



Македонско астрономско друштво

Астрономски алманах 2020

Скопје, 2020

Редакциски одбор на Астрономски алманах 2020

(број 19):

д-р Олгица Кузмановска - главен и одговорен уредник

д-р Гордана Апостоловска - член

д-р Наце Стојанов - член

д-р Олга Галбова - член

д-р Драган Јакимовски - член

<http://astronomy.pmf.ukim.mk/>

*

На предниот дел од корицата:

Композитна фотографија од серија последователни фази од затемнувањето на Сонцето снимени на 02 јули 2019 во Чиле. На географски ширини јужно од екваторот привидното дневно движење на сонцето и месечината се одвива оддесно (исток) кон налево (запад) кога сме завртени кон северната страна на хоризонтот. Снимил: Емил Иванов.

Долен десен агол: Композитна фотографија од серија последователни фази непосредно пред и после полната фаза од затемнувањето на Сонцето, снимени на 02 јули 2019 во Чиле. Јасно се забележува црвенкастиот сјај на хромосферата на Сонцето, како и сегментацијата на српот на Сонцето предизвикана од релјефот на Месечината. Снимил: Емил Иванов.

На задниот дел од корицата: Астрофотографија на маглината Рак (Messier 1; NGC 1952). Подетално објаснување под слика 1 (страна 6). Снимање и обработка: Сашо Панов.

Долен десен агол: Илустрација по повод доделувањето на Нобеловата награда за физика во 2019 година за „придонес во нашето разбирање на еволуцијата на универзумот и местото на Земјата во космосот“. (Кредит "© Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences")

Компјутерска подготовка:

Киро Мавроски

*

Печати:

Дизајн и принт солушн студио „Мавроски“

*

Тираж:

100 примероци

СОДРЖИНА

Влијанието на суперновите врз животот на Земјата	5
<i>Сашо Панов</i>	
Протосвезди	15
<i>Марија Маркоска</i>	
Планетата Марс и теоријата на глобална тектонска активност	25
<i>Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска и Драгана Черних</i>	
Сончевите затемнувања	35
<i>Љубе Бојевски</i>	
Сончева активност	47
<i>Искра Велковска</i>	
Црната јама во галаксијата M87	57
<i>Моника Пешевска</i>	
Истражувањата на Стивен Хокинг	67
<i>Александар Ѓурчиновски</i>	
Животот на Вселената	73
<i>Наце Стојанов</i>	
Нобеловата награда за физика за 2019	83
<i>Гордана Апостоловска</i>	
Информации за XXI Зимска школа по астрономија и натпреварот по астрономија во 2019 година	87
Астрономски календар за 2020 година	89
<i>Васил Умленски и Гордана Апостоловска</i>	

ВЛИЈАНИЕТО НА СУПЕРНОВИТЕ ВРЗ ЖИВОТОТ НА ЗЕМЈАТА

Сашо Панов

Вовед

Суперновите (лат. *supernovae*) се експлозии на масивни ѕвезди со над 8-10 соларни маси ($M_{\odot}$), кои се наоѓаат на крајот од својата еволуција и ги исцрпуваат последните извори на нуклеарна фузија неопходни за одржување на хидростатскиот притисок. Наглиот гравитациски колапс на јадрото на ѕвездата е придружен со експлозивно ослободување на енормно количество енергија во текот на многу кус временски период. Покрај тоа, и белите џуџуња можат да стекнат маса повисока од Чандрасекаровата граница ($\geq 1,4 M_{\odot}$) со црпење на материјал преку акрециски диск од другата ѕвезда на бинарниот систем и да експлодираат како супернова. Спектакларната луминозност на суперновата може да достигне вредности на милијарди ѕвезди слични на Сонцето. Во зависност од масивноста на ѕвездата, астрофизичките механизми и емисионите спектрални линии, суперновите се класифицирани во два основни типа (I и II), како и повеќе поттипови. Од суперновата може да се создаде неутронска ѕвезда или црна јама [1].

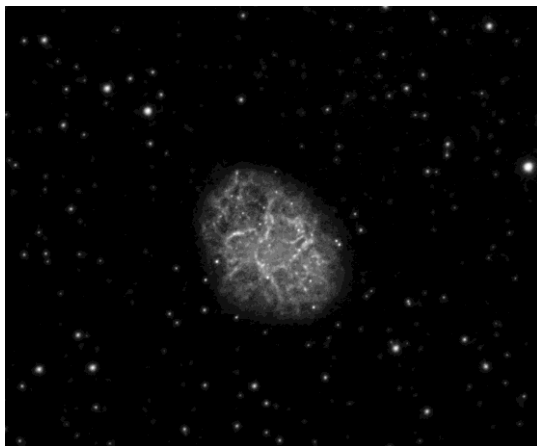
Сложените процеси кои се одвиваат во текот на самата експлозија и периодот на распрснувањето на ослободената материја во околниот простор, вклучуваат и создавање (нуклеосинтеза) на потешките хемиски елементи кои не можат да се создадат со стеларната нуклеарна фузија. Покрај тоа, ударните бранови од суперновите ги расфрлаат акумулираните елементи кои се претходно создадени во текот на еволуцијата на ѕвездата на големи растојанија, со што меѓуѕвездената средина се збогатува со хемиски елементи кои се есенцијални за појавата и одржувањето на животот на Земјата.

Историски и понови набљудувања на суперновите

Се претпоставува дека најдраматичното набљудување на супернова во човековата историја се случила во XI век. Историските записи од Кина и од Европа и нивната синхронизација со современиот календар укажуваат на нагла појава на мошне сјајна

свезда која ги засенувала сите други на нокното небо и која имала толку интензивен сјај за да овозможи појава на сенки. Во јули 1054 година, пак, кинеските астрономи забележиле нова, исклучително сјајна звезда која, според деталните описи на свездените карти, се појавила во сосвездието Бик. Остатоците од оваа експлозија на супернова ја создале маглината Рак (Crab nebula) која е видлива и денес (слика 1). Всушност, таа е првиот објект во Месјеовиот каталог и е една од најинтензивно проучуваните маглини. Во центарот на оваа маглина се наоѓа неутронска звезда-пулсар која емитура исклучително висока енергија: на моменти и над 10^{15} електрон-волти (eV). Кончевидната (филаментозна) структура се должи на феноменот означен како Рајлајг-Тејлорова (Rayleigh–Taylor) флуидна нестабилност, а различните бои се предизвикани од широкиот опсег на електромагнетна радијација, вклучително и во спектарот на видливата светлина. Истата се емитура како резултат на јонизација на гасот предизвикана од енергијата од неутронска звезда-пулсар. Но, фотоните се емитураат и поради синхотронската радијација на електроните кои се движат спирално со релативистички брзини поради екстремното ротирачко магнетно поле.

Досега се забележани поголем број експлозии на супернови, а некои беа видливи и со голо око (SN 1987A во 1987 г). Во текот на една година се забележуваат просечно по десетина супернови.

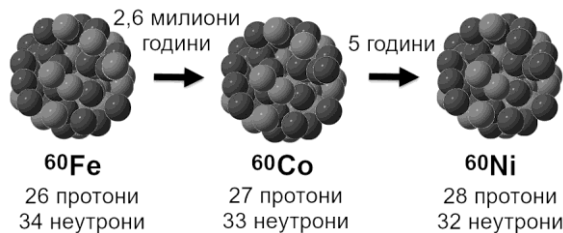


Сл. 1. Астрофотографија на маглината Рак (Messier 1; NGC 1952). Оваа маглина е остаток од супернова и се наоѓа на оддалеченост од ≈ 6500 светлосни години. Маглината е снимена од центарот на Скопје со комбинација на три теснопојасни филтри (H α , SII и OIII). Снимање и обработка: Сашо Панов. Верзијата на оваа астрофотографија која е во боја се наоѓа на задната корица на алманахот.

Геолошки докази за блиски супернови

Врз основа на досегашните сознанија, пресметано е дека во изминативе неколку милиони години се случиле барем неколку експлозии на супернови на оддалеченост помала од 100 парсеци (pc), односно околу 326 светлосни години од Земјата. Експерименталните податоци кои се во прилог на овие пресметки се обезбедени во последните години.

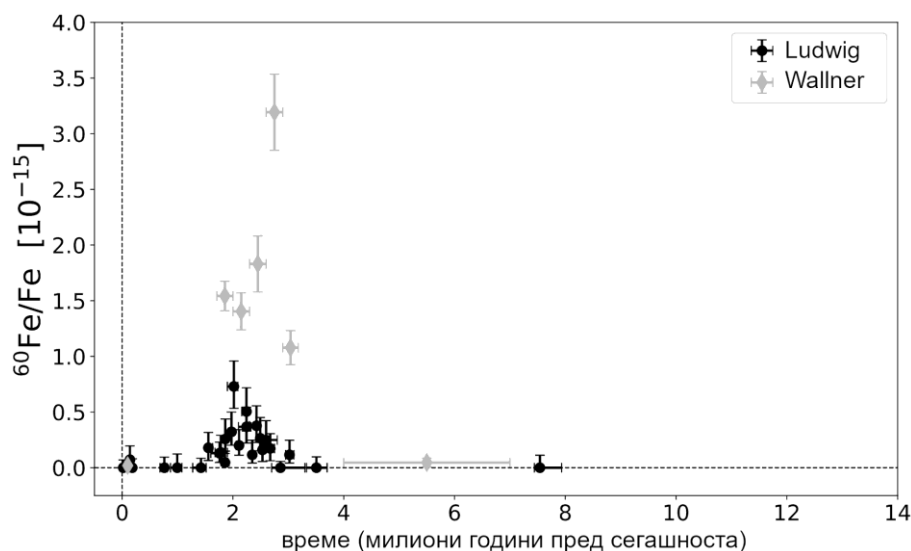
Неодамна се спроведени исцрпни истражувања врз примероци на ретки феромангански карпи на океанското дно. Имено, овие минерални седименти се создаваат со исклучително бавно таложење (со околу 5 милиметри на милион години) на комплекси на железото, манганот и тешките метали присутни во морската вода. Некои од обезбедените примероци на карпи содржат 70 милиони години стари хемиски „записи“ за геолошката историја на Земјата. Мерењата со ултрасензитивната техника означена како акцелераторна масена спектрометрија укажуваат на присуство на траги на реткиот изотоп ^{60}Fe кој се создава при експлозиите на суперновите и се распрснува низ интерстеларната средина. Имено, полувремето на живот на ^{60}Fe изнесува 2,6 милиони години, па овој изотоп не би требало да постои на Земјата (слика 2).



Сл. 2. Радиоактивно распаѓање на нестабилниот радиоизотоп железо-60 во кобалт-60 и конечно во стабилниот изотоп никел-60.

Детекцијата на трагите од овој изотоп во геолошки примероци чија старост е определена со проверени методи може да биде доказ за појава на блиска супернова која предизвикала негово таложење во далечната историја на Земјата.

Резултатите од клучните две независни студии со кои е определуван односот на нестабилниот радиоизотоп ^{60}Fe во однос на стабилниот изотоп ^{59}Fe на железото во примероци од седиментот на океанските длабочини се прикажани графички на сликата 3. Овие студии несомнено укажуваат на глобално таложење на ^{60}Fe од интерстеларно потекло пред околу 2-3 милиони години, односно во геолошките епохи Плеистоцен и Плиоцен [3, 4].



Сл. 3. Геолошки мерења на односот на ^{60}Fe и ^{59}Fe во примероци на седиментот на океанските длабочини. Графиконот ги прикажува независните мерења според двата главни автори: Ludwig et al. (2016) и Wallner et al. (2016) [3, 4].

Слични резултати се добиени и во други две студии во кои се анализирани реголитите донесени од Месечината со мисијата Аполо, што дополнително го потврдува космичкиот настан во наведениот временски период. Иако постои висока прифатеност на резултатите на сите овие студии, особено кај астробиолозите, треба да се има предвид дека постојат и определени несогласувања. Некои автори сметаат дека наместо од блиски експлозии на супернови, трагите на изотопот железо-60 можат да потекнуваат и од удари на метеорити.

Ефектите врз живиот свет на Земјата

Астрономските податоци укажуваат на тоа дека експлозиите на супернови се случуваат просечно на секои 30 години во галаксијата Млечен Пат. Пресметено е дека од една до три супернови се појавиле на блиски растојанија од нашата планета (≤ 10 парсеци, односно 32,6 светлосни години) во последниве милијарда години предизвикувајќи драматични ефекти врз биосферата, вклучително и масовни екстинкции (исчезнувања) на живите видови организми [2].

Екстремната сјајност на суперновите која е видлива во оптичкиот дел од електромагнетниот спектар, всушност, опфаќа само околу 1% од нејзината вкупна емитирана енергија, па експлозиите на супернови можат да имаат различни ефекти врз живиот свет на нашата планета доколку се случат на доволно блиски растојанија.

Сепак, оддалеченоста на ѕвездите од Млечниот Пат и околните галаксии до Земјата ја определува границата на ефектите од можните супернови. Дисперзираниот гас и останатиот дебрис од експлодираната ѕвезда не патуваат доволно далеку за да претставуваат директна опасност. Слично, космичките неутрина и гравитациските бранови кои се создаваат при суперновата немаат никаков мерлив ефект врз живите организми.

Оттаму, последиците од овие колосални експлозии врз биосферата можат да се должат на електромагнетното зрачење, космичките зраци и радиоактивните изотопи.

Електромагнетното зрачење, односно емисијата на фотони ги вклучува радиобрановите, микробрановите, инфрацрвената, видливата и ултравиолетовата светлина, рентгенските (X) зраци, како и гама-зраците, наброени според растечката енергија. Потенцијално најопасни за животот на Земјата се гама и рентгенските (X) зраци, но за да имаат значаен штетен ефект, пресметано е дека суперновата треба да се наоѓа на растојание помало од 5 pc ($\approx 16,3$ светлосни години) од Земјата. До оваа оддалеченост постојат нешто повеќе од 50 ѕвезди, но ниту една од нив не е кандидат за супернова, иако треба да се има предвид дека не постои општо прифатен консензус за оваа граница.

Сепак, опасноста е висока доколку од суперновата се создаде неутронска ѕвезда која емитура снопови на гама-зраци. Во 2004 година, ненадејната појава на галактичкиот повторувачки извор на меки гама-зраци (Galactic soft gamma-ray repeater) означен како SGR 1806-20 оддалечен повеќе илјади парсеци предизвикал заситување на сензорите поставени на повеќето вселенски сателити и краткотрајни нарушувања на јоносферата и магнетосферата. Иако веројатноста за создавање на магнетар или друга неутронска ѕвезда по експлозија на супернова во релативно блиско растојание е исклучително ниска, би можеле да предизвикаат делумна или целосна стерилизација на Земјата.

Интересно е што, спротивно на очекувањата, најзабележливи штетни ефекти од електромагнетното зрачење можат да се појават поради видливата светлина [5]. Имено, појавата на сјајна супернова на ноќното небо би можела да предизвика нарушувања на дневно-ноќниот (циркадиски) ритам кај луѓето и животните, па и кај растенијата, со последователна несоница, како и промени во размножувањето, однесувањето, исхраната, синтезата на хормони и соединенија и другите биолошки процеси. Иако не се летални, ваквите ефекти би можеле да бидат забележителни кај определени популации и видови во подолг временски период.

Од друга страна, космичките зраци се високоенергетски супатомски честички (протони или атомски јадра) кои се движат со многу голема брзина. Постојат повеќе извори, но суперновите се главен извор на космичките зраци со екстремни енергии кои можат да изнесуваат и неверојатни 10^{21} eV, но таквите во просек минуваат низ квадратен метар површина на Земјата поретко од еднаш во 100 години. Позадинскиот шум на космичките зраци потекнува од далечни супернови, но овој шум се зголемува доколку се случи експлозивен настан во релативна близина.

Овие честички се целосно јонизирани, па се подложни на магнетните влијанија. Токму затоа, магнетното поле на Млечниот Пат ги менува нивните траектории, па е постои начин да се пресмета од каде потекнуваат. Уште поважно е што моќното магнетно поле на Сонцето привлекува голем дел од космичките зраци кои се насочени кон внатрешниот дел од Сончевиот систем, со што делумно ја штити нашата планета од нивното влијание. Земјиното магнетно поле ги привлекува космичките зраци кон половите создавајќи го ван Аленовиот појас, додека атмосферата дури поефикасно нè штити апсорбирајќи значаен дел од енергијата на овие зраци.

Типично, космичкиот зрак го има првиот судир високо во атмосферата и предизвикува каскада на судири при што се создаваат нови, секундарни честички. Некои од нив, какви што се мионите, се нестабилни и имаат полувреме на живот од неколку микросекунди. Но, бидејќи патуваат со многу голема брзина, повеќето секундарни честички достигнуваат до површината и тоа околу 10 000 на квадратен метар секоја минута. Некои од нив дури продираат и стотици метри во длабочината на почвата, карпите или океаните. Тие претежно минуваат низ нас, но некои комуницираат и ги има толку многу што тие учествуваат во просек во околу една шестина од вкупното зрачење. Интересно е што флуksот миони на Земјата постојано расте и ја зголемува дозата на зрачење на живите организми, но без катастрофални последици.

Ефектите на космичките зраци, вклучително и на секундарните честички, врз луѓето, и воопшто, живите организми е зависно од многу фактори. Кон расветлувањето на ваквите ефекти во последно време многу допринесоа проучувањата спроведени во Меѓународната вселенска станица, каде нивоата на зрачење, особено од галактичките космички зраци, се многу повисоки.

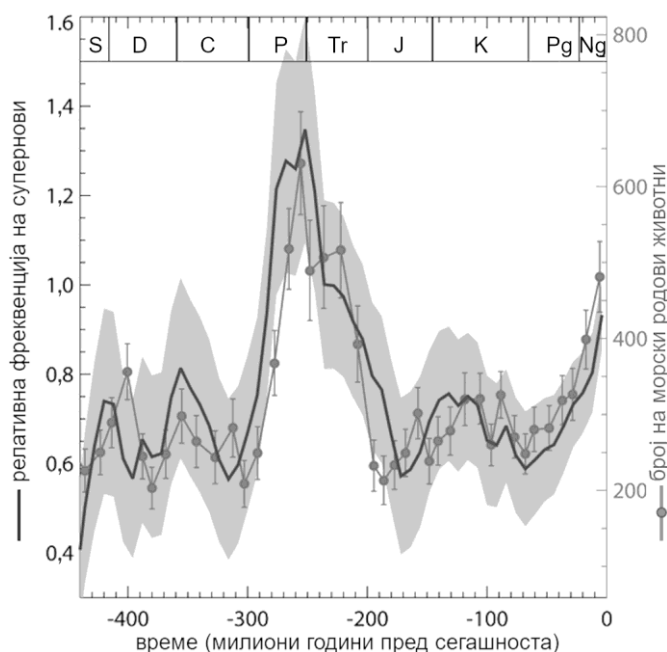
Иако поголемиот дел од космичките зраци поминуваат низ ткивата и клетките на организмите без никаков ефект (поради големата брзина и енергија), повремениот директен судир со некои од клучните клеточни макромолекули, каква што е деоксирибонуклеинската киселина (DNA), може да предизвика појава

на промени (мутации) на генетскиот запис кои се пренесуваат на следните клетки при нивната натамошна делба. Со тоа се зголемува т.н. мутациска стапка (мерката за број на мутации врз животен циклус или врз геномот) кај експонираните организми.

Доколку вака индуцираните мутации се случат во половите клетки кај вишите организми, истите се наследуваат и во следните генерации и можат да предизвикаат различни последици кои се во опсег од суптилни промени на некои од фенотипските карактеристики кои немаат негативни последици, па сè до појава на сериозни заболувања и смрт на организмите.

Во екстремни случаи, експонираноста на некои видови, какви што биле Трилобитите во површинските морски води, кон масивни дози на гама-зрачење кое потекнува од неутронската ѕвезда која се појавила по блиска супернова, веројатно довело до нивна екстинкција. Постојат определени докази дека тоа била една од петте најмасовните екстинкции и се случила кон крајот на Ордовициум (пред околу 444 милиони години), а резултирала со исчезнување на околу 60% од сите видови океански суштества [5]. Постојат и студии во кои се поврзуваат суперновите со палеонтолошки документираното исчезнување на морската мегафауна (Мегалодонот, на пример).

Од друга страна, постојат теории дека суперновите можат да предизвикаат и поволни ефекти врз еволуцијата на живиот свет. Во 2012 година се објавени истражувањата предводени од професорот Хенрик Свенсмарк (Henrik Svensmark) од Данскиот технички универзитет во кои е вршена споредба на голем број геолошки, фосилни и астрономски податоци од последните 440 милиони години [6]. Имено, најдена е силна корелација меѓу фреквенцијата на блиските супернови со биолошката разноликост (биодиверзитетот) на морските анимални видови. Во текот на студијата, корелацијата станала јасна дури откако од пресетките биле отстранети влијанијата на големите промени на морското ниво при создавањето, а подоцна и раздвојувањето на суперконтинетот Пангеа. Истражувачите претпоставуваат дека ефектите од суперновите врз живиот свет биле индиректни, воглавно преку глобални промени на климата кои влијаеле врз успешноста на прилагодување на постоечките и појавата на нови видови организми. Интересно, забележано е дека геолошките периоди започнуваат и завршуваат со наглиот раст и опаѓање на фреквенцијата на супернови, соодветно. Главниот автор на студијата заклучува дека еволуцијата на живите организми ја рефлектира еволуцијата на нашата галаксија.



Сл. 4. Геолошки мерења на односот на ^{60}Fe и ^{59}Fe во примероци на седиментот на океанските длабочини. Графиконот ги прикажува независните мерења според двата главни автори: Ludwig со сор. (2016) и Wallner со сор. (2016) [3, 4].

Неодамна се објавени и истражувања кои имплицираат дека суперновата која се случила пред околу 7-8 милиони години предизвикала климатски промени и нагло зголемен пораст на фреквенцијата на громови кои предизвикале шумски пожари, но истите предизвикале низа на ефекти, неколку милиони години подоцна, допринеле нашите човеколики предци (*Homo habilis*) да почнат да се движат на две нозе (бипедализам) наместо на четири. Сепак, ваквите сознанија е неопходно да се потврдат и од други, независни истражувачи.

Потенцијално опасни супернови

Иако не постои општо прифатена оддалеченост на супернова која би можела да има потенцијално штетен или опасен ефект за живиот свет, сепак поголемиот број истражувачи сметаат дека таа е помала од од 300 парсеци (≈ 978 светлосни години) од Земјата.

Според денешните сознанија, постојат шест ѕвезди-кандидати за супернови кои се наоѓаат на помали растојанија од наведената вредност (табела 1).

Табела 1. Свезди-кандидати за супернови кои се оддалечени <300 pc

Свезда	Cosвездие	Оддалеченост (pc)	Маса ($M_{\odot}$)	Спектрален тип
IK Pegasi (HR 8210)	Пегаз	46	1,65/1,15	A8
Spica (α Virginis)	Девница	80	10,25/7,0	B1
Alpha Lupi	Волк	141	10,1	B1
Antares (α Scorpii)	Скорпија	169	12,4/10	M1
Betelgeuse (α Orionis)	Орион	197	7,7–20	M2
Rigel (β Orionis)	Орион	264	18	B8

Помасивните ѕвезди какви што се Бетелгез, Ригел или Антарес, на пример, кои се кандидати за експлозии на супернови од типот II, се подобро проучени и се „попредвидливи“ во однос на ризикот од појава на таков катастрофален настан.

Но, се смета дека суперновите од типот Ia се потенцијално најопасни за живиот свет доколку се случат доволно блиску до Земјата. Освен тоа, овие супернови потекнуваат од честите бели џуџиња во бинарните ѕвезди, па можна е нивна непредвидена појава кај тие кои се послабо проучени. Најблизок пример за ваков кандидат за супернова, воедно и со најмала оддалеченост од нашата планета, е бинарниот ѕвезден систем IK Pegasi.

Интересно е што во периодот на пишување на овој текст (декември 2019-јануари 2020 година) ѕвездата Бетелгез неочекувано ја достигнува својата апсолутно најниска луминозност која е за околу 2,5 пати пониска од досега измерените вредности. Иако овој црвен џин е семирегуларна променлива ѕвезда со познати осцилации на сјајот, фотометриските и другите споредбени податоци покажуваат дека досега не е документирано толку екстремно затемнување. Со оглед на тоа што Бетелгез е релативно добро проучен кандидат за супернова, најновиот настан доведе до моментално разбранување на астрономската фела околу можноста за скорашна експлозија. Иако не може да се исклучи и експлозија во денешниов период, досегашните податоци индицираат дека веројатноста за таков настан се протега во следните 100 000 до милион години.

Заклучок

Експлозијата на супернова на опасно растојание од Земјата со потенцијално катастрофални последици е неизбежен, стохастички настан кој, секако, ќе се случи и во иднина, но веројатноста за тоа во

скоро верме е исклучително ниска. Во контекст на живиот свет на Земјата, несомнено е дека во далечното минато, суперновите имале клучна улога во синтезата и дистрибуцијата на хемиските елементи и соединенија неопходни за настанокот на Сончевиот систем, а подоцна и за појавата на самиот живот.

Постојат докази за нивно влијание врз живиот свет на нашата планета, пред сè преку космичките зраци кои ги емитираат. Астробиолошките ефекти од суперновите се амбивалентни. Од една страна, тие веројатно предизвикале или допринеле кон некои од големите екстинкции во далечното минато на Земјата. Во подолг период, предизвиканото зголемување на мутациската стапка доведува до пораст на инциденцијата на рак и други заболувања. Од друга страна, овие механизми веројатно допринесуваат и кон зголемување на биодиверзитетот на организмите, а со тоа и до забрзање на еволуцијата на видовите.

e-mail: sasho@mt.net.mk

Напомена: Авторот е редовен професор на Институтот за биологија на Природно-математичкиот факултет во Скопје и астроном аматер.

Литература

- [1] Turatto M. Classification of Supernovae. *Supernovae and Gamma-Ray Bursters. Lecture Notes in Physics.* 2003; 598. 21–36. doi:10.1007/3-540-45863-8_3. ISBN 978-3-540-44053-6.
- [2] Gehrels N, Laird CM, Jackman CH, Cannizzo JK, Mattson BJ, Chen W. Ozone Depletion from Nearby Supernovae. *ApJ.* 2003; 585(2): 1169–76.
- [3] Ludwig, P, Bishop, S, Egli, R, Chernenko V, Deneva B, Faestermann Tet al. Time-resolved 2-million-year-old supernova activity discovered in Earth's microfossil record. *PNAS.* 2016; 113(33): 9232–7. doi: pnas.1601040113.
- [4] Wallner A, Feige J, Kinoshita N, Paul M, Fifield LK, Golser R et al. Recent near-Earth supernovae probed by global deposition of interstellar radioactive ^{60}Fe . *Nature.* 2016; 532(7597): 69–72. doi:10.1038/nature17196.
- [5] Melott AL, Thomas BC, Kachelrie M, Semikoz DV, Overholt AC. A Supernova at 50 pc: Effects on the Earth's Atmosphere and Biota. *ApJ.* 2017; 840(2): 1–9. doi: 10.3847/1538-4357/aa6c57.
- [6] Sørensen M, Svensmark H, Jørgensen UG. Near-Earth supernova activity during the past 35 Myr. *MNRAS.* 2017; 1–14. arXiv:1708.08248.

ПРОТОСВЕЗДИ

Марија Маркоска

Првата фаза од формирањето на ѕвездите, од почетокот на колапсот на молекуларниот облак до палењето на нуклеарните реакции во јадрото се нарекува фаза на протосвезда. Формирањето на ѕвездите настанува во густите јадра на молекуларните облаци во региони каде гравитацијата ги надминува термалниот притисок и магнетните полиња. За да се разбере во целост еволуцијата на ѕвездите пожелно е да се тргне од испитување на својствата на меѓуѕвездената средина од која тие настануваат. Молекуларен облак е тип на меѓуѕвезден облак кој ги задоволува условите за формирање на молекуларен водород, спротивно на меѓуѕвездената средина која во главно се состои од јонизиран гас. Покрај молекуларниот водород, во галаксиите постојат големи количества на атомски водород, кој е многу позастапен од молекуларниот водород. Тој служи како резервоар кој произведува молекуларни облаци. Во ваквите молекуларни облаци постојат региони со повисока густина кои се наречени гранули. Ако одредени услови, како што се ниски температури и високи густини, се исполнети, овие гранули можат да станат зачетоци на нови ѕвезди. Повеќето молекуларни облаци не се во состојба на колапс, нивната гравитација е поддржана од термалниот притисок како и од меѓуѕвезденото магнетно поле. За нас се важни гигантските молекуларни облаци во кои главна кохезивна сила е гравитацијата, додека внатрешниот термален притисок игра мала улога во балансот на сили. Во секој гигантски облак се раѓаат стотици илјади нови ѕвезди. Во густите кондензирани јадра на овие облаци се раѓаат најмладите ѕвезди. Зрната прашина од кои се составени овие јадра ги апсорбираат оптичкото и инфрацрвеното зрачење од позадинските ѕвезди и реемитираат термичко зрачење во инфрацрвениот дел од спектарот, субмилиметарски и милиметарски радио бранови должини.

