



Македонско астрономско друштво

Астрономски алманах 2019

Скопје, 2019

Редакциски одбор на Астрономски алманах 2019

(број 18):

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: **Објект:** Маглина Розета (NGC 2237, 2238, 2239 и 2246; Caldwell 49) во соѕвездието Еднорог

Координати: ректасцензија (RA) 06h 33m 45s; деклинација (Dec) +04° 59' 54".

Телескоп: Meade 70 mm квадриплет апохромат астрограф (f 350 mm) и екваторски статив Meade LX85. Камера: ZWO ASI1600MM Pro на -20 °C. Интерферентни филтри: SII (672 nm), Ha (656 nm) и OIII (500 nm) со бранова полуширина 7 nm. Снимање: 28 експозиции од по 600 s. Вкупна интеграција: 280 минути. Софтвер: PixInsight 1.8.6. Палета: SHO (Hubble). Астрометриска анализа на Astrometry.net под бр. 3055991 од 20.11.2018 г. **Снимање и обработка: Сашо Панов, 2018.**

Во чест на 100 годишниот јубилеј на Интернационалната астрономска унија (ИАУ) во 2019 ширум светот се спроведуваат активности под мотото "Под исто небо" (Under One Sky).

На задниот дел од корицата: *Горна слика:* Комбинирање на монохроматски слики добиени со поединечни интерферентни филтри во композитна слика заснована на адитивниот боен модел RGB (R за црвена, G за зелена и B за сина боја). Примерот е астрофотографија на Орионовата маглина. Снимање и обработка: Сашо Панов.

Долна слика: Хало како можна распределба на темната материја околу галаксија слична на нашата.

Извор: <http://inspirehep.net/record/813336/plots>.

*

Компјутерска подготовка:

Киро Мавроски

*

Печати:

Дизајн и принт солушн студио „Мавроски“

*

Тираж:

100 примероци

СОДРЖИНА

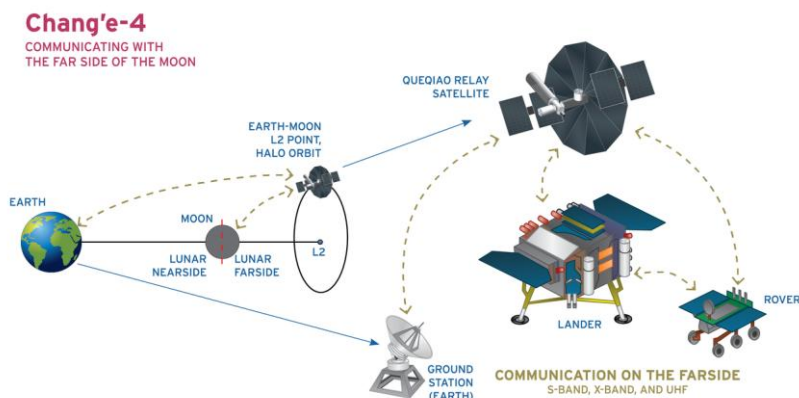
Месечината одблиску _____	5
<i>Олгица Кузмановска</i>	
Опасностите кои не следат при вселенските патувања _____	13
<i>Ристе Попески-Димовски</i>	
Експерименти со флуиди во услови на микрогравитација _____	21
<i>Александар Скепаровски</i>	
Улога на спектралните линии при астрофотографијата на маглините _____	39
<i>Сашо Панов</i>	
Светот на галаксиите _____	49
<i>Јана Богданоска</i>	
Кратка историја на потрагата по темната материја _____	59
<i>Александар Ѓурчиновски</i>	
Светлата страна на темната материја _____	65
<i>Наце Стојанов</i>	
Потрага по антиматеријата во ЦЕРН _____	75
<i>Ангела Глигорова</i>	
Комплексот Brú na Bóinne и неговото астрономско значење _____	83
<i>Моника Пешевска</i>	
Информации за XX Зимска школа по астрономија и натпреварот по астрономија во 2018 година _____	91
Астрономски календар за 2019 година _____	93
<i>Васил Умленски и Гордана Апостоловска</i>	

МЕСЕЧИНАТА ОДБЛИСКУ

Олгица Кузмановска

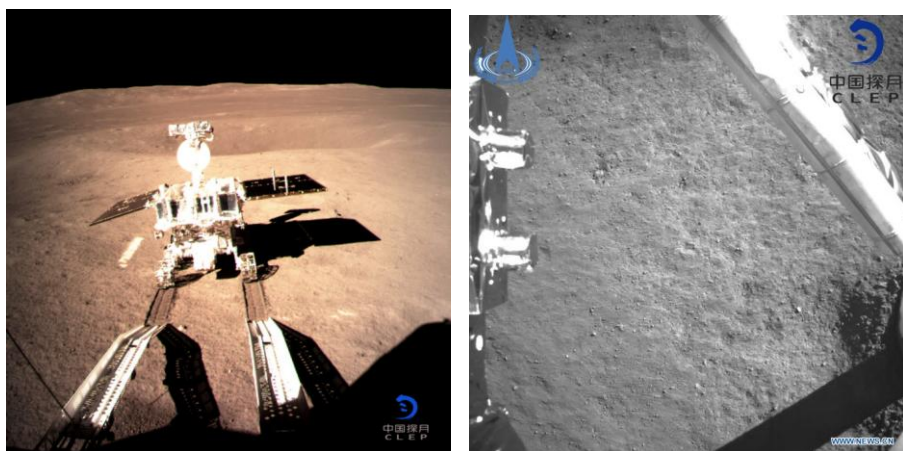
Месечината, единствениот сателит на нашата планета, а воедно и најсјајното небеско тело, постојано будела љубопитност и fascinacija во текот на многуте милениуми на развој на човековата свест и цивилизација. Современите технологии на модерното време го овозможуваат и научното истражување на овој нам најблизок вселенски објект, нудејќи одговори на дилемите околу потеклото на Земјата и Сончевиот планетарен систем, како и еволуцијата на материјата и животот во него.

Вселенските истражувања отсекогаш биле поттикнувани од чудната „смеса“ на хуманистички соништа, технолошки напредок и евтини политички амбиции. За среќа, главниот „профитер“ во бескрупулозната вселенска трка е токму науката и чистиот стремеж на генерации астрономи од сите нации да го осознаат нашето место во минатото, сегашноста и иднината на универзумот. Последната успешна мисија на Месечината е токму таква. Утрото на 3 јануари 2019 година, во 10 часот и 26 минути по локалното време на Пекинг, кинеската сонда Chang'e-4 слета во кратер на далечната (темна) страна на Месечината, со што успешно продолжи скапата и амбициозна програма на владата на Кина за детално истражување на нашиот сателит, која би кулминирала со праќање на човечки екипаж до него.



Сл. 1. Индиректна комуникација на сондата Chang'e-4 (летало и ровер) со Земјата преку сателитот Queqiao

Сондата Chang'e-4 е првото летало конструирано од човекот кое ја допре површината на темната страна на нашиот сателит – онаа која никогаш не е свртена кон Земјата поради синхронизираната ротација на Месечината (времето на обиколувањето околу Земјата е исто со времето на нејзината ротација околу сопствената оска и изнесува околу 27 дена). Навигацијата при слетување на темната страна воопшто не е едноставна и таа досега била проучувана само преку снимки од орбитални летала. Кинескиот тим бил соочен со многу предизвици поради неможноста да комуницира со сондата директно, туку само преку посебен сателит наречен Queqiao (слика 1). Тој орбитира во халото на далечната страна и истовремено праќа сигнали до Земјата и сондата. Четири дена по лансирањето на 8 декември 2018 година, мисијата влегла во лунарната (Месечева) орбита во која останала наредните 22 дена. Во тој период биле тестирани системите на Chang'e-4 и се чекал изгревот на сончевите зраци во претходно избраното место на слетување - кратерот Von Carman во басенот Aitken-South Pole.



