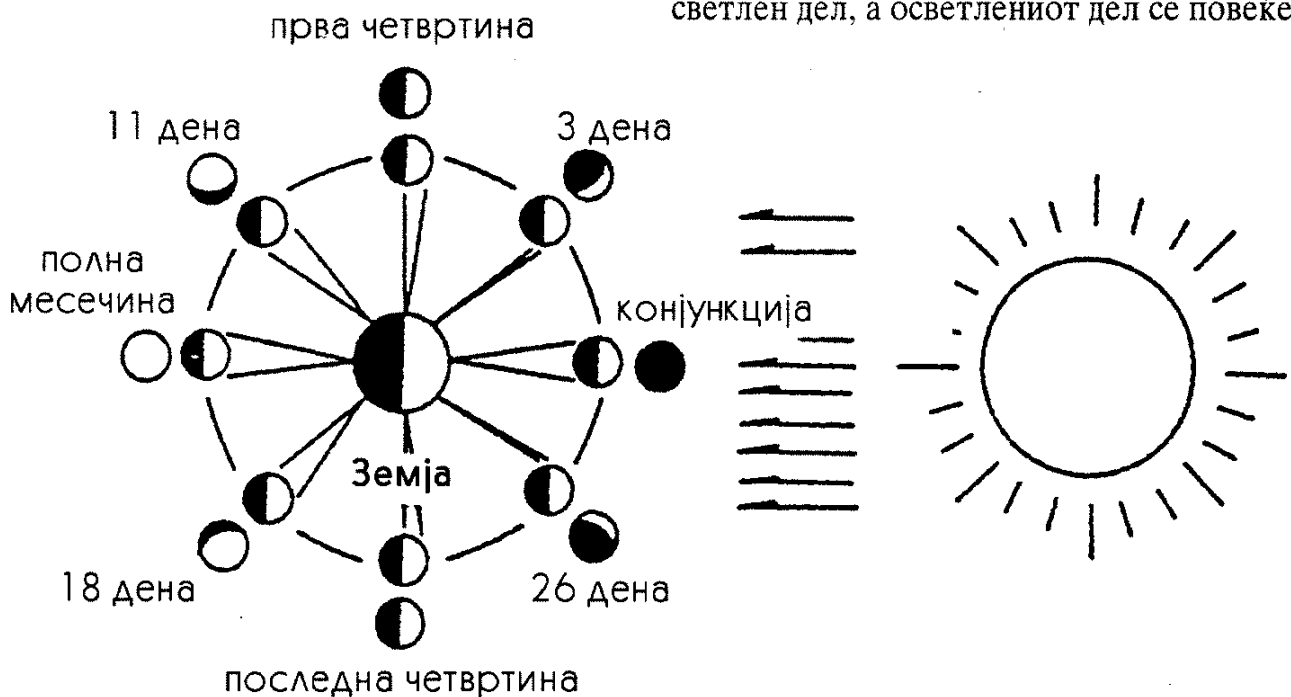
10.4. САТЕЛИТИ

10.4.1. МЕСЕЧИНА

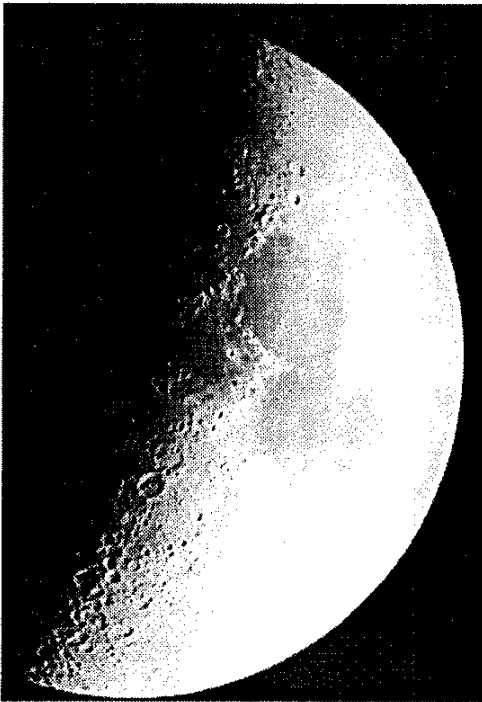
Месечината секој ден излегува и заоѓа подоцна отколку претходниот ден, што значи дека не е неподвижно тело на небесната сфера. Околу Земјата се движи по елиптична орбита, која во однос на рамнината на еклиптиката е наведната за околу 5° . **Сидерички месец** е време за кое Месечината еднаш ќе обиколи околу Земјата. Просечното траење на сидеричкиот месец е 27,3 дена. Точките во коишто Месечевата патека ја сече рамнината на еклиптиката се нарекуваат **јазли**. Привидните средби на Сонцето и Месечината се нарекуваат **конјункции** (види сл. 3.2 и сл. 10.13).

Месечевите мени или фази се последица од взаемната положба на Месечината, Сонцето и Земјата. Месечевата површина одбива дел од сончевата свет-

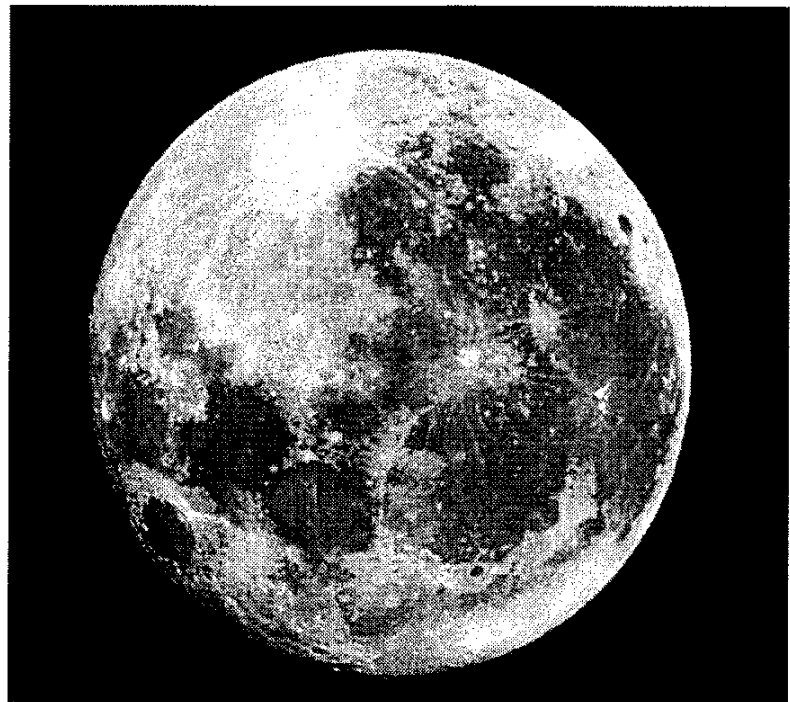
лина што паѓа на неа, па така ние можеме да го видиме само делот кој е свртен кон Земјата. Кога Месечината се наоѓа помеѓу Сонцето и Земјата, тогаш кон нас е свртен неосветлениот дел или нејзината ноќна страна и тогаш не можеме да ја видиме. Ова се нарекува **млада Месечина**. Месечината го продолжува своето движење околу Земјата и таа почнува да се појавува во форма на тенок срп. Кога е неосветлена половината, од Земјата видливиот диск, тогаш Месечевата фаза се нарекува **прва четвртина** (сл. 10.14) Линијата што ја дели осветлената страна на Месечината од темната (терминатор) се поместува од ден во ден се додека дискот на Месечината, што е свртен кон Земјата, целиот не се осветли. Тогаш велиме дека има **полна Месечина** (сл. 10.15). Во тој миг Земјата се наоѓа помеѓу Сонцето и Месечината. По ова, на десниот раб на Месечевата површина се појавува неосветлен дел, а осветлениот дел се повеќе



Слика 10.13



Слика 10.14



Слика 10.15

и повеќе се смалува. Кога терминаторот ќе дојде до центарот на дискот, тогаш Месечината се наоѓа во фаза на **последна четвртина**. Потоа Месечевиот срп станува се потенок и потенок се додека на полно не исчезне и додека Месечината повторно не стане млада Месечина. Временскиот интервал што раздвојува две млади Месечини се нарекува **синодички месец** и трае 29,5 денови. Неколку денови по младата Месечина, таа повторно може да се види навечер, на запад и секој ден заоѓа се подоцна и подоцна. Во времето на првата четвртина заоѓа околу полноќ. Полната Месечина се гледа во текот на целата ноќ. По полната Месечина периодот на нејзината видливост од ден на ден се поместува кон југ. По последната четвртина, тенкиот срп на старата Месечина се гледа наутро.

Во време на полна Месечина посебно убаво можат да се видат **морињата**, огромни рамнини без вода и воздух. Морето на дождовите и Морето на ведрината

се скоро кружни, јасно се оцртуваат и можат да се видат и со голо око. Пречникот на Морето на дождовите е поголем од 1 100 km, а на Морето на ведрината околу 700 km. Морето на дождовите се наоѓа на долната десна страна и е омеѓено со **планински венец** што се нарекува Апенини. Овие планини се високи и до 6 000 km. На североисточната страна се наоѓа планинскиот венец Алпи.

Површината на Месечината е покриена со **кратери** со најразлични форми. Некои од нив, во внатрешниот дел, целосно се рамни, додека кај некои можат да се сретнат една или повеќе централни височини. Често во големите можат да се сретнат и помали кратери.

На видливата страна на Месечината, најголем кратер е Клавиус, чиј максимален пречник изнесува 235 km, а рабовите му се високи и до 6 600 метри. Кратерот Тихо припаѓа на видот кратери што се нарекуваат прстенести планини. Внатрешниот дел на ваквите прстенести

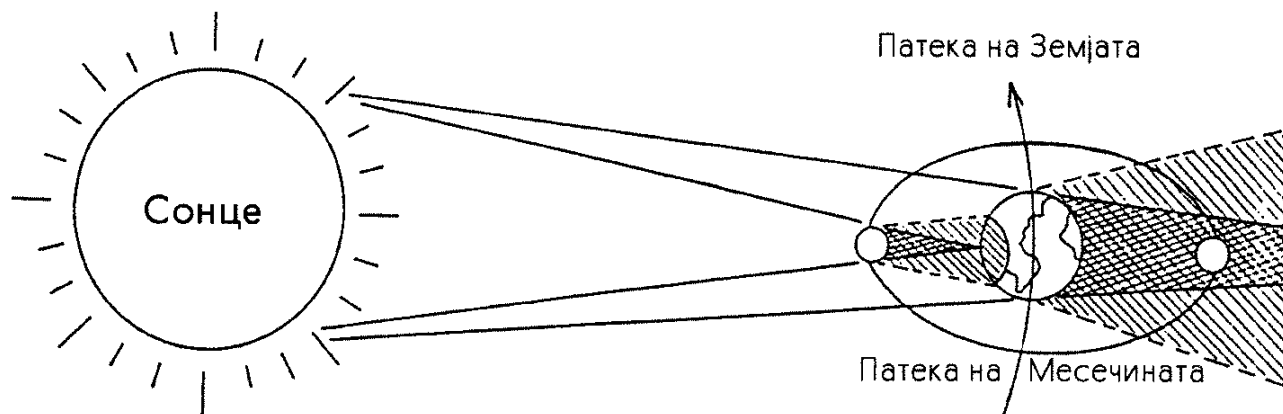
планини понекогаш се гледа како слоевит или терасест. Други примери за вакви формации се Ератостен и Коперник, два големи и ударни кратери. Кратерот Тихо е интересен и затоа што од него се шират светли зраци што се протегаат преку Месечевите планини и мориња долж целиот диск на Месечината. Тие убаво се забележуваат за време на полната Месечина. Зраците немаат сенка, а не ги прекинуваат ниту планините ниту другите топографски детали. (Карта на видливата површина на Месечината е дадена во прилогот на крајот од книгата).

Движењето на Месечината предизвикува и некои појави што се интересни за набљудување. Тоа се, пред сè, затемнувањето на Сонцето и Месечината. **Затемнувањето на Месечината** се случува кога Месечината ќе влезе во конусот на Земјината сенка, што може да се случи само за време на полна Месечина (види сл. 10.16). Бидејќи рамнината на Месечевата орбита е наведната во однос на рамнината на еклиптиката за 5° , затемнувањето на Месечината е можно само доколку, во моментот на полна Месечина, Земјиниот сателит ќе се најде во близина на еден од јазлите, а тоа се како што рековме, точки во кои патеката на Месечината ја сече еклиптиката. Кога ќе дој-

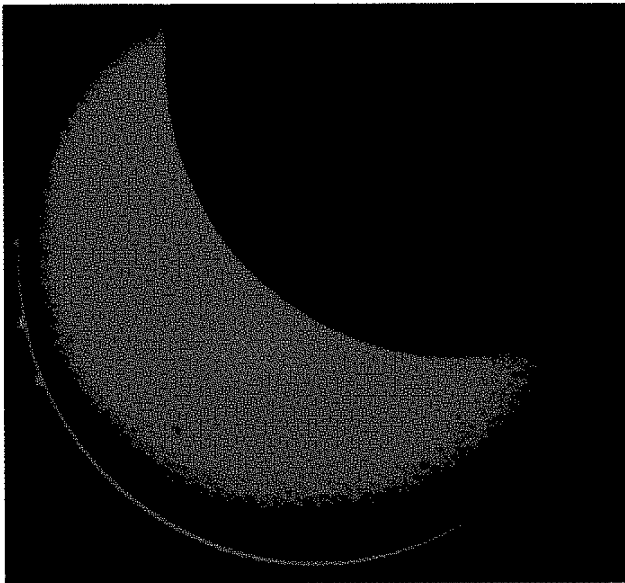
де до затемнување, оваа појава е видлива од сите точки на Земјата во коишто Месечината се наоѓа над хоризонтот. Конусот на Земјината сенка, каде воопшто не продира Сончевата светлина е обвиткан со конус на Земјината полусенка, во кој продира само дел од Сончевата светлина.

Ако Месечината целата влезе во Земјината сенка, тогаш затемнувањето е потполно. Најдолгото можно траење на потполното затемнување на Месечината изнесува $1^h 45^m$. Најдолгото севкупно затемнување на Месечината, мерено од моментот на влегување во Земјината полусенка, до излегување од неа, изнесува $6^h 19^m$.

Затемнување на Сонцето се случува кога Земјата ќе влезе во сенката на Месечината, што може да се случи само за време на млада Месечина. Освен тоа, поради накосеноста на рамнината на Месечевата орбита, во однос на рамнината на еклиптиката од околу 5° , доаѓа до затемнување само кога Месечината е во близина на еден од јазлите. Бидејќи Месечината нема атмосфера, границите на нејзината сенка се многу остри. Должината на Месечевиот конус е доволна за да ја допре површината на Земјата. Често, кога Месечината се наоѓа во апогеј, те. во точката на својата орбита каде што е



Слика 10.16



Слика 10.17

најоддалечена од Земјата, тогаш Земјата ја допира само продолжетокот од овој конус. Во првиот случај, дискот на Месечината го поклопува Сончевиот диск и таквото затемнување го нарекуваме потполно **централно затемнување на Сонцето**. Во втор случај, кога Земјата се наоѓа во продолжетокот на конусот на Месечевата сенка, тогаш дискот на Месечината привидно ни изгледа помал од Сонцето, а таквото затемнување го нарекуваме **прстенесто затемнување на Сонцето**. Ако Земјата влезе само во Месечевата полусенка, а не и во сенката, тогаш ваквото затемнување го нарекуваме **не-централно** и ова затемнување е само **делумно** (сл. 10.17). За разлика од затемнувањето на Месечината, кое се гледа од сите точки на Земјината површина, од кои во тој период може да се гледа Месечината, потполното затемнување на Сонцето може да се види само во многу тесен појас. Надвор од овој појас, ако набљудувачот се наоѓа во конусот на Месечевата полусенка, ќе може да види само делумно затемнување.

Месечината е првото небесно те-

ло на кое стапнал човекот. Шест „Аполо“ експедиции донесоа, на Земјата, повеќе од 2 000 одделни примероци од нејзината површина, со вкупна тежина од 282 kg, а инструментите што астронаутите ги оставија на Месечевата површина работеа цели осум години.

10.4.2. САТЕЛИТИ НА ДРУГИ ПЛАНЕТИ

Внатрешните планети Меркур и Венера немаат сателити, а околу Марс, богот на војните, кружат двата сателита **Фобос (Страв)** и **Дејмос (Ужас)**.