Протосвездите и младите ѕвездени објекти најдобро се набљудуваат во инфрацрвениот дел од спектарот поради емисијата на прашинската обвивка и дискот околу ѕвездата. Повеќето од нив лесно може да се набљудуваат освен оние кои се прикриени од

материјата од која настанале. Постарите протосвезди, оние кои штотуку не стигнале до главната низа, се набљудуваат во подалечниот инфрацрвен и рендгенскиот дел од спектарот.

Како започнува формирањето на протосвездата?

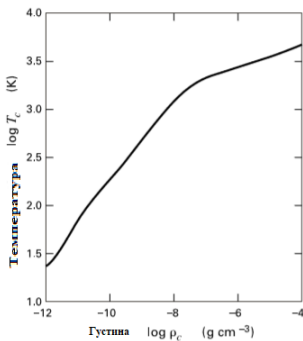
Кога се зборува за настанок на свездите, се претпоставува дека главна улога во колапсот на густото јадро игра магнетното поле на молекуларниот облак и постепената редистрибуција на магнетниот флуks предизвикана од амбиполарна дифузија. Имено, магнетното поле е врзано со јонизираниите компоненти од материјата, кои се движат во однос на неутралните компоненти. Всушност, електроните и јоните кои кружат во магнетното поле со голема брзина се судираат со неутралните јадра кои, пак, почнуваат да се движат и со тоа се спротивставуваат на гравитацијата. Конечно, неутралните јадра почнуваат да се придвижуваат по линиите на магнетното поле како резултат на гравитацијата. Како последица на тоа се губи магнетниот флуks и неутралниот гас се кондензира. Кога гасот станува доволно централно кондензиран, внатрешните региони на оваа структура почнуваат да колапсираат во една точка, достигнувајќи брзина на слободно паѓање. Како што магнетното поле се шири нанадвор, гасот се кондензира навнатре за да формира централно кондензирана структура. Бидејќи се смета дека повеќето молекуларни облаци се магнетски стабилни, било какво слабеење на магнетното поле резултира со енергетски дисбаланс кој е клучен за започнување на процесот на настанокот на свездата. Најчесто ваквите слабеења на магнетно поле се токму резултат од амбиполарната дифузија.

Структурата која настанува со овој процес не е вистинска протосвезда, туку привремена конфигурација наречена *првобитно јадро*. Јадрото акумулира материја од околниот молекуларен облак и ја зголемува својата густина. Неговото инфрацрвено зрачење се уште може да се набљудува, барем додека околниот материјал кој се прилепува не направи слој кој е нетранспарентен за ова зрачење. Понатамошната компресија доведува до рамномерен пораст на неговата внатрешна темепература, а пак порастот на температура значи зголемување на термалниот притисок. Со тоа се забавува компресијата на јадрото. Од надворешните слоеви на јадрото се губи одреден дел од енергијата и тоа доведува до намалување на неговата температура и притисок. Јадрото кое до сега се ширело, запира и иако се припојува нов материјал, тоа почнува да се собира. Вкупната компресирана маса во оваа фаза е мала и изнесува околу 0,05 Сончеви маси, но нејзиниот радиус е голем. Внатрешноста на централното

јадро, како и неговата околина се состојат главно од молекуларен водород.

Во оваа фаза внатрешната температура е околу 850 K. Во споредба со вистинските ѕвезди оваа температура е мала, но релативно голема во однос на молекуларниот облак во кој се наоѓа јадрото слично како што е случај со густината која е од ред $10^{-10} \text{ g cm}^{-3}$. Низ целиот овој процес, јадрото акумулира маса, а неговиот радиус се намалува. На овој начин внатрешната густина се зголемува, а се зголемува и температурата која набрзо достигнува 2000 K. На таа температура почнува дисоцијација на молекуларниот водород поради судири. Загубената енергија од овој процес резултира со намалување на внатрешната температура.

Знаеме дека густината на јадрото постојано расте, што значи дека слојот од атомски водород се шири нанадвор од центарот. За изотермни процеси, било каква мала промена на густината доведува до гравитациски нестабилна конфигурација. Имено, пертурбации во ваквата изотермна конфигурација ја зголемуваат компресијата и таа веќе не може да биде урамнотежена од внатрешниот, термален притисок. Следува дека внатрешната температура на првото јадро не може да остане константна, а нејзиниот пораст е постојано придушен



Сл.1. Зависност на централната температура на првобитното јадро од централната густина.

од дисоцијацијата на молекуларниот водород. Промената на температурата со густина на јадрото може да се набљудува на графикот прикажан на слика 2. Регионот кој содржи атомски водород може да се шири до одредена вредност пред јадрото да стане гравитациски нестабилно и да колапсира. Со колапсот се означува крајот на фазата на *првобитното јадро*.

Делумно дисоцираниот гас во центарот колапсира и со тоа значително се зголемува густината и температурата на овој регион. Ваквото зголемување на температурата е доволно за поголемиот дел од водородот да се јонизира. Тука веќе добиваме вистинска протосвезда која е динамички стабилна, нејзиниот радиус е околу еден Сончев радиус, маса околу 0,1 Сончеви маси, внатрешна температура од 10^5 K и густина од $10^{-2} \text{ g cm}^{-3}$. Со овие одлики таа се повеќе личи на ѕвезда.

Гасот од околниот облак се акумулира на површината на протосвездата и таа расте што резултира со повторно зголемување на

температурата и колапс кој продолжува на овој начин се додека протосвездата не влезе во *главната фаза на акреција*.

Протосвездата која се формира има маса и радиус кои се помали од оние на молекуларниот облак од кој настанува, а кој е ладен и приближно енергетски балансиран, што значи дека свездата сама по себе е ограничен објект со негативна вкупна енергија. Дел од таа енергија при колапсот се израчува во просторот, додека поголем дел оди за дисоцирање и јонизирање на водород и хелиум. Луминозности на протосвездата е производ на колапсирањето на облакот и е генерирана во близина на нејзината површина. Дел од оваа луминозност е производ на израчена енергија за сметка на нуклеарната фузија и квазистатичките контракции во внатрешноста.

Протосвездени обвивки

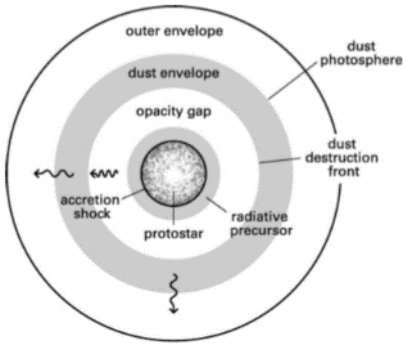
Набљудувањето на протосвездите во нивните рани фази на формирање е главен проблем, бидејќи нивните протосфери се прекриени со слоевите на молекуларниот облак од кој настануваат. Она што може да се набљудува е интеракцијата на протосвездата со околниот материјал и луминозности на протостеларниот диск. Околу ново-формираните протосвезди се формираат надворешна обвивка од гас и внатрешна обвивка составена од прашина. Гасот кој паѓа на површината на протосвездата потекнува од надворешната обвивка. Зрачењето кое е резултат на гасот кој паѓа на површината останува заробено. Ова зрачење е апсорбирано од зрната прашина на внатрешната обвивка, која се загрева и потоа зрачи на подолги бранови должини. Поради тоа фотосферата на самата протосведа не може да се набљудува. Ефективната површина која зрачи за надворешен набљудувач се надворешните слоеви на прашинската обвивка.

Поради апсорбираната енергија внатрешните слоеви на прашинската обвивка се загреваат. Кога таа температура ќе достигне 1500 K зрната од прашина кои тука се наоѓаат испаруваат. Тогаш помеѓу протосферата на свездата и прашинската обвивка настанува празнина која е непровидна за зрачењето.

Може да се заклучи дека гасот кој паѓа на површината на протосвездата паѓа со брзина на слободно паѓање. При ударот на површината се ослободува енергија во вид на зрачење и во моментот на шокот, т.е. ударот, температурата која се развива надминува 10^6 K.

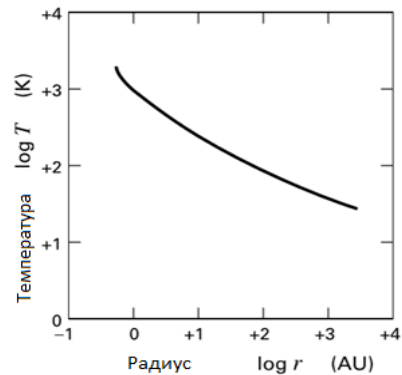
Ваквиот топол гас емитира во висок ултравиолетов и рендгентски дел од спектарот. Материјата која ја обвива протосвездата е непровидна за овие бранови должини па површината на свездата се однесува како апсолутно црно тело. Со

оваа апроксимација и мерењето на акреционата луминозност лесно се доаѓа до апроксимација за ефективната температура на површината на протосвездата која е околу 7000 K. Во непровидната празнина постои оптичко зрачење кое е својствено за ѕвездите од главната низа. Ситуацијата е поинаква за температурата на



Сл.2. Структура на сферна протосвезда и нејзината обвивка.

Температурата во овој регион рамномерно се намалува обратнопропорционално од радиусот на обвивката и оваа состојба постои се до точката каде гасот од надворешната обвивка станува провиден за определено браново зрачење. Во таа точка целата прашина обвивка емитура како апсолутно црно тело. Поточно, самата протосвезда нема добро дефиниран радиус на зрачење (фотосфера) затоа што средината станува транспарентна за одредени бранови должини на различни радиуси. За најдобро да го визуелизираме радиусот на фотосферата на протосвездата се одбира главната брановата должина на спектралната распределба, во инфрацрвениот дел од спектарот и радиусот на фотосферата е токму оној дел каде гасот станува транспарентен за таа бранова должина. Температурата на внатрешните слоеви на обвивката главно зависи од зрачењето на протосвездата, додека онаа на надворешните е условена од

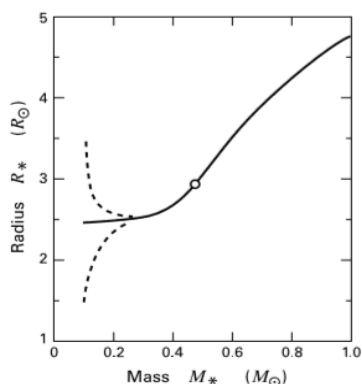


Сл.3. Зависност на температурата од радиусот на протосвезда чија маса е колку онаа на нашето Сонце.

меѓусвезденото зрачење. На слика 3 графички се гледа рамномерното намалување на температурата на обвивката со зголемување на нејзиниот радиус.

Внатрешна еволуција

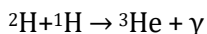
Почеток на конвекција. На почетокот протосвездата е структура кај која топлината се пренесува преку зрачење. За “родителските” молекуларни облаци со температури од 10 до 20 K на свездата годишно би се припојувале од 10^{-6} до 10^{-5} Сончеви маси. Секој нов слој кој паѓа на површината на протосвездата ја зголемува нејзината маса, а со тоа се зголемува и брзината на слободно паѓање. Со зголемување на брзината на гасот кој паѓа на површината се зголемува топлотната енергија која се зрачи. Ваквото зголемување на температурата резултира со зголемување на радиусот на протосвездата. Следува дека радиусот на протосвездата расте со зголемување на нејзината маса. На графикот на слика 4 се гледа функционалната зависност на радиусот од масата на протосвездата. Станува збор за протосведа чија маса на почетокот е 0.1 Сончеви маси. Во времето кога масата ќе стане два пати поголема, независно од почетниот радиус на протосвездата функционалната зависност е иста.



Сл.4. Релација маса-радиус за протосвезди со различни почетни радиуси.

Во пораните фази на еволуција преносот на топлина во протосвездата се одвива преку зрачење. Од цртежот на слика 4 гледаме дека во овој период пред да почне преносот преку конвекција, масата на протосвездата расте многу побрзо од нејзиниот радиус, што значи дека температурата во центарот на протосвездата исто така расте. Во оваа етапа, во центарот, каде температурата е најголема, почнува одвивање на нуклеарни реакции.

Првото нуклеарно гориво кое се пали е деутериум (^2H):



Оваа реакција е егзотермна, што значи дека се одвива со испуштање на топлина во околината. Ефектите од горењето на деутериумот се гледаат дури кога температурата во центарот ќе достигне 10^6 K. Конвекцијата во протосвездата започнува тогаш кога

енергијата произведена од овој процес повеќе не може да се пренесува преку зрачење. Наместо тоа, елементи на флуидот пловат кон површината, вишокот топлина го предаваат на околината, се ладат и згуснуваат и се враќаат назад. Горењето на деутериумот се однесува како еден вид термостат кој не дозволува температурата во центарот да достигне поголема вредност од 10^6K .

Протостеларен диск

Во досегашните излагања претпоставивме дека материјалот кој се акумулира на протосвездата директно паѓа на нејзината површина. Ротацијата на централното тело ги искривува патеките на гасот и материјата кои надоаѓаат. Поради тоа, се поголем број честички паѓаат околу централното тело, а не директно на површината на протосвездата и формираат структура во форма на диск. Честичките прво доспеваат до ваквиот протостеларен диск, а потоа се акумулираат во масата на протосвездата. Протостеларниот диск се појавува по околу $3 \cdot 10^4$ години од почетокот на колапсот, кога масата на протосвездата изнесува околу 0,2 Сончеви маси.

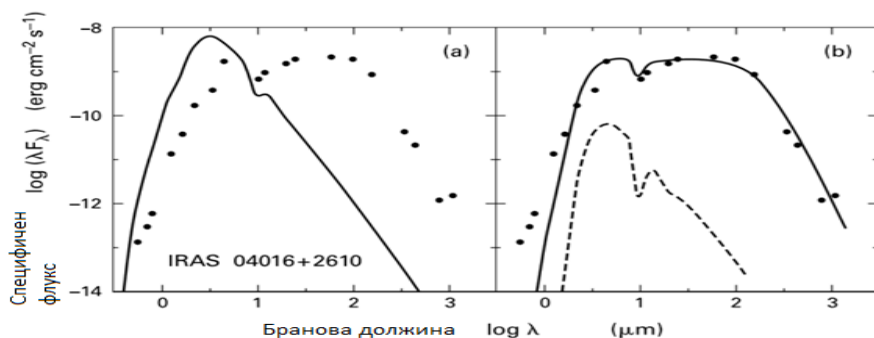
Протосвездите кои се формираат во ротирачки молекуларни облаци со колапсот го зголемуваат својот аголен момент и би требало да бидат разорени под дејство на центрифугалната сила. Истражувањата покажуваат дека и оние ѕвезди кои се во најраните фази на еволуција имаат мали ротациони брзини. Овој факт кажува дека протосвездите не го акумулирале аголниот момент донесен од материјата која паѓа, што е индикација дека ваквиот протостеларен диск постои.

Емпириска класификација на протосвезди

Речиси целото зрачење кое доаѓа од судирите при процесот на акумулирање на маса и реакциите кои се случуваат во внатрешноста на протосвездата се апсорбира од прашинската обвивка на протосвездата. Бидејќи тие се „закопани“ во молекуларниот облак од кој настануваат, нивното набљудување е тешко. Информациите кои ние ги добиваме се оние од апсорбираните и реемитираните бранови должини, па спектралната анализа ни дава повеќе информации за структурата на овие прашински зрна отколку за внатрешната структура на протосвездата или нејзиниот диск. За да знаеме дали одреден извор на зрачење е протосвезда, најдобро е да се спореди флуксот кој се добива од познат извор со она што се очекува да се случува во средина каде има колапс на гас и прашина.

Според спектралната енергетска распределба младите ѕвездени објекти се поделени во четири класи. Објекти од класа II и III се оние кои се во подоцнежните фази на развој и не се толку многу обвиткани од околната прашина. Нивните спектри наликуваат на спектрите од ѕвездите на главната низа и преку нивните апсорпциони линии точно се одредува нивната ефективна температура. Тие во главно зрачат на инфрацрвени и милиметарски бранови должини.

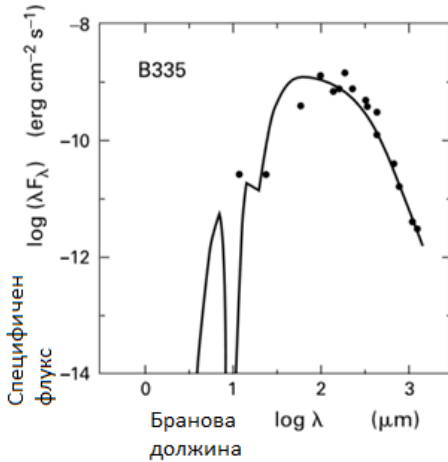
Класа I извори. Спротивно на тоа, објектите од класа I се премногу опколени со материјалот на молекуларниот облак за да може да се изработи апсорпционен оптички спектар, па тие не може да се сместат на конвенционалниот X-P дијаграм. Објектите од оваа класа зрачат на подолги бранови должини. Зрачењето на протосвездата доаѓа од фотосферата на нејзината обвивка од прашина која има ефективна температура од околу 300 K, што соодветствува на бранова должина од околу 10 μm доколку сметаме дека протосвездата зрачи како апсолутно црно тело. Кажавме дека најголем дел од луминозноста на протосвездата потекнува од нејзиното акумулирање маса. Тоа значи дека било кој објект од класа I би требало да има поголема луминозност од објектите од класа II и III.



Сл.5. Спектралната енергетска дистрибуција на IRAS 04016+2610, извор од класа I. Лево: Полната линија е спектар на позадинска ѕвезда. Десно: Испрекинатата линија покажува спектар на млада ѕвезда обвиена со прашина.

Доколку е така објектот кој го набљудуваме претставува протосвезда. Двата најпроучени региони каде има извори на објекти од класа I се Taurus-Auriga и ρ Ophiuchi. Сепак, изворите на бранови должини од ред на неколку микрометри не мора да бидат протосвезди. Повеќето извори од класа I на Taurus-Auriga немаат доволно голема луминозност за да во нив да се одвива процес на акреција на маса.

На слика 5 се гледа спектралната енергетска дистрибуција на IRAS 04016+2610, кој е извор од класа I и припаѓа на Taurus-Auriga.



Сл.6. Зависност на специфичниот флуks од брановата должина на изворот V335 од спектрална класа 0.

Луминозността на овој објект е од околу 4 пати поголема од онаа на Сонцето. Полната линија на графикот претставува зависност на специфичниот флуks и брановата должина на некоја позадинска звезда која има ефективна температура од 4000K. Релативно малото поклопување на оваа крива со податоците добиени при набљудување кажува дека изворот кој се набљудува е протосвезда.

Извори од класа 0. Кај детектираните извори од класа 0 емитираниот спектар е во инфрацрвени и милиметарски бранови должини, што укажува

на тоа дека кај овие извори постои објект кој е во својата рана, бурна фаза на еволуција. Извор на инфрацрвено зрачење е само загреаната прашинска обвивка која го апсорбира зрачењето на површината на централното тело, па го реемитира. Ваквата обвивка од прашина е провидна за милиметарски бранови должини. Континуумот што се добива е значаен за испитување на внатрешноста на протосвездата. Кај овие објекти вкупната луминозност е поголема од оние кои спаѓаат во класа I. Тоа укажува дека во околина на објектите на класа 0 мора да постојат големи количества на гас и материја кои се загреваат. Типична звезда од класа 0 е звездата V335 која се наоѓа во т.н. Бок глобула. Бок глобулите се изолирани и релативно мали темни маглини кои содржат густа космичка прашина и гас, а во кои има веројатност за настанок на звезди. Полната линија на графикот на Слика 6 е теоретска претстава на таа зависност за звезда опколена со прашина. Максимумот е достигнат на поголеми бранови должини од колку кај изворите од класа I.

Понатамошна еволуција. Поради непрекинатиот колапс на протосвездата температурата во центарот достигнува 10^7 K и тогаш се создаваат услови за почеток на термонуклеарни реакции на согорување на водород. Со тоа звездата станува звезда од главната низа на X-P дијаграмот. За крај, важно е да се напомене дека не секој колапс на молекуларниот облак доведува до создавање на нова звезда. Во овој стадиум во протосвездите кои не акумулирале доволно маса не постојат услови за нуклеарни реакции на водород па

протосвездата ја продолжува компресијата. Ваквото тело се нарекува дегенерирано кафеаво џуџе.

e-mail: Marija.markoska98@gmail.com

Напомена: Авторот е студент на насоката астрономија и астрофизика од студиите по физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Литература

- [1] Dunham, M. M.; et al. (2014). The Evolution of Protostars in Protostars and Planets VI.
- [2] Hayashi, C. (1966). "The Evolution of Protostars". Annual Review of Astronomy and Astrophysics.
- [3] Stahler, S. W. & Palla, F. (2004). The Formation of Stars. Weinheim: Wiley-VCH.

ПЛАНЕТАТА МАРС И ТЕОРИЈАТА ЗА ГЛОБАЛНА ТЕКТОНСКА АКТИВНОСТ

Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска и Драгана Черних

Ноќното небо отсекогаш зрачело со таинственост. Уште многу одамна астрономите се обидуваа да го осознаат распоредот на планетите и другите небесни тела. Иако во себе ја носи желбата за проучување и вистината за почетокот не сè, отсекогаш постоел и мотив за спознавање на нашето место во природата. Денес не постои место на нашата планета Земја кое е непознато, затоа предизвик за научниците претставува вселената и истражувањето на стотиците планетарни системи во и надвор од нашата галаксија. Во последните децении дознаваме за многу планетарни системи слични на нашиот; многу ѕвезди како нашето Сонце околу кое кружат планети. Може ли некоја од овие планети да личи на нашата? Има ли интелигентен облик на живи суштества? Нашето современо разбирање на „вселенската животна средина“ се уште се темели на човековата претстава за вселената, полна со воодушевување и чудење. Сончевиот систем единствениот планетарен систем чие создавање и еволуција се истражувани. Сонцето претставува најмасивно централно тело околу кое по елипсоидни патеки се движат осум планети: Меркур, Венера, Земја, Марс, Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун. Нив ги следат сателити, неколку илјади мали планети, голем број комети и метеори. Според своите особени карактеристики овие планети се поделени на две групи: планети од Земјин тип (Меркур, Венера, Земја и Марс) и планети од Јупитеров тип (Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун). Оттука произлегува и сличноста на Земјата и Марс. Имено, и двете имаат: мала маса, голема густина, бавно движење, мал број на сателити и сл.

Планетата Земја, во однос на оддалеченоста од Сонцето, е трета планета која има само еден сателит – Месечината. Нејзиниот среден радиус е 6371 km, а обвиткана е со атмосфера чија густина опаѓа со височината и засега е единствената позната планета на која има живот. Нејзината внатрешна структура е слична на внатрешната структура на останатите планети од Земјиниот тип, но сепак е единствената планета во Сончевиот систем што обилува со вода на површината. Нејзината историја од околу 4,6 милијарди години изобилува со бурни промени, како и тектонски движења, кои

придонеле во создавање на рамнотежата која ги модифицира условите на нејзината површина, создавајќи живот. Денес знаеме дека 71% од Земјината површина е покриено со вода, а останатите 29% се копно (континентите и островите). Различните деформации на цврстиот материјал на Земјата, како што е познато од геологијата, се делат на оние што се примарно побудени од процесите во самиот тој материјал (ендогени процеси), а тоа се тектонските движења и на оние што се предизвикани од дејствата на атмосферата и хидросферата (егзогени процеси), како што се вулканизмот, гравитацијата од Сонцето и Месечината, ударите на метеорите, човековите активности итн. Тектонските движења (бавните вертикални, орогените и лomoобразувачките) се одвиваат врзани во циклус, во текот на периоди до стотици милиони години, имаат најголем удел во создавањето на топографијата на Земјата, а причинуваат и споредни тектонски движења, како земјотресите.

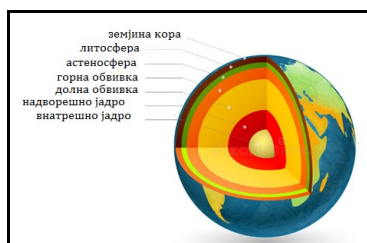
Планетата Земја и глобалната тектонска активност

Земјата е планета со многу сложена и долга историја, своја сегашност и иднина. Космичките закони, како гравитацијата, Сончевата радијација, плимата и осеката (приливи и одливи), имаат главна улога во условувањето на климата и животот на Земјата. Тие имаат и директна или индиректна врска со различните процеси што се одвиваат на Земјата, нејзината градба и состав. На Земјата се одвиваат процеси карактеристични само за неа, кои не се манифестираат на другите планети од Сончевиот систем.

Меѓусебното дејство на космичките и Земјините процеси се тесно поврзани и ја оформиле Земјата таква каква што ја гледаме денес, со нејзините севкупни делови. Во најголем дел, таа е цврсто тело со нерамнини на површината – геоид. Ова тело покажува скоро изотропна и тродимензионална хетерогена хемиска градба и локална рамнотежна физичка состојба. Хетерогеноста се одликува со повеќе нагли промени, како и дисконтинуитети во вертикална и хоризонтална насока, востановени пред сè како нагли промени на брзината на земјотресните бранови. Хетерогеноста во вертикална насока е изразена и ја дефинира внатрешноста на Земјата, додека хоризонталната хетерогеност на Земјата е послабо изразена и е ограничена само во делот до длабочина од околу 710 km, а е најмногу изразена на длабочина од околу 350 km. Највпечатливи сеизмички дисконтинуитети во хоризонтална насока се границите на тектонските плочи. Одејќи од површината кон внатрешноста на Земјата, се одвојуваат шест главни глобални сеизмички дисконтинуитети во вертикална насока и слоевите помеѓу нив, со

вклучени и послаби глобални дисконтинуитети: кора (поделена на континентална и океанска, составена главно од соединенија на силициум Si, алуминиум Al и магнезиум Mg со многу други примеси), обвивката (поделена на горна и долна, каде преовладувачки соединенија се оние на магнезиум Mg, силициум Si и железо Fe) и јадрото (поделено на внатрешно и надворешно, главно составено од железо Fe и никел Ni), (слика 1).

Теоријата за глобалната тектонска активност, односно тектониката на плочите, е развиена во 60-тите години на минатиот век. Ја обединува хипотезата на А. Вегенер (A. Wegener) од 1912 година за движење на континентите и хипотезата на Х. Хес (H. Hess) од 1960 година за ширење на океанските дна. Според Хес, на рабовите и ломовите на океанските дна избиваат маси од струите на загреан материјал во астеносферата и преодниот дел од обвивката на Земјата, именувани како конвекциски струи (конвективна циркулација на материјата). По ладењето, зголемувајќи го својот волумен, овие маси се припојуваат кон океанското дно, го прошируваат, вршејќи притисок на соседните блокови на литосферата, што предизвикува натамошна тектонска активност. Како последица од тоа се јавува постојано формирање на нова литосфера по средините на океанските дна, каде што се раздвојуваат плочите, дозволувајќи на тие места да се вметне вжештена материја – магла, која поради конвекциските струи, се издигнува од обвивката. До денес се откриени повеќе десетици плочи на литосферата, оградени со ломови што продираат на длабочина до 700 km, а кои, подложени на различни напрегања, имаат различни тенденции на поместување, создавајќи динамички сложена структура на Земјината кора. Брзите взаемнодејства на овие плочи долж нивните рабови предизвикуваат силни земјотреси. Взаемнодејствата на плочите можат да бидат: подвлекување на една плоча под друга – субдукција, кршење на плочата која се подвлекува и нејзино врзување за другата плоча – акреција, релативно лизгање на плочите во хоризонтална насока – транскуренија и оддалечување на две плочи – екструзија. Причина за движењето на плочите не се само конвекциските струи, туку и гравитациската нестабилност на Земјата. Како резултат на нерамномерното и постојано раздвојување на одделните тектонски плочи или други помали структури во земјината кора и подлабоко во Земјата, се овозможува акумулирање на големи механички напрегања. Во моментот кога тие напрегања ќе ги преминат кохезионите сили на материјата во едно одредено подрачје во внатрешноста на Земјата, се нарушува компактоста, и доаѓа до лом – нагло придвижување со ослободување на енергија која се пренесува преку ширењето на земјотресните бранови (слика 2).



Сл. 1. Сеизмички дисконтинуитети во Земјата.

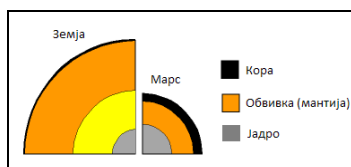


Сл. 2. Придвижување на тектонските плочи.