Сл. 2. Лево: Роверот Yutu 2 одвоен од сондата Chang'e-4 се движи по темната страна на Месечината (Извор CNSA). Десно: Фотографија на тлото направена од Chang'e-4 веднаш по слетувањето (Извор Xinhua)

Во последните фази на слетувањето сондата, составена од летало за слетување и ровер наречен Yutu2, самостојно се спуштала без можност за управување од далечина. Почнувајќи од висина од 15 km бил користен ракетен погон за забавување и прецизни камери и ласери за мерење на природните вдлабнатини и испакнувања. Избегнувајќи ги овие нерамнини таа вертикално слетала на релативно глатката површина на кратерот. Дури тогаш биле активирани соларните панели и антени, а вселенските инженери се

комуникација со сигнали да го одвоиле роверот од леталото, за да го тестираат пред тој да почне да праќа податоци до Земјата (слика 2).

Кои се задачите на Chang'e-4? Меѓу другото, геолошки испитувања на Месечината преку земање на примероци од тлото и неговата внатрешност, но и проучување на сончевиот ветер - млазот на наелектризирани високоенергетски честички кои доаѓаат од Сонцето. Во внатрешноста на роверот ќе бидат направени и експерименти кои ќе покажат како растат билки во услови на мала Месечева гравитација. Темната страна на Месечината е позната и по изобилието на длабоки кратери. Нив ги има во многу поголем број отколку на блиската, видлива страна на која се прекриени со лава од подоцнежните вулкански ерупции. Се претпоставува дека оваа разлика помеѓу двете страни потекнува од времето на настанокот на Месечината. Со оглед на тоа дека Aitken басенот е еден од најстарите и најголемите, попрецизното определување на периодот на неговиот настанок ќе овозможи и датирање на периодот на интензивно „бомбардирање“ на Месечината, Земјата и планетите блиски на Сонцето од страна на астероиди создадени во текот на формирањето на Сончевиот систем. Интересно е што периодот на „бомбардирањето“ се совпаѓа со периодот на настанокот на животот на Земјата. Затоа и научниците настојуваат да откријат дали овој факт е коинциденција или ударите на астероиди биле причинители за создавање на услови за развој на живи суштества на нашата планета. Одредувањето на интензитетот и датирањето на „бомбардирањата“ е многу значајно токму затоа што во истото време на Земјата се раѓал живот. Поради различните геолошки процеси, на неа подоцна исчезнале сите докази и информации за овие настани.

Мисијата Apollo 11

Годинава се одбележува значаен јубилеј во историјата на вселенските истражувања – 50 години од слетувањето на првата човечка мисија на Месечината. На 21 јули 1969 година астронаутите Нил Амстронг (Neil Armstrong) и Баз Олдрин (Buzz Aldrin) поминаа два и пол часа на Земјиниот единствен сателит. Тие беа и првите луѓе кои стапнале на површина на некое вонземско тело. Настанот кој во директен телевизиски пренос (во време кога ТВ приемниците не беа масовно достапни како денес) го следеа околу половина милијарда луѓе, го означил крајот на децениската трка на САД и тогашниот Советски Сојуз за преземање првенство во развојот на вселенски мисии со човечки екипаж. Во политичка атмосфера потполно различна од денешната, во време на „студена војна“, нуклеарно вооружување, немилосрдна конкуренција во вселенската трка,

различни политички системи и идеологии и постојана опасност од светска војна, но и во период на големи идејни промени, отвореност и ширење на хипи-движењето, мисијата Apollo 11 на вселенската агенција NASA барем за кратко го обедини светот и го насочи погледот на милијарди луѓе кон небото и длабочините на вселената. Затоа и оваа посета на Месечината имаше влијание кое не само што го надмина своето научно и политичко значење, туку остави големи идејни и цивилизациски последици како еден од најзначајните настани во целокупната историја на човештвото.

А се започна околу една деценија порано. Спротивставените светски велесили САД и Советскиот Сојуз ја водат бескрупулозната вселенска трка со политичка позадина во која се развиваат скапи вселенски технологии и се ангажираат најспособните научници и инженери за лансирање сателити и праќање на астронаути во неистражените и егзотични вонземски просторства. Заклучно со јули 1969 година поминати се осум години од прочуениот лет на Јуриј Гагарин, првиот човек кој успешно орбитираще околу Земјата. Поминати се и повеќе од две години од првата мисија на проектот Apollo на NASA која заврши трагично со смртта на трочлениот екипаж кој изгоре во командниот модул во текот на лансирањето. Поминаа и само осум месеци од мисијата Apollo 8 со човечки екипаж која успешно направи 20 орбитирања околу Месечината.

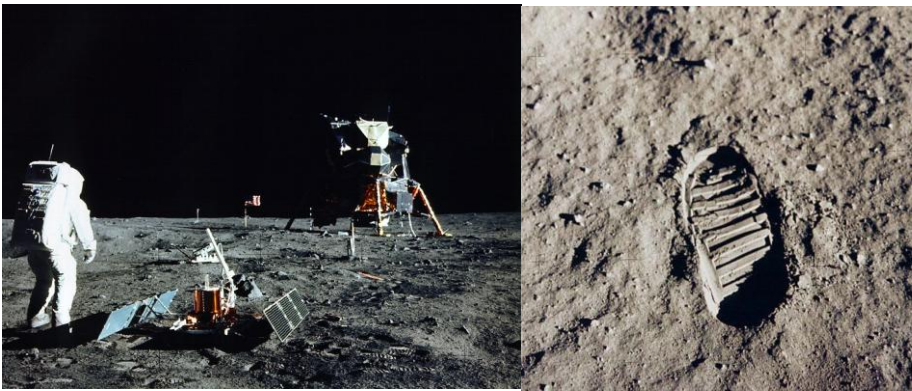
На 16 јули, во Вселенскиот центар Кенеди, леталото Apollo 11 со трочлениот екипаж кој покрај Армстронг и Олдрин го чинеше и астронаутот Мајкл Колинс (Michael Collins), беше лансирано со ракетата Saturn V. Три дена подоцна и поминати повеќе од 384 000 km леталото влезе во лунарната орбита, а ден потоа Армстронг и Олдрин со лунарниот модул Eagle го почнаа слетувањето, додека Колинс остана да орбитира во командниот модул Columbia.

Локацијата на слетувањето беше избрана по двегодишно проучување на снимките на површината на Месечината направени со Apollo сондите без човечки екипаж (снимките на телескопите на Земјата имаа слаба резолуција за оваа анализа). Според тогашните критериуми, локацијата требаше да биде близу до лунарниот екватор за да се минимизира употребата на гориво, без големи нерамнини и пречки за да се поедностави маневарот и што е можно порамна, за да се олесни задачата на радарот за слетување. Научното значење не беше земено во предвид.

Со оглед на тоа дека површините кои на фотографиите беа погодни за слетување честопати и не беа толку погодни во реалност, на крајот беа избрани пет локации. Меѓу сложените и многубројни критериуми значајна била и добрата видливост која подразбирала само определен опсег на аголот на сонцето и го ограничувала

лансирањето на еден ден во месецот. Исто така, било одлучено слетувањето да биде во зора за да се избегнат температурните екстрими кои би биле опасни за астронаутите. На крајот, изборот паднал на т.н. локација 2, додека две други беа определени за резервни доколку лансирањето задоцни. Во мај 1969 година претходната човечка мисија Apollo 10 прелетала 15 km над локацијата 2 и нејзиниот екипаж потврдил дека таа е погодна за слетување. Токму на оваа локација, сместена во т.н. Море на Спокојството (Mare Tranquillitatis), маневрирајќи со рачно управување за да избегне област покриена со карпи, Армстронг го слета модулот Eagle, во 4 часот и 18 минути по источно локално време (EDT).