Космичките летови на „Војаџер 1“ и „Војаџер 2“, светлите точки во видното поле на телескопите, околу планетите од Јупитеров вид, ги претвори во цела низа на семејства од сателити и нови светови. Некои од нив се поголеми дури и од некои планети.

Сателитите на Јупитер. - Денес знаеме за 16 Јупитерови сателити. Четирите најпознати сателити ги открил уште Галилеј, во 1610 година, па заради тоа сателитите **Ио, Европа, Ганимед** и **Калисто** се нарекуваат уште и Галилееви сателити. Тоа се тела со планетарни димензии. Сите тие се поголеми од планетата Плутон, а Ганимед е поголем и од Меркур. Овие четири сателити можат да се набљудуваат и со аматерска опрема, па дури и со обичен двоглед. Додека обиколуваат околу планетата нивната положба се менува од час во час. Исто така може да се набљудува и нивниот премин преку дискот на Јупитер, но и честите затемнувања кога ќе се најдат во неговата сенка. Исто така интересно е да се набљудува преминот на сенките на сателитите, кој се гледа како црна точка со остри ивици на Јупитеровиот диск.

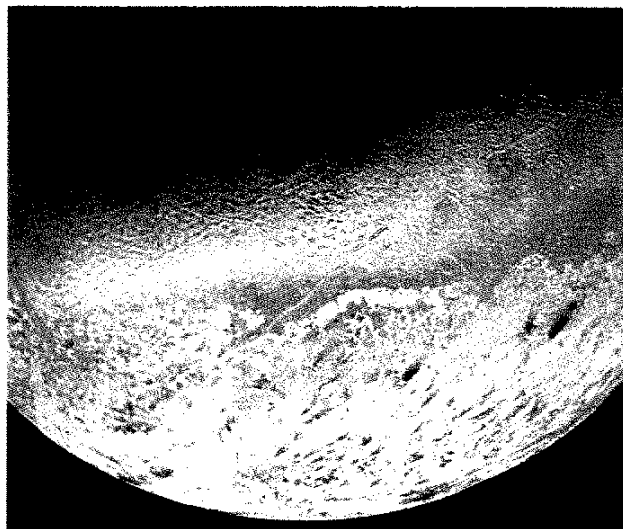
Посебно е интересен сателитот Ио. Тој, по Земјата, е првото небесно тело на кое е откриена вулканска активност („Војаџерите“ открија 8 ерупции). Сателитот има ретка атмосфера, која заради малата маса постојано се губи. Од остатоците на атмосферата, долж орбитата на Јупитер се формира торус од водород и торус од плазма.

Сателитите на Сатурн. - Околу Сатурн кружат 18 познати сателити. Најголем е сателитот **Титан**, кој го откри **Хајгенс** (Christian Huygens, 1629–1695 год.), во 1665 година. Овој сателит е поголем од Меркур и од Плутон и долго се верувало дека е најголем во Сончевиот систем. Титан има густа атмосфера, која ја крие вистинската големина на овој сателит. Полупречникот на цврстото тело на Титан, според мерењата на „Војаџер 1“, изнесува 2 575 km, додека Јупитеровиот сателит Ганимед, според истите мерења, има полупречник од 2 640 km. Освен Титан, на аматерите им се достапни за набљудување и четирите најголеми сателити по него: **Тетис**, **Диона**, **Реа** и **Јапет**, кои ги открил **Касини**. Тоа се тела со Плутонови димензии.

„Војаџер 2“ помина покрај **Уран** во јануари 1986 година. Тој оттаму испрати низа драгоцен податоци за оваа планета и нејзините сателити, кои по поминувањето на „Војаџер“ ја достигнаа бројката од петнаесет познати сателити, а во 1997 година се откриени уште два.

Најголеми меѓу сателитите се **Миринда**, **Ариел**, **Умбриел**, **Титанија** и **Оберон**, а сите тие ги добиле имињата според личностите од делата на Шекспир.

До поминувањето на „Војаџер 2“ во близина на **Нептун**, беа познати само два сателити - **Тритон** (сл. 10.18) и **Нере-**



Слика 10.18

ида. Во текот на својата мисија „Војаџер“ откри уште шест нови сателити. Новите сателити ги добија имињата: **Протеа**, **Лариса**, **Галатеа**, **Деспина**, **Галаса** и **Најада**. Меѓу нив најголем сателит е Протеа, кој е поголем дури и од Нереида.

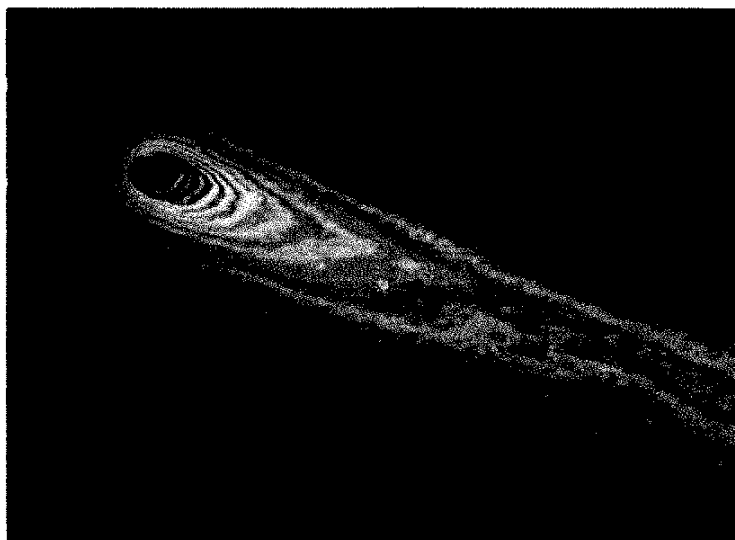
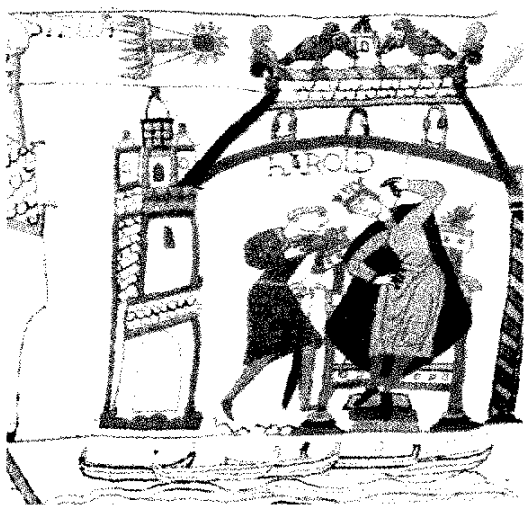
Плутоновиот сателит (откриен 1978 год.) го добил името **Харон** според митолошката личност која ги превезува душите преку реката Стикс во подземниот свет. Полупречникот на ова тело е 560 km, а се наоѓа 17 илјади километри оддалечено од планетата, околу која ротира за $6^d8^h51^m$. Овие податоци овозможува да биде точно определена и големината на Плутон, што доведе и до напдно неочекувани резултати. Пречникот на планетата е проценет на околу 2 246 km, што претставува само околу половина од претходно проценетата вредност. До тогаш се мислело дека најмала планета во Сончевиот систем е Меркур чиј пречник е 4 878 km. Денес се знае дека најмала планета е Плутон, кој со својот сателит Харон чини двоен систем и тоа многу компактен од системот Земја - Месечина.

10.5. КОМЕТИ, МЕТЕОРИ И МЕТЕОРИТИ

Кометите се многу необични тела што се наоѓаат на периферијата од Сончевиот систем, а само ретко доаѓаат во близина на Сонцето и помеѓу планетите. Денеска се мисли дека на растојание од 500 до 200 000 AU, од Сонцето, се наоѓа Ортовиот облак, што го сочинуваат стотина милијарди кометски јадра. Поради нивниот голем број, сепак тоа претставува, повеќе од десет комети годишно. Кометите обично добиваат име според оној што ќе ги открие. Исклучок е Халеевата комета, најпозната од сите комети. Се појавува периодично секои 76 години, а го носи своето име по **Халеј** (Edmund Halley, 1656 -1742). Тој, во 1682 год. определувајќи ги патеките на дваесетина претходно набљудувани комети, утврдил дека три од нив имаат идентични патеки. Кога оваа комета се појавила повторно во времето и местото што Халеј ги пресметал, оваа комета го добила името по него. Последен пат помина во близина на Сонцето во февруари 1986 год. (сл. 10.19).

Главата на кометата или комата опкружува мало јадро, а со приближувањето до Сонцето се формира и опашка. Главата на кометата достигнува до 100 000 km, иако јадрото најчесто не е поголемо од 1 - 2 km. Најчесто се состои од мраз, прашина, камења, а понекогаш и од заситени јагленоводороди. Опашката се создава со испарување заради загревање и интеракција со Сончевиот ветар. Кога кометата е во близина на Сонцето, тогаш нејзината должина може да достигне и до сто милиони километри и обично е составена од две опашки, од плазма и прашина, свртена секогаш наспроти Сонцето (сл. 10.20). Масата на кометите не е голема: кај Халеевата комета таа е 10^{16} kg, а најчесто е и многу помала.

Кометите при секое минување покрај Сонцето губат дел од својата материја, растурајќи ја долж својата патека. Ако патеката на кометата се вкрстува со патеката на Земјата, останатите делчиња што чинат **метеорски рој**, при наидување-



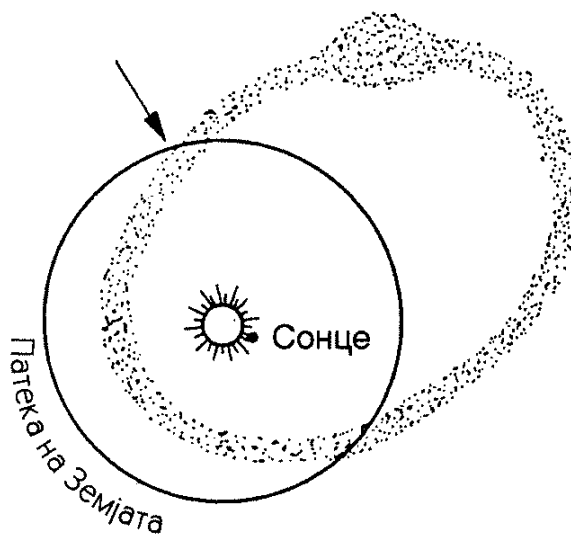
Слика 10.19 – Халеевата комета на таписеријата во Бајоу (Франција) од 1185 година и на снимката од 1913 година.



Слика 10.20 – Кометата Хејл-Боп, март 1997.

то на Земјата, можат да влезат во Земјината атмосфера со брзина до 70 km/s. При тоа, заради триење со атмосферата, тие се загреваат, се јонизираат и согоруваат. Тоа се **метеори**. Најсјајните меѓу нив, **болиди**, се пропратени со звучни, електромагнетни и други ефекти. Освен метеорските роеви се појавуваат и споредни метеори. За роевите лесно е воочлива точка на појавување - радијант. Еден од најубавите роеви се Персеидите (видливи во периодот помеѓу 9 и 13 август), кој обилува со сјајни метеори. Јонизацијата на Земјината атмосфера се врши делумно и со метеорите. Јонизираната трага може да трае повеќе минути и лесно се открива со помош на радар.

Влијанието на циновските планети врз патеките на кометите е толку голем што можат да предизвикаат некои од нив да бидат исфрлени од Сончевиот систем, а други да бидат заробени од нивната гравитација и да станат периодични. Секоја голема планета има своја „фамилија“ на комети. Најбројна е Јупитеровата. Халеевата комета припаѓа на Нептуновата „фамилија“ комети. Метеорските роеви што одговараат на бројните фами-



Слика 10.21

лии, како што се Јупитеровата и Сатурновата, се побогати, даваат повеќе метеори и порамномерно се распоредени по патеката (сл. 10.21). Заради падот на метеорите, Земјината маса годишно се зголемува за околу десетина илјади тони. Покрај губењето на лесните гасови од високите слоеви на атмосферата, од неколку илјада тони годишно, сепак Земјината маса постојано се зголемува. Ако целото метеорско тело не согори, при минувањето низ атмосферата, тогаш на Земјата паѓа **метеорит**.

Метеоритите можат да бидат камени, железни и сидеритни или камено железни. Во однос на масата најчесто се со големина од зрнце прашина па до не-



Слика 10.22

колку грама, но забележани се и случаи на метеори со големина од неколку десетина тона, како пр. Сихоте - Алински метеорит (СССР, 1947 год.). Дека некогаш паѓале и многу поголеми метеорити сведочат и кратерите на Месечината и Земјата, пр. Беринцеровиот кратер во Аризона има пречник од 1 km (сл. 10.22). Пронајдени се и десетина кратери со пречник

кој е поголем од 100 km. На работ на еден од нив подигната е и Асуанската брана (Египет).

Автоматските станици „Вега 2” и „Ѓото” имаа „блиска средба” со јадрото на Халеевата комета. Низ опашката на кометата Ѓакобини-Цинер помина и една космичка сонда која испрати низа драгоцени податоци „од самото место”.

10.6. ЕВОЛУЦИЈА НА СОНЧЕВИОТ СИСТЕМ

Сончевиот систем е единствениот истражуван планетарен систем, но сепак и за него не се знае доволно за да се направи точен модел за неговото создавање и еволуција. Со развивањето на науките се развивала и нашата претстава за неговото создавање. Хипотезите за создавањето на Сончевиот систем можат да се поделат во три групи:

- хипотези за ладни маглини,
- судирни хипотези и
- хипотези за топли маглини.

Наведени се по редослед онака како што се појавувале во текот на историјата. Добрата хипотеза мора да објасни:

- зошто скоро целата маса е сконцентрирана во Сонцето, а скоро сиот ротирачки момент на системот во планетите,

- зошто сите планети, освен Венера и Уран, имаат револуција и ротација во иста насока (која што исто така треба да се објасни), зошто сите рамнини на револуцијата се (практично) компланарни,

- зошто сите патеки имаат ексцентритет помал од 0,1, освен патеките на Меркур и Плутон.

- зошто патеките на планетите од Земјин вид (кои се погусты) се наоѓаат

поблиску до Сонцето, а планетите од Јупитеров вид (кои се поретки) се наоѓаат подалеку од Сонцето.

- која е суштината на Тициус-Бодеевото правило, а освен ова и како и зошто ќе се менуваат карактеристиките на планетарниот систем во подолги временски интервали.

Бидејќи на овие прашања не може да се одговори кратко, ќе бидат дадени само некои сосема упростени одговори.

Формирањето на Сончевиот систем почнало пред пет милијарди години, од облаци на космичка материја, со помош на гравитационо собирање. Според хипотезата на ладна маглина на Кант (Immanuel Kant, 1724 -1804 год.) и Лаплас (Pierre Simon Laplace, 1749 - 1827 год.), се следи само учинокот на гравитационата сила, во облик на ниска температура. Компресијата и ротацијата (чие потекло, според овој модел, не е јасно) доведуваат до формирање на ротирачки диск со температура која во центарот, достигнува околу 15 милиони степени, најнапред зрачи во инфрацрвен спектар. Со почетокот на нуклеарната синтеза престанува натамошната компресија, а полесните гасови од околината на формираната ѕвезда

стануваат „оддувани“ кон периферијата на облакот. Со натамошната фрагментација, во која значајно место играат брановите процеси, стануваат протопланети, а во понатамошната еволуција и планети со нивни сателити. Останатата материја формира кометски облак на периферијата.

Судирната хипотеза на Џинс (James Horwood Jeans, 1877 - 1946), на почетокот на XX век, се обидува пред се да ја објасни ротацијата и револуцијата. Се поаѓа од сличноста на свездените движења со движењето на молекулите, а блиското разминување на две свезди се смета за судир. При тоа плимското делување извлекува материја од двете свезди, а од оваа материја се формираат планети. Со ова лесно се објаснуваат положбите на рамнините на планетарните движења и правците на ротација и револуција, но и

потеклото на Сончевата ротација. Најголемиот недостаток е крајно малата веројатност за таков судир, затоа што средното време помеѓу две такви случувања е многу поголемо од староста на нашиот Сончев систем.

Алфвен (Hannes Olaf Gesta Alfven, 1908–1995 год.) **сосема поинаку пристапува кон овој проблем.** Оваа теорија, развиена со помош на резултатите од магнето-хидродинамиката (за развој на магнето-хидродинамиката Алфвен доби Нобелова награда за физика), го разгледува гравитациониот колапс на облакот од плазма и прашина, при формирањето на звезда со планети. Битна улога во создавањето на Сончевиот систем, со особеностите што денеска ги воочуваме, одиграло магнетното поле во првичниот облак од плазма.