Планетата Марс

Планетата Марс уште од дамнешни времиња предизвикувала посебен интерес кај секој набљудувач. Како четврта планета во Сончевиот систем, од групата на планети од Земјин тип, поради црвената боја, оваа планета е позната како црвена планета која многу наликува на Земјата. Црвената боја потекнува од минеролошкиот состав на Марсовото тло, составено воглавно од минералот лимонит кој на површината и дава карактеристична црвенкаста боја. Покрај лимонитот се среќава и минералот кварц. Во основа, составот на површината на Марс е многу сличен со составот на Земјината кора. Масата е десет пати помала од масата на Земјата, а гравитацијата на површината е 0,38 дел од Земјината, па движењето на Марс механички е многу поедноставно. Просечната густина е помала од Земјината и изнесува $3,93 \text{ g/cm}^3$. Меѓу разновидните облици на површината што укажуваат на сложен релјеф, се многубројни кањони, терени со хаотичен распоред на планини и долини, кривулести канали, а се вбројуваат и метеорските кратери, високи вулкани и други објекти. Иако сега Марс е сува планета, има многу докази дека во минатото на нејзината површина имало вода. Постојењето на сувите речни корита, долините и старите поплавени рамнини се сведоштво за постоење на големи количества вода во минатотот (пред околу 3,5 милијарди години). Тогаш Марс бил потопол, повлажен и со погуста атмосфера. Дел од оваа вода постои и денес во облик на мраз што се наоѓа под површината но и на поларните капи. Атмосферата на Марс е поретка од атмосферата на Земјата, а облаците можат да бидат составени од водена пара, како што се на Земјата, но и од јаглероден диоксид CO_2 . Северната поларна капа е составена од обичен мраз, а јужната од т.н. сув мраз, односно јаглероден диоксид кој од гасовита преминува во цврста состојба. Поради сличниот наклон на оската на ротација кон еклиптиката, на Марс како и на Земјата се јавуваат четири годишни времиња, со таа разлика што траат речиси двојно подолго, бидејќи Марсовата

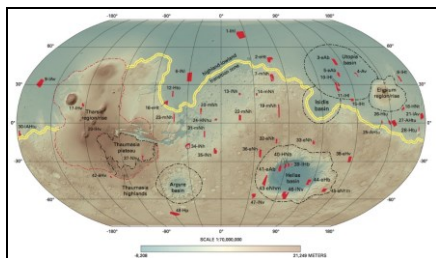
револуција е скоро два пати подолга од Земјината. Што се однесува на внатрешната градба на Марс, се смета дека неговата кора има дебелина помеѓу 30 и 100 km, во зависност од тоа која хемисфера се разгледува, односно средна дебелина од 65 km. И покрај тоа што средната големина на Марсовата кора одговара на големината на континенталната Земјина кора, сепак преовладува базалтниот состав на стврднатата магматска материја пробиена во кората од обвивката, со силициум Si и алуминиум Al, но има и магнезиум Mg, калциум Ca и железо Fe. Треба да се напомене дека се чини дека Марсовата кора е целосно неподвижна, додека површината на Земјата е поделена на литосферски плочи кои постојано се движат едни во однос на други. Под Марсовата кора се наоѓа течна карпеста обвивка, со пречник од 1240 km до 1880 km, богата со феромагнетски силикати, која има голема улога во развојот на планетата. Според теоретските симулации, во обвивката би требало да постојат конвекциски движења, бидејќи има доволно количество на топлина за да се одвива процесот на размена на топлината со карпестите маси од кората, со што би се поттикнале овие движења. Под обвивката се наоѓа густо јадро, со пречник од 1500 km до 2100 km составено од железо Fe и никел Ni, слично како на Земјата, кое содржи и поголеми концентрации на сулфур S (слика 3).



Сл. 3. Приказ на внатрешната градба на планетата Марс во однос на Земјата.

Магнетно поле на Марс е околу 500 пати помало од Земјиното магнетно поле и неговата насока има спротивен правец од насоката на Земјиното (во однос на оската на ротација), па поради тоа не е во состојба целосно да ја штити планетата од честичките на Сончевиот ветер. Ова е и една од причините за релативно многу тенката атмосфера на Марс. Според топографијата, Марс има две различни хемисфери: северна хемисфера која е многу рамномерна и лежи пониско од доминантните кратерски висорамнини на јужната хемисфера. Можеби една од најприфатливите причини за оваа разноликост во релјефот на хемисферите е удар на голем астероид од пред околу 3,5 милијарди години на јужната хемисфера. Оваа катастрофална појава довела до активен вулканизам на црвената планета и создавање на високите планини на јужната хемисфера, што

се забележува и од сателитските снимки. Денес многу добро ја познаваме планетата Марс благодарение на големиот број вселенски сонди упатени кон неа, а од кои се добиени голем број на фотографии за површината на планетата. Од посебно значење се и роботските мисии преку кои се собираат и анализираат податоците за карпите од површината, а акцентот е ставен и на можноста за постоење на најпрости форми на живи суштества. Според овие истражувања, покрај картографирањето на цела планета откриени се и дополнителни докази дека во минатото на оваа планета имало течна вода, но и дека планетата Марс можеби имала тектонска активност во скоро минато, со што споредбата со планетата Земја ја прави уште поинтересна. На слика 4 е претставена топографската карта на планетата Марс.

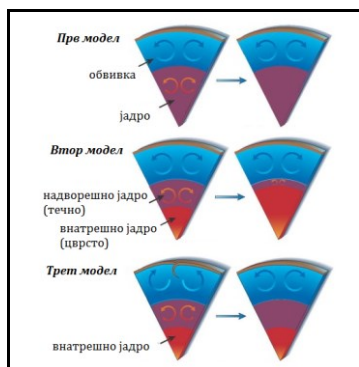


Сл. 4. Топографска карта на Марс.

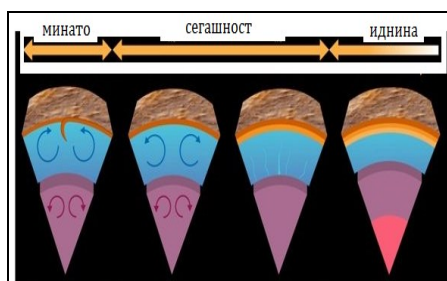
Да разгледаме три различни модели на внатрешната структура на Марс. Сите три модели се веродостојни според податоците со кои денес располагаме, но можат да се покажат и целосно неточни според идните сеизмолошки податоци кои треба да пристигнат на Земјата од сондата упатена на Марс во 2018 година, во рамки на мисијата Инсајт (InSight - Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport). Првиот модел претпоставува тенка кора формирана при топење на карпестиот материјал од горниот слој на обвивката и негово избивање како магма на Марсовата површина, која потоа се кристализира додека се лади. Обвивката претставува област на размена на топлина помеѓу јадрото и кората, односно надворешноста. Според овој модел, некогаш формираниот Марс имал целосно течено метално јадро богато со сулфур, а чии конвекциски движења генерирале глобално магнетно поле. И во обвивката, исто така, постоел процесот на конвекција, но сепак кората на Марс не се поделила на плочи кои би се движеле, односно целосно отсуствува тектониката на плочи. Како што се ладела планетата, конвекцијата на течното јадро се повеќе се намалувала за да конечно запре, што довело до исчезнување на магнетното поле на Марс. Конвекциските

движења во обвивката можеле но и не морале да продолжат. Возможно е и материјалот што ја сочинува обвивката со текот на времето да стане изразито крут, односно неподвижен. Внатрешната структура на Марс е слична со предложениот прв модел: кора што опфаќа единствена плоча што ја покрива целата планета и обвивка подложна на конвекциски движења која се уште ја игра улогата на разменуваач на топлина помеѓу јадрото и кората. Вториот модел претпоставува постоење на кора, обвивка и јадро кое е сиромашно со сулфур. Наместо да биде целосно течно, јадрото во овој модел има надворешен дел кој е течен и чија конвекција е доволна за создавање на глобално магнетно поле, а внатрешниот дел е цврст заради постоење на кристализација на почетниот стопен метал. Разликата помеѓу овој модел и првиот се засновува на хипотезата дека, по заладувањето на планетата, јадрото брзо продолжило да се здобива со маса, оставајќи течен слој премногу тенок за да во него се развијат ќелии способни да генерираат магнетно поле. Третиот модел е независен од количеството на сулфур во јадрото и вклучува појава на главен механизам што менува сè: тектоника на плочи кој овозможува внатрешната топлина на планетата да се пренесува правилно. Во овој модел Марсовата површина, како онаа на Земјата, е поделена на подвижни литосферски плочи. Под кората, обвивката е предмет на конвекциски движења кои овозможуваат движење на плочите. Јадрото е составено од надворешно јадро и цврсто внатрешно јадро. Во овој претпоставен модел за внатрешноста на Марс, непознатата причина за почетокот на ладењето на внатрешноста на планетата како и претпоставката за судир на планетата со друго тело предизвикува почеток на крајот на конвекциските процеси во обвивката. Ова води кон престанок на процесот на тектоника на плочи и има драматичен ефект врз конвекцијата на обвивката која исчезнува. Овој ефект води и кон исчезнување на потоците на течен метализиран материјал во надворешното јадро, што доведува до исчезнување на глобалното магнетно поле на планетата. Конечниот резултат е ист за сите три модели, што е нормално, со оглед дека сите овие сценарија не упатуваат до конечна состојба: единствена литосферска плоча со отсуство на процесот на движење, но и губење на заштитното магнетно поле, со што планетата е изложена на абразивниот соларен ветер и атмосферата се губи во вселената, температурите на површинските области опаѓаат, течната вода повеќе не тече и се активира глобален, дефинитивен процес на дезертификација (процес на претворање на полупустинска зона во пустина). На слика 5 се дадени трите модели за претпоставената еволуција на внатрешноста на планетата. За разлика од Земјата, чија тектоника се темели на теоријата на тектонските плочи, тектониката

на Марс, ако претпоставиме дека третиот модел е најверодостоен на сегашната состојба на оваа планета (слика 6) главно е ограничена на изливи на магма која се пробивала нагоре низ кората до површината. Пред повеќе милијарди години, процесите во внатрешноста (конвекциските струи) на Марс, односно дејството на внатрешните сили, ги создале големите облици што денес можат да се видат на површината, за да подоцна овие процеси исчезнат. Марс денес нема активни тектонски плочи, а без движење на плочите, вулканските активни точки под површината остануваат на исто место во однос на површината.

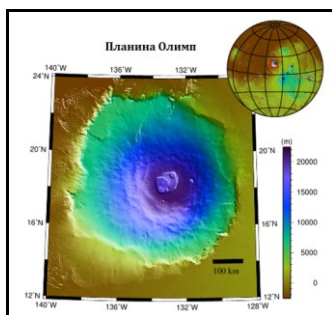


Сл. 5. Претпоставени модели на еволуција на внатрешната градба на планетата Марс.



Сл. 6. Најверодостојен модел на еволуцијата на внатрешноста на Марс.

Ерупциите на магма, заедно со слабата гравитација, се причинители за формирање на огромните вулкани вклучувајќи го и Олимп (Olimpus Mons), кој несомнено е најголемиот вулкан во Сончевиот систем, а воедно и највисоката планина во Сончевиот систем со височина од околу 26 km. Топографската карта на Планината Олимп, е претставена на слика 7.

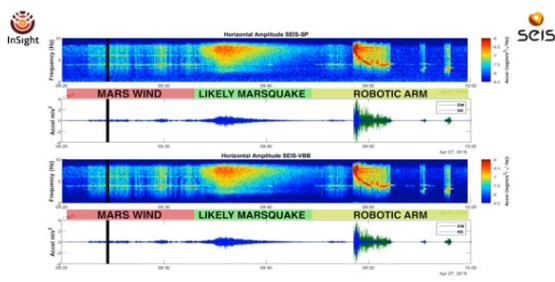
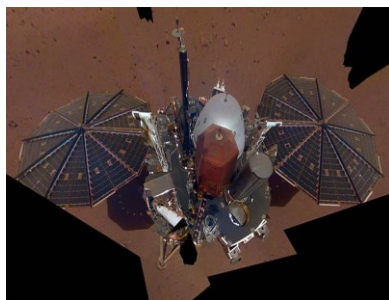


Сл. 7. Топографска слика на Планината Олимп.

MARSQUAKE – ЗЕМЈОТРЕС НА МАРС

Марстресење, марстреперење или во литературата познати како Marsquake, се само некои од именувањата на вибрирањето или тресењето на Марс, чии жаришта потекнуваат од внатрешноста на оваа планета. Во минатото, на неа сигурно имало многу честа сеизмичка активност имајќи ја во предвид релјефната површина која денес ја познаваме. Уште во далечната 1976 година, со мисијата Викинг 2 (Viking 2) реализирана од НАСА (National Aeronautics and Space Administration), на површината на Марс биле поставени три краткопериодични сеизмометри кои регистрирале можни локални сеизмички настани, односно регистрација од marsquake. Но сепак не се исклучува можноста и дека некои од овие записи може да е последица на турбуленции од ветерот или удар на метеор. Во 2004 година на Марс биле испратени две идентични возила: Спирит (Spirit) и Опортунити (Opportunity) кои слетале на спротивните страни на планетата. Нивната мисија била проучување на карпите и почвата, како и барање на докази за влијанието на водата во минатото на планетата. Од првата успешно реализирана мисија на Марс, Маринер 4 (Mariner 4) на 28 Ноември 1964 година (Мисии Маринер реализирани од американската вселенска агенција НАСА), па се до денешните последни успешно реализирани мисии во 2018 година и кои сеуште траат (InSight и MarCO), добиени се, но и се очекуваат голем број на податоци. Во 2018 година успешно реализирана е мисијата InSight - Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport, со која роботизирана сонда е упатена кон Марс, се со цел да ја истражува внатрешноста врз основа на сеизмичката активност, геодезијата и температурните промени. Осетливите сеизмометри поставени на површината имаат намена да идентификуваат с бранови или било какви вибрации. Главната цел на оваа мисија е утврдување на постоечка сеизмичка активност, мерење на промената на проток на топлина од внатрешноста на планетата кон површината, како и проценка на големината на јадрото на Марс и осознавање на неговата состојба, течна или цврста. Секундарната цел на мисијата е спроведување на темелна студија за геофизиката, тектонската активност и ефектот на влијанијата на метеорите врз Марс. Во оваа мисија добиен е аудио и видео запис за регистриран marsquake, односно треперење на површината на Марс регистрирано од сеизмометарот поставен на марсовата површина. Утврдување на потеклото на marsquake е всушност потврда на податоците според кои се добиени најверојатните модели на еволуцијата на внатрешноста на Марс. Одговорот за постоењето на marsquake е последица на внатрешните сили кои потекнуваат од внатрешноста на Марс при отсуство на тектониката на плочи. На слика 8 е дадена

роботизирана сонда од мисијата InSight, како и слика од три различни записи на вибрации, од кои еден е сеизмички настан, а сите се регистрирани од сеизмолошки инструмент - сеизмометар.



Сл. 8. Роботизирана сонда од мисијата InSight.

e-mail: katerinadrogreska@yahoo.com, najdovskaj@yahoo.com, dcernih@yahoo.com

Напомена: Авторите се научни соработници на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Извори

- [1] И. Милевски, Земјата и вселената, 2012, Скопје
- [2] М. С. Димитријевиќ, А. С. Томиќ, Астрономија, 1998, Скопје
- [3] К. Блажев и М. Арсовски, Општа геологија, 2001, Штип
- [4] М. Рис, Вселена, 2008, Младинска книга, Скопје
- [6] Т. Lay, Т. С. Wallace, Modern global seismology, 1995
- [7] D. L. Anderson, W. F. Miller, G. V. Latham, Y. Nakamura, M. N. Toksöz, A. M. Dainty, F. K. Duennebier, A. R. Lazarewicz, R. L. Kovach, T. C. D. Knight, Seismology on Mars, 2012
- [8] J. W. Head, The geology of Mars: new insights and outstanding questions, Department of Geological Sciences, Brown University.
- [9] K. L. Tanaka, J. A. Skinner, Jr., J. M. Dohm, R. P. Irwin, III, E. J. Kolb, C. M. Fortezzo, T. Platz, G. G. Michael, T. M. Hare, Geology maps of Mars, 2014
- [10] <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01330-3>
- [11] [https://en.wikipedia.org/wiki/Spirit_\(rover\)#Discoveries](https://en.wikipedia.org/wiki/Spirit_(rover)#Discoveries)
- [12] <https://www.nationalgeographic.com/science/space/solar-system/mars/>
- [13] <https://www.seis-insight.eu/en/public-2/martian-science/internal-models-of-mars>
- [14] <https://www.astronomynotes.com/solarsys/s8.htm>

СОНЧЕВИТЕ ЗАТЕМНУВАЊА

Љубе Бојевски

Земјата и нејзиниот природен сателит

Системот Земја – Месечина во многу нешта е посебен во рамки на Сончевиот систем. Имено, Месечината е најголемиот планетарен сателит според димензиите на планетата околу која орбитира, или, со други зборови, односот помеѓу дијаметрите на Месечината и Земјата е најголем споредено со истиот кај сите други планети во Сончевиот систем. Месечината орбитира околу Земјата од запад кон исток по елиптична орбита со ексцентрицитет $e=0,0549$ и просечна линиска брзина $1,02 \text{ km/s}$. Таа има и сопствена ротација во истата насока. Периодот на една полна ротација на Месечината околу Земјата, мерено во однос на „неподвижните“ ѕвезди, односно т.н. сидерички или ѕвезден месец, изнесува 27,3217 средни Земјини денови, што потполно одговара на периодот на нејзината ротација околу сопствената оска. Затоа таа е секогаш завртена кон Земјата со истата страна. Другата половина од површината на Месечината е невидлива за набљудување од Земјата. Оваа појава е позната под името синхрона ротација (Synchronous rotation, Tidal locking). Така, дури на 7 октомври 1959 година за прв пат во човековата историја од страна на советската мисија „Луна 3“ била снимена т.н. „темна страна“ на Месечината.

Средното годишно растојание помеѓу Земјата и Сонцето е за околу 390 пати поголемо од средното растојание помеѓу Земјата и Месечината. Случајност и наша цивилизациска среќа е дека приближно исто толкав е и односот на средните дијаметри на Сонцето и Месечината. Затоа, од позиција на набљудувач од површината на Земјата, нивните привидни (аголни) дијаметри се практично еднакви изнесуваат приближно $0,5^\circ$, со релативно мали промени во текот на годината. Тоа е така поради релативно малиот ексцентрицитет на орбитите на Земјата и Месечината. Како последица на овие факти, сведоци сме на повремени и особено интересни централни затемнувања на сончевиот диск од страна на Месечината. Тие циклично се повторуваат и може да се набљудуваат од најразлични локации на Земјината површина. Особено интересни се оние затемнувања при кои привидниот дијаметар на сончевиот диск е за малку поголем од дијаметарот на месечевиот диск. Појавата

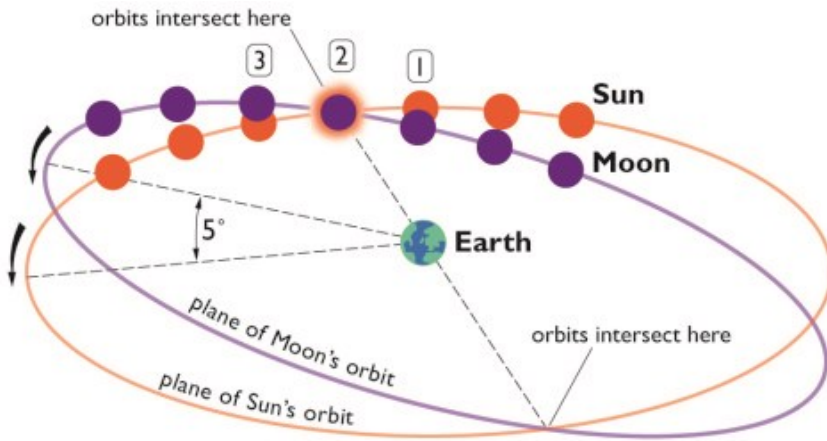
е од непроценливо значење за текот и развојот на астрономската мисла од најраните денови на човековата историја па сè до денес.

ОСНОВНИ ПОИМИ

Месечината ротира околу Земјата во иста насока во која Земјата ротира околу Сонцето, при што нејзината орбита лежи во рамнина која е наклонета под агол од $5,2^\circ$ во однос на еклиптичката рамнина. Толку изнесува и максималното аголно растојание помеѓу центрите на месечевиот и сончевиот диск кога се во конјукција. Месечината привидно се движи по небесната сфера со поголема брзина од онаа на Сонцето. Таа за еден ден грубо изминуваат од 13° од запад кон исток, додека Сонцето нешто помалку од 1° во истата насока. Затоа периодот на една полна ротација на Месечината по небесната сфера во однос на подвижното Сонце изнесува нешто повеќе од сидеричкиот месец, односно 29,5306 средни Земјини денови и се нарекува синодички или лунарен месец (лунација). Тоа е воедно и периодот на повторување на фазите на месечината, што е разбирливо имајќи во предвид дека, набљудувано од Земјата, изгледот на осветлениот дел на месечината зависи од нејзината релативна положба во однос на Сонцето. Синодичкиот месец се дефинира и како времетраење помеѓу две последователни конјукции (или опозиции) на Месечината и Сонцето. Ова значи дека во текот на годината тие се 12 пати во конјукција и опозиција. Кога не би постоел наклон помеѓу орбиталната рамнина на Месечината во однос на еклиптичката рамнина, во текот на една година би имале 12 сончеви и 12 месечеви затемнувања. Затемнувања на сонцето би се случувале за време на секоја следна млада месечина, а затемнувања на месечината при секоја следна полна месечина. Затемнувањата циклично би се повторувале со период еднаков на синодичкиот месец, на различни точки од еклиптиката. Би имале по едно сончево и едно месечево затемнување во секоја лунација. Но поради наклонот од $5,2^\circ$, тоа не е така. Имајќи во предвид дека дисковите на месечината и сонцето имаат привидни дијаметри од околу $0,5^\circ$, што е доста помала вредност од должината на интервалот $[0; 5,2^\circ]$ во кој може да се движи аголното растојанија на нивните центри кога тие се во конјукција, затемнувања на сонцето (и месечината) ќе бидат можни само понекогаш, а не при секоја следна конјукција (соодветно и опозиција). Со други зборови, нивните дискови, гледано од површината на Земјата, најчесто ќе се разминуваат еден покрај друг.

Месечевата орбита се проектира на небесната сфера во линија која поради наклонот од $5,2^\circ$ ја сече еклиптиката во две точки кои се нарекуваат јазли. Линијата која ги поврзува јазлите ротира

ретроградно по еклиптиката од исток кон запад со брзина од $19,3^\circ$ на година и прави една полна ротација за 18,6 години. Ова е т.н. прецесија на линијата на јазлите (Nodal precession). Прецесијата на јазлите е различен феномен од прецесијата на апсидите (Apsidal precession). Периодот на една полна ротација на линијата на апсидите изнесува околу 9 години во директна (проградна) насока од запад кон исток во орбиталната рамнина на Месечината.

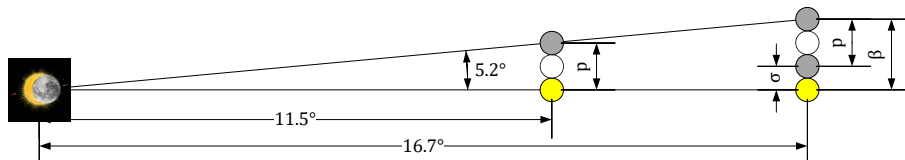


Сл. 1. Наклонот на орбиталната рамнина на Месечината во однос на еклиптиката рамнина. Со точка 2 е означен растечкиот јазол (Ascending Node). Спротивно на него од другата страна на еклиптиката се наоѓа опаѓачкиот јазол (Descending Node). Зоната на затемнување десно од растечкиот јазол се протега до вториот пар дискови почнувајќи од точка 2.

До затемнување на сонцето може да дојдесамо кога тоа во текот на своето годишно движење по еклиптиката дојде во околина на еден од јазлите. Поради ретроградната прецесија на јазлите сонцето ќе транзитира низ еден ист јазол за пократок период од една година. Тоа е т.н. еклипсна (драконична) година која изнесува 346,6 денови и е за 19 дена пократка од тропската година. Втор услов за да настапи затемнување е сонцето да се наоѓа во т.н. зона на затемнување. Зоната на затемнување се дефинира преку максималното растојание лево и десно од јазолот (еклиптика лонгитуда) на кое сè уште е можен допирот на сончевиот и месечевиот диск. Таа се изразува со страната долж еклиптиката на правоаголниот сферен триаголник кој се формира помеѓу јазолната точка и центрите на двата диска кога тие се допираат (види слика 1). Триаголникот е еднозначно определен со инклинацијата на орбитите т.е. аголот во темето на јазолот $i=5,2^\circ$ и страната т.е. аголот на растојание β помеѓу центрите на дисковите. За аголот на растојание

понеѓу центрите на дисковите наместо $\sigma=0,5^\circ$ се зема вредноста $\beta=\sigma+1^\circ$ поради месечевата паралакса која изнесува $p=1^\circ$. Имено за набљудувач од крајните северни широчини на Земјата центарот на месечината се проектира за околу 1° појужно на небесната сфера во однос на нејзината „вистинска“ положба мерено од центарот на Земјата. И обратно, за набљудувач од крајниот југ на Земјата дискот на месечината привидно се изместува 1° посеверно од еклиптиката. Ова значи дека е можно кога дисковите не им се допираат гледано од центарот на Земјата, за набљудувачи на крајниот север или крајниот југ на Земјата тие да се допираат па дури и да се преклопуваат. Според тоа, максималното аголно растојание помеѓу нивните центри за кое е возможен привиден допир, набљудувано од крајните географски широчини, ќе изнесува $\beta = 1,5^\circ$. Од тука, вредноста на максималната еклиптичка лонгитуда лево и десно од јазолот на која е можен привиден допир на дисковите гледано од било која точка на Земјата, се пресметува по формулата $\lambda_{max} = \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}i$ изнесува $\pm 16,7^\circ$. Доколку се земат во предвид и малите варијации на аголните дијаметри поради елиптичноста на орбитите оваа вредност се движи од 16° до 18° . Значи, при млада месечина, лево и десно од јазлите на растојанија поголеми од 18° затемнување на сонцето не е можно. Напротив, при млада месечина во рамки на областа $\pm 16^\circ$ лево и десно од јазлите, секако ќе дојде до затемнување.

Доколку при пресметката на λ_{max} за „вистинското“ аголно растојание β помеѓу центрите, гледано од центарот на Земјата се земе само вредноста на паралаксата на месечината, т.е. $\beta=1^\circ$, слично како погоре се добива вредност $\lambda_{max}=11,5^\circ$. Доколку за време на млада месечина се случи затемнување на сонцето во интервалот $\pm 11,5^\circ$ околу јазлите, тогаш некаде на површината на Земјата тоа ќе се гледа како централно затемнување. Дисковите на месечината и сонцето ќе бидат на иста привидна позиција на небото, точно центрирани еден во однос на друг. Притоа, во зависност од тоа дали врвот од конусот на сенката на Месечината ја допира површината на Земјата или не, затемнувањето ќе биде целосно или прстенесто.



Сл. 2. Зона на затемнување десно од опаѓачкиот јазол. Хоризонталната линија е еклиптиката. $\beta=\sigma+p$ е вистинското аголно растојание помеѓу центрите на сончевиот и месечевиот диск гледано од центарот на Земјата. $p=1^\circ$ е паралаксата на месечината.

Со оглед на тоа што вкупната должина на зоната на затемнување изнесува 33° , а сонцето привидно се движи по еклиптиката со брзина од нешто помалку од 1° дневно, тоа два пати годишно ќе транзитира во текот на 34 дена низ секоја од двете зони. Тоа е доволно време да се случат една или две млади месечини за секој транзит зависно од моменталниот распоред на фазите на месечината, што значи дека се можни 2 затемнувања од еден или друг вид. Интересно е дека при транзит низ еден јазол не може да настапат две последователни централни затемнувања на Сонцето. И навистина, зоната за појава на централно затемнување која се простира на $\pm 11,5^\circ$ од месечевиот јазол или вкупно 23° , сонцето ја изминува за 22 денови што сепак не е доволно за да настапат 2 млади месечини. Значи, годишно секогаш ќе се случат минимум 2 затемнувања, понекогаш 3 или 4, а многу ретко се можни максимални 5 затемнувања. За последен пат тоа се случило во 1935 година и ќе се повтори дури во 2206 година.