Наредните часови се дел од историјата. Радио пораката на Армстронг: „Хјустон, овде базата на Спокојството. Eagle слета“, предизвика ерупции на радост на многубројните инженери и научници во командниот центар. По шест часа од слетувањето Армстронг се спушти низ скалите на модулот и пред очите на милионите луѓе кои го следеа ТВ преносот ја изговори едноставната, а толку значајна реченица за човечкиот род: „Мал чекор за еден човек, а голем скок за човештвото (That's one small step for a man, one giant leap for mankind)“. Наскоро по него слезе и Олдрин опишувајќи ја површината на Месечината како „прекрасна пустелија“.



Сл. 1. Лево: Олдрин го поставува сеизмометарот. Во позадина е лунарниот модул Eagle. Десно: Трага од стапалото на Алдрин на тлото на Месечината, како дел од експериментот за проучување на лунарната прашина и ефектот на притисокот врз тлото

Двајцата астронаути на неа поминаа два и пол часа во текот на кои фотографираа и зеdoa примероци од тлото. Поставија и неколку инструменти: сеизмометар за мерење на сеизмички потреси, инструмент за детекција на сончевиот ветер, ретрорефлектор за прецизно мерење на растојанието до Земјата. Го оставија и следниот

натпис: „Овде, луѓето од планетата Земја првпат стапнаа на Месечината. Јули 1969 А.Д. Доаѓаме во мир во името на целото човештво.“ Потоа полетаа со Eagle и му се придружија на Колинс на Columbia. Слетаа на Хаваи на 24 јули. Мисијата Apollo 11 успешно заврши. Луѓето од Земјата одеа по Месечината и безбедно се вратија назад.

Програмата Apollo продолжи во наредните три години. Во текот на 41 месец, 12 луѓе стапнаа на Месечината, а вкупно 24 летаа во нејзината орбита во рамки на различни мисии. Последниот човек кој стапна на тлото на нашиот сателит е астронаутот Џин Кернан (Gin Cernan) од мисијата Apollo 17. Денот е 14 декември 1972 година.

Постојат многу теоретичари на завера кои сметаат дека слетувањата на Apollo мисиите се измама. Сепак, фактите укажуваат на нешто друго. Секоја независна „страна“ со доволно развиен систем од телескопи со висока резолуција може да евидентира остатоци од ретрорефлекторите поставени од мисиите Apollo 11, 14 и 15. Во август 2009 година леталото Lunar Reconnaissance Orbiter испрати снимки со висока резолуција на локации на слетување на Apollo мисиите на кои се забележуваат дури и траги на стапалата на астронаутите. Повеќе јапонски сателити направија снимки на остатоците на опремата на Apollo. Дури и кинеската сонда Chang'e-2, претходникот на Chang'e -4 од почетокот на текстот, во 2010 година направила снимки на Месечевото тло, со резолуција од само 1,3 m, на кои се гледаат траги од Apollo мисиите.

Во јули оваа година ќе поминат 50 години од денот кога Армстронг ја изговори својата прочуена реченица пред целиот свет. Тој свет денес изгледа сосема поинаку. Студената војна и големите политички и идеолошки разлики се дел од минатото, но се појавија нови, не толку забележливи, но пософистицирани и подеднакво потенцијално разорни. „Железната завеса“ помеѓу Истокот и Западот одамна не постои, луѓето се глобално раздвижени и поврзани со новите технологии на начин кој бил незамислив во времето на вселенската трка на шеесеттите години на минатиот век. Во 21 век е сосема нормално постоењето на Меѓународната Вселенска станица и мисиите во кои учествуваат астронаути и научници од различни нации, раси и различни краеве на светот. Развојот на нови, квалитетни материјали, компјутери и електроника незапирливо ја турка нашата цивилизација кон брз напредок. Но, од друга страна, нашата свртеност кон себе и сопствените „паметни“ телефони го руши ентузијазмот на претходните генерации, а астрономијата и вселенските истражувања се интересни само за релативно мала група на познавачи и професионалци. Можеби токму затоа оваа година

треба да се подсетиме на „малиот чекор“ на еден човек, направен не во името на една идеологија или нација, туку во името на сите нас; малата раса на површината на мала планета, чии поделби и разлики се чинат апсурдни секогаш кога барем еден нејзин припадник ќе фрли и краток поглед во длабочините на бескрајниот, прекрасен универзум.

e-mail: olgicak@pmf.ukim.mk

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

Извори

- [1]. <https://www.universetoday.com/141066/chinas-change-4-lands-on-the-far-side-of-the-moon/>
- [2]. <https://www.space.com/42914-china-far-side-moon-landing-crewed-lunar-plans.html>
- [3]. <https://www.theguardian.com/science/2019/jan/03/china-probe-change-4-land-far-side-moon-basin-crater>
- [4]. <https://www.space.com/42914-china-far-side-moon-landing-crewed-lunar-plans.html>
- [5]. <https://www.theguardian.com/science/2019/jan/03/china-probe-change-4-land-far-side-moon-basin-crater>
- [6]. <https://www.nasa.gov/specials/apollo50th/index.html>
- [7]. https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/apollo11.html
- [8]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Moon_landing#Manned_Moon_landings_\(1969%E2%80%931972\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Moon_landing#Manned_Moon_landings_(1969%E2%80%931972))
- [9]. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Apollo_missions
- [10]. https://en.wikipedia.org/wiki/Third-party_evidence_for_Apollo_Moon_landings

ОПАСНОСТИТЕ КОИ НЕ СЛЕДАТ ПРИ ВСЕЛЕНСКИТЕ ПАТУВАЊА

Ристе Попески-Димовски

Забелешка: Текстот кој што следи ги разгледува реалните опасности со кои се сретнуваат космонаутите при секое напуштање на земјината атмосфера. Иако текстот е наменет за широка публика, посочуваме дека во него неколку пати ќе се дискутира нивото на смртност во дадена ситуација.

Сите ние како деца барем еднаш сме посакале да патуваме низ вселената. Секојдневно на телевизија или кино гледаме научнофантастични филмови во кои луѓето патуваат меѓу ѕвездите. Но колку често се запрашуваме дали е тоа толку едноставно, дали постојат некои опасности кои се постојано околу нас штом ја напуштиме заштитната околина на Земјата?

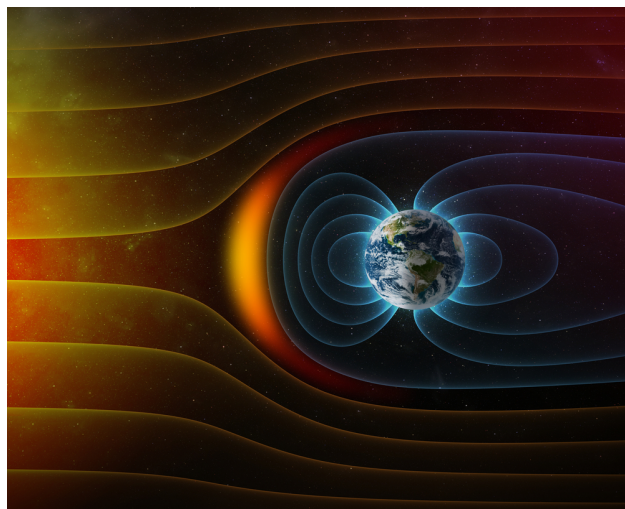
Според НАСА постојат пет дефинирани категории на опасност со кои се сретнуваат луѓето при вселенски патувања [1].