ПРАШАЊА

1. *Од што е составен Сончевиот систем? Каде се неговите граници?*
2. *Објаснете ја поделбата на големите планети на внатрешни и надворешни, како и поделбата на планетите од Земјин и Јупитеров вид.*
3. *Кои планети имаат атмосфера?*
4. *Кои планети имаат сателити и прстени, а кои само сателити?*
5. *Во која врска се Тициус-Боденовиот правило и опкривеноста на астероидите?*
6. *Кои се димензиите на најголемиа планета, сателити и планетоид?*
7. *Дали Сонцето секогаш е најголем објект во Сончевиот систем?*
8. *Што се комети, каде најчесто живеат и кој е нивниот состав?*
9. *Што знаете за опашките на кометите?*
10. *Која е врска помеѓу кометите, метеорските роеви (појози) и метеоритите?*
11. *Што знаете за Халеевата комета?*
12. *Оштете метеор и болид. Колкави можат да бидат брзините на нивно влезување во атмосферата?*
13. *Што знаете за Мохоровичичевиот дисконтинуитет?*
14. *Кои придонеси ги дал Р. Бошковиќ во геодезијата?*

ЗАДАЧИ

10.1. Зошто терминаторот на Месечината и на Венера е во форма на полуелипса (сл. 10.23)?

10.2. Честичките на Сатурновиот прстен А, на надворешниот крај имаат период на револуција, околу планетата, од $14^{\text{h}} 27^{\text{m}}$, а на внатрешниот раб од прстенот В - $7^{\text{h}} 46^{\text{m}}$. Дали Кеплеровите закони важат за нивните движења? (Полупречникот на Сатурн е $R_S = 59\,500\text{ km}$, а оддалеченоста на прстенот од планетата $R_A = 270\,000\text{ km}$ и $R_B = 208\,000\text{ km}$.)



Слика 10.23

10.3. Проценете ја температурата на атмосферата на планета со маса M и радиус R

ако незината дебелина $h \ll R$ и доколку е хомогена и со молекулска маса μ .

10.4. Дали Месечината би можела да задржи атмосфера од водена пара?

10.5. Јупитеровиот сателит Ганимед има период на обиколка од 7,1 денови и просечно растојание од Јупитер од $1\,070\,000\text{ km}$. Определете го односот на масите помеѓу Сонцето и Јупитер.

10.6. Претпоставувајќи дека целата Земја е прекриена со вода, а дека површината на водата е еквипотенцијална, изведете ја формулата за Земјината сплесканост.

10.7. Хелиоцентричната лонгитуда на перихелот на Марс (лонгитуда сметана од правата Сонце - γ точка во рамнината на еклиптика а во насока на движењето на планетата) е 334° . Ако Земјината патека е кружна, во кој месец се случуваат големите опозиции на Марс?

11. ПРАКТИЧНА РАБОТА

11.1. УПАТСТВО

Астрономијата не е само теориска туку и набљудувачка наука. Без доживување на астрономско набљудување, па дури и минимално и сосема импровизирано, не е можно да се стекне вистинска слика за оваа наука. Поради природата на „набљудувачкиот експеримент“, кој во астрономијата не може да се изведе на еднаков начин како во физиката, бројот на вежбите треба да биде еквивалентен на она што е можно да се стори. Предлагаме, задолжително, да се направи една вежба - „Определување на изгледот на

небото со помош на карта“. Потоа самостојно, според временските прилики и сопствен интерес, да се направат и други „експерименти“, кои во текстот се наведени во форма на задачи, со неопходни упатства. Дополнувањата со обичен фото-апарат и помал телескоп веќе овозможуваат мноштво можности за успешна реализација и на низа други „вежби“.

На сите оние што ја проучуваат астрономијата им препорачуваме да го посетат и планетариумот.

11.2. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ИЗГЛЕДОТ НА НЕБОТО СО ПОМОШ НА КАРТА

Сите астрономски набљудувања грижливо се подготвуваат за да можат да бидат извршени во најповолно време и со максимален ефект. (На сите им е познато дека ѕвездите не се набљудуваат дење, ниту пак Сонцето ноќе.) Оваа вежба треба да ве упати во определувањето на изгледот на небото со помош на карта, да можете однапред да знаете што се можете да видите и за да можете набљудувањата така да ги распоредите за да можете да ги извршувате кога објектите се наоѓаат во близина на меридијанот (горна кулминација). Тогаш атмосферските пречки се најмали, што значи дека набљудувачките услови се најпогодни. Изгледот на небото на ист датум, но во

друго време, се добива со едноставно додавање или одземање на временската разлика долж кругот на асенција на картата.

Да видиме од што е составена оваа вежба.

Задача. - Пресметајте го ѕвезденото време за даден момент на граѓанско време и изгледот на небото, со помош на небесна карта.

Постапка. - За избраниот момент на граѓанско време (*SEV* или летно време, *LV*) треба да се изврши премин на светско време (*UT*):

$$UT = SEV - 1^h \text{ или } UT = LV - 2^h.$$

Ѕвезденото време (*s*), во дадено место (φ, λ) во дадено време (*UT*) е опре-

делено со образецот:

$$s = S_0 + UT - UT \cdot \mu - \lambda.$$

S_0 е свездено време на гриничкиот меридијан, во време на претходната полноќ. Податок за ова се зема од ефемеридите, (Македонското астрономско друштво секоја година издава „Астрономски ефемериди“ во своето списание „Астрономски алманах“) или се пресметува со формулата:

$$S_0 = S_{00} + N \left(\frac{236,5553633}{3600} \right)^h,$$

каде што N е реден број на денот во годината, S_{00} - свездено време на гриничкиот меридијан на полноќ, 31 декември во годината што минува. $UT \cdot \mu$ е поправка на интервалот на Сончевото време за премин во интервал на свезденото време. За потребите што се наведени во оваа задача, оваа поправка може да се занемари и затоа го користиме изразот:

$$s = S_0 + UT - \lambda.$$

За да се определи изгледот на небото, првин треба да се пресмета асенсија на свездата во меридијанот, што врз основа на дефиницијата за кулминација ($t = 0$) ја добиваме од образецот за свездено време во тој момент: $s = \alpha$. На овој часовен круг се наоѓа и точка за која $\delta = \varphi$. Тоа се координати на зенитот за место со географска широчина φ и должина λ , во моментот UT , за датум за кој свезденото време на гриничкиот меридијан е S_0 . Сега можеме да ги најдеме и координатите на карактеристичните точки на хоризонтот по табелата 1.

Заради проекцијата во која е работена картата, овие точки ги поврзуваат лакони на елипси. Со тек на време зе-

Точка	Асенсија	Деклинација
Зенит (Z)	s	φ
Источна (E)	$s + 6^h$	0
Западна (W)	$s - 6^h$	0
Јужна (S)	s	$-(90^\circ - \varphi)$
Северна (N)	$s \pm 12^h$	$+(90^\circ - \varphi)$

Табела 1



Слика 11.1

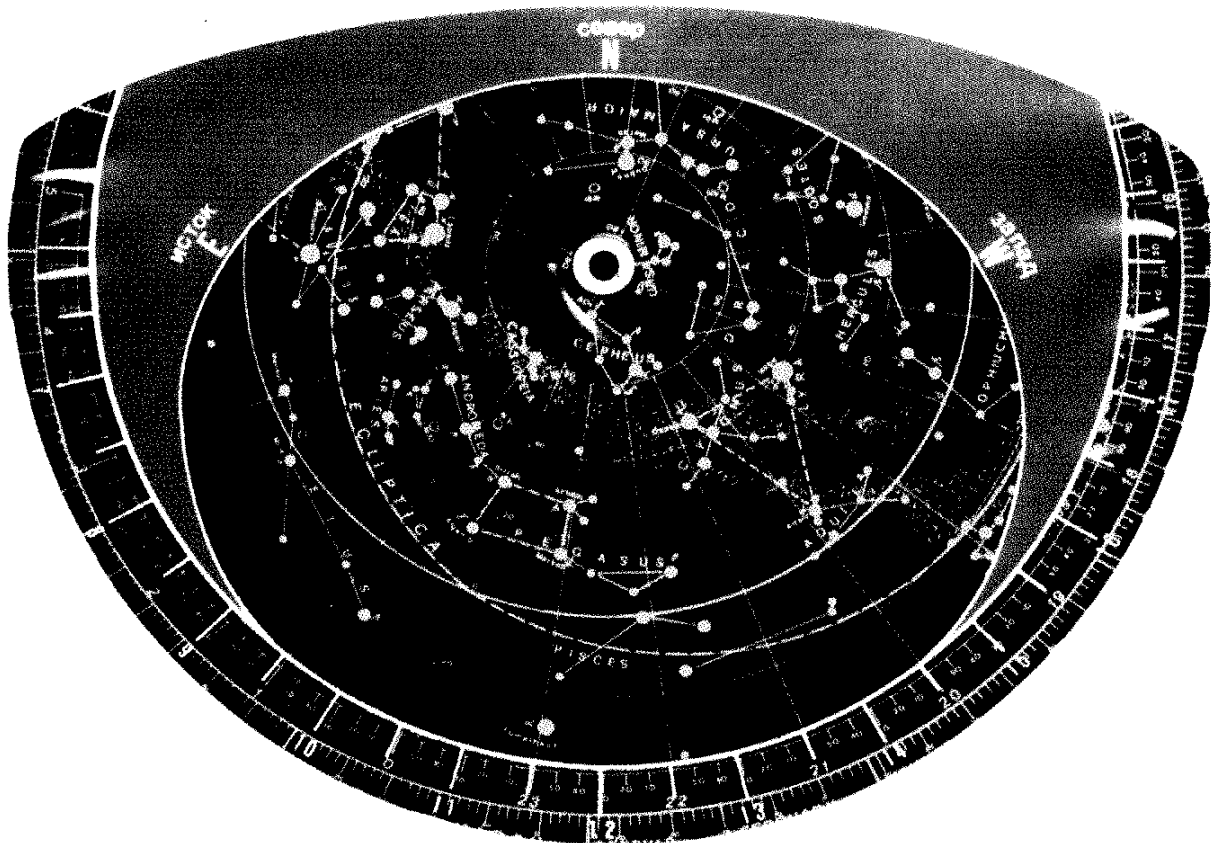
нитот се поместува долж небесната паралела во насока кон исток, те. кон поголемите асенсии, за големини што се еднакви на изминатите интервали на времето. На слика 11.1 е прикажана положбата на елипсата на небесната карта за $s = 12^h$.

Пример. - Изгледот на небото во Скопје, на 24 септември во 21^h SEV.

Бидејќи во четири години S_{00} варира помеѓу $6^h 39^m$ и $6^h 42^m$, за овие потреби доволно е да се земе дека $S_{00} = 6^h 40^m,5$. Нашиот датум всушност е 267 ден во годината (а за престапните години 268 дена), па затоа:

	Z	E	W	S	N
a	22 ^h 39 ^m	4 ^h 39 ^m	16 ^h 39 ^m	22 ^h 39 ^m	10 ^h 39 ^m
d	42°	0°	0°	-48°	+42°

Табела 2



Слика 11.2

$$S_0 = 6^{\text{h}} 40^{\text{m}},5 + \frac{236,5553633}{3600} \cdot 267 = 6^{\text{h}} 40^{\text{m}},5 + 17^{\text{h}} 32^{\text{m}},5 = 0^{\text{h}} 13^{\text{m}}.$$

За престапна година еден ден повеќе или повеќе за 4^m. Тогаш за $\varphi = 41^{\circ} 59'$ и $\lambda = -1^{\text{h}} 26^{\text{m}}$ се добиваат вредностите што се дадени во табелата 2.

Положбата на точките и видливиот дел на небото се претставени на т.н. подвижна карта на небото (сл. 11.2). Гледаме дека ѕвездата Вега, една од најсјајните во соѕвездието Лебед, се наоѓа западно од зенитот, а сјајната ѕвезда Ал-

таир, од соѕвездието Орел, југозадно од зенитот. Големата мечка е во близина на хоризонтот, со „часовна стрелка“ на положбата број 6, на „небесниот часовник“:

Објектите се идентификуваат на тој начин што набљудувачот треба да се сврти со лицето кон јужната точка на хоризонтот. Картата се поставува на тој начин што се става пред лицето, во правец север - југ, а треба приближно да лежи во меридијанот. Картата што се поткрева треба да биде свртена кон нашето лице. Кога гледаме кон зенитот, тогаш го гледаме небото онака како што е проектирано на рамнината на нашата

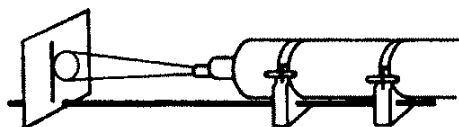
карта. Тогаш, на небото можеме лесно да ги најдеме бараните објекти, а ги следиме на нашата карта тргнувајќи од зенитот.

Вежбајте ја оваа постапка, ќе би-

дете изненадени колку е едноставна. Потоа можете да ги запознавате убавините на небото.

ЗАДАЧИ

- Со помош на телескоп набљудувајте го ликот на Сонцето на проекционен екран (сл. 11.3), 25 денови еднопруго и определете го бројот на пегите (според образецот $R_w = 10g + f$, g - број на групи, f - број на пегии). Нацртајте графикон на активностите.



Слика 11.3

- Определете го агловиот пречник на Сонцето со помош на метода за премин на ликот на Сонцето преку „конец“.
Упатство: Искористете го привидното движење на небото и неподвижен телескоп. Улогата на „конец“ може да ја одигра и права што е повлечена на проекциониот екран, која е нормална на небесната паралела (сл. 11.3). Деклинацијата на Сонцето може да се земе од ефемеридите или да се измери со помош на гномон. Агловиот пречник е определен со формулата:

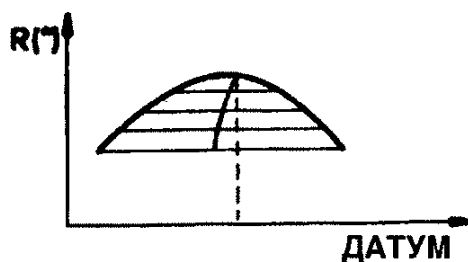
$$2R'' = 15 \Delta t(s) \cos \delta$$

каде што Δt е време на премин.

- Со постапка како во претходната задача определете ја големината на најголемата Сончева пега, што сте ја набљудувале.
- Бележејќи ги положбите на сенките на гномонот, во време од 10^h до 13^h SEV определете ја положбата на пладневната линија, местото на набљудување и деклинацијата на Сонцето. Податокот за географската широчина земете ја од географска карта.
- Со мерење на широчината на српот или стомакот на Месечината, како и неговиот пречник (на проекционен екран) определете ја фазата и елонгацијата на Месе-

чината и „староста“ во денови, претпоставувајќи дека се движи по кружна патека.

- Користејќи ја вежбата за определување на изгледот на небото со помош на карта, подгответе и реализирајте набљудување со помош на телескоп, за следните објекти: Андромедина маглина M31, двојната звезда во Касиопа - η Cas (октомври - ноември), метеорските роеви - Леониди (14 - 17 ноември) во соѕвездието Лав или Лириди (мај), отворените ѕвездени јата Плеади и Хијади (март) во соѕвездието Бик, збиеното ѕвездено јато M13 во Херкул (мај), Орионовата маглина M42 и Орионовата двојна звезда η Ori и λ Ori (декември, јануари).
- Со помош на небесна карта и телескоп набљудувајте ги двојните ѕвезди Алкор (80 UMa) и Мизар (ζ UMa) во Големата Мечка и Северницата во Малата Мечка.
- Врз основа на податоците за привидниот радиус на Сонцето, дадени во ефемеридите, нацртајте графикон „аглов радиус - датум“ и со помош на графиконот кога Земјата се наоѓа на средно растојание, во перихел и афел и определете ја далечината Земја - Сонце на денот на вашиот роденден.



Слика 11.4

Упатство: По апсциса користете го размерот $1\text{mm} = 1^d$, по ордината $1\text{mm} = 1''$ и почнете од $15' 30''$. Датумите за перихел

и афел поточно се определуваат со поврзување на средината на тетивата (сл. 11.4) кои поврзуваат еднакви вредности на аголовиот радиус. Оценете ја грешката во определувањето на датумот. Астрономска единица претставува средното растојание, т.е. $\bar{r} = 1\text{AU}$. Тогаш Сонцето се гледа под среден агол \bar{R}' , па поради малите вредности на агли, важи односот

$$\frac{R'}{r} = \frac{\bar{R}'}{\bar{r}}$$

9. Определете го ексцентрицитетот на Земјината патека, положбата на аголот на перихелот и координатните точки на небото кон кои е издолжена Земјината елипса, користејќи го графиконот од претходната задача.