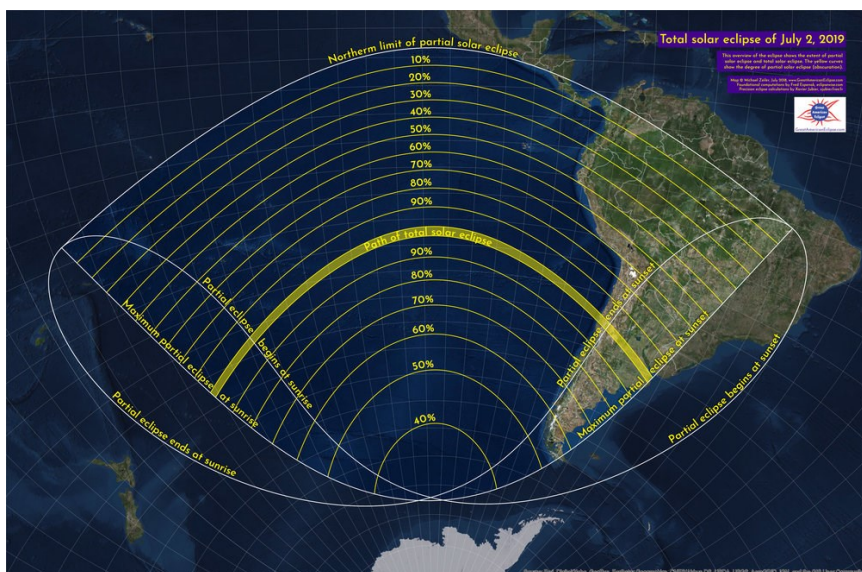
Сончевото затемнување во Чиле 2019

Во периодот од 27 јуни до 7 Јули 2019 година од страна на Институтот за астрономија и Националната астрономска опсерваторија (НАО) при Бугарската академија на науките, беше организирана научнонабљудувачка експедицијаво Република Чиле за следење на целосното затемнување на сонцето, под раководство на доцент д-р Никола Петров. Експедицијата е дел од поширока мисија за следење на активни соларни процеси за време на целосни сончеви затемнувања и до сега ги има опфатено следните настани: Бугарија (1999), Турција (2006), Кина (2009), САД (2017) и Чиле (2019). Екипата беше составена од професионални астрономи, докторанти и магистранти од неколку универзитети (Р. Бугарија, Р. Македонија и Велика Британија) како и независни истражувачи астрономи. На денот на затемнувањето екипата се подели во два одделни тимови кои независно вршеа набљудувања на меѓусебно растојание од ≈ 1 km.

Затемнувањето се случи на 2 јули. Првиот контакт на сенката на месечината со површината на земјата беше во Јужниот Тихи Океан 1.900 km источно од новозеландскиот Северен Остров (North Island). Нејзината траекторија се простираше сè до источната обала на Аргентина во непосредна близина на градот Буенос Аирес. Во поголемиот дел од вкупно изминатиот пат на околу 9500 km преку водена површина од Тихиот океан, единствено копно од каде можеше да се набљудува настанот беше островот Оено (Oeno Island). Во преостанатите 1700 km од траекторијата кои беа на тлото на Јужна Америка, најповолни услови за набљудување имаше на територијата

на Чиле помеѓу западниот брег на државата и планинскиот венец на Андите во пределот на пустината Атакама. Од другата страна на Андите, во Аргентина, движејќи се кон исток, условите рапидно се влошуваа поради многу ниските висини на појавата над хоризонтот во доцните часови од денот и пред залез на сонцето. Полната фаза на затемнувањето со најдолго времетраење од 4 минути и 33 секунди беше на локација на отворено море на околу 1080 km северно од Велигденските острови.

Локацијата на тимовите од каде што беа извршени набљудувањата на денот на затемнувањето се наоѓа на 65 km северозападно од градот Ла Серена во пустината Атакама. Местото беше во непосредна близина на минување на линијата на целосно затемнување. Изборот на поволна локација беше претходно внимателно направен врз основа на достапни статистички метеоролошки податоци за просечната облачна покривка на небото за тој период од годината. Точните географски координати на локацијата се $29^{\circ}47'$ јужна географска широчина, $70^{\circ}53'$ западна географска должина и надморска височина од 1.430 m. Полната фаза на затемнувањето односно временскиот интервал помеѓу вториот и третиот контакт помеѓу дисковите на месечината и сонцето започна во 20 часот и 40 минути по локално време и траеше 2 минути и 30 секунди, а се случи на висина од 13° над хоризонтот.



Сл. 3. Траекторијата на сенката на месечината преку Тихиот океан до Јужна Америка. Со тенки линии се прикажани подрачјата од каде се набљудува делумно затемнување и процентуалниот износ на затемнувањето на сончевиот диск.

Набљудувања и резултати

Сончева корона

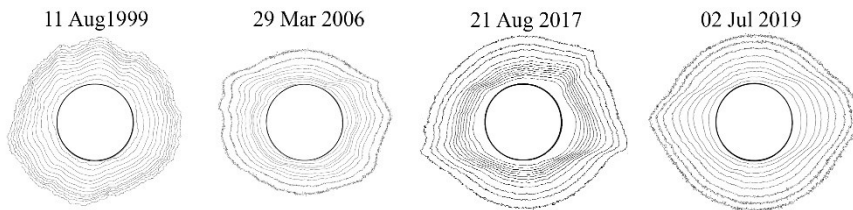
За време на полната фаза успешно беа направени бројни фотографии на короната со висока резолуција во видливиот дел од спектарот. Тоа е т.н. бела корона (White-light corona). Сјајот на белата корона доминантно потекнува од континуираниот спектар кој се создава како последица на Томсоново расејување на фотосферската светлина на слободните електрони во короналната плазма (К-корона). Врз спектарот на К-короната е суперпониран емисионен спектар од високојонизирани атоми (Е-корона). На поголеми растојанија од сончевиот диск, типично над $2,5R_{\odot}$ ($R_{\odot}$ - радиус на Сонцето) преовладува апсорпционен спектар настанат со расејување и рефлексија на фотосферската светлина на честичките на вселенска прашина (F-корона). Апсорпционите линии всушност се истите Франхофери линии кои се содржат во светлината емитирана од фотосферата. Со компјутерска обработка на таквите фотографии се добиваат т.н. еквиденситни криви (изофоти или криви на константен сјај) кои понатаму се користат за пресметка на основните физички величини што ја карактеризираат внатрешната корона. Така, на пример, врз основа на измерената дистрибуција на сјајот се добива претстава за нејзината геометриска форма и структурните карактеристики. Основен параметар со кој се карактеризира формата на короната во целина е т.н. индекс на сплеснатост (flattening index):

$$\varepsilon = \frac{d_e - d_p}{d_p},$$

каде што d_e и d_p се дијаметрите на короналните изофоти во екваторијална и поларна насока. Кога короната е повеќе сплесната на половите и има поизразен елипсоиден облик, тогаш индексот добива поголема вредност во однос на периодите кога таа е помалку сплесната. И обратно, колку е ε поблиску до 0 толку обликот на короната е посферен. Овие резултати се секогаш во директна корелација со моменталната фаза на Сончевиот циклус. Фазата на сончевиот циклус за моментот на затемнувањето или било кој прозволан момент, се пресметува на следниот начин:

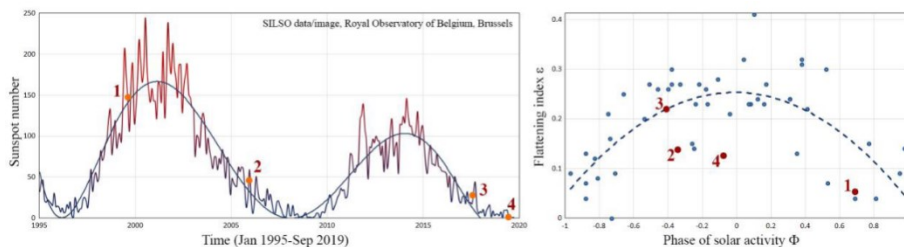
$$\Phi = \frac{T - T_{min}}{|T_{max} - T_{min}|},$$

каде што T_{min} и T_{max} се времињата (во години) на најблискиот минимум и најблискиот максимум на сончевиот циклус до временскиот момент T за кој се пресметува вредноста на фазата на циклусот. Од изразот е јасно е $\Phi < 0$ се однесува на делот од сончевиот циклускога тој е во опаѓање додека $\Phi > 0$ на неговиот растечки дел.



Сл. 4. Криви на константен сјај на внатрешната сончева корона (изофоти или еквидензитни криви). Резултатите се добиени со снимање на короната за време на наведените четири целосни затемнувања. Очигледна е промената на формата која зависи од фазата на Сончевиот циклус во моментот кога е извршено набљудувањето.

За конкретното затемнување важно е да се спомене дека се случи во време кога Сончевата активност е во опаѓање и многу блиску до својот минимум за кој се предвидува дека ќе настапи кон крајот на 2019 и почетокот на 2020 година. Со тоа ќе заврши тековниот 24-ти и ќе се створат услови за почеток на следниот, 25-ти циклус на Сончева активност. Измерениот индекс на сплеснатост ϵ на Сончевата корона од 02 јули 2019 година овозможува предвидување на максималната амплитуда на Сончева активност во текот на наредниот циклус. Добиените резултати укажуваат дека најверојатно следи циклус на активност со намален интензитет во однос на претходниот.



Сл. 5. Лево: 23-тиот и 24-тиот циклус на Сончева активност. Десно: Зависност на индексот на сплеснатост од фазата на Сончевиот циклус. Со црвени точки се прикажани резултатите од четирите сончеви затемнувања (види Сл. 4).

Исто така, за време на две и пол минутното затемнување беа направени серија фотографии на короната со поларизационен

филтер, во три различни рамнини на поларизација (0° , 60° и 120°). Една од целите на овој тип набљудувања беше одредување на преодната зона помеѓу Е и F компонентите на Сончевата корона. Нејзината местоположба во голема мера зависи од моменталната активност на Сонцето, т.е. од фазата на циклусот Φ .

Летечки сенки

Значаен дел од поставената фотографска и мерна апаратура беше наменета за регистрирање на појавата на „летечки сенки“ која во англиската литература е позната како Shadow Bands, или поретко Flying Shadows. Тоа е феномен кој може да се набљудува само при целосно затемнување на сонцето и се карактеризира со појава на брановидни сенки кои организирано се движат по површината на земјата. Овие сенки потсетуваат на сенките кои се формираат на дното на базен полн со вода како последица на бранувањето на водената површина. Појавата се набљудува во периодите непосредно пред вториот и кратко време после третиот меѓусебен контакт на дисковите на месечината и сонцето. Летечките сенки се некомплетно проучена појава. Причината за ова е, секако, исклучително краткото расположливо време за набљудување и тоа само при на затемнување на сонцето. Освен тоа, искуството покажува дека доста тешко се снимаат поради малиот контраст помеѓу светлите и темните појаси на сенката како и променливата брзина на движење која може да достигне до неколку метри во секунда. Инаку, постојат доста разработени математички модели кои релативно прецизно ја опишуваат оваа појава, но со извесни ограничувања поради одредени упростувања при нивното поставување. Се смета дека главен причинител за формирање на летечките сенки е променливиот индекс на прекршување на воздухот кој флукутира како последица на флукуациите на густината во турбулентните слоеви на атмосферата. На тој начин, светлината која доаѓа од тенкиот сончев срп, кој пак од своја страна претставува светлосен извор со конечни димензии, има нестационарна и статистички анизотропска дистрибуција на сјајот. Како за споредба, ликот на било која ѕвезда во окуларната рамнина од телескопот има истотака нестационарна, но статистички изотропна распределба на сјајот. Се разбира и во тој случај главна причина за таквата нестационарност е турбулентната атмосфера. Затоа за летечките сенки северува дека се светлосен феномен аналоген на ѕвездената сцинтилација. Согласно постоечките модели доминантно влијание врз појавата имаат флукуациите во атмосферата на височини под 2 km. Од моментот кога се појавуваат па сè до нивното исчезнување кога месечината целосно го покрива сончевиот диск, одделните групи на сенки, од хаотично, почнуваат да се движат сè

поорганизирано и сè повеќе да се однесуваат како целина, контрастот забележително им расте, а нивното меѓусебно растојание сè повеќе се намалува. Опишаните промени се одвиваат по обратен редослед после завршетокот на полната фаза на затемнувањето кога полека се појавува сончевиот срп на западната страна од дискот на месечината. При снимање на појавата во различни делови од светлосниот спектар се забележува влијание на гореспоменатите карактеристики од брановата должина на светлината. Така, на пример, доколку се набљудуваат сенки на помали бранови должини тие се појавуваат порано и исчезнуваат покасно, нивниот контраст се подобрува а широчина им се намалува. Постои мислење дека ова се должи на појавата на намалување на сјајот во рабната зона на сончевиот диск. Постои и хипотеза за настанок на инфразвучни бранови од зоната на температурниот фронт во атмосферата кој настанува во граничниот појас на сенката на месечината. Сè уште не постои разработен теориски модел кој би ја потврдил оваа хипотеза.

После аналитичката обработка на измерените податоци беше направената споредба на снимените карактеристики на летачките сенки со тие ветрот за двете микро локации од каде се вршеа набљудувањата. Може со голема сигурност да се каже дека добиените резултати ја потврдуваат претпоставката дека силно влијание врз појавата има сцинтилацијата која е индуцирана од атмосферскиот ветер на помали височини, непосредно над земјината површина.



Сл. 6. Летечки сенки проектирани на фасада од кука на Сицилија за време на целосното затемнување во 1870 година. (уметничка слика).



Сл. 7. Комбинирана фотографија која прикажува три карактеристични моменти од затемнувањето на Сонцето (Чиле, 2019). Хронолошки, оддесно на лево: непосредно пред вториот контакт на дисковите; полната фаза на затемнувањето; непосредно после третиот контакт на дисковите (Снимил: Цветан Цветков).

e-mail: ljube.bojevski@gmail.com

Напомена: Авторот е студент на постдипломските студии по астрономија и астрофизика на Институтот за физика при Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Литература

- [1] V. N. Dermendjiev, D. N. Mishev, K. Zh. Koleva, Solar Eclipses, Sofia, 1999
- [2] V. Vujnović, Astronomija 1, ŠkolskaKnjiga, Zagreb, 1994
- [3] V. Vujnović, Astronomija 2, ŠkolskaKnjiga, Zagreb, 1994
- [4] J.L.Codona, The scintillation theory of eclipse shadow bands, Astronomy and Astrophysics, vol. 164, p. 415-427, 1986

СОНЧЕВА АКТИВНОСТ

Искра Велковска

Вовед

Што претставува Сонцето? Зошто треба да се истражува? Која е важноста на сончевата активност? Основниот одговор е многу едноставен. Сонцето е централната ѕвезда во Сончевиот систем која за нас и за другите живи суштества претставува ЖИВОТ! Како најблиска и најпроучувана ѕвезда, тоа е најважниот извор на енергија на Земјата. Претставува жолта ѕвезда од главната низа која припаѓа на спектралната класа G2. Неговата енергија се произведува во јадрото преку термонуклеарни реакции. Кога ќе го истроши горивото во јадрото Сонцето ќе се раздува во црвен џин; обвивката постепено ќе се оддели и на местото на ѕвездата ќе остане јадрото - бело џуџе и обвивката која се шири - планетарна маглина. За неколку илјади години обвивката ќе се расее во меѓуѕвездената средина, а белото џуџе уште неколку стотини милиони години ќе ја зрачи топлинската енергија што ја насобрало во текот на колапсот. Таква бавна „смрт“ го очекува и Сонцето по 5 милијарди години.

Нашата ѕвезда е скоро совршена сфера составена од плазма со внатрешно конвективно движење кое генерира магнетно поле преку динамо механизмот. (Во електрично-спроводлив флуид, динамо механизмот се појавува доколку магнетното поле континуирано се регенерира од сопствени движења на честичките во флуидот. На пример, промената на магнетниот флукс низ жица ќе создаде електромоторна сила, а потоа и електрична струја.)

Конвекцијата е процес на пренос на топлина преку движење на елементите на флуидот. Топлите слоеви се искачуваат на површината додека студените се потиснуваат кон дното. Сонцето ротира во иста насока како и Земјата, но за него е карактеристична диференцијалната ротација при која регионите кои на екваторот ротираат побрзо отколку регионите блиску до северниот и јужниот пол на ѕвездата. Сонцето содржи околу 73% водород и околу 25% хелиум како и мали количества на кислород, јаглерод и железо. Сончевата активност ја чинат појави во фотосферата и хромосферата: сончеви дамки, коронални нарушувања и промени во магнетното поле. Уште во времето пред Аристотел, луѓето со голо око можеле да забележат промени на Сонцето. Иако научниците биле запознаени со

„несовршените“ дамки на неговата површина уште во почетокот на XVII век, дури во XIX век научната заедница ги препознала промените на сончевата активност во текот на сончевиот циклус од 11 години.

Сончеви дамки

За да се разбере што се случува во сончевите дамки, потребно е да се објасни Земановиот ефект. Во 1896 година Питер Земан (Pieter Zeeman) експериментално докажал дека кога светлински извор е во присуство на магнетно поле, спектралните линии во електромагнетиот спектар се расцепуваат во повеќе линии. Ова се должи на интеракцијата помеѓу надворешното магнетно поле и магнетниот момент на атомите, јоните или молекулите. Во сончевите дамки е застапен инверзниот Земанов ефект предизвикан од апсорпцијата на светлината под влијание на магнетното поле. Со други зборови, кога спектралните линии се апсорпциони, Земановиот ефект е инверзен. При овој ефект се случува промена на внатрешната енергија на атомот кога се наоѓа во магнетно поле. Присуството на магнетно поле ги менува атомските енергетски нивоа. Јаките магнетни полиња во Сончевите дамки го зголемуваат Земановото разделување во електромагнетниот спектар.

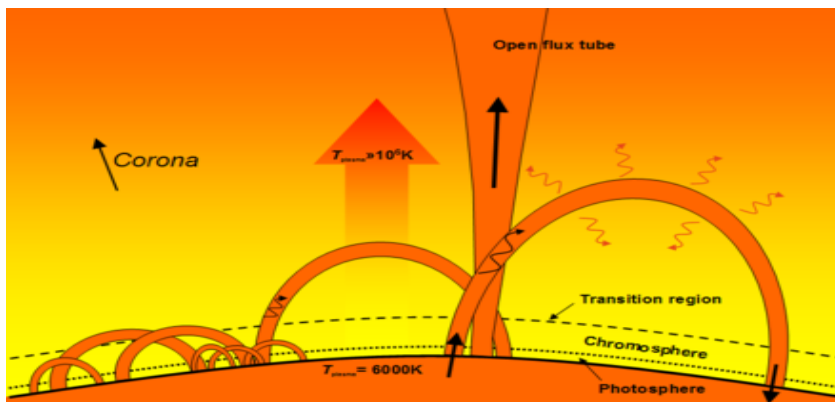
Сончевите дамки се темни региони на фотосферата каде има силни магнетни полиња и пониска температура отколку онаа во останатиот дел на фотосферата. Тоа се површински региони во кои енергијата на магнетното поле е концентрирана. Постојат темни централни региони: сенка (umbra) и полусенка (penumbra). Дамките го започнуваат својот живот како мали пори, а потоа некои од нив се развиваат во Сончеви дамки. Порите го претставуваат послабото магнетно поле отколку она на оформените дамки. Во 1843 година, Хајнрих Швабе (Heinrich Schwabe), германски астроном кој бил познат по истражувањата на Сончевите дамки, по долготрајни набљудувања дошол до заклучок дека бројот на Сончеви дамки се менува помеѓу минимум (појава на релативно мал број на дамки) и максимум (појава на поголем број Сончеви дамки) со периодичност од околу 10 години. Максималниот број на Сончеви дамки може да биде поголем од 250 дамки месечно (оваа вредност била забележана во октомври 1957 година). Промената на дамките се нарекува Швабе циклус или само Сончев циклус. Во 1852 година Рудолф Вулф (Rudolf Wolf), швајцарски астроном и математичар, забележал дека должината на еден Сончев циклус е 11,1 години.

Магнетното поле е резултат на процесите кои се одвиваат длабоко во конвективната зона на ѕвездата. Набљудувањата на Џон Евершед (John Evershed), англиски астроном, покажуваат дека

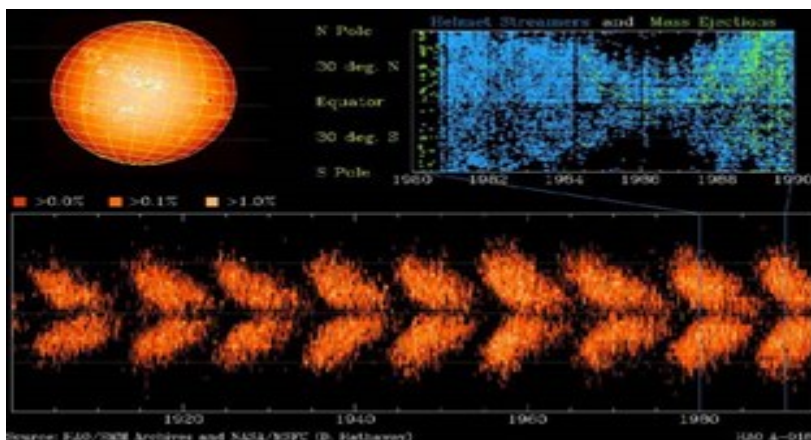
трансверзално магнетно поле е присутно во сенката, додека лонгитудинално магнетно поле во полусенката. Линиите на магнетното поле имаат цевчеста форма, додека, пак, електричните струи се присутни во овие структури поради индукцијата (магнетните полиња индуцираат електрични струи) доколку магнетното поле е променливо. Спроводливоста во дамките има до два пати пати помала од онаа во околниот простор. Забележани се и гранулации во сенката и овие гранули се единствениот директен доказ на конвекцијата во сенката. Линиите на магнетното поле во потемните региони се хоризонтални додека посветлите региони од Сонцето се поврзани со магнетното поле кое е наклонето во однос на вертикалата за 35 степени до надворешната граница на полусенката и 45 степени до сенката. Температурата во полусенката не е насекаде еднаква, поради што се појавува нејзино постепено покачување на помеѓу сенката и полусенката до работ кон фотосферата. Интензитетот на полусенката е независен од големината на дамката. Во 1769 година шкотскиот астроном Александар Вилсон, забележал дека обликот на Сончевите дамки значително се израмнувал со приближување кон работ на Сонцето. Ова се должи на Сончевата ротација. Хејл (George Ellery Hale), пак, дошол до заклучок дека дамките се постудени области во однос на фотосферата. Неговото откритие е базирано на фотографска студија на Сончевиот спектар. Бидејќи интензитетот на линискиот спектар на дамките бил помал отколку оној од фотосферата Хејл дошол до заклучок дека интензитетот е поврзан со температурата. Во дамките температурата изнесува околу 3800 K, додека во фотосферата таа е 5800 K.

Фотосферата на Сонцето е непросирна, што значи дека фотоните не носат доволно енергија на површината. Спроведувањето на енергијата од Сончевата внатрешност до површината се случува преку конвекција. Во фотосферата поголемиот дел од енергијата на магнетното поле е во концентриран магнетен флукс. Мали флуксеви во цевчеста форма се комбинираат во поголема цевчеста фигура која ја пробива површината на фотосферата. Дамките можат да растат додека постојано се снабдуваат со нов флукс од малите „цевчести“ флуксеви. Полето предизвикува притисокот на плазмата (материјалот од кој се составени ѕвездите) во цевката да се намалува. Таа е заглавена внатре и создава структура наречена коронална јамка. Овие коронални јамки се светли структури кои се појавуваат како лакови над Сончевата површина. Топлата плазма предизвикува јамките да растат. Поголемите од нив се прошируваат нагоре до неколку илјади километри над фотосферата кон Сончевата корона. Некои од нив се екстремно топли, па достигнуаат температури од над милиони степени. Коронални јамки има повеќе околу максимумот на

Сончевите дамки, односно во регионите каде бројот на Сончевите дамки е поголем. Тие се видливи на сликите направени во ултравиолетовите и рентген областите на електромагнетното зрачење.



Сл. 1. На сликата се прикажани „цевчестите“ флуksеви кои претставуваат цилиндрични региони кои содржат магнетно поле, како и короналните јамки.



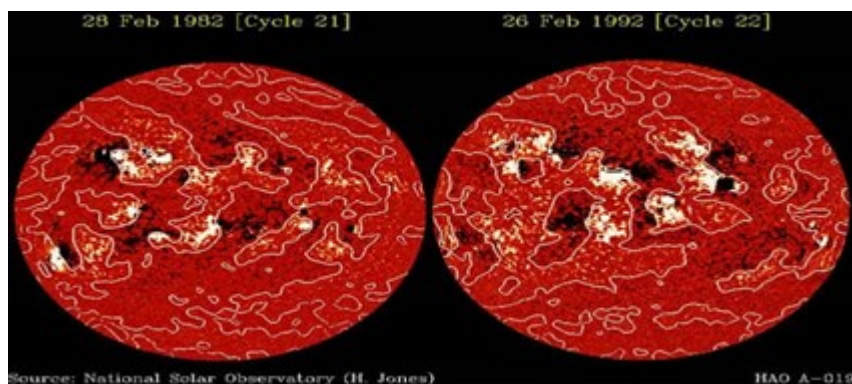
Сл.2. Дијаграм пеперутка

Сончеви циклуси

Сончевиот циклус претставува промена во Сончевата активност во период на 11 години (промени во Сончевото зрачење и исфрлање на Сончевиот материјал) како и промена во изгледот на Сонцето

(промени во бројот на Сончевите дамки и одблесците). Броењето на циклусите стартува од нула од 1749 година така што циклусот во 1986 година е 22-от циклус. Моменталниот циклус е 24-ти по ред, а започнал на 4 јануари 2008 година. Во него е регистрирана најмала активност на дамките од 1750 година. Првиот Сончев максимум бил достигнат во 2011 година, а вториот во 2014 година. При самиот почеток на циклусот, дамките почнуваат да се движат кон екваторот додека не се достигне Соларен минимум.

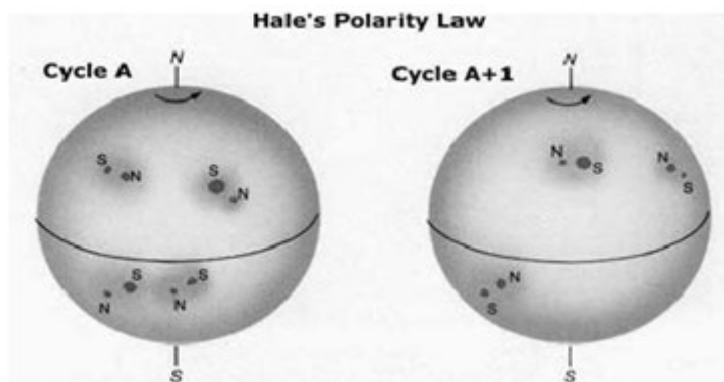
На слика 2 е прикажан дијаграмот пеперутка кој е важен за проучување на Сончевата активност затоа што ја прикажува површината на Сончевите дамки како функција од латитудата и времето. Дамките следат циклус од приближно 11 години. На почетокот на секој циклус регионите во кои се создава дамката се појавуваат во интервал од -30 до 30 степени Сончева латитуда. Поларитетот на дамките на северната хемисфера е секогаш ист и е спротивен на оној на дамките од јужната хемисфера.



Сл.3. На сликата се прикажани два сончеви магнетограми направени за време на 21-от и 22-от циклус. Најсветлите и најтемните области се позитивните и негативните поларитети последователно.

Се знае дека виорите кои се појавуваат во Земјината атмосфера при циклони или торнада функционираат по закон кој гласи: насоката на вртлогот на северната хемисфера е спротивна од стрелките на часовникот додека на јужната хемисфера насоката е истата како движењето на стрелките. Тука се поставува едно прашање: Дали бурите во Сончевата атмосфера се исто така виори (вортекси) и ако се, според кој закон функционираат? Првото истражување е направено со спектрохелиограф во 1908 година. Фотографии на $H\alpha$ линијата на водородот покажуваат вортикална структура во регионите на Сончевите дамки. Оттука произлегува

хипотезата дека дамките претставуваат вортекс во кој наелектризираните честички создадени од јонизација во Сончевата атмосфера се движат со големи брзини. Ова создава раст на магнетното поле во дамките. Повеќето региони со силни магнетни полиња се групирани во парови со спротивни поларитети. Тоа е Хејловиот закон за поларитетот на дамките (слика 4).



Сл.4. Промената на поларитетите за време на два циклуси на Сончевата активност. Северните и јужните полови се обележани на Сончевата ротациона оска, како и северните и јужните полови на поединечните Сончеви дамки кои се менуваат од еден циклус во друг и секогаш се спротивни на северната и јужната хемисфера.