- Радијација (зрачење)
- Изолација и клаустофобирја
- Оддалеченост од Земјата
- Недостаток на гравитација
- Затворена/непријателска средина

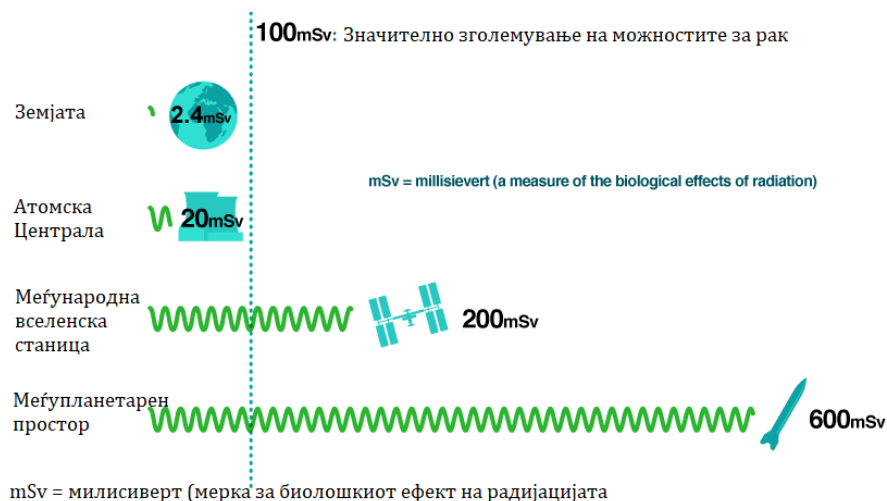
Електромагнетниот штит на Земјата

Можеби звучи како дел од филм, меѓутоа општо познат е фактот дека Земјата е едно големо динамо кое создава силно електромагнетно поле кое се простира околу целата планета. Тоа електромагнетно поле претставува невидлив штит кој ја опкружува и заштитува целата површина на планетата. Заедно со густата атмосфера ова поле скоро целосно ја запира космичката радијација (зрачење) која доаѓа од вселенскиот простор. Доколку би дошле директно до површината на Земјата, соларниот ветер кој што го емитува Сонцето и силното УВ зрачење, како и силното космичко позадинско зрачење, би извршиле целосна стерилизација и уништување. Без нејзината електромагнетна заштита, Земјата не би

имала атмосфера, а со тоа ниту вода ниту жив свет и на некој начин би изгледала како што изгледа Месечината, безжитворна карпа која кружи околу Земјата.



Сл.1 Илустративен приказ на земјиното електромагнетно поле околу Земјата



Сл. 2. Ефект на нивото на радијација во зависност од локација

Но што значи ова за космонаутите и вселенските патувања? На слика 2 е даден приказ за нивото на радијација на кое е изложен еден човек во зависност од неговата локација. Она што се гледа е дека разликата помеѓу нивото на изложеност на површината на Земјата и во меѓупланетарниот простор се разликува за 250 пати. Или

поедноставно кажано, количеството радијација кое вашето тело ќе го прими за два дена во меѓупланетарен простор е поголемо од тоа што би го примило на површината на Земјата при нормални услови. Забележително е дека и космонаутите кои престојуваат во меѓународната вселенска станица (МВС), која орбитира во просек на само 240km од Земјината површина е за сто пати поголемо од она на Земјата.

Секако постојат начини да се заштитиме од несаканото и штетно дејство на радијацијата. Со таа цел вселенските летала се прават од материјали кои се и лесни, но ефикасни при заштита од радијација. Така, на пример, целокупното разорно алфа и бета зрачење кое доаѓа до едно вселенско летало се запира на неговата површина и во неговите надворешни елементи, за разлика од гама зраците, кои се многу попродорни. На Земјата се користат оловни сидови за заштита од гама зрачење. Од друга страна конструкција на оловен сид е незамислива на вселенско летало. За таа цел истражувањата и развојот на физиката и технологијата оди кон истражување на можноста да се добие некаков начин за заштита од радијација. Исто така, значајни се и истражувањата во медицината и биологијата кои се фокусирани на спречување или заштита од биолошките ефекти на радијацијата врз живите организми.

(Проширување на знаењето за вселенската радијација може да најдете на <https://www.nasa.gov/hrp/elements/radiation>, со линк до електронската книга „Space Radiation (Космичка радијација)“ која детално ги разработува основите на радијацијата и нејзиното значење за вселенските патувања).

Прошетка низ природа или тесен затворен простор?

Дали некогаш сте си помислиле како би изгледал вашиот живот ако просторот во кој живеете има димензии на еден просечен ходник во стан, дека вашата соба е колку просторот помеѓу две креветчиња на спрат и нема прозори и на крај, не ви е дозволено да излезете низ влезната врата.

Најголемото вселенско летало досега направено од човештвото е Меѓународната вселенска станица (МВС). Вкупниот волумен на просторот каде што може да се живее во оваа станица е 388 m³. За просечна висина на стан од 2.8 m, тоа соодветствува на површина од 139 m². Меѓутоа, во овој „стан“ живеат 6 луѓе, имаат два тоалети и секој има посебен кревет за спиење. Тука се наоѓаат и опремата за вежбање, просториите за складирање на храна, научните експерименти и се друго што им е неопходно за работа, како складот за одела за вселенски прошетки и слично. Просечните димензии на

коридорите кои ги поврзуваат просториите се како еден лифт во зграда за 6 луѓе.

Дали самото читање на овој текст предизвикува кај вас потреба да излезете надвор, да погледнете низ прозор, да посакаете да се прошетате до локалниот парк или планина? Или барем да излезете на балкон и длабоко да вдишете неколку пати?



Сл. 3.

Ова е еден типичен психолошки ефект кој природно се јавува кај луѓето кога се наоѓаат во тесен затворен простор. Медицинскиот израз се нарекува клаустрофобија и претставува страв од тесни затворени простори. Поради ова сите кандидати за космонаути мора да се психички стабилни личности, да поминат позитивно на голем број психолошки тестирања како и да проследат огромен број обуки за справување со психолошка состојба. За среќа МВС е во постојана комуникациска врска со Земјата, па доколку има потреба космонаутите можат да се консултираат со психијатар. Но ова би било отежнато при летови на Марс, каде секоја комуникација е со задоцнување од половина час.

Другиот значаен психолошки ефект е предизвикан од свеста дека вселенското патување ве изложува на значителен ризик за смртност од јонизирачко високоенергетско зрачење. Космонаутите се свесни дека секој ден поминат во вселената ги носи поблиску до прерана смрт од последиците на ова зрачење врз организмот.

Третиот многу значаен ефект е работењето со фиксна група на луѓе. На Земјата донекаде имаме можност да избереме со кого сакаме да работиме, со кого сакаме да се видиме, да испиеме кафе или да го посетиме. На вселенската станица или при меѓупланетарно патување бројот на луѓе со кои може да се комуницира и со кои секојдневно се работи е ограничен. Така на МВС во период од шест месеци постојано треба да се работи и живее со истите 6 луѓе. Тука нема простор за

распавии и несогласувања. Задачата на астронаутите е истражување и развој со максимална ефикасност и личните несогласувања со екипажот кој е покрај вас мора да бидат тргнати на страна и надминати. Таму нема можност за затворање во соба или излегување надвор со цел да избегне разговор или контакт со некоја личност.

Треба половина час за “Seen”

Ако испратите Viber или Messenger порака до вашиот пријател кој живее во замислена колонија на Марс, ќе треба да почекате минимум 40 минути додека не добиете информација дека пораката е видена.