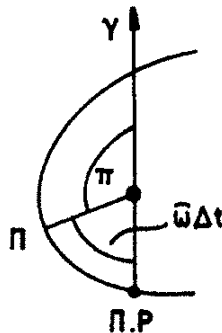
Упатство: Помеѓу екстремните вредности на агли под кои се гледа Сонцето и растојанието Земја - Сонце, постои однос:

$$\frac{\text{tg } R'_{\text{max}}}{\text{tg } R'_{\text{min}}} = \frac{\bar{r}(1+e)}{\bar{r}(1-e)}$$

што за агли помали од 5° дава:

$$e = \frac{R'_{\text{max}} - R'_{\text{min}}}{R'_{\text{max}} + R'_{\text{min}}}$$

Перихелниот агол приближно е еднаков на $\pi = 180^\circ - \Delta t(d) 1^\circ$ (сл. 11.5), каде што Δt е број на денови помеѓу моментот на преминување на Земјата низ перихел (привидниот Сончев агол е максимален) и пролетната рамнодневица П.Р. Координатите на Сонцето кога Земјата е во перихел претставуваат бараните координатни точки кон кои што е издолжена Земјината елипса.



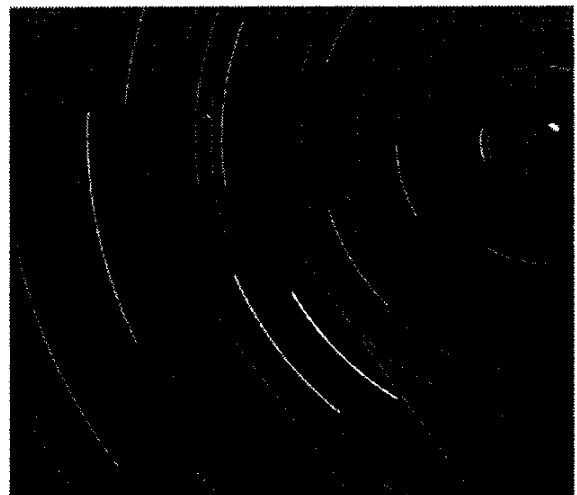
Слика 11.5

10. Со мерење на висината на Северницата определете ја приближно географската ширина на вашето место.
11. Користејќи податоци за асензија и деклинација на Сонцето и Венера нацртајте графикон „елонгација - датум“. Опре-

делете го датумот и големината на најголемата елонгација. Елонгацијата пресметајте ја според формулата:

$$\cos \lambda = \cos(\alpha_V - \alpha_S) \cos(\delta_V - \delta_S)$$

12. Користејќи ги небесните екваторски координати на Меркур, дадени во ефемеридите, нацртајте го во Меркартова проекција годишниот пат на Меркур меѓу ѕвездите - за годината што изминува.
13. Од астрономските ефемериди земете ги небесните екваторски координати на Сонцето, Месечината и планетите за датумот на вашето раѓање и нацртајте ја нивната положба на небесната карта.
14. Направете, на модел на небесна сфера, квалитативна слика на промена на дневниот пат на Сонцето над и под хоризонтот, за различни географски широчини.
15. Со помош на ѕвездена карта најдете ја пролетната рамнодневица, есенската рамнодневица и апексот на Земјиното движење.



Слика 11.6

16. Сликата 11.6 е добиена со неподвижна камера. На неа се трагите на ѕвездите што се наоѓаат во близина на Северниот небесен пол. Колкаво е времето на експозиција на оваа снимка?



посебно во близина на хоризонтот. Сето тоа заедно дава впечаток дека набљудувачот се наоѓа во центарот на полусферата.

Фактичката височина на атмосферата е околу стотина километри, хоризонтот е оддалечен околу 5 km, а нашето око не може со сигурност да определи растојание на далечина поголема од неколку стотини метри. Сето тоа влијае, без разлика на вистинската далечина на небесните тела, да се добие впечаток дека сите тие се на еднакво растојание од нас. Поради тоа се зема дека небесната сфера има единечен радиус. Единствено сјајот на одделни небесни објекти го нарушува впечатокот на еднакви далечини на небесните тела, бидејќи за сјајните ѕвезди ни се чини дека се наоѓаат поблиску.

Дека привидната положба на небесните тела не зависи од растојанијата, може да се забележи на слика 12.2. На сликата 12.3 гледаме дека аголот на сферата помеѓу тангентата на сферата во точката на полот, потполно одговара на најкраткиот лак на екваторот, помеѓу круговите што формираат рамнини низ тие тангенти и центарот на сферата, како пресек со сферата (агол на диједар). На овој агол е еднаков и аголот меѓу правите што се создаваат со пресек на тие рамнини во екваторијалната рамнина, со теме во центарот на сферата. Од гледна точка на праксата на мерењето, ова е многу важно. По дефиницијата за координатни системи, конкретното барање на нивните елементи на небесната сфера е сосема едноставно.

12.2. РЕШЕНИЈА И РЕЗУЛТАТИ

2.1. Набљудувачот ја гледа источната страна на небото, бидејќи до кулминацијата која ја достигнува во меридијанот ѕвездата се издигнува над хоризонтот.

2.2. Должината на сенката L и висината на предметот H прават катети на правоаголен триаголник, па висината е $h = 45^\circ$, бидејќи $\operatorname{tg} h = H/L = 1$.

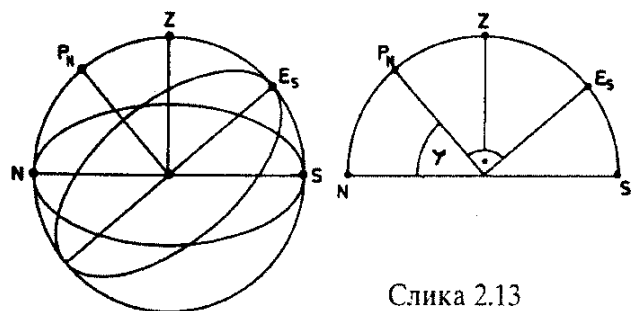
2.3. Од дефиницијата на ѕвездено време, како збир на асенција и часовен агол ($s = \alpha + t$) следи: $t = 18^{\text{h}}22^{\text{m}} - 20^{\text{h}}38^{\text{m}} = 24^{\text{h}} + 18^{\text{h}}22^{\text{m}} - 20^{\text{h}}38^{\text{m}} = 21^{\text{h}}44^{\text{m}}$.

2.4. 16^{h} .

2.5. а) 24^{h} ѕвездено време е дефиниција за ѕвезден ден, б) во горна кулминација $s = \alpha$, а во долна $s = \alpha \pm 12^{\text{h}}$. Значи, ќе поминат $1^{\text{h}}24^{\text{m}}$ од ѕвездено време.

2.6. 2^{h} порано. Поради Земјината ре-

волуција привидното вртење на небото е поголемо од цел круг за приближно 1° дневно, што е 4^{m} порано дневно, т.е. $30^{\text{d}} \times 4 \text{ min} = 120 \text{ min} = 2^{\text{h}}$.



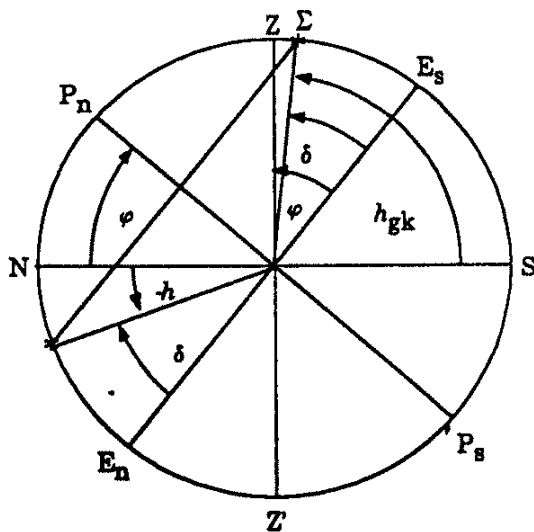
Слика 2.13

2.7. Пресекот на небесната сфера долж меридијанот го дава одговорот на прашањето: $48^\circ 01'$ (сл. 2.13).

2.8. $s = 18^{\text{h}}23^{\text{m}} + 19^{\text{h}}33^{\text{m}} = 37^{\text{h}}56^{\text{m}} - 24^{\text{h}} = 13^{\text{h}}56^{\text{m}}$.

2.9. Може. Сонцето на 20 март е во точка на пролетна рамноденица, па 2^{h}

после неговото заоѓање ѕвезденото време е 8^h . Оттука, часовниот агол на Сириус е $1^h 17^m$. Во меридијанот на место со географска ширина φ висината на Сириус над хоризонтот е определена со: $h = 90^\circ - \varphi + \delta = 31^\circ,4$. Тоа е над хоризонтот, и блиску до вистинската вредност, затоа што часовниот агол е блиску до вредноста 0^h .



Слика 2.14

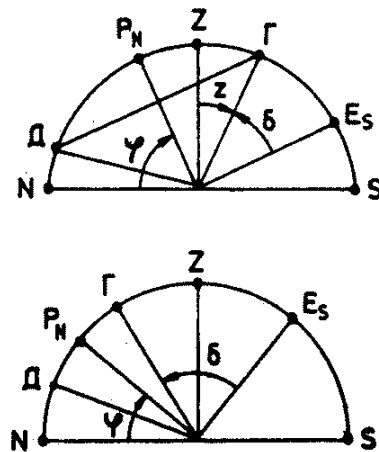
2.10. Од слика 2.14 може да се најде релацијата за висина на горната кулминација: $h_{gk} = 90^\circ - \varphi + \delta$. Со решавање на оваа равенка по δ се добива дека $\delta = 28^\circ,9'$.

2.11. За Скопје: $48^\circ 01'$.

2.12. Од сликата 2.14 се гледа врската $90^\circ - \varphi = \delta + (-h)$, од каде следи дека $h = \varphi + \delta - 90^\circ$. Со решавање, за долната кулминација се добива $h = -20^\circ$, а од равенката во задача 2.10 се добива висината на горната кулминација $h = 80^\circ$.

2.13. На слика 2.15 се гледа дека меѓу зенитското растојание, деклинацијата и географската ширина постои следниот однос: $\varphi + 90^\circ - (z + \delta) = 90^\circ$ или $\varphi = z + \delta$, што дава $\varphi = 55^\circ 55'$.

2.14. Со помош на слика 2.15 лесно се забележува дека за горната односно дол-



Слика 2.15

ната кулминација јужно од зенитот важи: $\varphi + 50^\circ - \delta = 90^\circ$, односно $\varphi - 20^\circ + \delta = 90^\circ$, од каде се добива $\delta = 35^\circ$ и $\varphi = 75^\circ$. За кулминација северно од зенитот имаме: $50^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ$ и $\varphi - 20^\circ + \delta = 90^\circ$, што дава $\delta = 75^\circ$ и $\varphi = 35^\circ$.

2.15. $\varphi = 40^\circ$ и $\delta = 70^\circ$.

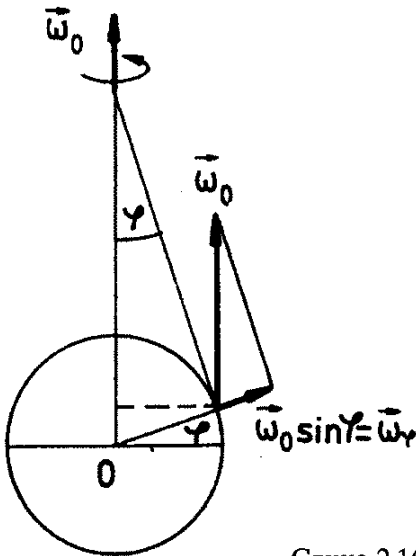
2.16. За солстициум $h = 90^\circ - \varphi \pm \epsilon$, т.е. $h = 70^\circ$ на 22 јуни и $h = 22^\circ$ на 22 декември. Во рамноденица $h = 46^\circ,5$.

2.17. На слика 2.15 се гледа дека $\varphi = z + \delta$, така што за деклинацијата добиваме $\delta = 38^\circ 47'$. Знаеме дека врската меѓу ѕвезденото време асенцијата и часовниот агол е: $s = \alpha + t$. Бидејќи ѕвездата кулминира, нејзиниот часовен агол е $t = 0^h$, па ѕвезденото време е еднакво со асенцијата на ѕвездата, т.е. $\alpha = 18^h 33^m$. Од ѕвездената карта се гледа дека тоа треба да биде ѕвездата Вега (α Lyrae).

2.18. Користејќи ја сликата 2.16 и дефиницијата за аголна брзина гледаме дека важи:

$$T_\varphi = \frac{T_z}{\sin \varphi}, \quad T_z = 24^h, \quad T_\varphi = 35^h 53^m.$$

3.1. Упатство. Да се примени Третиот Кеплеров закон и паѓањето да се разгледува како движење по елипса чија го-



Слика 2.16

лема полуоска претставува сегашната голема полуоска (сл. 3.4). Времињата изнесуваат $64^d,6$ и $4^d,8$.

3.2. Треба да се користат сидеричките периоди: $T_Z = 365^d,256$ и $T_M = 27^d,373$ како и третиот Кеплеров закон. Резултатот е $M_0 = 333\,000 M_Z$.

3.3. Ако ги одбележиме аголните брзини и сидеричките револуции на Венера и Земја со ω_1 и ω_2 тогаш имаме:

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{360^\circ}{T_{sid}}, \text{ од каде } \omega_1 = 1^\circ,6 \text{ за еден}$$

$$\text{ден и } T_1 = \frac{360^\circ}{1^\circ,6} = 225^d.$$

$$3.4. \quad \omega_z - \omega_{sid} = \frac{360^\circ}{T_{sin}}$$

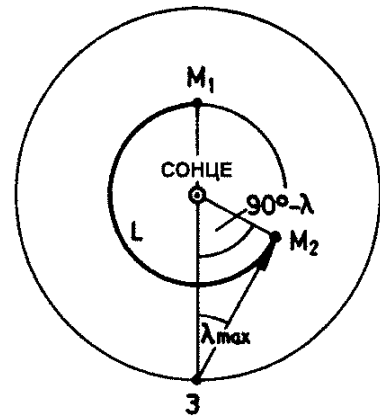
$$\omega_{sid} = \frac{0^\circ,084}{\text{ден}}, \quad T = 11^g 315^d.$$

3.5. $117^d; 13,137$ периоди на револуција или $8^g,24$.

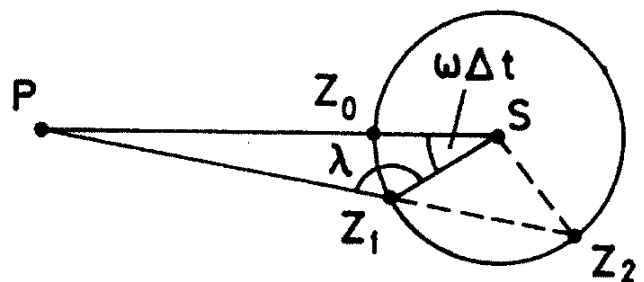
3.6. Во најголемата елонгација аголот Сонце–планета–Земја е прав (сл. 3.5), па растојанието се определува преку синусот на фазниот агол λ_{max} : $\overline{MS} = \overline{ZS} \sin \lambda_{max}$, од каде за оддалеченоста на Меркур се добива $0,39 \text{ AU}$ а за Венера $0,73 \text{ AU}$.



Слика 3.4



Слика 3.5



Слика 3.6

3.7. Од рамниот триаголник на слика 3.6 со примена на синусната теорема, добиваме:

$$\frac{\overline{Z_1S}}{\sin Z_1PS} = \frac{\overline{PS}}{\sin PZ_1S}.$$

Бидејќи $PZ_1S = \lambda$ и $Z_1PS = 180^\circ - \lambda - \omega_2 \Delta t$, следи:

$$\overline{PS} = \overline{ZS} \frac{\sin \lambda}{\sin (\lambda + \omega_2 \Delta t)}.$$

Претпоставивме дека револуцијата на Земјата се одвива по приближно кружна орбита со постојана аголна брзина од $0^\circ,986$ на ден. Очигледо е дека формулата е применлива и на триаголникот PSZ_2 .

3.8. Бидејќи важи: $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$, следи, за Меркур $v = 47,9 \text{ km/s}$, а за Плутон имаме $v = 4,7 \text{ km/s}$.