Исфрлање на коронална маса

Ротацијата на Сонцето го засилува првобитното магнетно поле создавајќи „намотки“ од магнетните силиви линии. На овој начин во конвективната зона настанува тороидално магнетно поле. По достигнување на одредена јачина тоа избива на површината. Кога плазмата се движи во магнетното поле, таа индуцира струја која го зголемува полето. Локалните магнетни полиња не остануваат во фотосферата туку избиваат во хромосферата и короната во облик на затворени лакови. Лаковите создаваат затворено магнетно поле и не дозволуваат движење на плазмата нормално на силовите линии. Наспроти нив постојат и области на отворени магнетни полиња каде динамичните сили ја совладале бариерата, се пробиле и ги отвориле магнетните линии, па плазмата од нив излегува во повеќе слоеви и го напушта Сонцето при што концентрацијата на честичките се намалува.

Конвекцијата се појавува поради големиот температурен градиент (на горната граница на радијативната зона е приближно 106 K, а на површината на Сонцето 103 K) . Тогаш се врши вертикално подигање на топлите и спуштање на оладените млазеви од плазма. Во внатрешноста, Сонцето ротира со константна брзина како цврсто тело. Блиску до Сончевиот максимум се случуваат околу три исфрлања на маса од короната. Кога овој материјал е испуштен и насочен кон Земјата, шок-бранот на маса која се движи создава геомагнетна бура која може да ја наруши магнетосферата. Сончевите високоенергетски наелектризирани честички може да предизвикаат силни аурори околу магнетните полови. Потокот од наелектризирани честички исфрлени од горната дел од атмосферата на Сонцето-короната, се нарекува Сончев ветер. Имено, Сончевата плазма е составена од електрони, протони и алфа честички со кинетички енергии од 0,5 до 10 keV. Честичките можат да избегаат од гравитацијата на Сонцето поради нивните високи енергии кои се должат на високата температура во короната. На растојание од повеќе од неколку Сончеви радиуси од површината на Сонцето, Сончевиот ветер е суперсоничен и достигнува брзина од 250-750 km/s.

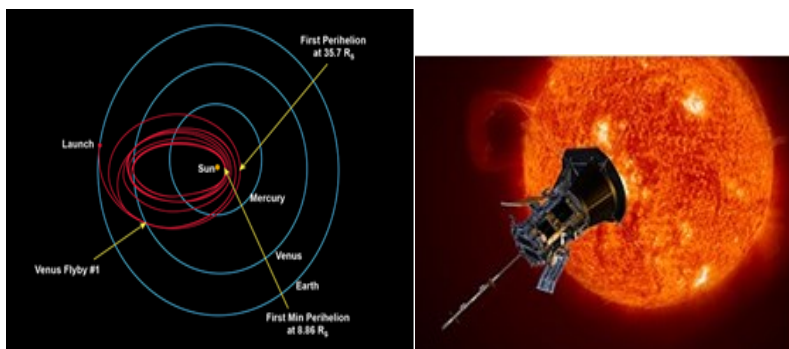
Сончеви ерупции

Тоа се краткотрајни блесоци во хромосферата кои обично се појавуваат над група на Сончеви дамки. Тие не секогаш се поврзани со исфрлање на коронална маса. Испуштаат облаци од електрони, јони и атоми низ короната и емитуваат радио бранови. Ако се во насока на Земјата може да навлезат во јоносферата. Една од најзначајните Сончеви бури се случила на 1 септември 1859 година кога блесокот бил видлив со голо око, па се појавиле аурори во Куба и на Хаваи, а во Гренланд е оставена трага во снегот во форма на нитрат и изотоп на берилиум. На 23 јули 2012 година масивна и потенцијално опасна „супербура“ за малку ја избегна Земјата.

Parker Solar Probe

Parker Solar Probe (во превод „ Паркерова Сончева сонда“) претставува вселенско летало чија цел е испитување на короната на Сонцето, како и Сончевата активност воопшто. Леталото е лансирано на 12 август 2018 година. Ова ќе биде најблискиот пристап до Сонцето од страна на некоја вселенска мисија. Леталото ќе се приближи на оддалеченост од 8,86 Сончеви радиуси (6,2 милиони

километри) од фотосферата на Сонцето. Инаку, ова е и првото летало именувано според жив човек, физичарот Еген Паркер (Eugene Parker), професор на универзитетот во Чикаго.

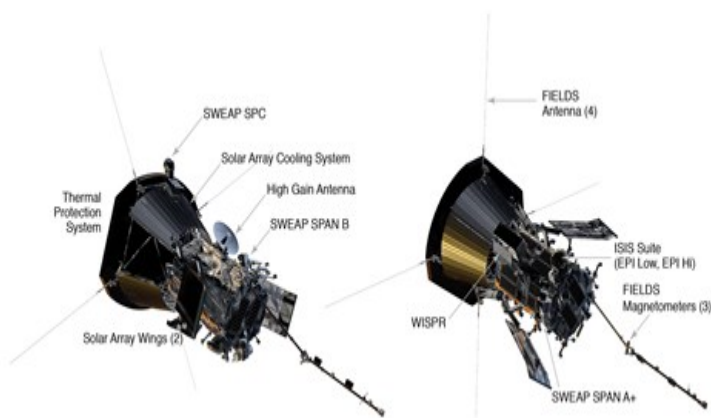


Сл.5 Вселенското летало Parker Solar Probe

Сончевата активност е енигма за научниците поради повеќе причини: короната е нестабилна, создава Сончев ветер, блесоци и исфрлање на короналната маса. Милиони тони од високо магнетизиран материјал можат да еруптираат од Сонцето со брзина од неколку милиони милји на час. Температурата во короната достигнува милион степени, па за да леталото се заштити, околу него е конструиран штит направен од јаглородни материјали. Четирите инструменти кои ја контролираат оваа мисија се:

- **FIELDS** инструменти. Со нив се вршат директни мерења на електрични и магнетни полиња, потенцијалот на леталото, апсолутната густина на плазмата. Во овие инструменти припаѓаат: една антена, радио-фреквентен спектрометар, нискозвучен напојувач, магнетометарски контролни плочи.
- **Integrated Science Investigation of the Sun (ISOIS)**. Со ISOIS се изведуваат набљудувања на енергетски честички кои се забрзани до високи брзини (до 100 MeV) во Сончевата атмосфера.
- **Wide-field Imager for Solar PRobe (WISPR)**. WISPR претставуваат телескопи кои ќе ја фотографираат Сончевата корона и хелиосферата.
- **Solar Wind Electrons Alphas and protons (SWEAP)**. SWEAP ќе ги брои честичките од Сончевиот ветер: електроните, протоните и јоните на хелиумот, како и нивната брзина, густина и температура.

Возилото е во елиптична орбита околу Сонцето достигнувајќи го својот афел во орбитата на Венера. Ќе изврши 7 прелетувања над Венера за попрецизно да ја постави траекторијата кон Сонцето. Притоа, овие прелетувања ќе ја намалат брзината на леталото. Во 04:37 часот по полноќ, на 29 јануари 2020 година вселенското летало го завршило четвртото приближување до Сонцето од 18,7 милиони километри над површината на Сонцето, во перихел, на помало растојание во споредба со претходното од 24 милиони километри. Брзината на леталото изнесувала 244,225 милји/час.



Сл.6 Инструментите на Паркеровата сонда

e-mail: iskravelkovskav@gmail.com

Извори

- [1]<http://adsbit.harvard.edu//full/1919ApJ....49..153H/0000172.000.html>
- [2] https://www.researchgate.net/figure/Hales-polarity-law-Switching-of-polarities-during-two-activity-cycles-The-northern-N_fig11_225801332
- [3] <http://www.leif.org/EOS/Solar-Dynamo-Theory-Charbonneau.pdf>
- [4] Solar Activity and Earth's climate-Ramsus Benestad
- [5]<https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/grantham-institute/public/publications/briefing-papers/Solar-Influences-on-Climate---Grantham-BP-5.pdf>
- [6] The solar magnetic field Sami K. Solanki, Bernd Inhester

Црната јама во галаксијата M87

Моника Пешевска

Што се црните јами?

Црните јами се веројатно едни од најегзотичните објекти кои постојат во вселената. Според општата теорија на релативност, односно со помош на Ајнштајновите равенки на поле, теориски се добива дека, под влијание на гравитацијата на многу масивни објекти, доаѓа до деформација на простор-времето¹ која влијае на околните вселенски тела и меѓусвезден гас. Затоа, црната јама претставува регион во простор-времето во кој материјата и енергијата можат да влезат, но не можат да излезат. Ваквите необични објекти се нарекуваат јами бидејќи материјата и енергијата биваат неповратно апсорбирани во нив, а се црни бидејќи светлината не може да „избега“ од овој објект, тој не е директно оптички видлив и од него не пристига никаква информација. Црните јами се дефинирани со хоризонтот на настани: граница помеѓу настаните кои можат да бидат регистрирани од надворешни набљудувачи и оние кои не можат да бидат регистрирани од надворешни набљудувачи.

И покрај тоа што теориското објаснување на црните јами е сложено и бара големо познавање од различни области од математиката, сепак црните јами имаат само три независни и мерливи² карактеристики: маса, електричен полнеж и момент на импулс. Бидејќи секоја црна јама има маса, следствено е дека постојат 4 типа на црни јами:

- Црни јами кои имаат само маса
- Црни јами кои имаат маса и момент на импулс
- Црни јами кои имаат маса и електричен полнеж
- Црни јами кои имаат маса, електричен полнеж и момент на импулс

Бидејќи атомите тежнеат да бидат наутрални, се очекува дека најголем дел од вистинските црни јами имаат маса и момент на импулс, но не и електричен полнеж.

¹ Под простор-време подразбираме математички модел во кој се обединуваат трите просторни димензии и една временска димензија

² Мерливи за надворешен набљудувач односно набљудувач кој ја набљудува црната јама од многу голема оддалеченост

Наједноставните црни јами имаат само маса и хоризонт на настани кој за надворешен набљудувач има форма на сфера. Радиусот на хоризонтот на настани на оваа црна јама се пресметува од релацијата:

$$r = \frac{2GM}{c^2}$$

каде G е гравитационата константа, M е масата на црната јама и c е брзината на светлината. Кај црните јами кои имаат само маса хоризонтот на настани има радиус кој е еднаков на т.н. Шварцшилдов радиус. За Шварцшилдовиот радиус е карактеристично тоа што надворешен набљудувач кој набљудува паѓање на одреден објект во црната јама ќе регистрира забавување на објектот при приближување до Шварцшилдовиот радиус (времето тече забавено), а штом објектот ќе дојде на растојание еднакво на Шварцшилдовиот радиус тој ќе застане. Всушност, далечниот набљудувач ќе регистрира “замрзнување” на објектот во простор-времето кај Шварцшилдовиот радиус. Хоризонтот на настани кој е дефиниран со Шварцшилдовиот радиус дејствува како бариера која спречува регистрирање на информации од внатрешноста на црната јама. Иако внатрешноста на црната јама е регион за кој надворешните набљудувачи немаат информации, сепак овој регион има карактеристики кои можат да бидат пресметани. Според пресметките, црните јами кои не ротираат имаат едноставна внатрешна структура при што во центарот се наоѓа сингуларност, точка која има нула волумен и бесконечно голема густина. Во неа е лоцирана целокупната маса на црната јама како и бесконечно голема искривеност на простор-времето. Појавата на бесконечност ни посочува дека Ајнштајновите равенки сепак не важат во точката на сингуларност и дека ќе ни треба поинаква теорија за да можеме да дадеме поконкретно објаснување.

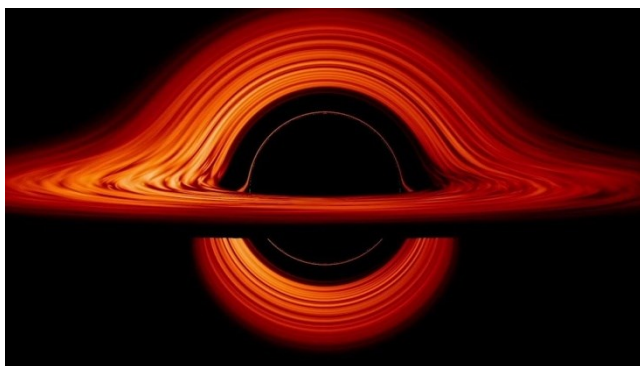
Црните јами можат да бидат поделени и според нивната маса (изразена во $M_{\odot}$, при што со $M_{\odot}$ ја означуваме масата на Сонцето која е приближно еднаква на $M_{\odot}=2 \times 10^{30}$ kg) на:

- Мали црни јами (од 0 до $0,1 M_{\odot}$)
- Црни јами со ѕвездена маса (од $0,1 M_{\odot}$ до $300 M_{\odot}$)
- Средни црни јами (од $300 M_{\odot}$ до $10^5 M_{\odot}$)
- Супермасивни црни јами (од $10^5 M_{\odot}$ до $10^{10} M_{\odot}$)

Се претпоставува дека во центарот на речиси сите спирални и елиптични галаксии има супермасивни црни јами. Така, според набљудувањата на околните ѕвезди, утврдено е дека во центарот на нашата галаксија Млечен пат се наоѓа супермасивна црна јама наречена Sagittarius A*. Оваа црна јама има приближно 4 милиони пати поголема маса од масата на нашето Сонце и се наоѓа на

растојание од околу 26 илјади светлосни години од нашата планета Земја.

Уште една впечатлива црна јама која може да биде анализирана е црната јама во галаксијата M87 која има приближно 6,5 милијарди пати поголема маса од масата на нашето Сонце. Нејзиниот Шварцшилдов радиус е околу 120 пати поголем од растојанието меѓу Земјата и Сонцето, но и покрај тоа човештвото немаше начин како да добие информации и да набљудува детали кај овој објект. Причината е во тоа што оваа црна јама се наоѓа на растојание од околу 53 милиони светлосни години оддалеченост од планетата Земја. Изградбата на еден телескоп со кој би можело да се набљудуваат толку оддалечени објекти е невозможна, но затоа може да се користи мрежа од повеќе телескопи поставени по површината на целата планета Земја кои би работеле синхронизирано исто како што би работел еден, самостоен телескоп. Со други зборови, тие ќе функционираат како еден телескоп и покрај тоа што телескопите во мрежата се оддалечени меѓусебно по неколку илјади километри,. Токму идејата за употреба на мрежа од телескопи при набљудување на црни јами била почетокот на проектот „Event Horizon Telescope“ (во превод: Телескоп “Хоризонт на настани”) со кој е добиена првата фотографија на црна јама направена со анализа на податоци добиени од набљудување со телескопи. Од нашата планета Земја можат да бидат набљудувани и анализирани само овие две црни јами (се регистрира зрачење со бранова должина од 1,3 mm) бидејќи тие се единствените црни јами кои се доволно големи за да бидат анализирани со земјини телескопи. За набљудување на други црни јами ќе биде неопходно да се употреби еден или повеќе вселенски телескопи кои би биле поврзани во мрежа.



Сл. 1. Приказ на изглед на црна јама набљудувана од набљудувач на планетата Земја (според симулација направена од NASA).

Event Horizon Telescope (ЕНТ)

Телескопот „Event Horizon“ е проект, започнат во 2009 година, со кој е создадена светска мрежа од радио телескопи кои работат симултано и на тој начин функционираат како еден телескоп кој поседува голема сензитивност и голема аголна резолуција.

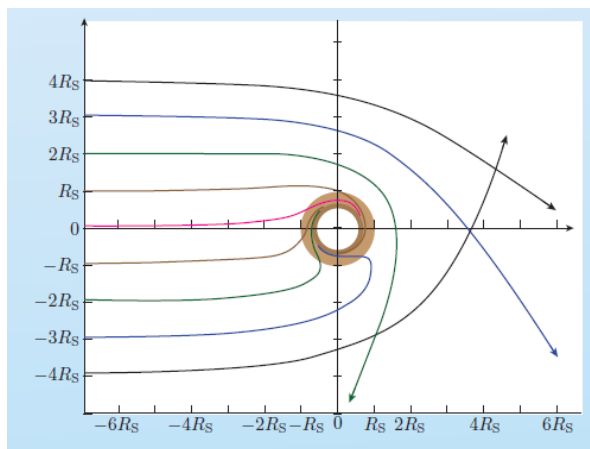
При работата на овој телескоп се применува техниката на долгобазична интерферометрија (Very-long-baseline interferometry) на повеќе независни радио антени кои се наоѓаат на големи меѓусебни растојанија, па со ова заедничко функционирање се овозможува создавање на еден виртуелен телескоп со ефективен дијаметар приближно еднаков на дијаметарот на нашата планета. Во овој проект, при собирањето на податоци од црната јама во галаксијата М87 како и од црната јама во центарот на нашата галаксија учествуваа 8 телескопи (и над 200 научници и програмери) во опсерватории поставени на 6 локации низ планетата Земја:

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) (Чиле)
- Atacama Pathfinder Experiment (APEX) (Чиле)
- IRAM 30-meter Telescope (IRAM) (Шпанија)
- James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) (Хаваи)
- Large Millimeter Telescope (LMT) (Мексико)
- Submillimeter Array (SMA) (Хаваи)
- Submillimeter Telescope (SMT) (Аризона, САД)
- South Pole Telescope (SPT) (Антарктик)

Работата на телескопите е усогласена со помош на глобалниот систем за позиционирање (GPS) со што се овозможува многу прецизно синхронизирање на снимките од телескопите. Подготовката на овој проект траела околу 10 години при што тимот технички ги подготвувал телескопите за ова снимање и вршел различни проби цо цел да биде успешно снимањето на податоците од двете црни јами кои ги анализираше.

При подготовката тимот се соочил со бројни непредвидени ситуации. Бидејќи еден од телескопите се наоѓа на Јужниот пол било неопходно да се земе во предвид дека во текот на снимањето на податоците мразот на кој е поставен телескопот значително се поместува. Покрај тоа, и телескопите во Хаваи се поставени на тектонска плоча која исто така има поместување кое не може да се занемари. Неопходно било да се земе во предвид и гравитационото влијание на Месечината врз поместување на телескопите. Покрај ова, и самата техничка подготовка била доста детална. Било неопходно да се изнајдат начини на кои ќе се спречи прегревање на компјутерите

при нивната работа. Кај опсерваториите кои се поставени на поголеми надморски височини системите за ладење на компјутерите не функционираше добро, па морало да се изнајдат нови начини за да не дојде до прегревање кое би ги исклучило компјутерите. Доколку се случило еден од компјутерите да се исклучи за време на снимањето, податоците од тој телескоп ќе се изгубеле. Тимот морал да биде постојано подготвен за поправка на одреден дел од инструментите кои ги употребувал при работата на телескопите и морал будно да го следи функционирањето на алгоритмите за снимањето на податоците. Снимањето на податоците се изведувало во исто време од сите 8 телескопи што барало поволни временски услови кај секој од телескопите. Поради огромната цена на хард дисковите на кои се снимале податоците од тој тип, било неопходно целиот тим претходно да направи проба со кој аке се утврди дали секој дел од апаратурата и програмите функционираат добро бидејќи и при најмала грешка се губи меморија која е планирана за снимање, а самите хард дискови биле премногу скапи за да може да си дозволат да имаат дополнителна меморија. Исто така, тимот немал резерви на податоците што значи дека имале само по еден примерок од собраните податоци. И самиот транспорт на хард дисковите барал огромна организираност и подготвеност, со оглед на тоа што телескопите се наоѓаат по речиси целата планета. Покрај овие ситуации, како и фактот што тимот се соочувал со дополнителни неочекувани проблеми, крајниот резултат бил успешен.



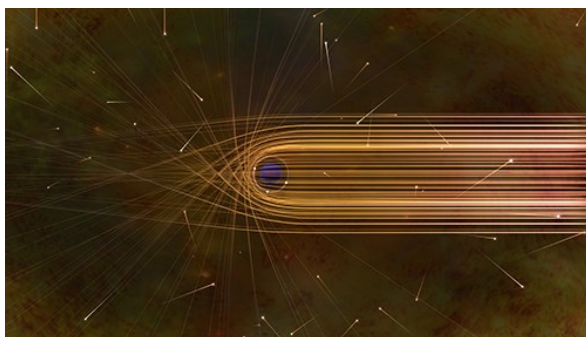
Сл. 2. Приказ на траекториите на фотоните во близина на црна јама која ротира. Дел од овие фотони ќе влезат во црната јама (траектории на растојанија долж у-оската до R_s и $-R_s$), а некои од нив ќе бидат пренасочени. Фотоните кои само ќе поминат покрај црната јама можат да избегаат и да пристигнат до телескопите со кои се набљудува.

По 10 години подготовки и постојана соработка, тимот поминал 5 ноќи во снимање на податоци од црните јами. Самите црни јами се невидливи, но материјата (меѓусвездениот гас) која се наоѓа во нивната околина ги „издава“. Поради огромната гравитација на црната јама, материјата се забрзува и се загрева на огромни температури па доаѓа до емисија на зрачење. Дел од ова зрачење ќе успее да и „избега“ на црната јама и да стигне до телескопите. Според пресметките, гравитацијата на црната јама го закривува простор-времето на таков начин што телескопите ќе треба да регистрираат светол круг околу самата црна јама. Она што би останало во средишниот дел би било сенката на црната јама. Компјутерските симулации покажувале што всушност треба да добие тимот, но доколку се добиле поинакви слики, тоа би укажувало дека општата теорија на релативност не важи во околината на црните јами.

За време на снимањето секако требало да се земе во предвид дека светлината од црните јами пристигнува во различно време кај секој од телескопите. Планетата Земја се врти, телескопите се поместуваат, па затоа било неопходно да се употребуваат исклучително прецизни атомски часовници со кои би се регистрирало пристигнувањето на зрачењето кај секој од телескопите за да може подоцна сите овие податоци да се поврзат со останатите податоци од другите телескопи. Со собрани податоци чија меморија е над 6 милиони гигабајти тимот го завршил снимањето, по што податоците биле испратени на обработка со суперкомпјутери наречени корелатори (correlator) во Масачусетс, САД и во Германија. За време на снимањето на податоците, поради самата природа на техниката која ја употребувале, тимот немал никаков увид дали набљудувањата се успешни. Сепак, крајниот резултат бил успешен, па по соодветната обработка на податоците од црната јама во галаксијата M87 започнало осмислувањето на алгоритми кои би дале слика од добиените податоци.

Со соодветни алгоритми, четири тима научници, со податоци соберени во текот од четири ноќи се обидувале одделно да добијат слики кои би го дале очекуваното. При овој процес во најголема мерка се користеле два методи при кои се правеле соодветни апроксимации и за оние региони за кои тимот немал податоци. По бројни обиди за поточно претставување и со комбинирање на повеќе слики во една, во април 2019 година беше објавена првата фотографија од сенката на црната јама во галаксијата M87. Оваа црна јама е од типот на кој има маса и момент на импулс. Токму затоа, од наша перспектива изгледа дека црната јама ротира во насока на стрелките на часовникот и затоа во еден дел честичките се забрзуваат придвижувајќи се кон нас (затоа тој регион е посветол), додека пак во

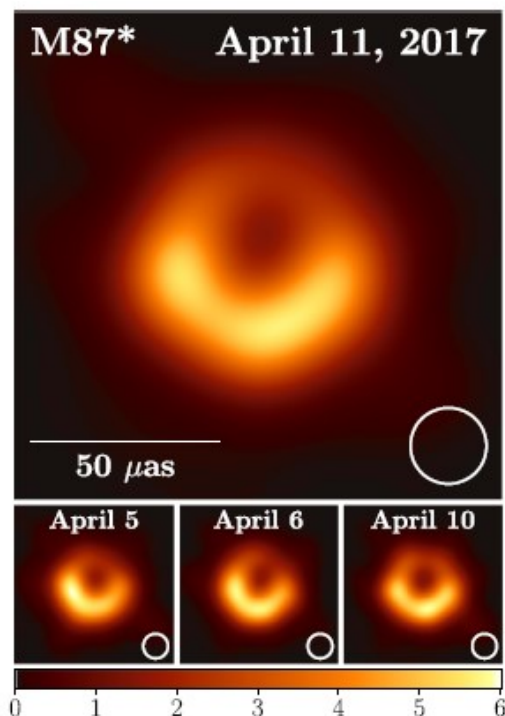
другиот дел честичките имаат помала брзина (затоа тој регион е потемен). Од добиените слики се добиваат попрецизни податоци за оваа црна јама, но останале и прашања кои допрва треба да бидат одговорени. Прашањата се, пред сè, поврзани со начинот на кој магнетните полиња околу црните јами влијаат врз материјата и нејзината акреција.



Сл. 3. Уметнички приказ на фотоните кои пристигнуваат близу до црната јама и закривувањето на нивната траекторија. Дел од овие фотони ќе успеат да “избегаат” и да пристигнат до телескопите по што би дале зголемен приказ на светол прстен околу црн центар.

Исто така, тимот има податоци и за црната јама во центарот на нашата галаксија. Овие податоци сè уште се обработуваат. Бидејќи оваа црна јама има многу помала маса од онаа во галаксијата M87, материјата околу неа се движи многу побрзо, што значи дека и самата обработка на податоците и добивањето на слики е покомплицирано. Алгоритмите кои биле употребувани за првата фотографија ќе треба да бидат изменети за да може да се добие фотографија и од црната јама во нашата галаксија.

Сепак, тимот продолжува со работа и со откривање на нови информации за овие две црни јами. Нови телескопи се приклучуваат кон мрежата од телескопи, а со тоа ќе се овозможи зголемување на резолуцијата на фотографиите кои ќе се добиваат од телескопите. Самиот овој проект, целата соработка и истрајноста на над 200 научници и програмери како и понатамошната работа не упатува на заклучок дека навистина човештвото многу полесно ги поместува границите на своите успеси кога е обединето.



Сл.4. Приказ на фотографиите добиени од податоци соберени во текот на четири дена набљудување со телескопите од мрежата на Event Horizon Telescope.

e-mail:monika.pesevska@gmail.com

Напомена: Авторот е апсолвент на насоката астрономија и астрофизика од студиите по физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Извори

- [1] B. Carrol, D. Ostlie, An Introduction to Modern Astrophysics 2nd ed, Pearson, 2014
- [2] Robert J.A. Lambourne, Relativity, Gravitation and Cosmology, Cambridge University Press, 2010
- [3] The Event Horizon Telescope Collaboration, First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole, The Astrophysical Journal Letters, Volume 875, Number 1 (2019)

- [4] Camille B. Carlisle, The Face of a Black Hole, Sky and Telescope, Vol. 138, NO. 3
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Event_Horizon_Telescope#cite_note-eh-aptl-focus-9
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Sagittarius_A*
- [7] <https://www.space.com/incredible-black-hole-visualization.html>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Messier_87
- [9] How to see a Black Hole: The Universe's Greatest Mystery (Windfall Films)

ИСТРАЖУВАЊАТА НА СТИВЕН ХОКИНГ

Александар Ѓурчиновски

Стивен Хокинг (Stephen Hawking) е несомнено најпознатиот научник на нашето време. Карактеристичен по неговитенастапи во медиумите како налудничав физичар кој се движи исклучиво со инвалидска количка и говори мошне споро прекуемулатори од електронски уреди, по неговата појава во сериите Симпсонови (The Simpsons) и Теоријата на Големата експлозија (The Big Bang Theory), како и по најпознатата научно-популарна книга Кратка историја на времето (A Brief History of Time), Хокинг, слично како Ајнштајн во периодот меѓу двете светски војни, беше медиумска звезда помеѓу научниците на денешницата. Меѓутоа покрај неговиот иконски лик формиран од медиумите, повеќето луѓе не се многу запознаени со вредноста на неговиот научен живот и придонесот што тој го направил во физиката и космологијата. Во оваа статија ќе дадеме краток приказ на неговите најзначајни истражувања.

Хокинг е роден на 8 јануари 1942 година во Оксфорд, каде што и завршил додипломски студии по физика. Во 1962 година се запишува на докторски студии по космологија на Универзитетот во Кембриџ, под менторство на Денис Шама (Dennis Sciama), иако неговиот прв избор за ментор бил познатиот астроном Фред Хојл (Fred Hoyle) кој веќе претходно ги пополнил своите места за менторство со други студенти. Истата година му била дијагностицирана амиотропична латерална склероза, дегенеративна болест на моторните неврони од централниот нервен систем, болест која што полека со годините почнала да му ја одзема способноста на движење и работа на мускулите. Иако докторите му прогнозирале уште две години живот, сепак неговата натчовечка упорност и истрајност направила да живее уште 56 години потоа.