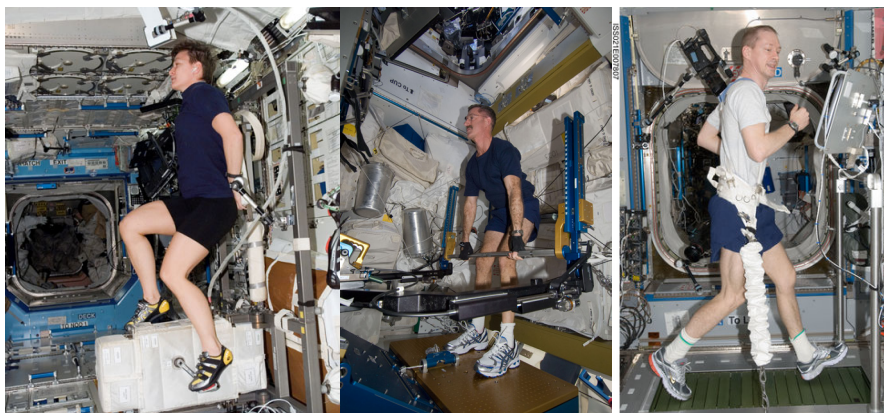
Комуникациската разлика помеѓу Земјата и Марс е до 20 минути во една насока. Толку време му треба на еден електромагнетен бран кој патува со брзината на светлината, да пренесе информација од Земјата до Марс. На некој начин Земјата и Марс, една во однос на друга, се 20 минути „во минатото“. Се што се случува на Марс како информација на Земјата се случило 20 минути во минатото и обратно. Поради ова сите космонаути и екипажи мора да се добро истренирани да можат соодветно да реагираат во секоја ситуација или развој на настани.

Комуникациската разлика не е единствениот проблем кој се јавува при вселенско патување далеку од Земјата. Доколку дојде до некој голем дефект екипажот на МВС има можност за брза евакуација и напуштање на МВС со цел да се избегне загуба на живот, но доколку сте на пат накај Марс, патување кое најкратко трае 3-6 месеци, оваа можност ја нема. Доколку дојде до некој поголем дефект на вселенското летало, веројатноста за загуба на живот е 100%.

Еднаш штом ги запалите моторите кон Марс, нема вртење назад, нема можност за достава на резервни материјали, свежа вода или компримиран кислород. Штом тргнете, оставени сте сами на себе, па затоа секоја идна мисија кон Марс мора да има можност за целосна обновливост на ресурси, рециклирање на употребена вода и кислород, можност за производство на храна како и рециклирање на материјали за производство на резервни делови. За пример, МВС врши рециклирање и реупотреба на 65% од водата која ја користи. Со тоа зависност од вода која ја има со Земјата е сведена од 3 литри на 1 литар на ден.

Задолжителен тренинг 2 часа на ден

Гравитационото поле на планетите или Месечината, но и одсуството на гравитација (бестежинска состојба) се четвртиот главен проблем на вселенските патувања. Кога се напушта Земјиното гравитационо поле и се слетува на Марс, се преминува во гравитационо поле чија јачина е $3/8$ од онаа на Земјиното. Мускулите кои работат со 100% капацитет на Земјата треба да работат со 37% за да го постигнат истиот ефект. Налик на периодите на недвижење и намалена физичка активност на Земјата и атрофирањето на мускулите кое притоа се случува (намалување на нивната маса и ефикасност), користењето на мускулите со една третина моќност го предизвикува истото. Дополнително, доколку сте во бестежинска состојба, мускулите кои постојано го држат телото исправено нема да се активни. Со тоа и теретот кој е наметнат на коските се губи. Поради тоа телото автоматски започнува да ја намалува концентрацијата на калциум која ја доставува до коските и тие почнуваат да ја губат својата цврстина, а се намалува и нивната густина. Оваа е еквивалентно на медицинска болест наречена остеопороза која настанува природно во подоцнежниот период на животот на луѓето (болест на староста). Нејзините симптоми при вселенски патувања се појавуваат веднаш, поради недостатокот на гравитација и недостаток на активност на мускулите против таа гравитациона сила, доколку таа би постоела.



Сл. 4 Космонаути за време на тренинг на МВС

За да ова се спречи, екипажот на МВС секојдневно мора да помине рутина на вежбање која трае два часа и соодветствува на натпреварувачки тренинг во теретана. Тие мора соодветно да ги активираат сите мускули на телото за да ги „потсетат“ дека треба да работат и да не им дозволат целосно да атрофираат.

Покрај проблемите од намалувањето на гравитацијата постои еден друг поопасен проблем, а тоа е преминот во поле на зголемена гравитација. Едно патување до Марс и назад е најмалку 12 месеци во безтежинска состојба и ако на тоа додадеме и едногодишен престој на Марс, еден космонаут е изложен на две години намалена гравитација. Во тој случај и секојдневното вежбање не е доволно за да се спречи намалувањето на мускулната маса. Затоа и стресот кој би се доживеал при враќање на Земјата би бил огромен. Едноставно, мускулите не би биле способни да го држат телото, дијафрагмата нема доволно моќност да го подигне градниот кош за да се вдише, коските се толку ослабени што ако се проба да се стане постои голема веројатност да се скршат. Покрај вежбањето, постојат и разни медицински третмани кои вклучуваат суплументи во исхрана, електростимулација на мускули и слично, а кои би се „бореле“ со појавите кои се последица од одсуството на гравитација.

Покрај мускулоскелетниот систем, безтежинската состојба влијае и на генетската структура на човекот. Едно научно испитување кое ја следело генетската структура на фоликулите на влакната од косата на 10 космонаути потврдило дека безтежинската состојба влијае и го успорува растот на косата [2].

Време да се истресе постелнината од прашина

Покрај психичките проблеми кои се јавуваат поради изолацијата постои уште еден невидлив проблем кој е присутен во затворен изолиран систем. Едноставно, во едно вселенско летало не постои можност да се истресе прашина од постелнината. Вселенските летала како МВС се затворени системи во кои се врши рециклирање на воздухот, водата, но и на одпадните материји од секој тип. Самата изолационост и променетите услови на живеење го прават леталото специфична средина за развој на микроорганизми чие поведение во тие услови не е секогаш познато. Вселенското летало станува посебен екосистем, каде компјутери ја контролираат температурата, притисокот, осветленоста и бучавата. Се набљудува квалитетот на воздухот, како и здравствената состојба на екипажот. Анализи на урина и крв даваат податоци за моменталната состојба на космонаутите кои заедно со редовните анкети се користат за прилагодување на амбиентот за живот. На МВС сите овие параметри се контролирани од 350 000 сензори и 50 компјутери, како и повеќе од 3 милиони линии компјутерски код.

Овој специфичен екосистем мора внимателно да се контролира. Мора да се врши контрола да не се внесуваат патогени организми, како бактерии и вируси преку доставени материјали, космонаутите да се

целосно здрави при доаѓање во леталото, со цел се спречи можна појава на мутации на овие организми кои би можеле да бидат фатални за екипажот. Не треба да заборавиме дека МВС е истражувачка лабораторија, во која се вршат разни експерименти од областа на биологијата и медицината, кои можат да бидат контаминира и притоа да ја контаминираат и животната средина на екипажот.