3.9. Упатство. Силата на плимско дејство всушност е разлика на гравитационите сили кои едно тело делува врз поблиската и подалечната половина на друго

тело. Ако сметаме дека тежиштата на тие половици се оддалечени за половина радиус од центарот на масата на целото тело, со примена на Њутновиот закон за гравитација, каде $d \gg r/2$, се добива следниот резултат:

$$F_{p1} = F_1 - F_2 = \gamma M m \frac{2r}{d^3}.$$

3.10. Најголемата елонгација на Венера одговара на агол од $3^{\text{h}}12^{\text{m}}$, а за Меркур $1^{\text{h}}52^{\text{m}}$. Асенсите на Сонцето биле 0^{h} и 12^{h} . Користејќи ја картата на небото лесно може да се утврди за кои созвездија станува збор, водејќи сметка дека планетите се на еклиптиката.

3.11. Од $mg = \gamma \frac{mM}{R^2}$ следи дека $g = \gamma \frac{M}{R^2}$. Од Третиот Кеплеров закон добиваме:

$$\frac{4\pi^2 d}{T^2} = \gamma \frac{M}{d^2}; \quad M = \frac{4\pi^2 R^3 n^3}{\gamma T^2},$$

$$g = \frac{4\pi^2 n^3 R}{T^2}.$$

$$\mathbf{3.12.} \quad F_{cp} = F_g \Rightarrow \frac{m v^2}{r} = \gamma \frac{m M}{r^2},$$

$$m v^2 = \gamma \frac{m M}{r},$$

$$E = E_k + E_p \Rightarrow E = \frac{m v^2}{2} - \gamma \frac{m M}{r},$$

$$E = \frac{m v^2}{2} - m v^2,$$

од каде конечно се добива дека $E = -\frac{mv^2}{2}$, односно $E = -2,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

3.13. Растојанијата на сателитот во перихелот е $r_p = R_{\oplus}$ и во афелот $r_a = 5R_{\oplus}$ а

преку равенките $r_p = (1-e)a$ и

$r_a = (1+e)a$, ги определуваме ексцентритетот e и големата полуоска a . Се добива $e = 2/3$, а $a = 3R_{\oplus}$. Потоа со примена на третиот Кеплеров закон за движење по кружница и елипса добиваме:

$$\frac{T_k^2}{T_e^2} = \left(\frac{5R_{\oplus}}{3R_{\oplus}} \right)^3 \Rightarrow T_e = \frac{3}{5} T_k \sqrt{\frac{3}{5}}.$$

Времето на приземнување е $t = T_e/2$. За кружни сателити, од Третиот Кеплеров закон следи

$$\frac{4\pi^2 5R_{\oplus}}{T_k^2} = \gamma \frac{mM}{25R_{\oplus}^2}, \text{ или}$$

$$T_k = 10\pi \sqrt{\frac{5R_{\oplus}}{g}},$$

од каде добиваме дека $t = 3\pi \sqrt{\frac{3R_{\oplus}}{g}}$.

4.1. $t = \frac{v}{s}$. Бидејќи $s = 1\text{AU}$ за Сонце, т.е. $386\,400 \text{ km}$ за Месечина и $v = c$, бараните времиња се: 499^{s} и $1^{\text{s}},3$.

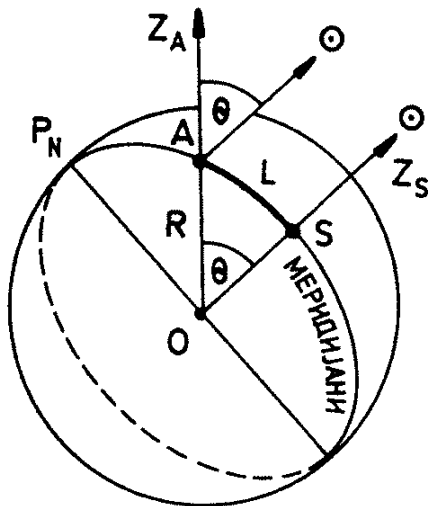
4.2. Аголот во секој од тие случаи изнесува $\alpha = \text{arctg} \frac{2R_{\oplus}}{r}$, каде $R_{\oplus} = 696\,000 \text{ km}$, а r е растојанието од планетата до Сонцето. За Уран се добива $1',5$, за Нептун $1'$ а за Плутон $0',8$.

4.3. $4'',2$.

$$\mathbf{4.4.} \quad R = r (\text{AU}) \frac{\pi(^{\circ})}{206\,265} = 55\,000 \text{ AU}.$$

4.5. Од односот $\frac{\Theta}{L} = \frac{360^{\circ}}{2\pi R}$, слика 4.4,

следи дека $R = 6\,210\,191 \text{ m}$. Бидејќи радиусот на Земјата е $6\,378\,165 \text{ m}$, грешката или отстапувањето на резултатот е $\frac{\Delta R}{R} = 2,6\%$.



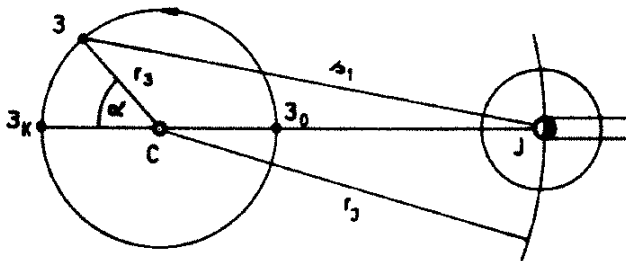
Слика 4.4

4.6. 4,1 AU.

4.7.

$$\frac{R_s}{R_z} = \frac{\delta_s (") d}{206\,265 (") \pi_s (") d} = 109 \text{ пати.}$$

4.8. Во конјукција светлината што пристигнува од Јупитеровите сателити го



Слика 4.5

поминува, освен растојанието помеѓу орбитата на Јупитер и Земјата, уште и дијаметарот на Земјината орбита (сл. 4.5). Бидејќи брзината е определена како количник од патот и времето, може да напишеме:

$$v = \frac{(\overline{JZ_o} + \overline{Z_oZ_k}) - \overline{JZ_o}}{\Delta t} = \frac{\overline{Z_oZ_k}}{\Delta t} = \frac{2r_z}{\Delta t}$$

каде Δt е задоцнување на моментот на затемнување во однос на истата појава во положба Z_o каде што Јупитер е на оддалеченоста s_o . Земјата ќе помине пат од Z_o до Z_k за време τ , а сателитот ќе направи n це-

ли периоди T_o во однос на Сонцето. Значи, $\Delta t = \tau - n T_o$, при што n и T_o се добиваат од набљудување и тогаш $v = \frac{2r_z}{\tau - n T_o}$. За задоцнување од 1000 s добиваме приближно $3 \cdot 10^8$ m/s. За случај кога набљудуваме t_1 денови пред конјукцијата, имаме: $\alpha = \omega t_1$, а $\omega = 1^\circ$ дневно,

$$s_l = \sqrt{r_J^2 + r_Z^2 - 2r_J r_Z \cos(180^\circ - \alpha)}, \text{ и}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\tau - t_1 - n T_o}, \Delta s = s_l - s_o.$$

Напомена. Овие појави може да се набљудуваат кога Јупитер е во рамнината на еклиптиката, а тоа значи приближно во интервали од по 6^s . Тогаш можете и сами да ја определите брзината на светлината. Периодите на четирите Галилееви сателити и останатите потребни податоци може да се најдат во астрономските ефемериди. Од опрема потребно е само мал телескоп и хронометар.

5.1. Бидејќи разликата на свездените величини е $-12,6 - (-26,6) = 14$, а тоа понатака е еднакво на $5 + 5 + 5 - 1$, разликата на сјајот изнесува $2,5^{14}$ или $100 \cdot 100 \frac{100}{2,5}$ пати.

5.2. Бидејќи $E = \frac{I}{r^2}$ и $2,5 \log \frac{E}{E_1} = m_1 - m$, а една кандела на растојание од 1 m дава 1 lx, или во свезедни величини $-14^m, 18$ следи дека $m_1 = 0^m, 82$.

5.3.

$$(m + \Delta m) - m = 2,5 \log \frac{E_m}{E_m + \Delta m}; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta m = 2,5 \log 0,765 = 0,29.$$

5.4. $E (lx) = 10^{-0,4m-5,67}$.

5.5. а) Од Погсоновиот закон следи:

$$m = -14,18 - 2,5 \log E(\text{lx}) = -9,18, \text{ а потоа}$$

$$M = -9,18 + 5 - 5 \log 10 = -9,18$$

б) Врската помеѓу привидната, апсолутната ѕвездена големина и растојанието е: $M = m + 5 - \lg r$. Решавајќи ја последната равенка по r , добиваме дека оддалеченоста е $r = 6\,920$ pc.

5.6. S Dor, 500 000 пати. (прво претворете ја привидната ѕвездена величина на Сонцето во апсолутна). Оддалеченоста на Сонцето е $r(\text{pc}) = 1 / 206\,265$.

5.7. На границата на Земјината атмосфера вкупното зрачење на Сонцето е $1,4 \text{ kW m}^{-2}$, а осветленоста е $135\,000 \text{ lx}$, бидејќи привидната големина на Сонцето треба да се зголеми за износот за атмосферската апсорпција ($0^m,29$). Сонцето се гледа под просторен агол од $6,8 \cdot 10^{-5} \text{ sr}$, па затоа

$$135\,000 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \frac{135\,000}{683} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 198 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ или приближно } 14\%.$$

5.8. Прво треба да се пресмета осветленоста од ѕвезда $+8^m$, што дава $E = 1,343 \cdot 10^{-9} \text{ lx}$, а потоа да се пресмета флуксот: $F = S_{\text{окр}} E = 3,796 \cdot 10^{-14} \text{ lm}$. На крај, останува да се определи моќноста на прагот на дразбата $P = \frac{F}{683}$

$$= 5,5 \cdot 10^{-17} \text{ W. Енергијата на еден квант од } 513 \text{ nm (максимум на ноќната осетливост на окото) е: } Q = h\nu = \frac{hc}{\lambda} =$$

$$= 3,875 \cdot 10^{-19} \text{ J. Бројот на фотони е}$$

$$N = \frac{P}{Q} = 142.$$

Коментар. Окото е осетлив приемик на зрачење. За обична фотографска емулзија истиот ефект се постигнува со 100 до 1 000 фотони.

5.9. Кај визуелно двојните ѕвезди често пати доаѓа до вакво сумирање на сјајот, ако телескопот нема доволно голема разделна моќ. Осветленостите се собираат

$E_1 + E_2 = E$, но $m_2 - m_1 = 2,5 \log \frac{E_1}{E_2}$ дава и нивниот однос:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,5^{m_2 - m_1} = 10^{0,4(m_2 - m_1)}. \text{ За збирната}$$

ѕвездена големина m важи: $\frac{E_1 + E_2}{E_2} =$

$$= 1 + 2,5^{m_2 - m_1} \text{ и } \frac{E_1 + E_2}{E_2} = 2,5^{m_2 - m}, \text{ така}$$

што $m = m_2 - 2,5 \log(2,5^{m_2 - m_1} + 1)$. Обично послабата ѕвезда се одбележува со m_2 , а разликата на нивниот сјај внесува поправка; $C(\Delta m) = 2,5 \log(10^{0,4\Delta m} + 1)$, која за $\Delta m > 2$ практично изнесува $C(\Delta m) = \Delta m$, каде $\Delta m = m_2 - C(\Delta m)$.

5.10. $1^m,58$.

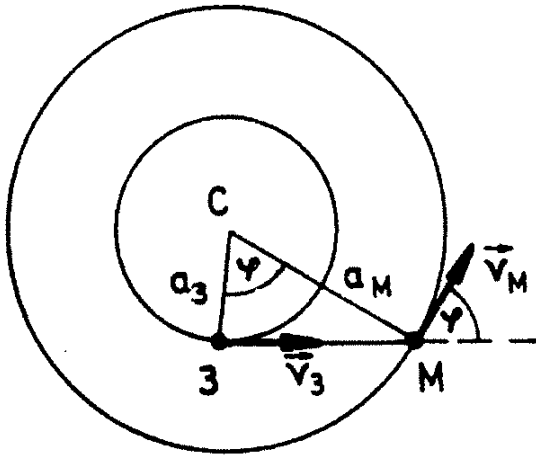
5.11. Со примена на Стефан-Болцмановиот закон за зрачење на апсолутно црно тело го добиваме изразот за луминисценцијата: $L = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T^4 = 4\pi r^2 c_0$,

каде $c_0 = 1,4 \text{ kW/m}^2$ е соларна константа, r е растојанието од Земјата до Сонцето,

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}^4}. \text{ Понатаму следи:}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{c_0 r^2}{\sigma R_{\odot}^2}} = 5\,737 \text{ K.}$$

5.12. Ако двете планети се движат по кружни орбити и во иста рамнина, гледаме дека максималното поместување на линиите одговара на конфигурацијата прикажана на слика 5.7, каде: $v_r = v_M \cos \varphi - v_z$, а оддалеченоста на Земјата a_z и на Марс a_M го определуваат аголот φ со релацијата $\cos \varphi = \frac{a_z}{a_M}$. Бидејќи $v = \frac{2\pi a}{T}$, за Зем-



Слика 5.7

јата $v_Z = 29,8 \text{ km/s}$, а за Марс $v_M = 24,1 \text{ km/s}$. Конечно, $v_r = -14 \text{ km/s}$ и $\Delta\lambda = \lambda \frac{v_r}{c} = -0,16 \text{ nm}$.

Напомена. Примената на Доплеровиот ефект во астрономијата е дадена во задачи од наредните глави.

5.13. Од паралаксата може да се пресмета оддалеченоста: $r = \frac{1 \text{ pc}}{\pi''} \Rightarrow r = 12,5 \text{ pc}$. Агловиот дијаметар во радијани изнесува: $\rho [\text{rad}] = \frac{0,02 \cdot 3,14}{180 \cdot 3600}$. Дијаметарот на ѕвездата може да го определиме од формулата: $d = r \cdot \rho [\text{rad}] \Rightarrow d = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ pc}$ а

радиусот $R = \frac{d}{2}$. Емитираниот флуks (луминисценсијата L) може да се најде од законот за зрачење на апсолутно црно тело: $L = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2$. Примениот флуks е

$\Phi_r = 4\pi R^2 \frac{Q}{St}$. Ако се занемарат губитоците во енергија, т.е.

$$L = \Phi_r \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{4r^2 Q}{St\sigma d^2}} \Rightarrow T = 4294 \text{ K}.$$

6.1. Односот на насобраното зрачење е еднаков на односот на површините, т.е. $\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$. За $D_1 = 11 \text{ cm}$ тоа е 247 пати и $\Delta m = 6^m$. Во вториот случај тоа е 20 408 пати или $\Delta m = 10^m,8$.

6.2. Разделната моќ на телескопот се определува од формулата:

$\delta('') = \frac{\lambda (\text{nm})}{4D (\text{mm})}$, што за сина боја (435 nm) дава 1". Овој објектив не ги разделува, па затоа потребен е објектив со дијаметар од 220 mm или поголем.

6.3. Во првиот случај $\delta('') = 3'',5$, а во вториот 13".

6.4. Во белата светлина се зема $\lambda = 555 \text{ nm}$, па $\delta = 4'',6$, бидејќи зголемувањето е 6 пати а пречник на објективот е 30 mm.

6.5. $\Theta_0 = 32'$. а) $d = 2000 \frac{32}{3348} \text{ mm}$,

б) $d = 50 \frac{32}{3438} \text{ mm}$.

6.6. 400, 250 и 166 пати.

6.7. $F = 25154 \text{ mm}$.

7.1. Херкул; димензиите на соѕвездие-то ќе се зголемат.

7.2. Приближно една ѕвезда по кубен парсек.

$$\mathbf{7.3.} \quad \frac{E_2}{E_1} = 2; \quad \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2,$$

$$\Delta r = r_1 - r_2 = r_1 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = v_r \Delta t. \text{ Од овде}$$

следува $\Delta t = 97000^s$. Во општ случај, времето се добива во години ако оддалеченоста е изразена во светлосни години,

$$\text{според формулата: } \Delta t = \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \frac{c r_1}{v_r},$$

каде c е брзина на светлината. Знакот $+$ се однесува на оддалечување, а $n = E_2/E_1$.