Сл 1. Стивен Хокинг
(08 јануари 1942 - 14 март 2018)

За време на неговите докторски студии кај Шама, Хокинг ја проучувал работата на Роџер Пенроуз (Roger Penrose) во врска со Ајнштајновата теорија на гравитација. Пенроуз со помош на нови математички алатки базирани на спинорно сметање (spinor calculus) покажал дека во центарот на секоја црна дупка мора да постои точка наречена сингуларитет, каде што просторот и времето престануваат да постојат. Хокинг под раководство на Шама ги искористил и ги применил резултатите на Пенроуз врз целата вселена - покажал дека вселената започнала од таков сингуларитет. Тоа што во сингуларитетот просторот и времето престануваат да постојат за Хокинг значело дека релативистичката теорија на гравитација треба да се надгради со нова засега непозната теорија која би ги зела во предвид и квантно-механичките ефекти при опишувањето на таквиот сингуларитет. Новата квантна теорија на гравитација би опишала што точно се случува со метриката на простор-времето околу и во сингуларитетот, меѓутоа таквата теорија до денес не е оформена во конечен облик.



Сл 2. Со неговата прва сопруга
Џејн на денот на венчавката
(јули 1965).

Хокинговата фасцинираност од црните дупки продолжила низ целиот негов живот. Уште за време на докторските студии Хокинг покажал дека плоштината на хоризонтот на настани (event horizon) на црната дупка никогаш не се намалува, туку напротив се зголемува секогаш кога низ овој хоризонт во црната дупка ќе падне некоја материја или енергија. Хоризонтот на настани е површина околу црната дупка која го обиколува сингуларитетот, и е всушност, затворен волумен во просторот од којшто поради силната гравитација ништо не може да излезе надвор, дури ни честичките на светлината. Најчесто овој волумен е она што се идентификува со терминот "црна дупка", иако главниот физички

елемент претставува сингуларноста во центарот од овој волумен - точката од просторот со бесконечна густина во која не важат законите на Ајнштајновата теорија на гравитација и за чие објаснување е потребна нова квантна физика. Хокинг размислувал за термодинамичките карактеристики на вселената во контекст на црните дупки. Според Вториот закон на термодинамиката, вкупната

ентропија во затворен систем каков што е вселената би требала да се зголемува со текот на времето. Бидејќи секоја форма на материја поседува ентропија, тогаш со секое навлегување на материја во црните дупки таа неповратно се губи во нив, следствено со тоа се губи и одредена количина на ентропија од вселената. Според тоа, вкупната ентропија на вселената се намалува, па црните дупки противречат на законите на термодинамиката.

Мислењето на Хокинг било токму вакво, дека црните дупки не се компатибилни со термодинамичките закони, се додека во 1972 година на летната школа по физика во Ле Хуше, Франција, Хокинг не го слушнал предавањето на младиот докторант Џејкоб Бекенштајн (Jacob Bekenstein) од групата на Џон Вилер (John Wheeler) на Универзитетот во Принстон. Бекенштајн исто така го изучувал проблемот на ентропијата и црните дупки, и врз база на претходните истражувања на Хокинг, на школата изнел сугестија дека можеби намалувањето на ентропијата на вселената секој пат кога црната дупка ќе "проголта" количество на материја е сврзано со зголемувањето на плоштината на хоризонтот на настани. Со прецизни зборови, црните дупки поседуваат ентропија која што е пропорционална на плоштината на нивниот хоризонт на настани. Хокинг најпрвин бил скептик во врска со резултатот на Бекенштајн (резултат кој бил базиран врз првични, приближни пресметувања), бидејќи доколку црните дупки поседуваат ентропија, тогаш тие би зрачеле топлинска енергија, но бидејќи зрачењето не може да ја напушти црната дупка, таа не може да зрачи, па тогаш не е можно црните дупки да имаат термодинамичка карактеристика ентропија. Кога се вратил во Кембриџ, Хокинг почнал интензивно да работи на проблемот на ентропијата на црните дупки. Сакајќи да покаже дека Бекенштајн не бил во право, тој всушност ја извел релацијата која ги сврзува ентропијата на црната дупка и плоштината на нејзиниот хоризонт на настани користејќи еден вид на обопштување на квантната теорија за зрачење на црно тело во закривено простор-време. Всушност со тоа Хокинг ја потврдил тезата на Бекенштајн за ентропијата на црните дупки и конечно ја прифатил тезата дека црните дупки се термодинамички структури. Како такви, тие имаат температура и зрачат топлинска енергија.

Според Хокинг, процесот на зрачење на црните дупки е квантно-механички и се одигрува на самото место каде што е хоризонтот на настани. Според квантната теорија, дури и празниот простор вакуум изобилува со честички на материја и енергија. Таканаречените квантни флуктуации се причина што во секоја точка од просторот, со енергија "позајмена" од вакуумот (простор-времето), спонтано да се создадат парови на честички-античестички со мошне кратко време на постоење, после кое тие анихилираат враќајќи ја

"позајмената" енергија за својот краток живот на простор-времето. На границите на хоризонтот на настани, ваквиот процес поради силната гравитација е асиметричен - една од честичките од создадениот пар честички го поминува хоризонтот на настани и паѓа неповратно во црната дупка, додека другата честичка ја напушта околината на црната дупка во согласност со законите за запазување на импулсот и енергијата, сочинувајќи дел одтаканареченото Хокингово зрачење (Hawking radiation).

Ефектот на Хокинговото зрачење од црна дупка е едно од најголемите теоретски откритија во космологијата, но тој ефект сеуште не е експериментално потврден поради следната потешкотија. На пример, формулата за температурата на црна дупка во простор-време со Шварцшилдова геометрија е следна:

$$T = \frac{hc^3}{16\pi^2 G k_B M}$$

каде што h е Планковата константа, c е брзината на светлината во вакуум, G е гравитационата константа, k_B е Болцмановата константа, а M е масата на црната дупка. Тоа значи дека колку е помасивна црната дупка, толку е помала нејзината температура. Дури и за најмалите црни дупки со маса од околу 3 Сончеви маси, температурата изнесува околу 0.0000001 Келвини, што е многу помала од температурата на позадинското космичко зрачење (cosmic background radiation) кое изнесува 2.7 Келвини, а следствено на тоа многу потешка за да се измери во однос на позадинскиот шум при мерењето. Од друга страна, ниската температура на црните дупки во денешниот стадиум на вселената значи дека тие примаат повеќе топлинска енергија отколку што зрачат, па ќе треба да помине доста време дури вселената се "излади" под нивната температура, за да црните дупки почнат да ја губат својата маса преку оддавање на зрачење и да испаруваат.

Токму оваа нуспојава на теоријата за зрачењето од црните дупки, дека црните дупки преку зрачењето ја губат својата маса и некогаш евентуално ќе испарат, направила Хокинг длабоко да истражува за тоа што се случува со информацијата која се губи во црните дупки со паѓањето на материја во нив, особено преку ефектот на Хокингово зрачење. Имено, честичките парови што се формираат по пат на квантните флуктуации на работ на хоризонтот на настани се наоѓаат во меѓусебна квантна спрега (quantum entanglement). Ваквата квантна спрега значи дека честичките делат заедничка квантна состојба без разлика на растојанието меѓу нив, и оваа заедничка состојба претставува еден вид на информација за структурата, односно особините на спрегнатите честички. Нека една од нив неповратно

гопомине хоризонтот на настани и падне во црната дупка, а втората следствено се "израчи" преку Хокинговата радијација. За набљудувач надвор од црната дупка, тоа значи дека честичките веќе не се спрегнати меѓусебе. Информацијата за нивната спрега е изгубена во црната дупка, поради фактот дека сета информација што се содржи во црната дупка ќе исчезне откако таа ќе испари со текот на времето. Така, според деталните пресметки, Хокинг во 1976 година заклучил дека црните дупки ја губат информацијата, што е во спротивно со постулатите на квантната механика. Ова негово епохално откритие во теориската физика довело до лавина на истражувања кои оделе во насока на обиди за откривање на нови теории на квантна гравитација и обединувачки теории на физички полиња, особено теоријата на струни (холографски принцип), кои конечно би ги објасниле ваквите противречности на Ајнштајновата теорија на гравитација и квантната механика. Новите истражувања што ги направил во оваа насока го премислиле Хокинг, и тој во 2004 година на конференција одржана во Даблин извештал за неговите нови резултати дека црните дупки сепак ја зачувуваат информацијата што влегува во нив. Според Хокинг, иако информацијата за карактеристиките на честичките што влегле во црната дупка ѝ се враќа на вселената со испарувањето на црните дупки преку нивното зрачење, таа информација е толку "расипана" што практично станува неупотреблива.



Сл 3. Со актерите од серијата Теоријата на Големата експлозија (The Big Bang Theory) на пауза од снимањето на една од епизодите.

Во 1980 години во соработка со Џејмс Хартл (James Hartle), Хокинг се обидел да го опише настанот на Големата експлозија (Big

Bang) квантно-механички, преку конструкција на квантно-механичка бранова функција на вселената во нејзиниот ран стадиум, врз база на претходните истражувања на Џон Вилер и Брајс Де Вит (Bruce DeWitt). Од ова истражување следело дека кратко после Големата експлозија, кога димензиите на вселената биле од ред на величина 10^{-24} метри, не може да се направи разлика меѓу димензиите на просторот и времето, односно дека раната вселена егзистирала во таканаречена квантна пена (quantum foam), што нималку не наликувала на денешното четиридимензионално простор-време. Според тоа, Хокинг заклучил дека е бесмислено да се зборува за почеток на времето и за просторот во вселена настаната преку Големата експлозија.

Во последната деценија од својот живот, и покрај прогресивната болест која го направила да биде скоро некомуникативен со околината, Хокинг направил многу за развојот на модерната физика, иако неговите најзначајни достигнувањасе од 1970-тите години, кога уште бил млад и можел да пишува. За многумина тој е основоположник на квантната космологија, еден од најдобрите физичари што работеле „на работ“ меѓу квантната механика и општата теорија на релативност и исклучително инспиративна личност која засекогаш ќе биде запаметена во историјата на астрофизиката, теориската физика и науката воопшто.

e-mail: agjurcin@pmf.ukim.mk

Напомена: Авторот е вонреден професор на Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Извори

- [1]. https://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Hawking
- [2]. https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_singularity
- [3]. https://en.wikipedia.org/wiki/Hawking_radiation
- [4]. Stephen Hawking, *A Brief History of Time* (Bantam Books 1988).

ЖИВОТОТ НА ВСЕЛЕНАТА

Наце Стојанов

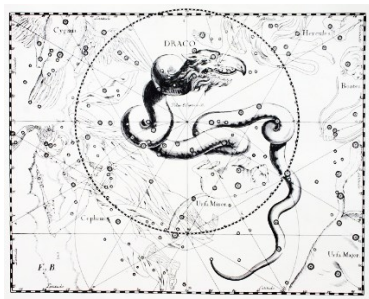
Вовед

Истражувањата на Вселената секогаш биле, се и ќе бидат од интерес. Од многуте прашања што произлегуваат при овие истражувања, можеби најфундаментални се две: како настанала Вселената и како ќе заврши нејзиното постоење, ако до тоа може да дојде? Без сомнение, одговорите на овие прашања биле од интерес на сите цивилизации, но денешниот развој на телескопите, како и компјутерите, се чини дека нуди најмногу можности за да одговорите на овие прашања бидат поизвесни.

Создавање на Вселената

Научните идеи за создавањето на Вселената започнуваат со претпоставките: се започнало кога просторот бил без „простор“ и тоа во дадено време пред да постои „времето“ - тој момент го нарекуваме Биг Бенг или Голема експлозија. Затоа со право се прашуваме: Како се започнало? Зошто ние постоиме? Дали има и други слични или различни на нас?, итн.

Очигледно е дека одговорите на овие и слични прашања се „готвеле“ со илјадници години и тоа од страна на цивилизации со различни степени на развиеност. Според тоа, првите претпоставки биле дека „свотилките“ и случувањата на ноќното небо се различни митски појави или суштества, што може да се види од приказот на cosvedijata на слика 1.

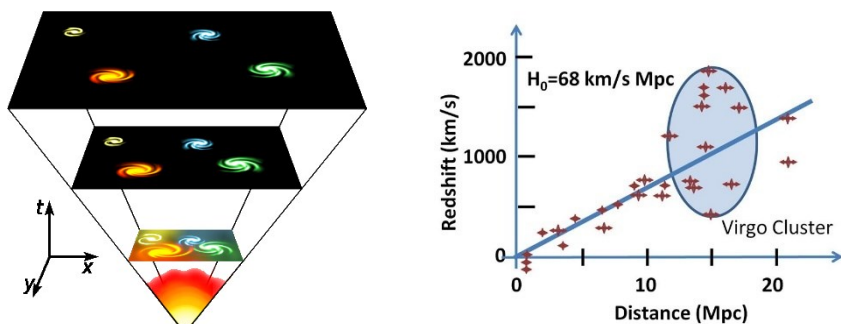


Сл. 1. Хипотетички приказ на ноќното небо.

Очигледно е дека степенот на познавање на работите секогаш има своја цена. Од научен аспект, може да сметаме дека почетоците на теоријата за Големата експлозија започнале со откритието на Едвин Хабл дека галаксиите меѓусебно се оддалечуваат со брзина v_r согласно релацијата:

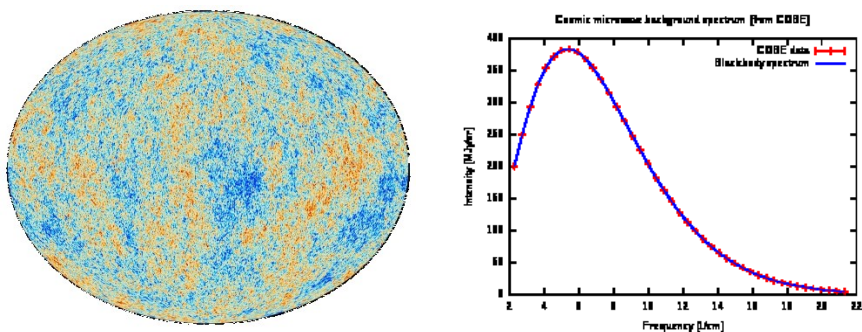
$$v_r = H_0 \cdot r,$$

каде што H_0 е Хаблова константа, а r е растојанието од објектот до Земјата. Значењето на Хабловиот закон е прикажано на слика 2.



Сл. 2. Ширењето на Вселената според Хабл.

Втор експериментален доказ дека Големата експлозија се случила е откривањето на космичкото микробраново зрачење (CMB) во 1964 година и тоа сосема случајно, од страна на Арно Пензиас и Роберт Вилсон. Податоците добиени од нивните мерења укажувале на фактот дека од сите правци во Вселената доаѓа ист речиси хомоген шум од електромагнетно зрачење што одговара на зрачење на црно тело на температура од $T \approx 2.7$ K, како што е прикажано на слика 3.



Сл. 3. Космичкото микробраново зрачење е идентично со зрачење на црно тело при $T \approx 2.7$ K.

Постоењето на ова зрачење е резултат на процесот на инфлација кој се случил непосредно после Големата експлозија, при што се изедначени енергетските или температурните разлики што постоеле во зрачењето што се појавило како резултат на Големата експлозија.

Овие два факти укажувале дека, ако „филмот за животот на Вселената“ го враќаме наназад, ќе дојдеме до неговиот „почеток“ за околу 13,8 милијарди години. Значи, сè што знаеме денес во нашата Вселена започнало да постои со Големата експлозија, или уште поопшто, времето, просторот и материјата настанале во **даден момент** кога **од ништо настанало сешто!**

Но дали е можно од ништо да настане нешто?

Како и да се дефинира поимот ништо, малку е веројатно дека од ништо може да настане било што, а не пак сешто! Затоа, се поставува прашањето: дали НИШТОТО постоело во моментот на Големата експлозија, или, пак, сепак имало НЕШТО?

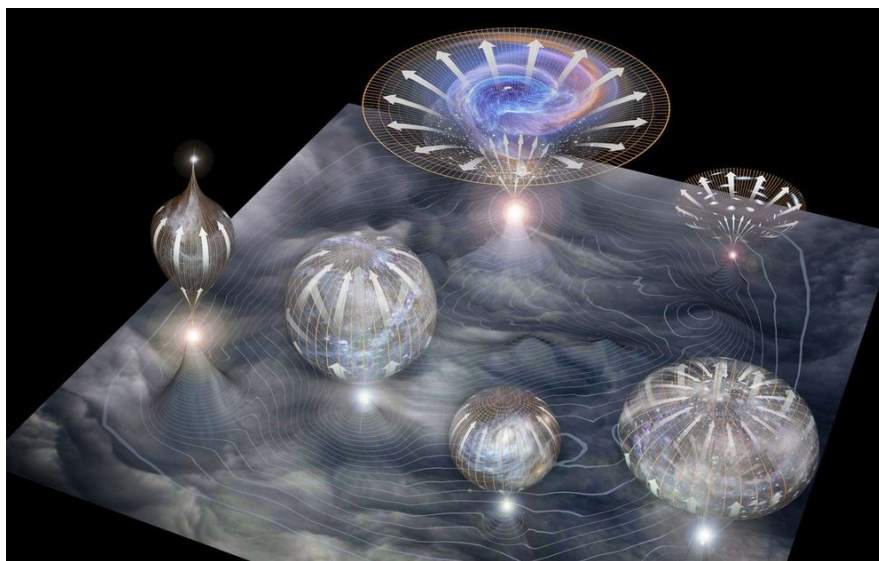
Одговорот на овие прашања е поврзан со разрешувањето на следните два проблема: до каде досега „хоризонтот“ на Вселената или колку е таа голема и дали Вселената е закривена? Одговорите на овие прашања пак не враќаат назад и се поврзани со проценката на количеството на материја во Вселената и нејзиното настанување.

Квантно-механичкиот период за тоа како и каде се случила Големата експлозија не носи до поимот за **скаларно поле** или **инфлаторно поле**. Всушност, просторно-временскиот континуум пред Големата експлозија бил во посебна енергетска состојба која се нарекува скаларно или инфлаторно поле. Според принципите на квантната механика, во тоа поле постојано се случуваат флуктуации кои предизвикуваат некои негови области да имаат поголема енергија во однос на некоја средна вредност, а други да имаат помала енергија. Притоа, треба да се има во предвид дека отстапувањето од средната вредност може да биде произволно големо, што значи дека може да се случи флуктуација или експлозија со произволна големина.

Од ова заклучуваме дека во „животот“ на нашата Вселена **ништото** не постоело, туку сè настанало како резултат на **квантни флуктуации** на некое скаларно поле, што е познато и како **физички вакуум**.

Една од карактеристиките на физичкиот вакуум е и таа што тој дури 74% е исполнет со „загадочна“ форма на енергија наречена **темна енергија**, а таа е одговорна за појавата на „одбивна гравитација“ што доведува до инфлација или забрзано ширење на просторно-временскиот континуум односно нашата Вселена!

Една од интересните идеи што произлегуваат од флуктуациите на скаларното поле е прикажана на слика 4, а тоа е постоењето на мултиверзум или повеќе паралелни Вселени истовремено. Имено, како што се забележува на сликата, ниту еден физички закон не забранува истовремено да се случат повеќе квантни флуктуации на скаларното поле, што ќе доведат до формирање на паралелни Вселени. Уште повеќе, теоријата на веројатност укажува дека поверојатно е да се случи тоа, отколку да има само една Вселена. Постоењето на мултиверзум овозможува да постојат Вселени во кои соодносот на материјата и енергијата не е како кај нас, (74:22:4)%, туку може да биде речиси кој било друг сооднос. Ова ни дава за право да претпоставиме дека може да постои некоја друга Вселена која е копија на нашата во вистинска смисла на зборот. Уште повеќе, постоењето на интелигентен живот во каква било форма не е одлика само на нашата Вселена туку тоа е „неужна последица“ на Големата експлозија.



Сл. 4. Хипотетички приказ на мултиверзум.

Едноставно кажано, законите на физиката „гарантираат“ дека животот кога тогаш некаде ќе настане од нешто!

Крајот на Вселената

Прашањата поврзани со „крајот“ на Вселената, односно како таа ќе заврши или ќе трае вечно, се подеднакво интересни како и

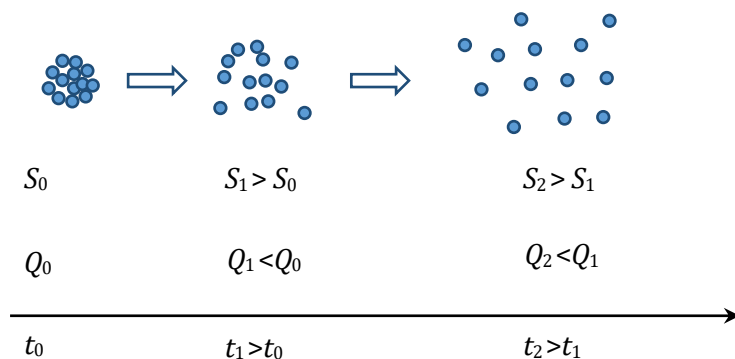
оние за нејзиниот почеток. Кога е во прашање „судбината“ на Вселената, од интерес е да се познава количеството на материјата во неа, но и нејзината распределба на глобално и локално ниво. Поточно, да се познава соодносот на „видливата“ и темната материја и енергија во галаксиите и галактичките јата. За дознавање на овие факти од голема корист се современите телескопи сместени на и околу Земјата, како и компјутерските симулации. Земено во целина, научниците се согласни дека судбината на Вселената зависи од три фактори:

- простор-временска закривеност;
- количество на темна енергија;
- равенката на состојбата, или колкаво е присуството на темната материја и енергија во Вселената.

Соодносот на овие фактори нуди различни сценарија, а некои од нив ќе ги споменеме во текстот што следи.

Термодинамичка смрт

За да се предвиди судбината на Вселената од голема корист е Вториот принцип на термодинамиката кој го објаснува текот на настаните во еден термички изолиран систем. Во послободна интерпретација, овој принцип ни кажува дека во Вселената, која е идеален пример за изолиран термодинамички систем, спонтаните процеси се причина таа да тежнее кон хаотична состојба или поголема ентропија со текот на времето (слика 5).



Сл. 5. Спонтани процеси согласно Вториот принцип на термодинамика.

Со други зборови, почетната енергија Q_0 на еден изолиран систем не може целосно да премине во друга „корисна енергија“ Q_1 , туку дел од неа задолжително ќе премине во енергетски загуби ΔQ .

Како пример за ова може да ги земеме ѕвездите кои се многу важен структурен елемент на Вселената. Познато е дека животниот

пат на ѕвездите зависи од нивната почетна маса, што е важно за да се дефинира темпото на нивниот живот, или поточно колку долго и „темпераментно“ некој ѕвезда ќе живее. Како и да е, после неколку милијарди години, ѕвездите умираат на начин што е дефиниран од нивната почетна маса, а кога е во прашање нашето Сонце, тоа треба да заврши како темно џуџе.

Она што е важно е дека енергијата на Сонцето како темно џуџе Q_1 е помала од почетната енергија на Сонцето Q_0 , што значи дека дел од енергијата на Сонцето се трансформирала во енергетски загуби ΔQ . Овие загуби се во вид на енергетски зрачења или исфрлање на маса при експлозии, што редовно се случува во „животот“ на ѕвездите.

Од ова не е тешко да се заклучи дека, новото количество на маса или енергија што е еден вид „отпадок“ на примарната ѕвезда не секогаш е доволно да се формира нова генерација на ѕвезди. Тоа значи дека во Вселената неминовно се намалува степенот на создавање нови ѕвезди, што води кон постепено, но сигурно изумирање на Вселената каква што денес ја познаваме.

Ситуацијата станува уште посложена ако во предвид се земат и црните јами, реални објекти кои се познати по своите „насилни влијанија“ во вид на деструкција на околината и заробување на поголемиот дел од материјата што е во нивна близина.

Ова сценарио за изумирање на Вселената е познато како **термодинамичка смрт**, или **големо замрзување**, а се проценува дека би траело многу долг временски период, или околу 10^{14} години. Во крајните стадиуми на оваа сценарио Вселената ќе ја достигне состојбата на максимална ентропија, при што нокното небо би било навистина црно, поточно без ниедна сјајна ѕвезда!

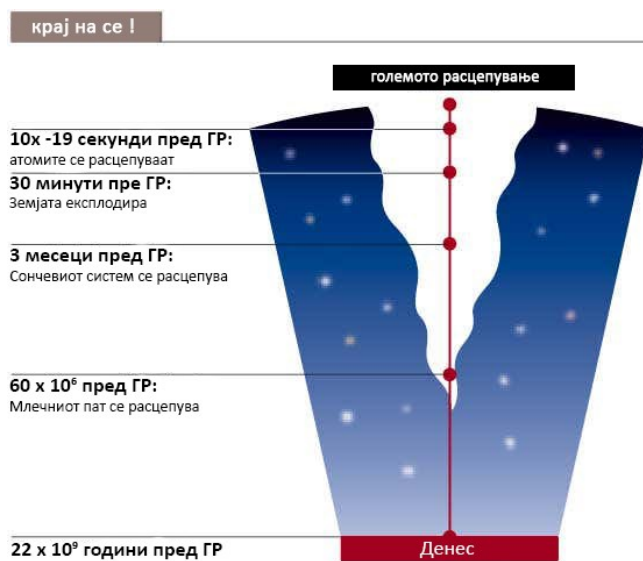
Голомото расцепување

Ако Вселената има негативна закривеност, што одговара на седлеста површина, а присуството на „видливата материја“ е слично со сегашното, нејзиното ширење повторно би траело засекогаш, со таа разлика што степенот на ширење би зависел од количеството на темна енергија. Во секој случај, привлечното дејство на гравитацијата, но и влијанието на електромагнетната сила, како и нуклеарните сили, би било занемарливо мало во однос на експанзионото дејство на темната енергија.

Ова не носи до заклучок дека, при доволно голема количество на темна енергија, растегнувањето на простор-временскиот континуум ќе биде толку големо што ќе предизвика дезинтеграција на галаксиите (слика 6). Се разбира, ништо не пречи овој процес да продолжи и понатаму, со дезинтеграција на ѕвездите, планетите итн.

Заради дезинтеграција на структурите и материјата во Вселената, ова сценарио е наречено Големо расцепување и би требало да трае околу 40×10^9 години.

Всушност, сценариото на Големото расцепување ни кажува дека се треба да заврши како точка во состојба на „гравитациона сингуларност“ откако најпосле ќе се „растргнат“ атоми и нивните составни честици (слика 6).



Сл. 6. Хипотетички приказ на Големото расцепување.

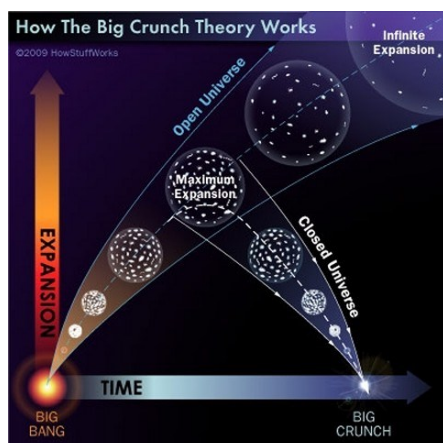
Дезинтеграцијата на структурите во Вселената како резултат на нивното растргнување, што од своја страна е поттикнато од темната енергија, всушност значи дека ова сценарио нуди вистинско уништување на Вселената или уште поопшто исчезнување на сите информации за нејзиното постоење!

Големото здробување

Ако геометријата на простор-времето е позитивно затворена, на пример како сфера, постојат две можности за крајот на Вселената. Ако количеството на темната енергија е големо, тогаш експанзијата, теоретски, може да трае вечно. Но, ако количеството на темната енергија не е толку големо, постои можност гравитацијата на материјата да надвлее па да започне обратен процес на контракција на Вселената до состојба на сингуларност (слика 7). Ова

огледално сценарио на Големата експлозија е познато како **Големото здробување**, кое би требало да трае околу 10^{11} години.

Ваквата судбина на Вселената сугерира дека по воспоставувањето на рамнотежа помеѓу гравитационата сила и експанзионата сила на темната енергија, ќе започне процес со мал степен на контракција на Вселената, затоа што материјата е во неа е релативно рамномерно распределена. Но, како се намалува волуменот на Вселената и експанзионата сила на темната енергија се намалува, па затоа се зајакнува дејството на гравитацијата. Како резултат на тоа, температурата на материјата се зголемува. Апроксимативно, после некое време, температурата на ѕвездите ќе се зголеми толку што ќе започнат процеси на експлозија на ѕвездите и нивно испарување со што ќе дојде до нарушување на структурите како што се галаксиите и нивна дезинтеграција.



Сл. 7. Хипотетички приказ на Големото здробување.

Но, инверзното сценарио продолжува со намалување на волуменот на простор-времето, дезинтеграција на молекулите, атомите, а можеби и на потешките елементарни честички. Притоа, значително се зголемува температурата на материјата што преостанала во каква било форма, за да во моментите непосредно пред достигнување на квантната сингуларност дојде до дезинтеграција и на простор-временскиот континуум. Тоа е моментот кога престануваат да важат нашите концепти за време и простор!