Сл. 5 Медиум за растење на бактерии во затворена околина

Во ноември 2018 година во МВС Microbiology беше објавен труд за појавата на ретки видови на бактерија на МВС. За генетскиот код на *Ентеробактер* на МВС било откриено дека 5 нишки имале малку различен код од оној кој го има на Земјата, а три имале код кој досега само три пати бил детектиран на Земјата. Овој код е специфичен и може да има смртни последици. Треба да се нагласи дека *Ентеробактер* е скоро супербактерија која е отпорна на поголем број антибиотици [3].

e-mail: ristepd@gmail.com

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

Литература

- [1] <https://www.nasa.gov/hrp/5-hazards-of-human-spaceflight>, 01.2019
- [2] Effects of a Closed Space Environment on Gene Expression in Hair Follicles of Astronauts in the International Space Station, Terada et al. *PLoS One*, 11(3), 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0150801
- [3] Multi-drug resistant *Enterobacter bugandensis* species isolated from the International Space Station and comparative genomic analyses with human pathogenic strains, Nitin et al, *BMC Microbiology* 18:175, 2018, doi.org/10.1186/s12866-018-1325-2

ЕКСПЕРИМЕНТИ СО ФЛУИДИ ВО УСЛОВИ НА МИКРОГРАВИТАЦИЈА

Александар Скепаровски

Во 1998 година е лансиран првиот модул на Меѓународната вселенска станица (МВС) – најголемиот вештачки сателит на Земјата опремен со неопходните услови за живот во него (слика 1). Почнувајќи од ноември 2000 година, па до денес тој е постојано и без прекин населен со луѓе. До јануари 2018, станицата ја посетиле вкупно 230 астронаути од 18 држави. Во меѓувреме, платформата е надградувана со дополнителни модули и процесот сеуште трае. Димензиите на станицата во моментот кога ќе биде целосно комплетирана ќе изнесуваат 109 m x 73 m, или нешто повеќе од големината на едно фудбалско игралиште, и ќе чини 150 милијарди долари [1]. Што е целта на еден вака сложен и скап проект? МВС е истражувачка лабораторија во која се изведуваат експерименти од повеќе области (биологија, физика, хемија, метеорологија и сл.) со цел да се види како бестежинската состојба влијае врз одвивањето на разни процеси и појави. Сознанијата добиени од експериментите ќе бидат искористени во неколку насоки [2].



Сл.1. Меѓународната вселенска станица

Вселенски мисии со човечки екипаж. Познато е дека човечкото тело претрпува низа промени ако подолг временски интервал се наоѓа во бестежинска состојба. Таа негативно се одразува врз мускулите, коските, кардиоваскуларниот систем и видот. Околу 30 % од американските астронаути пријавиле проблеми со видот после враќањето на Земјата. Точните причини за оваа појава сеуште се непознати. Не е исклучено дека постојат и други, засега нерегистрирани влијанија врз здравствената состојба на луѓето кои

би можеле да се појават при подолготрајна изложеност на бестежинска состојба. Затоа, една од задачите на МВС е објаснување, предвидување и изнаоѓање на решенија за овие проблеми. При евентуалните долги мисии се претпоставува дека астронаутите во вселенските летала ќе одгледуваат разни растенија кои, меѓу другото, ќе се користат и како храна. Исто така, можни се појави и на разни бактериски инфекции на кои би биле изложени членовите на екипажот. Затоа е неопходно да се добијат сознанија за начинот на кој бестежинската состојба влијае врз развојот, како на растенијата, така и на колониите од бактерии и другите микроорганизми.

Присуството на бестежинската состојба во вселенската станица влијае и врз начинот на кој се одвиваат секојдневните активности на астронаутите. Имено, во такви услови течностите практично веќе не течат. Тоа наметнува низа технички предизвици за инженерите кои би требало да изнајдат решенија, почнувајќи од дизајнирање на чаши за пиење вода и кафе, па до посериозни задачи поврзани со транспортот на течностите низ вселенската станица. За таа цел треба да се развијат теориски модели за динамиката на флуидите во бестежинска состојба, кои ќе овозможат да се предвиди однесувањето на големите количини течност сместени во резервоарите на леталото (гориво, разладните флуиди и сл.). Експериментите со флуиди што се изведуваат на МВС треба да помогнат во разбирањето на овие сложени процеси и да послужат како основа за развивање на теориските модели.

Нови технологии. Овој аспект на истражувањата на МВС е поврзан со развивањето на технологии, главно ориентирани кон производство на напредни материјали, кои би можеле потоа да се користат на Земјата. Сите методи за добивање на материјали, како на пример растењето на монокристали, се развивани на Земјата, каде што гравитацијата има свое влијание врз процесите што се одвиваат во текот на кристализацијата. Влијанието главно се остварува преку присуството на конвекцијата - спонтано струење на флуидот како последица на разликата во температурите и густините на одделните слоеви на флуидот. Во бестежински услови овие процеси ги нема, доминира молекуларната дифузија, поради што се очекува дека ќе биде можна подобра контрола врз процесот на производство на материјалите, а со тоа и добивање на материјали со супериорни својства.

Фундаментални откритија. Се очекува дека преку експериментите на МВС е можно да се откријат нови феномени и појави, досега непознати за нас. Една таква појава е т.н. ладен пламен, откриена при изведување на експерименти чија цел била да се

проучи влијанието на бестежинската состојба врз горењето на разни запаливи супстанции.

Целта на овој текст е да се запознаеме и да објасниме некои аспекти од однесувањето на флудите во бестежинска состојба. Но пред тоа, ќе се позанимаваме со прашањето зошто во МВС владее бестежинска состојба.

Бестежинска состојба кај орбиталните летови

На слика 2 може да се види како еден од членовите на екипажот на МВС лебди во воздух. Зошто човекот не паѓа? Знаеме дека причината поради која телата паѓаат е гравитационата сила со која Земјата ги привлекува. Дали тоа значи дека вселенската станица е толку оддалечена од Земјата што гравитацијата станала преслаба? Одговорот е не! МВС се движи по приближно кружна орбита на оддалеченост од околу 400 km од површината на Земјата. Силата со која Земјата привлекува дадено тело на таква оддалеченост, споредена со силата со која го привлекува истото тело, кога тоа се наоѓа на нејзината површина, изнесува



Сл. 2. Приказ на бестежинска состојба во внатрешноста на МВС

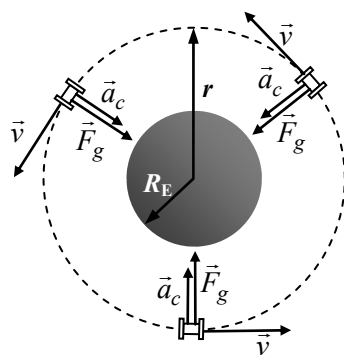
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{G \frac{M_E m}{R_E^2 + h^2}}{G \frac{M_E m}{R_E^2}} = \frac{R_E^2}{R_E^2 + h^2} = \frac{6380^2}{6380^2 + 400^2} = 0,88, \quad (1)$$

каде што R_E е радиусот на Земјата. Гледаме дека гравитационата сила се намалува за само десетина проценти. Ако се пресмета забрзувањето со кое телата паѓаат кога се оддалечени на 400 km од Земјата, наместо $9,8 \text{ m/s}^2$ ќе се добие вредност од $8,7 \text{ m/s}^2$, што е повторно намалување од околу 10 %. До заклучокот дека отсуството на гравитацијата не може да биде причина за лебдењето на човекот може да се дојде и на следниов начин. Движењето на сателитот по затворена патека околу Земјата е можно токму поради дејството на

гравитационата сила. Ако неа ја нема, леталото ќе ја напушти Земјата, постојано оддалечувајќи се од неа.