7.4. Апсолутните величини на ѕвездата во моментите $t = 0$ и t се $M = m_1 + 5 - 5 \lg r$ и

$$M = m_2 + 5 - 5 \lg (r - vt),$$

$m_1 - m_2 = 5 \lg \left(\frac{r}{r - vt} \right)$, Бидејќи $m_1 - m_2 = 0,5$, бараното време изнесува $t = 4 \cdot 10^{11}$ s.

$$\mathbf{7.5.} \quad v_t = 4,74 \frac{\mu^{(n)}}{\pi^{(n)}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

$v = \sqrt{90^2 + 22^2} = 96,6 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. μ – сопствено движење, а π е паралакса.

$$\mathbf{7.6.} \quad \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right) = 0,4(m_2 - m_1) = 1,172,$$

$$E_1 = 14,86 \cdot E_2.$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \left(\frac{\pi_2}{\pi_1} \right)^2 = \frac{1}{113,1}, \quad L_2 = 113,1 L_1$$

7.7. а) не постои, б) може, в) постои,

г) бидејќи $R_2 = R_1 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ поради

$$\log \left(\frac{L_2}{L_1} \right) = 0,4(M_1 - M_2) \quad \text{и} \quad T_1 \approx T_2,$$

$M_{\text{III}} < M_{\text{V}}$, радиусот на ѕвезда од III подкласа е поголем отколку на ѕвезда од V подкласа.

$$\mathbf{7.8.} \quad \log r = 1 + 0,2(m - M), \quad r = 16,2 \text{ pc.}$$

7.9. Од дијаграмот на слика 7.1 ја определуваме апсолутната ѕвездена големина на Антарес, M_A . За Сонцето $M_{\odot} = +4,8$, па односот на нивните луминисцентности

$$e: \log \left(\frac{L_A}{M_{\odot}} \right) = 0,4(M_{\odot} - M_A).$$

Бидејќи, луминисцентноста е поврзана со радиусот и температурата со релацијата $L = 4 \pi R^2 \sigma T^4$, каде σ е Стефан-Болцманова константа, следи:

$$\frac{R_A}{R_{\odot}} = \left(\frac{T_{\odot}}{T_A} \right)^2 \frac{L_A}{L_{\odot}}, \quad \frac{L_A}{L_{\odot}} = 39 \, 810 \text{ и}$$

$$\frac{R_A}{R_{\odot}} = 790.$$

7.10. Ако се користи сликата 7.11 и формулата $M = m + 5 - 5 \log r$, се наоѓа дека $r = 220$ pc.

7.11. За сферната компонента на цефеидите важи релацијата: $M = -0^m,2 - 1^m,5 \cdot \log P^d$, што дава $M = -1^m,88$. Понатаму, од релацијата $M = m + 5 - 5 \log r$ (pc) следи $r = 197 \, 600$ pc.

7.12. За вториот тип важи $M = -1^m,73 - 2^m,12 \log P^d$ што дава $M = -4^m,09$ и $r = 547 \, 400$ pc.

$$\mathbf{7.13.} \quad a = \frac{a^{(n)}}{\pi^{(n)}} = \frac{17,6}{0,76} = 23,2 \text{ AU},$$

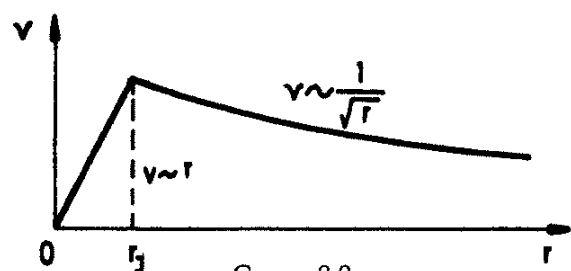
$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{\rho^2} = 2 M_{\odot}.$$

7.14. Примените го Виновиот закон. $\Delta T = 5 \, 000$ K.

7.15. Од Виновиот закон добиваме: 6 983 K, 5 222 K, 4 912 K и 4 458 K.

7.16.

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R}{R_{\odot}} \right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^4 = 100, \quad R = 10 R_{\odot}.$$

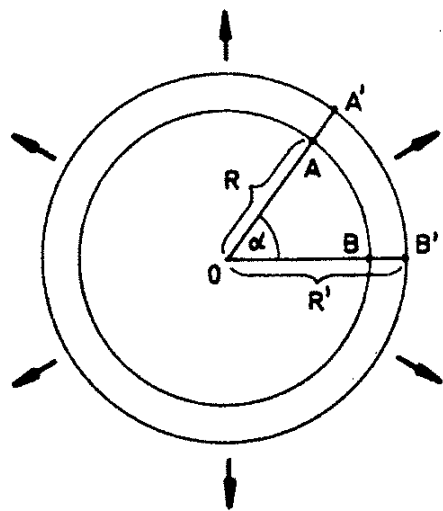


Слика 8.9

8.1. Според Вториот Њутнов закон, на растојание $r > R$ имаме $\frac{v^2}{r} = \gamma \frac{M}{r^2} \Rightarrow v = \frac{\text{const.}}{\sqrt{r}}$, каде γ е гравитациона константа, M е маса на централно тело, v е брзина на двојникот на растојание r . Во јадрото, масата што е содржана во радиус r изнесува $M = \frac{4\pi}{3} \rho r^3$ и $v = \text{const} \cdot r$ (сл. 8.9). ρ е густина.

8.2. Во нерелативистички случај имаме: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{972,2}{486,1} = 2$, или $v = 2z = 2c$, што физички е невозможно.

Во релативистички случај имаме: $v = c \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} = 0,8c$. Растојанието да се определи со примена на Хабловиот закон $v = Hr$.



Слика 8.10

8.3. Да замислиме дека A и B се две галактики на растојание r , кое се мери долж лакот AB (сл. 8.10). Со тек на време радиусот на Вселената R ќе се промени за ΔR и ќе биде $R' = R + \Delta R$, па ќе се промени и растојанието помеѓу галактиките. Бидејќи, централниот агол останува ист (сега не интересира само ширењето на Вселената), важи односот: $r = r' - r =$

$= \alpha(R' - R) = \alpha \Delta R$ каде α е изразено во радијани. Радијалната брзина е: $v_r = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \alpha \frac{\Delta R}{\Delta t} = \frac{r}{R} \frac{\Delta R}{\Delta t} = r \cdot H$, каде $H = \frac{\Delta R}{R \Delta t}$. Од овде се гледа смислата на Хабловата константа.

8.4. $2,05 \cdot 10^8$ години.

8.5. $v_r = 2,2 \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, а од тука $r = 3\,000$ Мрс.

8.6. $z = 0,1585$, $v_r = 0,146c$, $r = 584$ Мрс.

8.7. $M = m + 5 - 5 \log r = -25,8$.

8.8. Доплеровиот ефект за брзината на ширење дава: $v_r = 1\,200 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Ако маглината се шири еднакво на сите страни, тогаш $v_r = v_t$, односно радијалната и тангенцијалната брзина се исти. Бидејќи $v_t = 4,7 \frac{\mu''}{\pi''}$ и $\pi'' = \frac{1}{r(\text{pc})}$, а $\mu = 0'',23$, следи $r = 1,1$ крс.

8.9. На хоризонтот на настани $v = c$, па оддалеченоста на хоризонтот е $h = \frac{H}{c} = 4\,000$ Мрс.

9.1. Да претпоставиме дека важи равенката за состојбата на идеален гас. Густината е определена со $\rho = n_0 m$, каде n_0 е концентрација а m е маса на честичката. Бидејќи вкупната концентрација, притисок и густина се еднакви на збирот од парцијалните величини за секоја врста честичи посебно, може да напишеме: $n_e : n_p : n_\alpha = 109 : 91 : 9$, каде $n_0 = n_e + n_p + n_\alpha$, од каде следи: $n_e = \frac{109}{209} n_0$, $n_p = \frac{91}{209} n_0$, $n_\alpha = \frac{9}{209} n_0$. Масите на електронот, протонот и α - честичите изразени пре-

ку масата на протонот се: $\frac{m_p}{1836}, m_p, 4m_p$.

Средната молекуларна маса на Сончевата супстанца може да се определи од равенката за густина:

$$\rho = \frac{m_p}{1836} \frac{109}{209} n_0 + m_p \frac{91}{209} n_0 + 4m_p \frac{9}{209} n_0 = 0,61 m_p n_0,$$

т.е. $\mu = 0,61 \text{ kg/mol}$. Оттука ја гледаме и смислата на Авогадровиот број како реципрочна вредност на масата на протонот (или Н атоми), односно, број на протони

во маса од 1 kg, $N_A = \frac{1}{m_p}$.

Средната концентрација на честици во Сонцето е: $\bar{n}_0 = \frac{\rho_0}{m_p \mu} = \frac{\rho_0}{m_p} N_A = 1,38 \cdot 10^{30} \text{ m}^{-3}$, што е 10^{11} пати повеќе отколку во воздух на атмосферски притисок.

9.2. Од равенката на идеален гас и резултатите од претходната задача имаме

$p = n_0 k T = \frac{\rho_0 k T}{0,61 m_p}$, каде k е Болцманова константа, T е температура, ρ_0 е густина во центарот на Сонцето. Од формулата за хидростатски притисок следи

$$p = \rho_0 \left(\gamma \frac{M_{\odot}^2}{R_{\odot}^4} \right) R_{\odot},$$

$$T = \frac{p \cdot 0,61 m_p}{\rho_0 k} = \frac{\rho_0}{\rho_0} \frac{0,61 m_p}{k} \gamma \frac{M_{\odot}}{R_{\odot}} = 1,72 \cdot 10^7 \text{ K}.$$

Овде γ е гравитациона константа.

9.3. Бидејќи, $p = \rho g h$, каде h е длабочина под површината на Сонцето, $\gamma \frac{M}{r^2}$, M - маса во внатрешноста на сферата со

радиус r , имаме: а) $p_a = 90 \cdot 10^3 \cdot 1800 \cdot 150 \cdot 10^6 = 2,4 \cdot 10^{16} \text{ Pa}$, што е двапати повеќе од вислинската вредност; б) на површината $h = 0$, а во центарот $g = 0$, па формулата не може да се примени директно. Би требало да се испита, во формулата за забрзување $\gamma \frac{M}{r^2} = g$ што побргу тежи кон нула, масата или радиусот. Заради приближно константна густина во близина на центра-

рот, имаме: $\gamma \frac{M}{r^2} = \gamma \rho \frac{r^3}{r^2} = \gamma \rho r$, па $p_0 = \rho_0^2 \gamma r (R - r) = \rho_0^2 \gamma r R$, од каде за $r = 1000 \text{ km}$ добиваме:

$p_0 = (120 \cdot 10^3)^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 690 \cdot 10^6 \cdot 10^6 = 6,6 \cdot 10^{14} \text{ Pa}$, што е само петнаесет пати помалку од точната вредност. Под површина на 1 000 km е $p_R = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3 \cdot 274 \cdot 1000 \cdot 10^3 = 2,2 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ што исто така е резултат кој не е без смисла. Со примена на формулата $p = \rho g h$ директно на центарот, со

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3} \pi R^3} \text{ и } g = \gamma \frac{M}{R^2} \text{ добиваме:}$$

$$p = \gamma \frac{M^2}{R^4} = 10^{15} \text{ Pa}.$$

9.4. Сонцето се гледа под агол од 32' или $6,8 \cdot 10^{-5} \text{ sr}$, па добиваме

$$B = \frac{E}{\Omega} = 2 \cdot 10^9 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}.$$

9.5. Не може, затоа што аголот под кој се гледа пегата од Земјата изнесува $\frac{2}{109} 32' = 0',6$, а раздвојната способност на окото дење е 2'.

9.6. Емисионата моќ на апсолутно црно тело е $\varepsilon = \sigma T^4$. Ако побараме прв

извод по температурата $\frac{d\varepsilon}{dT} = 3\sigma T^3$, а

ако тоа се помножи со $\frac{T}{T}$, ќе добиеме:

$\frac{1}{4} \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{dT}{T}$, а $\frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = 10^{-2}$ од каде следи дека $dT = 15$ K.

9.7. Емитираната енергија за единица време (ефектот на зрачењето) е: $P = 4\pi c_0 r^2$, каде c_0 е соларна константа. Соодветниот дефект на маса е: $m = P \frac{t}{c^2} = 3,9 \cdot 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$, каде c е брзина на светлината, r е растојание Земја – Сонце. Во еден циклус, во кој настанува хелиум се ослободува енергија:

$$E_1 = 4m \left({}^1_1\text{H} \right) - m \left({}^4_2\text{He} \right) - 2m_e = \\ = 25,7 \text{ MeV} = 4,112 \cdot 10^{-12} \text{ J}.$$

Масата на потрошените атоми водород е: $\frac{P}{E_1} = 549 \cdot 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$, односно 549 милиони тони водород во секунда.

$$9.8. v = \frac{2\pi R}{T}, \Rightarrow T = \frac{2\pi R_0}{\frac{v}{2}} = 25^d, 3.$$

9.9. Со претпоставка дека протоните се движат праволиниски, минималната нерелативистичка кинетичка енергија изнесува: $E_{k, \min} = m_p \frac{v^2}{2}$. Брзината е

$v = \frac{s}{\Delta t} = 24\,933 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, а кинетичката енергија е $E_k = 5,477 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ eV}$.

9.10. Треба да се примени релативистичка формула за кинетичка енергија:

$$E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right),$$

што дава 56,9 MeV. Да се примени оваа формула и на претходната задача. За колку се разликуваат вредностите?

10.1. Затоа што кругот се проектира во полуелипса (сл.10.23).

10.2. Ако важи Третиот Кеплеров закон, производот $a v^2$ (a е голема полуоска, v е брзина на движење) мора да дава приближно исти вредности и за двата случаја. Бидејќи растојанијата на прстенот од планетата е $R_A = 275\,000 \text{ km}$ и $R_B = 208\,000 \text{ km}$, а радиусот на Сатурн е $R_S = 60\,268 \text{ km}$, тоа и се добива.

10.3. Забрзувањето на површината на планетата е $g_p = \gamma \frac{M}{R^2}$. Притисокот што го прави столб од атмосфера со висина h е $p = \rho g_p h$, затоа што во случај кога $h \ll R$ забрзувањето се менува многу бавно со висината. Со примена на Клајпероновата равенка за состојбата на идеален гас

$$p = \frac{\rho \frac{k}{m_p} T}{\mu}, \quad k - \text{Болцманова константа, } \rho$$

- густина, m - молекуларна маса, следи

$T = \frac{g_p h \mu m_p}{k}$. За Земјата се добива $T = 360 \text{ K}$, ако се земе $g_p = 10 \text{ m/s}^2$, $h = 10 \text{ km}$ (75% маса), $\mu = 29 \text{ kg/kmol}$ и $R = 8\,300 \text{ J/K kmol}$, каде е искористено $1/m_p = N_A$.

10.4. Брзината за напуштање на Месечината е $v = \sqrt{2\gamma \frac{M}{R}} = 2,34 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, масата на молекулата на водената пара е околу $3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, што за температура од 300 K дава средна брзина на молекулите $\sqrt{\frac{3kT}{m}} = 0,64 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Оваа брзина е 3,64 пати помала од брзината на напуштање на Земјата. Сепак, одговорот е негативен,

затоа што значителен дел од молекулите има брзина поголема од оваа (Максвел – Болцманова распределба по брзини), а тоа доведува до споро истекување на атмосферата во Вселената, и до нејзино исчезнување.

$$10.5. \frac{M_s}{M_J} = \left(\frac{a^3}{T^2} \right)_J : \left(\frac{a^3}{T^2} \right)_G = 1\,045$$

10.6. На површината на топчестата Земја, на единица маса делува центрипелтално забрзување $G = g - \omega^2 R \cos \varphi$, каде g е гравитационо забрзување на површината, R е радиусот на Земјата, φ е географска ширина а ω е аголна брзина на ротацијата на Земјата. Тангенцијалното забрзување е $a_t = \omega^2 R \sin \varphi$ и тоа ја деформира површината на водата со нејзино придвижување кон екваторот. Кога ќе се воспостави рамнотежна состојба, потенцијалната енергија на единица маса е:

$$U(\varphi) = G(R + \Delta R \cos \varphi) = \\ = (g - \omega^2 R \cos \varphi)(R + \Delta R \cos \varphi),$$

каде ΔR е деформација на екваторот.

Оттука добиваме:

$$\Delta R \cos \varphi = \frac{U(\varphi) - gR + \omega^2 R^2 \cos \varphi}{g - \omega^2 R \cos \varphi}.$$

На полот, $U(90^\circ) = gR$, на екваторот

$$(\varphi = 0^\circ): U(0) = (g - \omega^2 R)(R + \Delta R) \approx \\ \approx gR - \omega^2 R^2, \text{ па}$$

$$\Delta R = \frac{U(0^\circ) - U(90^\circ) + \omega^2 R^2}{g - \omega^2 R} = \frac{\omega^2 R^2}{g - \omega^2 R}$$

или во релативни единици

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\omega^2 R}{g - \omega^2 R} = \frac{0,03366}{9,81 - 0,034} = \frac{1}{290,4}$$

За споредба, точната вредност е $\frac{1}{298,3}$.