Сценаријата за Големата експлозија и Големото здробување, прикажани на слика 7, ни даваат можност и за ново сценарио поврзано со судбината на Вселената, на т.н. **осцилирачка Вселена**. Според ова сценарио, Големото здробување е предвесник за содавање

на нова Вселена, која повторно би завршила на ист начин. Ова е процес кој, теориски, би можел да трае бесконечно.

Од сите сценарија за судбината на нашата Вселена најверојатно е само едно. Кое од нив ќе се реализира останува да биде докажано, доколку е можно, со развојот на науката и технологијата.

e-mail: nacestoj@gmail.com

Напомена: Авторот е редовен професор на Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

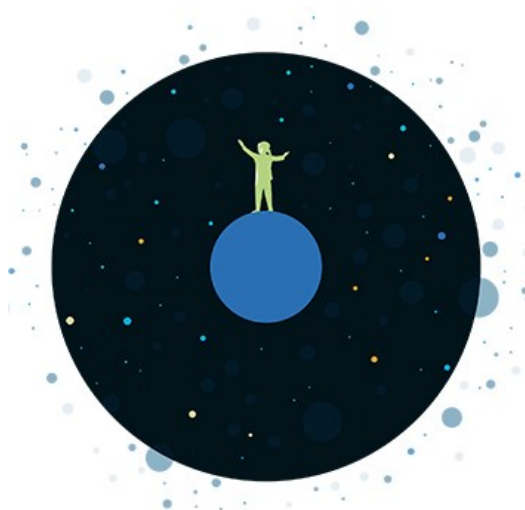
Литература

[1]<https://www.physicsoftheuniverse.com>

[2]<https://www.newscientist.com/article/dn3461-phantom-menace-may-rip-up-cosmos/>

НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ЗА ФИЗИКА ЗА 2019 - „за теориските откритија во физичката космологија“

Гордана Апостоловска



Сл. 1. ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences.

Во 2019 година Кралската Шведска академија на науките ја додели првата половина од Нобеловата награда за физика за 2019 година на Џејмс Пиблс (James Peebles) од Принстон Универзитетот, САД, а другата половина на Мишел Мајор (Michel Mayor) од Универзитетот во Женева, Швајцарија и Дидје Кело (Didier Queloz) од Универзитетот во Женева и Универзитетот во Кембриџ (Велика Британија) за „...придонес во нашето разбирање на еволуцијата на универзумот и местото на Земјата во космосот“.

Првата половина што му припадна на Пиблс е „...за теоретските откритија во физичката космологија“, а втората половина се додели на Мајор и Кело „за откривање на егзопланета која орбитира околу звезда од соларен тип“.

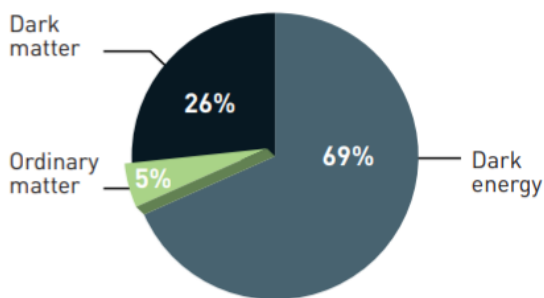
За научните резултати поради кои се додели вториот дел на наградата може да прочитате во [1]. Во овој текст ќе се задржиме

накратко само на дел од научните резултати на првиот лауреат, светски водечкиот теоретски космолог Џејмс Пиблс.

Пиблс е американски и канадски астрофизичар кој докторирал под менторство на познатиот физичар и астроном Роберт Дик (Robert Dicke) во 1958 година на Принстон универзитетот, каде и ја продолжува целата своја научна кариера. Најголемиот дел од неговите понатамошни истражувања биле поврзани со настанокот на вселената. Во 1964 година, кога Пиблс почнал да работи во полето на физичката космологија, оваа област се сметала за „ќорсокак“ поради недостатокот на набљудувања. Неговата прва книга „Физичка космологија“ (Physical Cosmology, 1971), инспирирала нови генерации на физичари кои преку теориски истражувања или набљудувања и мерења дале свој придонес во тоа космологијата набргу да стане признаена и почитувана научна област.

Користејќи ги своите теориски модели Пиблс успешно ја претпостави формата на вселената и составот на материјата и енергијата во неа. Неговите пресметки беа во добра согласност со физичките мерења на космичко позадинско зрачење (КПЗ), за чие експериментално откритие Арно Пензијас (Arno Penzias) и Роберт Вилсон (Robert Wilson) во 1978 година добија Нобелова награда.

Пиблс одигра клучна улога во теориското разбирање на почетниот универзум и неговата еволуција. Тој го препозна значењето на КПЗ како кодиран извор на непроценливи информации. Врз основа на теориските пресметки и измерените температурни флуктуации на КПЗ, Пиблс покажа дека само 5% од универзумот се состои од материјата која ни е позната и од која се составени ѕвездите, планетите и ние, додека другото е непозната темна материја и темна енергија чија природа е предизвик на модерната физика.



Сл. 1. Структура на нашиот универзум.

Пиблс откри дека КПЗ ги крие одговорите за начинот на формирањето на галаксиите. Првата реченица од неговиот апстракт во трудот објавен во *Astrophysical Journal* во 1965 година гласи: „Критичен фактор при формирањето на галаксиите би можело да биде присуството на зрачењето (на црно тело) кое е сеприсутно во вселената“. Овој труд, заедно со подоцнежниот придонес на рускиот космолог Јаков Зелдович (Yakov Zeldovich) може да се смета како почетна точка на физичката космологија каде што физичките закони се применуваат во големи вселенски размери. Всушност, тоа е моментот кога космологијата станува прецизна наука и средство за откривање на нова физика.



Сл. 2. Џејмс Пиблс (Кредит: Кралската Шведска Академија на науките).

Во раните седумдесети години на минатиот век Пиблс беше првиот кој започна компјутерски симулации за формирањето на космичките структури, што денес е редовна практика на космолозите. Деценија и половина пред да стане Нобелов лауреат, му беше доделена и наградата на Шо (Shaw Prize) за астрономија за 2004 година. Тој наградата ја доби за поставување на основите на речиси целото модерно истражување во теориската и набљудувачка космологија, со што ја трансформирал космологијата од крајно спекулативна во прецизна наука.

Пиблс се смета за водечки светски теориски космолог кој од седумдесетите години досега остварил значајни научни достигнуања во истражувањето на примордијалната нуклеосинтеза, темната

материја, космичкото микробраново позадинско зрачење и формирањето на големите структури. Најголемиот дел од истражувањето на овие области е претставено во популарни статии во претходните броеви на Астрономски алманах (види кај Ресурси на <http://astronomy.pmf.ukim.mk/>).

Физичката космологија, заедно со теориите и набљудувањата во последните педесетина години, сосема го променија нашиот поглед на универзумот. Во времето што допрва доаѓа, како што прецизноста на мерењата ќе станува се поголема, ќе се зголемува и бројот на новооткриени неочекувани феномени. Пиблс, заедно со помош на многу други (запоставени од Нобеловиот комитет) научници со кои директно соработувал или чии дела ги проучувал, се светли примери кои го покажаа начинот како се стигнува до новите откритија.

e-mail: gordanaapostolovska@gmail.com

Напомена: Авторот е редовен професор на Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Извори

- [1] Шентевски, Н., Нобеловата награда по физика за 2019 година “за откривање на екзопланета која орбитира околу ѕвезда од соларен тип“, 43 Школа „Млади физичари“, Скопје, 28-29 ноември 2019
- [2] <https://news.umanitoba.ca/nobel-prize-in-physics-james-peebls-master-of-the-universe-shares-award/>
- [3] <https://www.kva.se/en/pressrum/pressmeddelanden/nobelpriset-i-fysik-2019>
- [4] https://s3.eu-de.cloud-object-storage.appdomain.cloud/kva-image-pdf/2019/10/sciback_fy_en_19_.pdf
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Jim_Peebles

ИНФОРМАЦИИ ЗА XXI ЗИМСКА ШКОЛА ПО АСТРОНОМИЈА И ЗА НАТПРЕВАРОТ ПО АСТРОНОМИЈА ВО 2019 ГОДИНА

На 22 и 23 февруари 2019 година на Институтот за физика при Природно-математичкиот факултет во Скопје се одржа XXI Зимска школа по астрономија. На Школата присуствуваа околу 150 ученици и 11 професори од средните училишта од Република Македонија.

ПРОГРАМА за XXI Зимска школа по астрономија

22.02.2019 (петок)

- 8:30** Регистрација на учесниците
- 9:30** Отворање на Школата
- 9:35** *Месечината одблиску* - Олгица Кузмановска
- 10:05** *Експерименти со флуиди во услови на микрогравитација* – Александар Скепаровски
- 10:45** *Опасностите кои не следат при вселенските патувања* – Ристе Попески Димовски
- 11:25** Пауза со оброк
- 12:15** Кратка историја на потрагата по темната материја – Александар Ѓурчиновски
- 12:50** Светлата страна на темната материја – Наце Стојанов
- 13:30** Пауза со ужина
- 14:00** Улога на спектралните линии при астрофотографијата на маглините – Сашо Панов
- 14:30** Комплексот Brú na Bóinne и неговото астрономско значење - Моника Пешевска
- Регистрација на учесниците на натпреварот

23.02.2018 (сабота)

- 10:00** Натпревар по астрономија: „XXI Зимска астрономска школа“

На 23 февруари во рамки на Школата се одржа натпревар по астрономија. На него учествува 46 натпреварувачи при што најуспешните добија диплома од страна на Македонското астрономско друштво. Во прилог е табелата со наградените и пофалените натпреварувачи во стандардната и во олимписката категорија.

ОЛИМПСКА категорија			
1.	Бојана Стефаноска	ПСУ „Јахја Кемал“ Скопје	I место

СТАНДАРДНА категорија			
1.	Филип Рајчевски	ОСУ „Св. Климент Охридски“, Охрид	I место
2.	Јана Мајнова	ПСУ „Јахја Кемал“, Карпош, Скопје	I место
	Деа Рајхл	ПСУ „Јахја Кемал“ - Автокоманда, Скопје	II место
3.	Викторија Митрева	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	II место
4.	Нена Павловска	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	III место
5.	Борис Петрески	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	III место
6.	Петар Малиновски	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	III место
7.	Мартина Ристеска	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	III место
8.	Михајло Николовски	СМУГС „Др. Панче Караџов“, Скопје	пофалница
9.	Павле Павиќ	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	пофалница
10.	Марија Стојаноска	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	пофалница
11.	Анастасија Димова	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	пофалница
12.	Стефан Вуловски Иванов	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	пофалница
13.	Марко Богдановски	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	пофалница
14.	Стефан Николиќ	ОСТУ "Наце Буѓони", Куманово	пофалница



Гордана Апостоловска
секретар на МАД

Астрономски календар за 2020 година

Васил Умленски,*
vasil@libra.astro.bas.bg

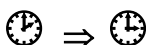
Гордана Апостоловска, Институт за физика, ПМФ, Скопје
gordanaapostolovska@gmail.com

Во Астрономскиот календар моментите на астрономските појави се дадени преку официјалното време што се користи во Република Македонија. Моментите за изгрев, залез и кулминација на небесните објекти се однесуваат за набљудувач во Скопје ($\varphi = 42^{\circ}06'$, $\lambda = 21^{\circ}26' 2''$, $h = 259$ m).

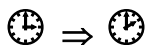
Нашата држава преку зимскиот период го користи Централното европско време (CET), а преку летниот период Централното европско летно време (CEST). Во зимскиот период официјалното време во државата ќе биде поголемо од Средното Гриничкото време (GMT) за еден час, а во летниот период за два часа. Наместо *Средно Гриничко време* (GMT Greenwich Mean Time) алтернативно се употребува и називот *Универзално координатно време* (UTC Universal Time Coordinated).

GMT Greenwich Mean Time (CET) Central Europe Time GMT+1 (CEST) Central Europe Summer Time GMT+2

Во 2020 г. *летното мерење* на времето во Македонија ќе започне на **29 март** во **02:00** часот официјално време (кога ќе се додаде еден час).



Зимското мерење на времето ќе започне на **25 октомври** во **03:00** часот по официјално време (кога ќе се одземе еден час).



На следната web - страница може да ги видите каде и кои временски зони се употребуваат во Европа:

<http://www.timeanddate.com/library/abbreviations/timezones/eu/>

Ако сакате да знаете кој е датумот и колку е официјалното време во било кое место на Земјината топка можете да го користите „Светскиот часовник“ : http://www.ildado.com/world_clock.html

*Васил Умленски е пензиониран доцент од Институтот за астрономија, Бугарска академија на науките, Софија

Општи забелешки кон Астрономскиот календар

I. Изгреви и залези на Сонцето и Месечината во 2020 година

Моментите за изгрев и залез на Сонцето и Месечината се пресметани за горниот раб на светлиот диск и со претпоставка дека околу местото нема планини кои би покривале хоризонтот (т.н. рамен хоризонт). Во случај на постоење на некоја височина (брдо, планина...) актуелниот изгрев ќе настапува подоцна, односно залезот ќе настапува порано. За секој степен аголна висина доцнењето на изгревот (подранувањето на залезот) е околу 6 минути. Во табелите дадени се секојдневните моменти на изгрев и залез на Сонцето и Месечината, должината на денот, како и моментот на горна кулминација (означен како Г.к.). *Горна кулминација* на некој небесен објект е моментот кога тој поминува преку меридијанот на даденото географско место. Ако објектот е Сонцето тогаш Г.к е моментот на *вистинскојто* ѝладне за тоа место.

II. Корекција на времето за изгрев и залез во зависност од географската должина

III. Сезони, летно време, перихел и афел во 2020 година

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

Полумракот започнува со залезот на горниот раб на сончевиот диск, а завршува со неговиот изгрев. Се до моментот кога Сонцето не е подлабоко од 6° под хоризонтот трае *граѓанскиот* полумрак и се гледаат само најсветлите ѕвезди и планети. По завршетокот на *астрономскиот* полумрак, кој трае се додека Сонцето не се спушти подлабоко од 18° под хоризонтот, настапува *вистинската* ноќ.

V. Основни фази на Месечината во 2020 година

VI. Видливост на планетите во 2020 г.

VII. Затемнување на Сонцето и Месечината во 2020 година.

VIII. Стеснет календар за метоерските роеви во 2020 година

Во табелата се дадени поголемите метеорски роеви, нивната активност и времето на максимумот на активност. *Зенитална брзина на час* (zenital hour rate) ZHR е број на метеори видени при идеални услови за време од еден час. Повеќе информации на линкот на Меѓународната метеорска организација: <http://www.imo.net>

I. ИЗГРЕВИ И ЗАЛЕЗИ НА СОНЦЕТО И МЕСЕЧИНАТА

ЈАНУАРИ 2020

Датум	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА				
	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот		Изгрев	Г. к.	Залез		
	h m	h m	h m			h m	h m	h m	h m	h m
1	7 3	11 38	16 13	9 10	10 32	15 55	21 25			
2	7 3	11 38	16 13	9 10	11 21	17 18	23 23			
3	7 3	11 38	16 14	9 11	11 44	17 59	** **			
4	7 3	11 39	16 15	9 12	12 08	18 40	0 25			
5	7 3	11 39	16 16	9 13	12 33	19 24	1 23			
6	7 3	11 40	16 17	9 14	13 02	20 11	2 25			
7	7 3	11 40	16 18	9 15	13 34	21 00	3 29			
8	7 2	11 41	16 19	9 17	14 14	21 54	4 35			
9	7 2	11 41	16 20	9 18	15 03	22 51	5 40			
10	7 2	11 42	16 21	9 19	16 01	23 50	6 42			
11	7 2	11 42	16 22	9 20	17 07	** **	7 38			
12	7 2	11 42	16 23	9 21	18 19	0 50	8 26			
13	7 1	11 43	16 24	9 23	19 34	1 48	9 07			
14	7 1	11 43	16 26	9 25	20 49	2 44	9 43			
15	7 0	11 43	16 27	9 27	22 02	3 47	10 14			
16	7 0	11 44	16 28	9 28	23 14	4 28	10 43			
17	6 59	11 44	16 29	9 30	** **	5 18	11 11			
18	6 59	11 44	16 31	9 32	0 28	6 08	11 41			
19	6 58	11 45	16 32	9 34	1 46	6 58	12 12			
20	6 58	11 45	16 33	9 35	2 46	7 50	12 49			
21	6 57	11 45	16 34	9 37	3 53	8 44	13 20			
22	6 57	11 46	16 35	9 38	4 56	9 38	14 17			
23	6 56	11 46	16 36	9 40	5 54	10 32	15 11			
24	6 55	11 46	16 38	9 43	6 44	11 25	16 10			
25	6 54	11 46	16 39	9 45	7 26	12 16	17 10			
26	6 54	11 47	16 41	9 47	8 02	13 04	18 12			
27	6 53	11 47	16 42	9 49	8 33	13 49	19 14			
28	6 52	11 47	16 43	9 51	8 59	14 32	20 14			
29	6 51	11 47	16 44	9 53	9 24	15 14	21 12			
30	6 50	11 47	16 45	9 55	9 47	15 54	22 11			
31	6 49	11 48	16 47	9 58	10 10	16 35	23 10			

ФЕВРУАРИ 2020

	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА								
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез	Должина на денот	Изгрев		Г. к.		Залез			
	h	m	h	m			h	m	h	m		h	m	
1	6	48	11	48	16	48	10	0	10	34	17	17	**	**
2	6	47	11	48	16	49	10	2	11	00	18	01	0	13
3	6	46	11	48	16	51	10	5	11	30	18	48	1	12
4	6	45	11	48	16	52	10	7	12	06	19	39	2	16
5	6	44	11	48	16	53	10	9	12	49	20	34	3	20
6	6	43	11	48	16	54	10	11	13	41	21	32	4	23
7	6	42	11	48	16	56	10	14	14	44	22	32	5	22
8	6	40	11	48	16	57	10	17	15	55	23	32	6	14
9	6	39	11	48	16	58	10	19	17	10	**	**	6	59
10	6	38	11	48	17	0	10	22	18	27	0	32	7	38
11	6	37	11	48	17	1	10	24	19	45	1	26	8	12
12	6	35	11	48	17	2	10	27	21	00	2	20	8	43
13	6	34	11	48	17	3	10	29	22	14	3	12	9	13
14	6	33	11	48	17	5	10	32	23	27	4	04	9	43
15	6	31	11	48	17	6	10	35	**	**	4	55	10	14
16	6	30	11	48	17	7	10	37	0	40	5	47	10	49
17	6	29	11	48	17	9	10	40	1	47	6	40	11	29
18	6	27	11	48	17	10	10	43	2	51	7	34	12	14
19	6	24	11	48	17	11	10	47	3	50	8	28	13	06
20	6	23	11	48	17	12	10	49	4	41	9	20	14	02
21	6	23	11	48	17	14	10	51	5	25	10	11	15	02
22	6	21	11	48	17	15	10	54	6	02	11	00	16	03
23	6	20	11	48	17	16	10	56	6	34	11	45	17	04
24	6	18	11	47	17	17	10	59	7	02	12	29	18	04
25	6	17	11	47	17	19	11	2	7	27	13	11	19	03
26	6	14	11	47	17	20	11	6	7	50	13	51	20	02
27	6	12	11	47	17	21	11	9	8	13	14	32	21	01
28	6	11	11	47	17	22	11	11	8	36	15	14	22	00
29	6	11	11	47	17	23	11	12	9	01	15	56	23	01

МАРТ 2020

	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА							
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез	Должина на денот	Изгрев		Г. к.		Залез		
	h	m	h	m			h	m	h	m		h	m
1	6	9	11	47	17 25	11	16	9	29	16	41	**	**
2	6	7	11	46	17 26	11	19	10	01	17	29	0	06
3	6	6	11	46	17 27	11	21	10	40	18	21	1	05
4	6	4	11	46	17 28	11	24	11	26	19	16	2	07
5	6	3	11	46	17 29	11	26	12	22	20	14	3	06
6	6	1	11	45	17 31	11	30	13	28	21	12	4	00
7	5	59	11	45	17 32	11	33	14	40	22	11	4	48
8	5	58	11	45	17 33	11	35	15	58	23	08	5	30
9	5	56	11	45	17 34	11	38	17	16	**	**	6	06
10	5	54	11	44	17 35	11	41	18	35	0	08	6	39
11	5	53	11	44	17 36	11	43	19	52	0	58	7	10
12	5	51	11	44	17 38	11	47	21	09	1	52	7	40
13	5	49	11	44	17 39	11	50	22	24	2	45	8	12
14	5	48	11	43	17 40	11	52	23	36	3	39	8	47
15	5	46	11	43	17 41	11	55	**	**	4	34	9	26
16	5	45	11	43	17 42	11	57	0	45	5	29	10	11
17	5	44	11	42	17 43	11	59	1	46	6	24	11	01
18	5	42	11	42	17 44	12	2	2	40	7	17	11	56
19	5	39	11	42	17 45	12	6	3	26	8	09	12	55
20	5	37	11	42	17 47	12	10	4	05	8	57	13	56
21	5	36	11	41	17 48	12	12	4	38	9	44	14	57
22	5	34	11	41	17 49	12	15	5	06	10	28	15	57
23	5	32	11	41	17 50	12	18	5	31	11	10	16	56
24	5	30	11	40	17 51	12	21	5	55	11	50	17	55
25	6	29	12	40	18 52	12	23	6	17	12	31	18	54
26	6	27	12	40	18 53	12	26	6	40	13	12	19	54
27	6	25	12	40	18 55	12	30	7	04	13	54	20	54
28	6	23	12	39	18 56	12	33	7	30	14	38	21	55
29	7	22	13	39	19 57	12	35	9	01	16	25	23	57
30	7	20	13	39	19 58	12	38	9	36	17	15	**	**
31	7	18	13	38	19 59	12	40	10	19	18	07	0	58

АПРИЛ 2020

Датум	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА			
	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот		Изгрев	Г. к.	Залез	
	h m	h m	h m			h m	h m	h m	
1	6 17	12 38	19 0	12 43		11 10	19 01	1 56	
2	6 15	12 38	19 1	12 46		12 10	19 58	2 51	
3	6 13	12 37	19 2	12 49		13 17	20 54	3 41	
4	6 12	12 37	19 4	12 52		14 30	21 51	4 23	
5	6 10	12 37	19 5	12 55		15 46	22 46	5 00	
6	6 8	12 37	19 6	12 58		17 04	23 41	5 34	
7	6 6	12 36	19 7	13 1		18 22	** **	6 05	
8	6 5	12 36	19 8	13 3		19 41	0 35	6 35	
9	6 3	12 36	19 9	13 6		20 59	1 31	7 07	
10	6 2	12 35	19 10	13 8		22 16	2 24	7 40	
11	6 0	12 35	19 11	13 11		23 29	3 21	8 18	
12	5 58	12 35	19 12	13 14		** **	4 18	9 02	
13	5 57	12 35	19 14	13 17		0 36	5 15	9 52	
14	5 55	12 34	19 15	13 20		1 36	6 10	10 46	
15	5 53	12 34	19 16	13 23		2 25	7 03	11 45	
16	5 52	12 34	19 17	13 26		3 05	7 53	12 46	
17	5 50	12 34	19 18	13 28		3 40	8 41	13 48	
18	5 49	12 34	19 19	13 30		4 10	9 25	14 48	
19	5 47	12 33	19 20	13 33		4 35	10 08	15 48	
20	5 46	12 33	19 21	13 35		4 59	10 49	16 47	
21	5 44	12 33	19 22	13 38		5 21	11 29	17 46	
22	5 43	12 33	19 24	13 41		5 44	12 10	18 46	
23	5 41	12 33	19 25	13 44		6 07	12 51	19 46	
24	5 40	12 32	19 26	13 46		6 33	13 35	20 48	
25	5 38	12 32	19 27	13 49		7 02	14 21	21 50	
26	5 37	12 32	19 28	13 51		7 35	15 10	22 51	
27	5 35	12 32	19 29	13 54		8 15	16 01	23 51	
28	5 34	12 32	19 30	13 56		9 03	16 54	** **	
29	5 33	12 32	19 31	13 58		10 00	17 49	0 47	
30	5 31	12 31	19 32	14 1		11 03	18 45	1 37	

МАЈ 2020

	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА								
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m
1	5	30	12	31	19	34	14	4	12	12	19	41	2	21
2	5	28	12	31	19	35	14	7	13	25	20	34	2	59
3	5	27	12	31	19	36	14	9	14	39	21	27	3	32
4	5	26	12	31	19	37	14	11	15	55	22	20	4	03
5	5	25	12	31	19	38	14	13	17	12	23	13	4	32
6	5	23	12	31	19	39	14	16	18	30	**	**	5	02
7	5	22	12	31	19	40	14	18	19	47	0	07	5	34
8	5	21	12	31	19	41	14	20	21	04	1	06	6	10
9	5	20	12	31	19	42	14	22	22	17	2	00	6	51
10	5	19	12	31	19	43	14	24	23	22	2	59	7	38
11	5	18	12	31	19	44	14	26	**	**	3	58	8	33
12	5	16	12	31	19	45	14	29	0	18	4	54	9	32
13	5	15	12	31	19	46	14	31	1	08	5	37	10	35
14	5	14	12	31	19	47	14	33	1	44	6	37	11	38
15	5	13	12	31	19	48	14	35	2	14	7	23	12	40
16	5	12	12	31	19	49	14	37	2	41	8	07	13	40
17	5	11	12	31	19	50	14	39	3	05	8	48	14	40
18	5	10	12	31	19	51	14	41	3	28	9	29	15	39
19	5	10	12	31	19	52	14	42	3	50	10	10	16	38
20	5	9	12	31	19	53	14	44	4	14	10	50	17	39
21	5	8	12	31	19	54	14	46	4	37	11	34	18	40
22	5	7	12	31	19	55	14	48	5	05	12	19	19	43
23	5	6	12	31	19	56	14	50	5	37	13	08	20	46
24	5	6	12	31	19	57	14	51	6	15	13	58	21	47
25	5	5	12	31	19	58	14	53	7	01	14	51	22	45
26	5	4	12	31	19	59	14	55	7	55	15	46	23	37
27	5	4	12	31	20	0	14	56	8	56	16	42	**	**
28	5	3	12	32	20	1	14	58	10	03	17	37	0	22
29	5	2	12	32	20	1	14	59	11	13	18	30	1	00
30	5	2	12	32	20	2	15	0	12	25	19	21	1	35
31	5	1	12	32	20	3	15	2	13	38	20	12	2	05

ЈУНИ 2020

Датум	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА				
	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина	на денот	Изгрев	Г. к.	Залез		
	h m	h m	h m	h m		h m	h m	h m	h m	h m
1	5 1	12 32	20 4	15 3		14 52	21 02	2 33		
2	5 0	12 32	20 4	15 4		16 06	21 54	3 02		
3	5 0	12 32	20 5	15 5		17 23	22 47	3 31		
4	5 0	12 33	20 6	15 6		18 39	23 43	4 04		
5	4 59	12 33	20 6	15 7		19 53	** **	4 41		
6	4 59	12 33	20 7	15 8		21 02	0 42	5 25		
7	4 59	12 33	20 8	15 9		22 04	1 42	6 17		
8	4 58	12 33	20 8	15 10		22 56	2 39	7 15		
9	4 58	12 34	20 9	15 11		23 39	3 35	8 18		
10	4 58	12 34	20 10	15 12		** **	4 28	9 22		
11	4 58	12 34	20 10	15 12		0 14	5 17	10 26		
12	4 58	12 34	20 11	15 13		0 42	6 02	11 29		
13	4 58	12 34	20 11	15 13		1 12	6 45	12 29		
14	4 58	12 34	20 12	15 14		1 34	7 26	13 29		
15	4 58	12 35	20 12	15 14		1 55	8 06	14 28		
16	4 58	12 35	20 12	15 14		2 17	8 47	15 28		
17	4 58	12 35	20 13	15 15		2 40	9 29	16 29		
18	4 58	12 35	20 13	15 15		3 07	10 14	17 31		
19	4 58	12 36	20 13	15 15		3 36	11 01	18 35		
20	4 58	12 36	20 14	15 16		4 13	11 51	19 37		
21	4 59	12 36	20 14	15 15		4 56	12 44	20 37		
22	4 59	12 36	20 14	15 15		5 47	13 40	21 33		
23	4 59	12 37	20 14	15 15		6 47	14 37	22 21		
24	4 59	12 37	20 14	15 15		7 54	15 33	23 02		
25	5 0	12 37	20 14	15 14		9 04	16 27	23 38		
26	5 0	12 37	20 14	15 14		10 16	17 19	** **		
27	5 0	12 37	20 14	15 14		11 28	18 09	0 09		
28	5 1	12 38	20 14	15 13		12 41	18 58	0 37		
29	5 1	12 38	20 14	15 13		13 53	19 48	1 08		
30	5 1	12 38	20 14	15 13		15 06	20 39	1 33		