10.7. Од правец на Сонцето кон гаматочката се мери хелиоцентричната лонгитуда, што значи дека Земјата треба да се најде блиску до перихелот на Марсовата орбита 334 дена после есенската рамноденица, кога нејзината лонгитуда е 0° . Тоа е $\frac{360^\circ - 334^\circ}{1^\circ}$ (на ден) = 31^d пред 22 септември, значи во август.



13. ПРИЛОЗИ

ПОДАТОЦИ ЗА СОНЦЕТО

Средно растојание Земја-Сонце	1 AU = $149,6 \cdot 10^6$ km
Полупречник	$6,96 \cdot 10^5$ km или $109 R_{\oplus}$
Среден агловен пречник (на растојание од 1 AU)	31'59"
Маса	$1,989 \cdot 10^{30}$ kg или $333\,000 M_{\oplus}$
Средна густина	$1,4 \cdot 10^3$ kg/m ³
Густина во средиштето	$1,6 \cdot 10^5$ kg/m ³
Температура во средиштето	$\geq 16 \cdot 10^6$ K
Гравитационо забрзување на површината	$2,74 \cdot 10^2$ m/s ²
Периферна брзина на екваторот	2 km/s
Синодички период на ротација на точка на екваторот	27 ^d ,3 (13°, за 24 ^h)
Сидерички период на ротација на точка на екваторот	25 ^d ,4 (14°,2 за 24 ^h)
Наклон на екваторот кон еклиптиката	7°15'
Сончева константа	1,4 kW/m ²
Вкупен сјај (луминозност)	$3,8 \cdot 10^{26}$ W
Ефективна температура на фотосферата	5 800 K
Општо магнетно поле	(1 - 2) · 10 ⁻⁴ T
Локално магнетно поле	0,1 T
Привидна ѕвездена големина (визуелно)	-26,8
Апсолутна ѕвездена големина	+4,8
Спектрална класа	G2
Далечина од галактичкиот центар	10 kpc
Брзина на вртење околу галактичкиот центар	250 km/s
Втора космичка брзина	617,7 km/s
Старост	$5 \cdot 10^9$ god

**ПОДАТОЦИ ЗА ПРВИТЕ ЧЕТИРИ ОТКРИЕНИ ПЛАНЕТОИДИ
И ЗА НЕКОЛКУТЕ НАЈГОЛЕМИ**

Р.б.	Име	Голема полуоска $a(\text{AU})$	Сидерички период на обиколување $P_{\text{rev}} (\text{god})$	Пречник $D(\text{km})$
1.	Церера	2,767	4,604	933
2.	Палада	2,773	4,618	538
3.	Јунона	2,671	4,366	290×244
4.	Веста	2,361	3,629	555
-	-	-	-	-
10.	Хигија	3,138	5,559	414
704.	Интерамниа	3,060	5,353	338
511.	Давида	3,180	5,673	318
65.	Цибеле	3,428	6,348	311
52.	Европа	3,095	5,445	277
451.	Пацијенција	3,065	5,366	267

МЕТЕОРСКИ РОЕВИ

Роевите го добиваат името според соѕвездието на радијанти,
или според ѕвездата која е најблиска до радијантот.

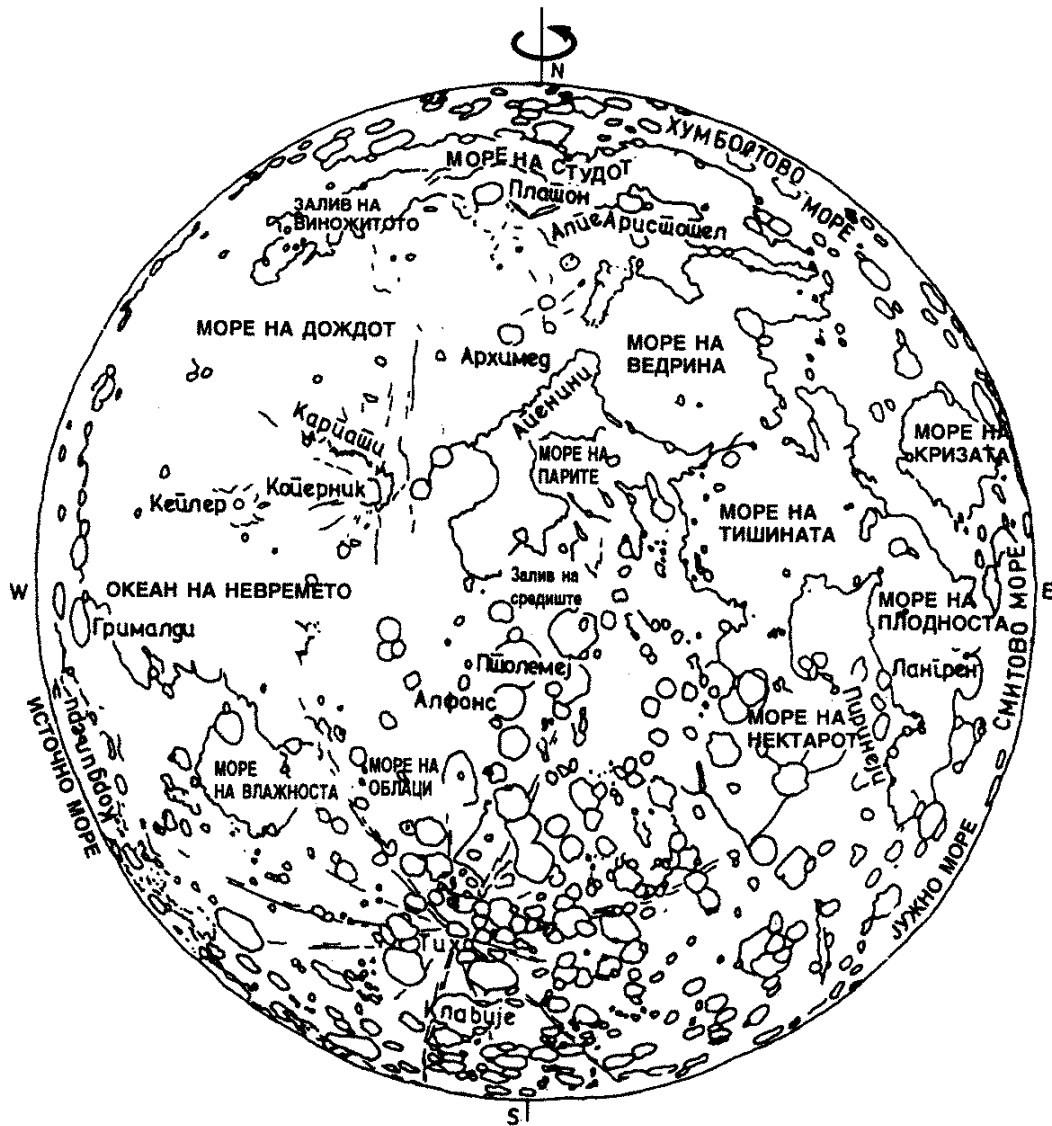
Назив	Датум	Комета
квадрантиди (боотиди)	1 - 4. I	-
лириди	15 - 25. IV	1861 I
η -аквариди	1 - 10. V	Халеј
β -тауриди	24. VI - 6. VII	Енке
δ -аквариди	25. VII - 5. VIII	-
персеиди	1 - 20. VIII	1862 III
тауриди	15. IX - 15. XII	Енке
дракониди	8 - 12. X	Ѓакобини-Цинер
ориониди	15 - 26. X	Халеј
леониди	10 - 20. XI	Темпел-Татл
андромедиди (биелиди)	2 - 22. XI	Бјела
геминиди	5 - 19. XII	-

ПОДАТОЦИ ЗА САТЕЛИТИТЕ НА ПЛАНЕТИТЕ

Р. б.	Сателит	Откривач	Средно растојание од планетата		Сидеричка револуција (<i>d</i>)	Пречник, km	M_{pt} / M_{sat}
			E+03 km	(°) (') (")			
	Земја						
1	Месечина	--	384,4	---	27,322	3476	81,3
	Марс						
1	Фобос	Хол, 1877	9,4	00 00 25	0,319	22	4+E07
2	Демос	Хол, 1877	23,5	00 01 02	1,262	13	2+E08
	Јупитер						
1	Адрастеа	"Војаџер 1", 1979	128	00 00 42	0,295	40	---
2	Метис	"Војаџер 1", 1979	129	00 00 42	0,298	20	---
3	Амалтеа	Бернард, 1892	181,3	00 00 59	0,489	200	5+E08
4	Теба	"Војаџер 1", 1979	221,9	00 01 13	0,675	100	---
5	Ио	Галилеј, 1610	421,6	00 02 18	1,769	3632	2+E05
6	Европа	Галилеј, 1610	670,9	00 03 40	3,551	3138	4+E05
7	Ганимед	Галилеј, 1610	1070	00 05 51	7,155	5262	1+E05
8	Калисто	Галилеј, 1610	1880	00 10 18	16,689	4800	2+E05
9	Леда	Ковал, 1974	11094	01 00 40	239	10	1+E12
10	Хималиа	Перен, 1904	11480	01 02 46	251	170	1+E09
11	Лиситеа	Николсон, 1938	11720	01 04 05	259	24	2+E10
12	Елара	Перен, 1905	11737	01 04 10	260	80	1+E12
13	Ананке	Николсон, 1951	21200	01 55 55	631	20	1+E11
14	Карме	Николсон, 1938	22600	02 03 34	692	30	5+E11
15	Пасифе	Мелот, 1908	23500	02 08 29	735	36	1+E12
16	Синопе	Николсон, 1914	23700	02 09 35	758	28	1+E12
	Прстен	"Војаџер 1", 1979	126-132	00 00 42	0,3	--	---
	Сатурн						
1	Прометеј	"Војаџер 1", 1980	137,7	00 00 22	0,602	32	---
2	Пандора	"Пионир 11", 1979	139,4	00 00 22	0,613	100	---
3	Атлас	"Пионир 11", 1979	141,7	00 00 23	0,629	85	---
4	Јанус	Долфус, 1966	151,4	00 00 24	0,694	190	3+E07

P. б.	Сателит	Откривач	Средно растојание од планетата		Сидеричка револуција (d)	Пречник, km	M_{pl}/M_{sat}
			E+03 km	(°) (') (")			
	Сатурн						
5	Епиметеј	Фонтен-Ларсон 1966	151,5	00 00 24	0,693	120	---
6	Мимас	Хершел, 1789	185,5	00 00 30	0,942	390	2+E07
7	Енцелад	Хершел, 1789	238,0	00 00 38	1,370	500	7+E06
8	Тетис	Касини, 1684	294,7	00 00 48	1,888	1060	1+E06
9	Телесто	Смит, 1980	294,7	00 00 48	1,888	24	---
10	Калипсо	Смит, 1980	294,7	00 00 48	1,888	24	---
11	Диона	Касини, 1684	377,4	00 01 01	2,737	1120	5+E05
12	Хелена	Лаке, Лекашо, 1980	374,4	00 01 01	2,737	30	---
13	Реа	Касини, 1672	527,0	00 01 01	4,517	1530	2+E05
14	Титан	Хајгенс, 1655	1221,9	00 03 17	15,945	5118	4167
15	Хиперион	Бонд, Ласел, 1848	1481,1	00 03 59	21,28	260	1+E07
16	Јапет	Касини, 1671	3561,3	00 09 35	79,33	1460	3+E05
17	Феба	Пикеринг, 1898	12954	00 34 52	550,4	220	2+E07
	Прстен	Хајгенс, 1659	72-136	00 12 22	0,2-0,6	---	3+E07
	Уран						
1	Корделија	"Војаџер 2", 1986	49,3	00 00 04	0,330	15	---
2	Офелија	"Војаџер 2", 1986	53,3	00 00 04	0,372	20	---
3	Бјанка	"Војаџер 2", 1986	59,1	00 00 04	0,433	50	---
4	Кресида	"Војаџер 2", 1986	61,8	00 00 05	0,462	70	---
5	Дездемона	"Војаџер 2", 1986	62,7	00 00 05	0,475	50	---
6	Јулија	"Војаџер 2", 1986	64,4	00 00 05	0,493	70	---
7	Порција	"Војаџер 2", 1986	66,1	00 00 05	0,513	90	---
8	Розалинда	"Војаџер 2", 1986	69,9	00 00 05	0,558	50	---
9	Белинда	"Војаџер 2", 1986	75,1	00 00 06	0,622	50	---
10	Пак	"Војаџер 2", 1985	85,9	00 00 06	0,762	165	---
11	Миранда	Кунпер, 1948	129,4	00 00 10	1,414	400	1-2+E05
12	Ариел	Ласел, 1851	191,0	00 00 15	2,520	1330	5381
13	Умбриел	Ласел, 1851	266,3	00 00 20	4,144	1110	8455
14	Титаниа	Хершел, 1787	435,9	00 00 33	8,706	1600	1480
15	Оберон	Хершел, 1787	583,5	00 00 44	13,463	1630	1461

Р. б.	Сателит	Откривач	Средно растојание од планетата		Сидеричка револуција (d)	Пречник, km	M_{pl} / M_{sat}
	Прстен	Елиот-Милис, 1977	42 - 52	03 - 04	0,26-0,36	--	---
	Нептун						
1	Тритон	Ласел, 1846	355	00 00 17	5,877 (r)	3500	300
2	Нереида	Куипер, 1949	5510	00 04 21	360,2	400	5+E06
	Прстен		42-63				
	Плутон						
1	Харон	Кристи, 1978	17	00 00 01	6,3	1000	10-20



Карта на видливата страна на Месечината.

50-ТЕ НАЈСЈАЈНИ СВЕЗДИ

Бр	Свезда	Име	Привидна величина (m)	Апс. вел. (M)	Координати		Пара-лакса $\times 10^3$ (")	Сопст. движ. $\times 10^3$ ("/g)	Далечина (ly)	Радијална брзина (km/s)	Спектрална класа
					RA (h m)	Dec (o ')					
1	α CMa	Sirius	-0,46	+1,4	6 43	-16 35	375	1321	8,7	-8v	A1
2	α Car	Kanopus	-0,75	-4,7	6 23	-52 40	18	25	181	+20,5	F0
3	α Boo	Arktur	-0,05v ¹⁾	-0,2	14 13	19 27	90	2285	36	-5,5	K2
4	α Lyr	Vega	+0,03	+0,5	18 35	38 44	123	345	27	-13,9	A0
5	α Cen	Toitman	0,06	+4,3	14 36	-60 38	751	3675	4,3	-25v	G2
6	α Aur	Kapela	0,08v ²⁾	-0,6	5 13	45 57	73	436	45	+30v	G6
7	β Ori	Rigel	0,13 v?	-7,0	5 12	-8 15	3	1	87	+21v	B8p
8	α CMi	Prokion	0,37 v?	+2,6	7 37	5 21	288	1248	11	-3v	F5
9	α Ori	Betelges	0,42v	-6	5 52	7 24	5	29	652	+21v	M2
10	α Eri	Ahemar	0,47	-2,2	1 36	-57 29	32	98	102	-19v	B5
11	β Cen	Hadar	0,59 v?	-5,0	14 00	-50 8	16	35	204	-12v	B1
12	α Aql	Altair	0,76	+2,3	19 48	8 44	198	658	16	-26,3	A5
13	α Cru	Akruks	0,79	-3,5	12 24	-62 49	8	43	407	-11v	B1
14	α Tau	Aldebaran	0,86 v?	-0,7	4 33	16 25	48	203	68	+54,1	K5
15	α Sco	Antares	0,91v	-4,7	16 26	-26 19	19	30	172	-3,2v	M1
16	α Vir	Spika	0,97v	-3,4	13 23	-10 54	21	52	155	+1,0v	B1
17	β Gem	Poluks	1,14 v?	+1,0	7 42	28 9	72	625	45	+6	K0
18	α PsA	Formalhaut	1,16 v?	+1,9	22 55	-29 53	144	367	23	+6,5	A3
19	β Cru	Bekruks	1,25v	-4,6	12 45	-59 9	7	49	468	+20v	B0
20	α Cyg	Deneb	1,25v	-7,3	20 40	45 6	4	3	815	-5v	A2p
21	α Leo	Regul	1,35 v?	-0,6	10 06	12 13	39	248	84	+4	B7
22	ϵ CMa	Adara	1,50	-5,0	6 57	-28 54	10	4	326	+27	B2
23	α Gem	Kastor	1,58	+0,8	7 31	32 00	72	200	245	+4v	A1
24	λ Sco	Iaula	1,62	-3,4	17 30	-37 4	12	32	272	0v	B1
25	γ Ori	Belatriks	1,63 v?	-3,3	5 22	6 18	26	16	125	+18	B2
26	γ Cru	Gakruks	1,64	-2,5	12 28	-56 50	15	273	217	+21	M3
27	β Tau	El Nat	1,65	-2,0	5 23	28 34	19	178	172	+8	B7
28	β Car	Miaplacidus	1,68	-0,4	9 13	-69 31	38	184	86	-5	A0
29	ϵ Ori	Alnilan	1,70	-6,7	5 34	-1 14	2	0	1630	+26	B0
30	α Cru	Al Nair	1,74 v?	+0,2	22 05	-47 12	51	195	64	+12	B5
31	ϵ UMa	Aliot	1,78v	-0,2	12 52	56 14	48	114	70	-9v	A0p
32	μ Ori	Alnitak	1,79	-6,4	5 38	-1 58	2	5	1630	+18	B0
33	α UMa	Dubhe	1,79 v?	-0,7	11 01	62 1	31	138	105	-9v	K0
34	α Per	Mirfak	1,80 v?	-4,3	3 21	49 41	6	35	543	-2	F5
35	γ Vel	-	1,83 v?	-4	8 08	-47 12	7	10	465	+35	Oap
36	ϵ Sgr	Kaus Austr.	1,84	-1,5	18 21	-34 25	15	137	217	-11	A0
37	β CMa	Vezen	1,84 v?	-1,3	7 6	-26 19	3	8	1087	+41	F8p
38	μ UMa	Benentat	1,86 v?	-1,6	13 46	49 34	14	122	190	-11	B3
39	ϵ Car	Avior	1,87 v?	-3	8 22	-59 21	10	29	326	+12	K0
40	τ Sco	-	1,87	-4,5	17 34	-42 58	20	12	163	+1	F0
41	β Aur	Menkalinan	1,90v	-0,2	5 56	44 57	37	51	88	-18v	A2
42	γ Gem	Albena	1,93	-0,4	6 35	16 27	31	66	105	-13v	A0
43	α TrA	Atria	1,93	-0,3	16 43	-68 56	24	43	136	-4v	K4
44	β Vel	-	1,95	+0,1	8 43	-54 31	43	87	76	+2	A0
45	α Pav	Pikok	1,95 v?	-2,9	20 22	-56 54	14	87	233	+2v	B3
46	β CMa	Mirzam	1,98v	-4,5	6 20	-17 56	5	4	652	+34v	B1
47	α Hya	Aliard	1,99 v?	-0,4	9 25	-8 26	17	34	192	-4	K3
48	θ Cet	Mira	2,0v	-1,0	2 17	-3 12	13	233	251	+64v	M6
49	α Ari	Hamal	2,0 v?	+0,2	2 4	23 14	43	242	76	-14	K2
50	α UMi	Polara	2,02v	-4,6	1 49	89 2	9	46	360	-17v	F8

- 1) v - ѕвезди со променлив ѕјај
 - 2) v? - сомневање во постојаност ѕјај
 - 3) v - променлива радијална брзина
- + - спектрален тип на ѕјајната, односно најѕјајната компонента



СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	5
1.1. ПРЕДМЕТ НА ПРОУЧУВАЊЕ И СПЕЦИФИЧНОСТИ НА АСТРОНОМИЈАТА	5
1.2. ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНОСТ	6
1.3. КРАТОК ИСТОРИСКИ РАЗВИТОК	7
1.4. МОЖНОСТИ ЗА ПРОУЧУВАЊЕ НА ВСЕЛЕНАТА ОД ЗЕМЈАТА И УЛОГАТА НА КОСМИЧКИТЕ ЛЕТАЊА ВО ДЕНЕШНАТА АСТРОНОМИЈА	8
2. НЕБО, ПРОСТОР И ВРЕМЕ	11
2.1. НЕБЕСНА СФЕРА, НЕЈЗИНОТО ПРИВИДНО ДВИЖЕЊЕ И ЗЕМЈИНАТА РОТАЦИЈА	11
2.2. ХОРИЗОНТСКИ КООРДИНАТЕН СИСТЕМ	12
2.3. ЕКВАТОРСКИ КООРДИНАТЕН СИСТЕМ	13
2.4. ОРИЕНТАЦИЈА НА НЕБОТО. СОСВЕЗДИЈА	14
2.5. ПРИВИДНО ГОДИШНО ДВИЖЕЊЕ НА СОНЦЕТО И ПОСЛЕДИЦИТЕ ОД НЕГО (ЕКЛИПТИКА, ЗОДИЈАК)	18
2.6. ДОКАЗИ ЗА ЗЕМЈИНАТА РОТАЦИЈА И РЕВОЛУЦИЈА	21
2.7. ВРЕМЕ (единици, свездено, средно, граѓанско, светско, зонско, указно)	22
2.8. КАЛЕНДАР	25
3. ГРАВИТАЦИОНИ ДЕЈСТВИЈА	29
3.1. ПРИВИДНИ ДВИЖЕЊА НА ПЛАНЕТИТЕ	29
3.2. ХЕЛИОЦЕНТРИЧЕН СИСТЕМ	30
3.3. КЕПЛЕРОВИ ЗАКОНИ	31
3.4. ЊУТНОВИОТ ЗАКОН НА ГРАВИТАЦИЈА	33
3.5. ДЕЈСТВИЕ НА ПЛИМАТА	34
4. ОДДАЛЕЧЕНОСТ И ГОЛЕМИНА НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА	37
4.1. ПАРАЛАКСА	37
4.2. АСТРОНОМСКИ ЕДИНИЦИ ЗА РАСТОЈАНИЕ	38
4.3. ОСНОВНИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ГОЛЕМИНАТА НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА	38
5. ЗРАЧЕЊЕ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА	43
5.1. СПЕКТАР НА ЗРАЧЕЊЕ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА	43
5.2. ВЛИЈАНИЕТО НА ХЕМИСКИОТ СОСТАВ И ФИЗИЧКИТЕ УСЛОВИ НА ИЗГЛЕДОТ НА СПЕКТАРОТ	44
5.3. ТОПЛИНСКИ И НЕТОПЛИНСКИ МЕХАНИЗМИ НА ЗРАЧЕЊЕ	45
5.4. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА РАДИЈАЛНИТЕ БРЗИНИ НА НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА ...	46
5.5. АСТРОНОМСКИ ФОТОМЕТРИСКИ ЕДИНИЦИ И НИВНАТА ВРСКА СО ФИЗИЧКИТЕ ЕДИНИЦИ	47
5.6. ВЛИЈАНИЕТО НА ЗЕМЈИНАТА АТМОСФЕРА НА ПРИЕМОТ НА ЗРАЧЕЊЕТО ОД НЕБЕСНИТЕ ТЕЛА	49

6. АСТРОНОМСКИ ИНСТРУМЕНТИ	53
6.1. РЕФРАКТОРИ. РЕФЛЕКТОРИ	53
6.2. ПРИЕМНИЦИ НА ЗРАЧЕЊЕ	56
6.3. ОСНОВНА КАРАКТЕРИСТИКА НА ТЕЛЕСКОПИТЕ. РАЗДЕЛНА МОЌ, СОБИРНА МОЌ, ЗГОЛЕМУВАЊЕ. ПОСТАВУВАЊЕ НА ТЕЛЕСКОПОТ. ...	57
6.4. РАДИО-ТЕЛЕСКОП	60
6.5. ИНТЕРФЕРОМЕТРИ	61
6.6. ПРИМЕНА НА ЛАСЕРИТЕ ВО АСТРОНОМИЈА	63
7. СВЕЗДИ	65
7.1. ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ВИДОВИ СВЕЗДИ	65
7.2. X - P ДИЈАГРАМ	67
7.3. ДВИЖЕЊЕ НА СВЕЗДИТЕ	68
7.4. ДВОЈНИ СВЕЗДИ И СВЕЗДЕНИ ГРУПИ	70
7.5. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА СВЕЗДЕНИТЕ МАСИ, ПРЕЧНИКОТ И ТЕМПЕРАТУРАТА	72
7.6. СВЕЗДЕНИ ЈАТА	73
7.7. ПРОМЕНЛИВИ СВЕЗДИ	74
7.8. МЕЃУСВЕЗДЕНА МАТЕРИЈА	79
7.9. ИЗВОРИ НА СВЕЗДЕНАТА ЕНЕРГИЈА	81
7.10. ЕВОЛУЦИЈА НА СВЕЗДИТЕ	82
8. ГАЛАКТИКИ	87
8.1. МЛЕЧЕН ПАТ. СТРУКТУРА И РОТАЦИЈА НА ГАЛАКТИКИТЕ	87
8.2. ВИДОВИ ГАЛАКТИКИ	89
8.3. ХАБЛОВ ЗАКОН. КВАЗАРИ	91
8.4. РЕЛИКТНО (ПОЗАДИНСКО) ЗРАЧЕЊЕ	93
8.5. КОСМОЛОШКИ ХИПОТЕЗИ	94
9. СОНЦЕ	99
9.1. КАРАКТЕРИСТИКИ НА МИРНОТО СОНЦЕ	99
9.2. СОНЧЕВА АКТИВНОСТ (ПЕГИ, ПРОТУБЕРАЊИ, ЕРУПЦИИ)	101
9.3. ГЕОФИЗИЧКИ ПОСЛЕДИЦИ	104
10. СОНЧЕВ СИСТЕМ	107
10.1. ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СОНЧЕВИОТ СИСТЕМ	107
10.2. ПЛАНЕТИ	109
10.3. АСТЕРОИДИ (ПЛАНЕТОИДИ)	116
10.4. САТЕЛИТИ	117
10.4.1. МЕСЕЧИНА	117
10.4.2. САТЕЛИТИ НА ДРУГИ ПЛАНЕТИ	120
10.5. КОМЕТИ, МЕТЕОРИ И МЕТЕОРИТИ	122
10.6. ЕВОЛУЦИЈА НА СОНЧЕВИОТ СИСТЕМ	124
11.2. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ИЗГЛЕДОТ НА НЕБОТО СО ПОМОШ НА КАРТА	127
11. ПРАКТИЧНА РАБОТА	127
11.1. УПАТСТВО	127

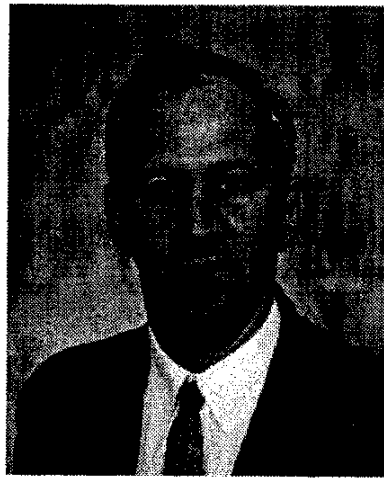
12. УПАТСТВО ЗА РЕШАВАЊЕ НА ЗАДАЧИТЕ.	
РЕШЕНИЈА И РЕЗУЛТАТИ	133
12.1. ВОВЕДНИ ЗАБЕЛЕШКИ	133
12.2. РЕШЕНИЈА И РЕЗУЛТАТИ	134
13. ПРИЛОЗИ	147





Милан Димитријевиќ е роден во Лесковац (СР Југославија), во 1947 година. Универзитетско образование стекнал во Белград, каде на Природно-математичкиот факултет во 1972 год. дипломирал на групата за астрономија, а во 1973 на групата за физика. Магистрирал во 1976 а докторирал 1978 година на истиот факултет. Од 1984 год. работи во Астрономската опсерваторија во Белград, а од 1994 год. е и нејзин директор.

Научната библиографија на Милан Димитриевиќ содржи над 500 единици од областа на спектроскопија на плазмата, физика на Сонцето и ѕвездената атмосфера, физика на ласерите, историја на астрономијата... Неговите трудови се цитирани над илјада пати во меѓународната научна литература.

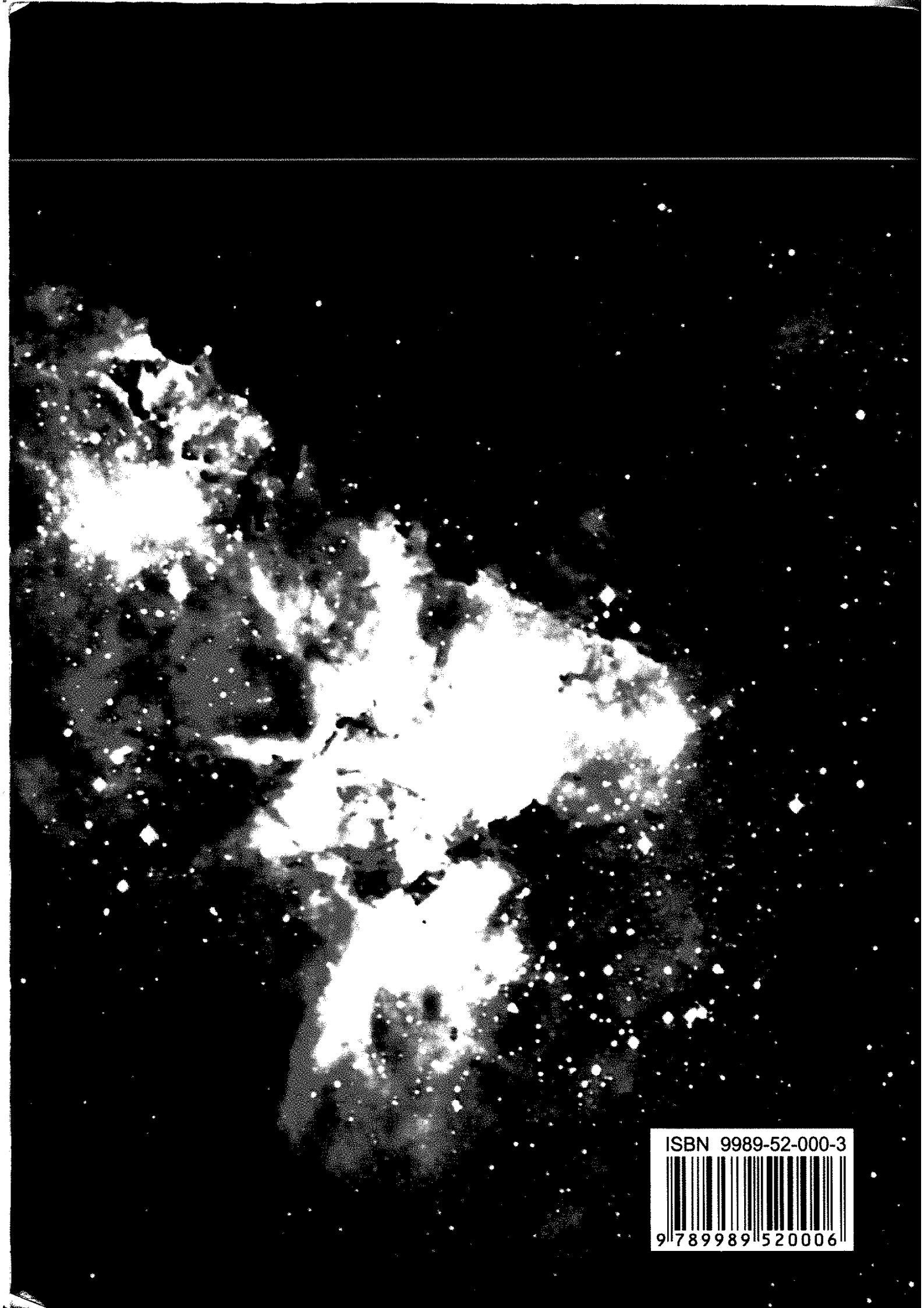


Александар Томиќ е роден 1947 год., во Славонска Пожега (Хрватска). Гимназија завршил во Босанска Градишка, а Природно-математички факултет во Белград, каде што дипломирал во 1973 год. на групата за физика и 1975 на групата за астрономија. По дипломирањето се вработил во Народната опсерваторија во Белград каде што останал до 1987 год., а потоа работи како професор по астрономија и физика во белградските гимназии.

Објавил над 100 научни и стручни трудови од областа на практична астрофизика, ефемеридска астрономија, физика на атомските судири, метеорска астрономија, филозофија и историја на физиката и астрономијата. Автор е на еден патент од оптичка метрологија и на монографијата "Астрофотографија" (издадена во 1983 год.).

Според Мислењето на Министерството за култура број 07-2345/2 од 31.03.1998 година,
за книгата "Астрономија" се плаќа повластена даночна стапка.





ISBN 9989-52-000-3



9 789989 520006