ЈУЛИ 2020

	С О Н Ц Е						МЕСЕЧИНА							
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m
1	5	2	12	38	20	14	15	12	16	20	21	33	2	03
2	5	3	12	38	20	14	15	11	17	34	22	29	2	37
3	5	3	12	39	20	14	15	11	18	44	23	26	3	18
4	5	4	12	39	20	13	15	9	19	49	**	**	4	05
5	5	5	12	39	20	13	15	8	20	45	0	25	5	01
6	5	5	12	39	20	12	15	7	21	32	1	24	6	01
7	5	6	12	39	20	12	15	6	22	11	2	17	7	06
8	5	7	12	39	20	12	15	5	22	43	3	08	8	11
9	5	7	12	40	20	11	15	4	23	10	3	55	9	14
10	5	8	12	40	20	11	15	3	23	35	4	39	10	16
11	5	9	12	40	20	11	15	2	23	57	5	21	11	17
12	5	9	12	40	20	10	15	1	**	**	6	02	12	16
13	5	10	12	40	20	9	14	59	0	20	6	42	13	15
14	5	11	12	40	20	9	14	58	0	43	7	24	14	14
15	5	12	12	40	20	8	14	56	1	12	8	07	15	15
16	5	13	12	40	20	8	14	55	1	39	8	52	16	17
17	5	14	12	40	20	7	14	53	2	11	9	41	17	20
18	5	14	12	41	20	6	14	52	2	52	10	34	18	22
19	5	15	12	41	20	5	14	50	3	40	11	29	19	20
20	5	16	12	41	20	5	14	49	4	37	12	27	20	12
21	5	17	12	41	20	4	14	47	5	43	13	24	20	57
22	5	18	12	41	20	3	14	45	6	53	14	20	21	36
23	5	19	12	41	20	2	14	43	8	06	15	14	22	10
24	5	20	12	41	20	1	14	40	9	19	16	06	22	40
25	5	21	12	41	20	0	14	39	10	32	16	56	23	09
26	5	22	12	41	19	59	14	37	11	44	17	46	23	37
27	5	23	12	41	19	58	14	35	12	57	18	36	**	**
28	5	24	12	41	19	57	14	33	14	10	19	28	0	06
29	5	25	12	41	19	56	14	31	15	22	20	22	0	39
30	5	26	12	41	19	55	14	29	16	32	21	18	1	17
31	5	27	12	41	19	54	14	27	17	38	22	15	2	00

АВГУСТ 2020

Датум	С О Н Ц Е					М Е С Е Ч И Н А				
	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот		Изгрев	Г. к.	Залез		
	h m	h m	h m			h m	h m	h m	h m	h m
1	5 28	12 41	19 53	14 25		18 37	23 12	2 50		
2	5 29	12 41	19 52	14 23		19 27	** **	3 48		
3	5 30	12 40	19 50	14 20		20 08	0 07	4 51		
4	5 31	12 40	19 49	14 18		20 42	1 03	5 56		
5	5 32	12 40	19 48	14 16		21 11	1 48	7 00		
6	5 33	12 40	19 47	14 14		21 37	2 33	8 03		
7	5 34	12 40	19 45	14 11		22 00	3 16	9 05		
8	5 35	12 40	19 44	14 9		22 22	3 58	10 05		
9	5 36	12 40	19 43	14 7		22 44	4 38	11 04		
10	5 37	12 40	19 42	14 5		23 08	5 19	12 04		
11	5 38	12 39	19 40	14 2		23 34	6 01	13 04		
12	5 39	12 39	19 39	14 0		** **	6 45	14 05		
13	5 40	12 39	19 37	13 57		0 05	7 32	15 08		
14	5 41	12 39	19 36	13 55		0 42	8 22	16 10		
15	5 42	12 39	19 34	13 52		1 27	9 16	17 09		
16	5 43	12 38	19 33	13 50		2 18	10 13	18 04		
17	5 44	12 38	19 32	13 48		3 20	11 10	18 52		
18	5 45	12 38	19 30	13 45		4 29	12 07	19 34		
19	5 46	12 38	19 29	13 43		5 44	13 03	20 09		
20	5 47	12 38	19 27	13 40		7 00	13 57	20 41		
21	5 48	12 37	19 25	13 37		8 16	14 49	21 10		
22	5 50	12 37	19 24	13 34		9 31	15 41	21 39		
23	5 51	12 37	19 22	13 31		10 46	16 32	22 08		
24	5 52	12 37	19 21	13 29		12 00	17 25	22 39		
25	5 53	12 36	19 19	13 26		13 14	18 18	23 15		
26	5 54	12 36	19 17	13 23		14 26	19 14	23 57		
27	5 55	12 36	19 16	13 21		15 33	20 10	** **		
28	5 56	12 35	19 14	13 18		16 33	21 06	0 45		
29	5 57	12 35	19 13	13 16		17 24	22 01	1 41		
30	5 58	12 35	19 11	13 13		18 07	22 53	2 31		
31	5 59	12 34	19 9	13 10		18 43	23 43	3 44		

СЕПТЕМВРИ 2020

	С О Н Ц Е						МЕСЕЧИНА							
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	m	h	m	h	M	h	M	h	m	h	m	h	M
1	6	0	12	34	19	8	13	8	19	12	**	**	4	50
2	6	1	12	34	19	6	13	5	19	38	0	29	5	54
3	6	2	12	33	19	4	13	2	20	02	1	16	6	55
4	6	3	12	33	19	3	13	0	20	25	1	55	7	55
5	6	4	12	33	19	1	12	57	20	48	2	35	8	54
6	6	5	12	32	18	59	12	54	21	12	3	16	9	53
7	6	6	12	32	18	57	12	51	21	37	3	57	10	52
8	6	7	12	32	18	56	12	49	22	06	4	39	11	52
9	6	8	12	31	18	54	12	46	22	39	5	25	12	53
10	6	9	12	31	18	52	12	43	23	18	6	13	13	55
11	6	10	12	31	18	50	12	40	**	**	7	04	14	53
12	6	11	12	30	18	49	12	38	0	08	7	58	15	48
13	6	12	12	30	18	47	12	35	1	08	8	53	16	39
14	6	13	12	30	18	45	12	32	2	08	9	50	17	24
15	6	14	12	29	18	43	12	29	3	20	10	46	18	02
16	6	16	12	29	18	42	12	26	4	35	11	42	18	36
17	6	17	12	29	18	40	12	23	5	52	12	36	19	07
18	6	18	12	28	18	38	12	20	7	09	13	29	19	37
19	6	19	12	28	18	36	12	17	8	26	14	22	20	08
20	6	20	12	28	18	35	12	15	9	43	15	16	20	40
21	6	21	12	27	18	33	12	12	11	00	16	11	21	13
22	6	22	12	27	18	31	12	9	12	14	17	07	21	55
23	6	23	12	27	18	29	12	6	13	25	18	05	22	41
24	6	24	12	26	18	28	12	4	14	27	19	02	23	36
25	6	25	12	26	18	26	12	1	15	22	19	57	**	**
26	6	26	12	25	18	24	11	58	16	08	20	50	0	35
27	6	27	12	25	18	22	11	55	16	45	21	40	1	38
28	6	28	12	25	18	21	11	53	17	16	22	27	2	41
29	6	29	12	24	18	19	11	50	17	43	23	11	3	44
30	6	30	12	24	18	17	11	47	18	07	23	53	4	47

ОКТОМВРИ 2020

	С О Н Ц Е				М Е С Е Ч И Н А			
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез	
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	6 31	12 24	18 15	11 44	18 30	** **	5 47	
2	6 33	12 23	18 14	11 41	18 52	0 33	6 47	
3	6 34	12 23	18 12	11 38	19 14	1 17	7 46	
4	6 35	12 23	18 10	11 35	19 38	1 55	8 46	
5	6 36	12 23	18 09	11 33	20 05	2 37	9 46	
6	6 37	12 22	18 07	11 30	20 35	3 21	10 47	
7	6 38	12 22	18 05	11 27	21 12	4 08	11 48	
8	6 39	12 22	18 04	11 25	21 56	4 57	12 48	
9	6 40	12 21	18 02	11 22	22 47	5 48	13 44	
10	6 41	12 21	18 00	11 19	23 48	6 42	14 35	
11	6 43	12 21	17 59	11 16	** **	7 37	15 19	
12	6 44	12 21	17 57	11 13	0 55	8 32	15 59	
13	6 45	12 20	17 55	11 10	2 07	9 26	16 33	
14	6 46	12 20	17 54	11 08	3 22	10 20	17 04	
15	6 47	12 20	17 52	11 05	4 39	11 13	17 34	
16	6 48	12 20	17 51	11 03	5 57	12 06	18 03	
17	6 49	12 20	17 49	11 00	7 16	13 00	18 33	
18	6 51	12 19	17 48	10 57	8 35	13 56	19 07	
19	6 52	12 19	17 46	10 54	9 54	14 54	19 46	
20	6 53	12 19	17 45	10 52	11 10	15 53	20 32	
21	6 54	12 19	17 43	10 49	12 19	16 53	21 25	
22	6 55	12 19	17 42	10 47	13 19	17 51	22 25	
23	6 56	12 18	17 40	10 44	14 08	18 46	23 28	
24	6 58	12 19	17 39	10 41	14 48	19 37	** **	
25	5 59	11 18	16 37	10 38	14 21	19 25	** **	
26	6 0	11 18	16 36	10 36	14 49	20 10	0 37	
27	6 1	11 18	16 34	10 33	15 14	20 52	1 39	
28	6 2	11 18	16 33	10 31	15 36	21 33	2 40	
29	6 4	11 18	16 32	10 28	15 57	22 13	3 40	
30	6 5	11 18	16 30	10 25	16 19	22 54	4 39	
31	6 6	11 18	16 29	10 23	16 42	23 35	5 39	

НОЕМВРИ 2020

	С О Н Ц Е						МЕСЕЧИНА							
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	M	h	m
1	6	7	11	18	16	28	10	21	17	08	**	**	6	39
2	6	9	11	18	16	27	10	18	17	36	0	22	7	41
3	6	10	11	18	16	25	10	15	18	11	1	05	8	42
4	6	11	11	18	16	24	10	13	18	52	1	53	9	42
5	6	12	11	18	16	23	10	11	19	40	2	43	10	39
6	6	14	11	18	16	22	10	8	20	37	3	36	11	31
7	6	15	11	18	16	21	10	6	21	41	4	30	12	17
8	6	16	11	18	16	20	10	4	22	48	5	24	12	57
9	6	17	11	18	16	18	10	1	**	**	6	16	13	32
10	6	19	11	18	16	17	9	58	0	02	7	08	14	03
11	6	20	11	18	16	16	9	56	1	13	7	58	14	32
12	6	21	11	18	16	15	9	54	2	28	8	50	14	59
13	6	22	11	19	16	15	9	53	3	45	9	42	15	28
14	6	23	11	19	16	14	9	51	5	04	10	37	16	00
15	6	25	11	19	16	13	9	48	6	24	11	34	16	36
16	6	26	11	19	16	12	9	46	7	43	12	34	17	19
17	6	27	11	19	16	11	9	44	8	58	13	36	18	10
18	6	28	11	20	16	10	9	42	10	05	14	37	19	09
19	6	30	11	20	16	10	9	40	11	01	15	36	20	13
20	6	31	11	20	16	9	9	38	11	47	16	30	21	19
21	6	32	11	20	16	8	9	36	12	23	17	21	22	25
22	6	33	11	21	16	8	9	35	12	53	18	07	23	29
23	6	34	11	21	16	7	9	33	13	19	18	51	**	**
24	6	35	11	21	16	6	9	31	13	42	19	32	0	31
25	6	37	11	21	16	6	9	29	14	03	20	12	1	32
26	6	38	11	22	16	5	9	27	14	24	20	52	2	31
27	6	39	11	22	16	5	9	26	14	47	21	34	3	31
28	6	40	11	22	16	4	9	24	15	11	22	17	4	31
29	6	41	11	23	16	4	9	23	15	39	23	02	5	33
30	6	42	11	23	16	4	9	22	16	12	23	49	6	34

ДЕКЕМВРИ 2020

Датум	С О Н Ц Е					МЕСЕЧИНА				
	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот		Изгрев	Г. к.	Залез		
	h m	h m	h m	h m		h m	h m	h m	h m	
1	6 43	11 23	16 3	9 20		16 53	** **	7 34		
2	6 44	11 24	16 3	9 19		17 39	0 41	8 32		
3	6 45	11 24	16 3	9 18		18 35	1 33	9 26		
4	6 46	11 25	16 3	9 17		19 35	2 27	10 14		
5	6 47	11 25	16 3	9 16		20 41	3 20	10 56		
6	6 48	11 25	16 2	9 14		21 50	4 12	11 32		
7	6 49	11 26	16 2	9 13		23 00	5 03	12 04		
8	6 50	11 26	16 2	9 12		** **	5 52	12 33		
9	6 51	11 27	16 2	9 11		0 12	6 41	13 00		
10	6 52	11 27	16 2	9 10		1 24	7 31	13 28		
11	6 53	11 28	16 3	9 10		2 37	8 22	13 56		
12	6 53	11 28	16 3	9 10		3 53	9 16	14 30		
13	6 54	11 29	16 3	9 9		5 12	10 14	15 08		
14	6 55	11 29	16 3	9 8		6 28	11 14	15 57		
15	6 56	11 30	16 4	9 8		7 39	12 16	16 52		
16	6 56	11 30	16 4	9 8		8 42	13 18	17 55		
17	6 57	11 31	16 4	9 7		9 37	14 16	19 00		
18	6 58	11 31	16 5	9 7		10 17	15 11	20 11		
19	6 58	11 32	16 5	9 7		10 51	16 00	21 17		
20	6 59	11 32	16 5	9 6		11 22	16 46	22 19		
21	7 0	11 33	16 6	9 6		11 44	17 29	23 21		
22	7 0	11 33	16 6	9 6		12 07	18 10	** **		
23	7 0	11 34	16 6	9 6		12 29	18 50	0 22		
24	7 1	11 34	16 7	9 6		12 52	19 30	1 20		
25	7 1	11 35	16 8	9 7		13 16	20 13	2 19		
26	7 2	11 35	16 9	9 7		13 42	20 57	3 20		
27	7 2	11 36	16 9	9 7		14 14	21 43	4 21		
28	7 2	11 36	16 10	9 8		14 51	22 34	5 22		
29	7 2	11 36	16 10	9 8		15 35	23 27	6 23		
30	7 2	11 37	16 11	9 9		16 27	** **	7 20		
31	7 3	11 37	16 12	9 9		17 27	0 24	8 12		

II. Корекција на моментите на изгрев и залез во зависност од географската должина

Корекцијата на времето за изгрев и залез е 4 min за секој степен географска должина. Таа е со знак (+) за западна географска должина и знак (-) за источна географска должина.

КОРЕКЦИИ ЗА НЕКОИ ГРАДОВИ:

Берово - 5,7 min

Охрид + 2,5 min

Битола + 0,4 min

Куманово – 1,1 min

Ако сакате да ги дознаете географските координати на некое населено место во Македонија, отидете на следната страница:

<http://www.heavens-above.com/countries.aspx> и по изборот на државата Македонија напишете го името на населеното место.

III. Сезони, летно време, перихел и афел - 2020 г.

Настан	Месец	Ден	h	m
Почеток на пролетта	март	20 ^d	4 ^h	50 ^m
Почеток на летното време	март	29 ^d	2 ^h	0 ^m
Почеток на летото	јуни	20 ^d	23 ^h	44 ^m
Почеток на есента	септември	22 ^d	15 ^h	31 ^m
Крај на летното време	октомври	25 ^d	3 ^h	0 ^m
Почеток на зимата	декември	21 ^d	11 ^h	02 ^m
Земјата е во перихел	јануари	5 ^d	9 ^h	
Земјата е во афел	јули	4 ^d	6 ^h	12 ^m

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

I 34 min	IV 32 min	VII 37 min	X 31 min
II 33 min	V 36 min	VIII 33 min	XI 33 min
III 31 min	VI 39 min	IX 32 min	XII 35 min

Под граѓански полумрак се подразбира временскиот интервал пред изгревот на Сонцето и по неговиот залез, во којшто може да се работи на отворено без употреба на вештачко осветлување. Временскиот интервал (даден во минути) се одзема од моментот на изгрев и се додава на моментот на залез на Сонцето.

V. Основни фази на Месечината

2020	Прва четврт d h m	Полна месечина d h m	Послед на четврт d h m	Ново- луние d h m	Прва четврт d h m	Полна месечина d h m
Јануари	3 5 45	10 20 21	17 13 58	24 22 42	-	-
Февруари	2 2 42	9 08 33	15 23 17	23 16 32	-	-
Март	2 20 57	9 18 48	16 10 34	24 10 28	-	-
Април	1 12 21	8 04 35	15 0 56	23 04 26	30 22 38	-
Мај	-	7 12 45	14 16 03	22 19 39	30 05 30	-
Јуни	-	5 21 12	13 08 24	21 08 41	28 10 16	-
Јули	-	5 06 44	13 01 29	20 19 33	27 14 32	-
Август	-	3 17 59	11 18 45	19 04 41	25 19 58	-
Септември	-	2 07 22	10 11 26	17 13 00	24 03 55	-
Октомври	-	1 23 05	10 02 39	16 21 31	23 15 23	31 15 49
Ноември	-	-	8 14 46	15 06 07	22 05 45	30 10 30
Декември	-	-	8 01 37	14 17 17	22 00 41	30 04 28

VI. Видливост на планетите во 2020 г.

Меркур ♿

Оваа планета е многу тешко да се види токму поради својата близина до Сонцето. Најповолни услови за нејзина видливост има кога се наоѓа во максимална елонгација. Тоа се случува на следниве дати: 10 февруари во 8 h на 18° (залез), 24 март во 6 h на 28° (изгрев), 4 јуни во 13 h на 24° (залез), 22 јули во 18 h на 20° (изгрев), 1 октомври во 14 h на 26° (залез) и на 10 ноември во 24 h на 19° (изгрев). Кога е во максимална западна елонгација изгрева пред Сонцето, а при максимална источна елонгација заоѓа по Сонцето. Поради тоа што се наоѓа ниско над хоризонтот кадешто има големи атмосферски турбуленции речиси е невозможно да се види во градски услови.

Венера ♀

По Сонцето и Месечината, Венера е најсветлиот објект на небото. Кога се наоѓа во источна елонгација, Венера е објект кој прв засветува на небото по залезот на Сонцето и кај народот е позната како „свезда Вечерница“. Кога оваа планета се наоѓа западно од Сонцето, (западна елонгација) тогаш наутро се гледа како последен светол објект на источното небо и е позната како „свезда Деница“. Максималната оддалеченост (елонгација) од Сонцето изнесува 48°.

На почетокот на годината планетата се јавува како Вечерница. Периодот на видливост се зголемува и на 24 март кога е во максимална источна елонгација, заоѓа 4 часа по Сонцето. После тоа залезот настапува се порано и во текот на втората половина на мај Венера се губи во сончевите зраци (долната конјункција со Сонцето е на 3 јуни). Во втората половина на јуни Венера се појавува наутро на исток како Деница, а потоа изгрева се порано до максималната западна елонгација на 13 август. Од тој датум периодот на видливост почнува да се намалува и во текот на декември видлива е само околу 2 часа.

Марс ♂

Во текот на првата половина на годината Марс е видлив на утринското небо, при што поминува преку зодијачките соѕвездија Вага, Шкорпија, Змијоносец, Стрелец, Јарец, Водолија и Риби. На 8 јули за кратко време поминува низ Кит, а на 27 јули се враќа во Риби кадешто останува до крајот на годината. На почетокот на годината се

појавува околу три часа пред Сонцето, но изгревот настапува се порано и во текот на јуни веќе е пред полноќ. Во текот на летото привидната магнитуда на планетата достига 0^m , а во текот есента е речиси како на Јупитер. Неговата опозиција е на 13 октомври, при што оддалеченоста до Земјата изнесува само 0,415 AU. Марс е над хоризонтот во текот на целата ноќ, а аголниот дијаметар достига 23". После тоа периодот на видливост се намалува, а Црвената планета заоѓа околу еден час после полноќ.

Јупитер ♃

Најголемата планета во Сончевиот систем на почетокот на годината е видлива на утринското небо, каде се појавува на југоисток малку пред изгрејсонце. Изгревот настапува се порано и периодот на видливост брзо се зголемува. Околу опозицијата на 14 јули планетата, иако ниско над хоризонтот се гледа речиси цела ноќ. После тоа залезот настапува се порано и во текот на септември е пред полноќ, а кон крајот на годината е околу 18:30. Речиси преку целата година Јупитер престојува со соѕвездието Стрелец, на 18 декември преминува во Јарец, а на 21 декември е во најголема близина (од 6,3') на Сатурн.

Сатурн ♄

На почетокот на годината прстенестата планетата се губи во сончевите зраци поради горната конјункција со Сонцето на 13 јануари. Потоа во текот на втората половина на февруари се појавува ниско на југоисток. Изгревот настапува се порано и во мај е веќе пред полноќ. Опозицијата е на 20 јули и околу тој датум Сатурн е над хоризонтот во текот на целата ноќ. После тоа заоѓа се порано, во текот на септември околу полноќ, а кон крајот на годината малку после 18 часот. На 17 март преминува од соѕвездието Стрелец во Јарец, на 5 јули се враќа во Стрелец, а на 12 декември повторно навлегува во Јарец.

Уран ♅

Планетата Уран е на границата на видливост на човечкото око и за да се набљудува треба да се користи телескоп и да се знае на кое место од небесниот свод тој треба да се насочи.

На почетокот на годината Уран се набљудува навечер и заоѓа малку после полноќ, при што периодот на видливост брзо намалува. Горната конјункција со Сонцето е на 26 април и во текот на втората половина на мај планетата се појавува на утринското небо. Изгревот настапува се порано и во јули е околу полноќ. Опозицијата е на 31 октомври и околу тој датум Уран е над хоризонтот речиси секоја ноќ.

После тоа периодот на видливост намалува и кон крајот на декември залезот е околу 20 часот.

Во текот на целата година планетата се наоѓа во соѕвездието Овен.

Нептун Ψ

Оваа планета може да се види со користење на мал оптички телескоп.

На почетокот на годината најдалечната планета е над хоризонтот навечер и заоѓа после 20 ч. Периодот на видливост намалува и околу горната конјункција со Сонцето на 8 март, Нептун не може да се набљудува. После тоа тој се појавува на утринското небо и изгрева се порано. На почетокот на јуни изгрева околу полноќ. Околу 11 септември кога Нептун е во опозиција се гледа над хоризонтот во текот на целата ноќ. После тоа периодот на видливост намалува и кон крајот на декември залезот е околу 22 ч.

Во текот на целата година Нептун е во зодијачкото соѕвездие Водолија.

VII. Затемнувања на Сонцето и Месечината во текот на 2020 г.

Во 2020 г. ќе има шест затемнувања (две сончеви и четири месечеви).

1. Полусенчесто месечево затемнување на 10 јануари 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 144 и е видно од Европа, Азија, Африка, Австралија, Индискиот Океан, источниот дел на Тихиот Океан и полуостров Лабрадор (Канада).

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: 18^h05^m35^s;
- максимална фаза (0,991) 20^h09^m54^s;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: 22^h14^m19^s.

Од територијата на Македонија ова затемнување е видно од почетокот до крајот. Вообичаено при полусенчестите затемнувања прмената во сјајот на Месечината се регистрира само со инструменти, но поради нејзината близина до земјината сенка е можно Месечината да потемне во едниот нејзин крај.

2. Полусенчесто месечево затемнување на 5 јуни 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 111. Видливо е од Европа (без најкрајните северни области), Азија, Австралија, најисточните делови

од Јужна Америка, Индискиот Океан, западниот дел на Атлантскиот Океан и источниот дел на Тихиот Океан.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: $19^{\text{h}}43^{\text{m}}21^{\text{s}}$;
- максимална фаза (0,594) $21^{\text{h}}25^{\text{m}}00^{\text{s}}$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $23^{\text{h}}06^{\text{m}}29^{\text{s}}$.

Од територијата на Македонија ова затемнување е видливо од изгревот на Месечината во $19^{\text{h}}53^{\text{m}}$ до крајот, но промената на сјајот на Месечината може да се регистрира само со инструменти.

3. Прстенесто сончево затемнување на 21 јуни 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 137. Линијата на централното затемнување поминува преку централниот дел на Африка, јужниот дел на Арапскиот полуостров, јужниот дел на Азија и Тихиот Океан. Како делумно затемнувањето е видливо од Југоисточна Европа, Африка, Азија, Индонезија, северниот дел на Индискиот Океан и западниот дел на Тихиот Океан. Со многу мала фаза може да биде видено и од некои делови во Југозападна Европа.

Затемнувањето започнува како делумно во $5^{\text{h}}45^{\text{m}}54^{\text{s}}$. Почетокот на централното затемнување е во $6^{\text{h}}47^{\text{m}}38^{\text{s}}$, максималната фаза (0,994) е во $8^{\text{h}}39^{\text{m}}59^{\text{s}}$, крајот на централното затемнување е во $10^{\text{h}}32^{\text{m}}16^{\text{s}}$. Делумното затемнување завршува во $11^{\text{h}}33^{\text{m}}57^{\text{s}}$.

Од Македонија затемнувањето ќе се гледа како делумно од $7^{\text{h}}04^{\text{m}}26^{\text{s}}$ до $8^{\text{h}}05^{\text{m}}07^{\text{s}}$, но фазата му е многу мала. Максималната фаза е во $7^{\text{h}}34^{\text{m}}01^{\text{s}}$ (0,108).

4. Полусенчесто месечево затемнување на 5 јули 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 149. Видливо е од западниот дел на Тихиот Океан, Северна Америка (без Аљаска и северозападниот дел на Канада), Јужна Америка, Атлантскиот Океан, Африка, најјужниот дел на Европа и атлантското крајбрежје на Антарктикот.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: $5^{\text{h}}04^{\text{m}}12^{\text{s}}$;
- максимална фаза (0,380) $6^{\text{h}}29^{\text{m}}56^{\text{s}}$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $7^{\text{h}}55^{\text{m}}25^{\text{s}}$.

Од територијата на Македонија ова затемнување не може да се набљудува.

5. Полусенчесто месечево затемнување на 30 ноември 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 116. Видливо е од Тихиот Океан, Северниот Леден Океан, Северна и Јужна Америка, Атлантскиот Океан, Англија, северозападниот дел на Скандинавскиот полуостров, Азија (без најзападниот дел) и Австралија.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: $8^{\text{h}}32^{\text{m}}21^{\text{s}}$;
- максимална фаза (0,828) $10^{\text{h}}42^{\text{m}}49^{\text{s}}$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $12^{\text{h}}53^{\text{m}}20^{\text{s}}$.

Од територијата на Македонија ова затемнување не може да се набљудува.

6. Целосно сончево затемнување на 14 декември 2020 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 142. Ивицата на полната фаза започнува од Тихиот Океан, го пресекува јужниот дел на Чиле и Аргентина и завршува во Атлантскиот Океан. Како парцијално затемнување е видливо од југоисточниот дел на Тихиот Океан, Јужна Америка (без Венецуела, Колумбија и јужниот дел на Бразил), јужниот дел на Атлантскиот Океан и делот на Антарктикот којшто е свртен кон Тихиот и Атлантскиот Океан.

Затемнувањето започнува како делумно во $14^{\text{h}}33^{\text{m}}48^{\text{s}}$. Почетокот на полното затемнување е во $15^{\text{h}}32^{\text{m}}28^{\text{s}}$, максималната фаза (1,025) е во $17^{\text{h}}13^{\text{m}}23^{\text{s}}$, а крајот во $18^{\text{h}}54^{\text{m}}13^{\text{s}}$. Делумното затемнување завршува во $19^{\text{h}}53^{\text{m}}00^{\text{s}}$.

Од територијата на Македонија ова сончево затемнување не може да се набљудува.

VIII. Стеснет календар на метеорските роеви во 2020 г.

Метеорски рој	Период на активност	Максимум	ZHR	Родителско тело
Квадрантиди	27.XII-X.I	3/4. I	120	2003EH (астероид)
Лириди	16 - 30. IV	21/22. IV	18	C/1861 G1Thatcher
η-Аквариди	19.IV - 28.V	5/6. V	40	1P/Halley
Персеиди	17.VII-26.VIII	12/13. VIII	100	109P/Swift-Tuttle
Ориониди	2. X - 7. XI	21/22. X	20	1P/Halley
Леониди	06 - 30. XI	16/17. XI	15	55P/Tempel-Tuttle
Геминиди	4 - 17. XII	13/14. XII	150	3200 Phaeton