За да разбереме зошто предметите во внатрешноста на станицата „не паѓаат“, што пак, од друга страна е поврзано со нивната бестежинска состојба, најпрво да се навратиме на поимот тежина. Тежината е контактна сила со која телата притискаат врз подлогата. Кога ќе застанеме на вага за мерење на телесната маса, ние всушност мериме тежина, иако вагата има скала која покажува килограми наместо њутни. Кога вагата е поставена на хоризонтална подлога што мирува, силата со која притискаме врз неа изнесува $G = mg$, каде што m е нашата маса, а g е земјиното забрзување. Тежината, за разлика од масата, зависи од состојбата на движење на телото. Доколку се наоѓаме во лифт кој се движи со константна брзина, вагата ќе ја покаже истата вредност mg , како и кога мируваме, независно од насоката на движење на лифтот. Но, ако лифтот се движи забрзано, тогаш тежината на човекот ќе зависи од големината и насоката на забрзувањето: ако лифтот се движи нагоре, тежината ќе биде $m(g + a)$, а ако се движи надолу $m(g - a)$, каде со a е означено забрзувањето на лифтот. Во случај, лифтот да почне слободно да паѓа, забрзувањето ќе му стане еднакво со земјиното забрзување, $a = g$, па вагата ќе покаже тежина еднаква на нула, што означува бестежинска состојба. Причината за тоа е разбирлива - во такви услови ние воопшто не притискаме врз вагата, ниту пак таа дејствува врз нас. Сите предмети во кабината на лифтот се движат надолу со забрзување g , што значи дека врз нив дејствува единствено гравитационата сила. Не постојат контактни сили со кои предметите во лифтот си дејствуваат едни со други, поради што не може ни да тежат.

Од истите причини и астронаутите во вселенската станица што се движи околу Земјата се наоѓаат во бестежинска состојба. Разликата е во тоа што бестежинската состојба во лифтот ќе трае кратко, се додека тој не падне на Земјата, а станицата е во состојба на „вечно“ паѓање. За да овој услов биде исполнет сателитот треба да има точно одредена брзина која зависи од неговата оддалеченост од центарот на Земјата. Да ја најдеме таа врска, претпоставувајќи дека тој се движи



Сл. 3. Шематски приказ на движењето на сателитот по кружна орбита. Забрзувањето е нормално на брзината, па нејзиниот модул е постојан.

по кружна патека. Ако врз сателитот дејствува само Земјата со нејзината гравитациона сила, тогаш неговото движење се одвива под дејство на постојана сила, секогаш насочена кон центарот на кружницата, соопштувајќи му само центрипетално забрзување $a_c = v^2/r$ (види слика 3). Бидејќи $F_g = G M_E m / r^2$, каде што m е масата на сателитот, од вториот Њутнов закон следува дека:

$$G \frac{M_E m}{r^2} = m \frac{v^2}{r}. \quad (2)$$

Изразувајќи ја одовде брзината, се добива:

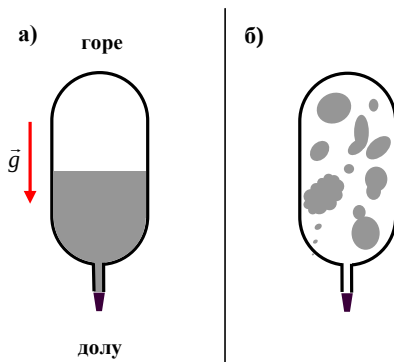
$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{r}}. \quad (3)$$

Горната релацијата покажува дека за сателитот да се движи по патека со точно одреден радиус r , тој мора да има точно одредена брзина, која не зависи од масата на сателитот. Бидејќи брзината не зависи од масата, сите предмети во сателитот, вклучувајќи ги и астронаутите, може да се разгледуваат како вештачки сателити кои се движат со иста брзина и забрзување. Уште повеќе, бидејќи нивното забрзување е еднакво на $a_c = GM_E / r^2$, што одговара на забрзувањето што го добиваат телата кога слободно паѓаат на растојание r од центарот на Земјата, следува дека станицата и се во неа, всушност изведува непрекинато слободно паѓање. Поради тоа, тие не си дејствуваат меѓусебе со никакви контактни сили, што е доволен услов за да се наоѓаат во бестежинска состојба. Сега, откако знаеме на што се должи бестежинската состојба и дека таа не е последица на отсуството на гравитација, останува уште да одговориме на прашањето зошто и покрај тоа, сепак, се користи терминот микрогравитација. Причината за тоа е што за луѓето во вселенската станица се изгледа како да навистина нема гравитација. Појавите и процесите во неа се одвиваат скоро на ист начин, како што би се одвивале кога сателитот би патувал со константа брзина некаде во меѓузвездениот простор, далеку од било кое небеско тело. Сепак, постојат некои слаби ефекти кои придонесуваат состојбата малку се разликува од онаа што би се добила во случај на вистинско отсуство на гравитација. Пресметките покажуваат дека во внатрешноста на МВС владее состојба што одговара на гравитационо ниво за кое вредноста на забрзувањето со кое телата би паѓале изнесува $10^{-6} g$.

Капиларно течење

Ако отворите учебник по физика во кој се обработува областа механика на флуиди, уште на самиот почетокот, ќе прочитате дека: i) флуидите се супстанции кои може да течат и ii) флуидите го попримаат обликот на садот во кој се наоѓаат. Притоа, гасовите го исполнуваат целиот волумен на садот, а течностите само долниот дел, бидејќи имаат постојан волумен. Овие карактеристики на флуидите се последица на повеќе фактори, меѓу кои свое влијание има и гравитацијата. Кога неа ја нема, работите изгледаат поинаку; течностите ниту течат на вообичаениот начин, ниту пак така лесно го попримаат обликот на садот. Нивното поведение може да биде прилично непредвидливо.

Тоа значително ја усложнува манипулацијата и контролата на нивната циркулација низ системите на вселенските летала. За илустрација, да видиме што се случува со течното гориво во резервоарот на летало кое орбитира околу Земјата. Во услови на гравитација (на пример, леталото е поставено на лансирна рампа во некој од лансирачките центри на Земјата) горивото ќе го исполни долниот дел од резервоарот и за да стигне до



Сл. 4. Илустрација на состојбата во која се наоѓа течното гориво во резервоарот на леталото во услови на: а) гравитација и б) микро-гравитација

моторот доволно е да се отвори вентилот и да се дозволи тоа да истекува (слика 4а). Во бестежинска состојба, не постојат насоки горе-долу. Горивото ќе се разбие во големи капки распоредени низ целиот волумен на резервоарот (слика 4б). Ако сакаме тие да го напуштат резервоарот и да стигнат до моторот, врз нив треба да се дејствува со некаква друга сила која ќе ги принуди да се движат во саканата насока. За такво нешто е потребно да се дизајнираат сложени механички или електромеханички системи што би ја извршиле таа функција. Целта на научниците е да најдат начин како горивото спонтано да истекува од резервоарот иако се наоѓа во бестежинска состојба. Идејата е да се искористат ефектите поврзани со површинскиот напон и капиларните појави кои во услови на бестежинска состојба посилно доаѓаат до израз. За да разбереме на кој начин може да се искористат овие појави, најпрво да се потсетиме за какви појави станува збор. Овие појави се последица на

меѓумолекуларните сили, односно силите со кои молекулите на течностите и на тврдите тела си взаемнодејствуваат едни со други. Тие може да бидат привлечни и одбивни. Кога молекулите се наоѓаат на растојанија поголеми од некое рамнотежно растојание, тие се привлекуваат, а кога се на растојанија помали од него, се одбиваат. Привлечниот карактер на меѓумолекуларните сили ги држи молекулите на течноста заедно и овозможува течностите да имаат дефиниран волумен т.е. да не се шират како гасовите, а одбивните сили ги прават нестисливи. За нас од интерес ќе бидат привлечните меѓумолекуларни сили. Меѓумолекуларните сили може да бидат поделени во две групи:

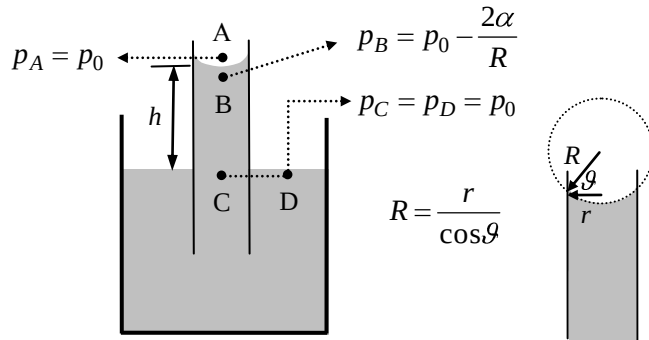
- Кохезивни сили – привлечни сили што дејствуваат помеѓу молекулите на една иста супстанца
- Адхезивни сили – привлечни сили што дејствуваат помеѓу молекулите на две различни супстанции меѓу кои е остварен физички контакт

Кохезивните сили се причина за појавата на површински напон. Молекулите од површината на течноста се наоѓаат во состојба различна од онаа во која се наоѓаат останатите молекули. Тие се опкружени со молекули на течноста само од долната страна, поради што се јавува резултантна привлечна сила насочена кон внатрешноста на течноста. Тоа доведува до зголемување на потенцијалната енергија на молекулите од површинскиот слој и прави површината на течноста да се однесува како затегната мембрана. Енергијата што се должи на овој ефект е пропорционална на големината на слободната површина на течноста. Бидејќи ситемиите сакаат да се најдат во состојба со минимална потенцијална енергија, течноста се стреми да постигне форма со најмала слободната површина. Затоа малите количини на течност обично имаат форма на сферни капки, што пак е поврзано со релациите помеѓу волуменот и плоштината на геометриските тела. При даден волумен, сферата има најмала површина од сите геометриски тела. Но, од нашето секојдневно искуство, знаеме дека само мали количини на течност може да се обликуваат во форма на капка и нивниот дијаметар обично не надминува неколку милиметри. Најголемите дождовни капки што некогаш биле измерени имале дијаметар од околу 8 mm. Тоа значи дека освен површинскиот напон постојат и други фактори кои влијаат на обликот што го добиваат течностите. Еден од нив е гравитацијата.

Кога течноста се наоѓа во некаков сад, врз молекулите на течноста кои се блиску до сидовите на садот, освен кохезивните, дејствуваат и адхезивни сили, односно сили со кои тие се привлечени

од молекулите на садот. Ако адхезивните сили се појаки од кохезивните, течноста ќе ги натопува сидовите на садот, а во спротивниот случај нема да ги натопува. Дали некоја течност ќе ги натопува или не сидовите на садот зависи од комбинацијата на употребените материјали. На пример, водата ги натопува сидовите на стаклениот сад, но не и сидовите на парафинскиот сад, додека живата не ги натопува стаклените сидови, а ги натопува сидовите од олово. Резултатите од ова комбинирано дејство на кохезивните и адхезивните сили во Земјини услови доаѓаат до израз само во специфични ситуации, иако некои од нив се од големо значење за животот на Земјата. Ако наполните стаклена чаша со вода, површината на водата ќе се постави хоризонтално. Причина за тоа е лесната подвижност на молекулите на течноста, поради што тие ќе се преместуваат се додека не се распоредат во положби нормални на резултатната сила што дејствува врз нив. Во случај кога чашата мирува, доминантна е силата на Земјината тежа (гравитационата сила), насочена вертикално надолу. Меѓутоа, ако внимателно ја погледнете контактната линија помеѓу површината на течноста и чашата, ќе забележите дека површината на течноста во близина на сидовите на чашата не е веќе хоризонтална, туку е малку искривена нагоре. Причината за формирањето на менискусот (така се нарекуваат искривените делови од површината на течноста) е во тоа што врз молекулите што се во близина на сидовите на садот дејствуваат и адхезивните сили, кои при оваа комбинација на материјали, вода-стакло, се појаки од кохезивните. Резултантната сила е насочена кон сидот на садот, па за да површината на течноста се постави нормално на оваа резултанта, треба да се искриви нагоре. Ако наместо вода, ставите жива во стаклената чаша, тогаш рабовите на течноста ќе се искриват надолу. Но, ефектот е прилично слаб, така што, лесно може да се случи да не го забележите. Изведувањето на релациите кои попрецизно покажуваат каков ќе биде обликот на менискусот зависно од взаемниот однос на кохезивните и адхезивните сили е дадено во додатокот Д1.

Појавата станува полесно забележлива доколку во чашата со вода поставите тенка стаклена цевка со многу мал радиус r , т.н. капилара. Водата ќе се искачи во капиларата на некоја висина h во однос на површината во поширокиот дел од чашата (слика 5). Притоа $h \propto 1/r$, односно колку е потенка цевката толку е повисок водениот столб. Причината за искачувањето на течноста во капиларата е т.н. дополнителен притисок односно разликата во притисоците Δp на двете страни од менискусот. Над менискусот, во точката А владее атмосферски притисок. Поради дејството на површинскиот напон, притисокот во точката В, непосредно под

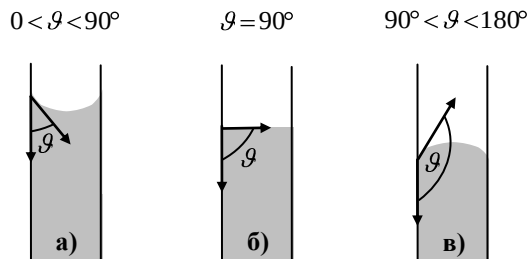


Сл. 5. Приказ на капиларно искачување. Сликата содржи илустрации кои помагаат при изведување на релацијата (4)

менискусот, е намален, додека пристисокот непосредно под рамниот дел од површината на течноста (точка D) е еднаков на атмосферскиот. За системот да се најде во рамнотежа, потребно е притисоците во точките C и D, кои се наоѓаат на исто ниво, да бидат еднакви. Тоа се постигнува така што течноста се искачува во капиларата се додека не биде задоволен условот $p_B + \rho gh = p_0$, каде што ρ е густината на течноста. Оттука за висината h се добива:

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{\rho g r}, \quad (4)$$

каде што: α е коефициент на површинскиот напон на течноста, r е радиус на капиларата. Аголот θ е агол помеѓу тангентата на менискусот и сидот на садот и уште се нарекува агол на квасаење (или агол на натопување). Во овој случај, водата го натопува стаклото, $0 < \theta < 90^\circ$ и течноста се искачува во капиларата (слика 6a). Ако наместо вода-стакло, се користи комбинацијата жива-стакло, тогаш



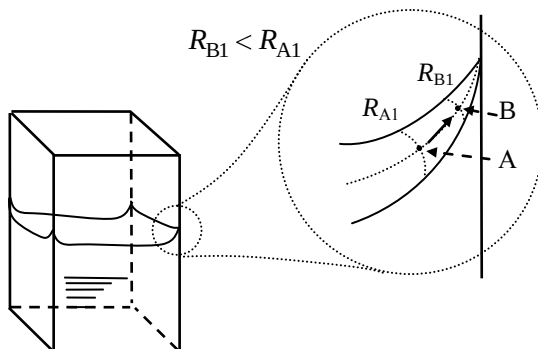
Сл. 6. Илустрација на аголот на натопување. а) течноста ги натопува сидовите на садот, б) не ги натопува и в) не ги натопува

$90^\circ < \vartheta < 180^\circ$ и течноста во капиларната цевка ќе се спушти под нивото во широкиот дел од садот (слика 6в). Висината до која ќе се искачи течноста во капиларата, зависи од комбинацијата на материјалите и радиусот на капиларата, но обично изнесува неколку милиметри. За комбинацијата вода-стакло, $h \approx 13 \text{ mm}$ кога радиусот на цевката е $r = 1 \text{ mm}$, односно $h \approx 3 \text{ mm}$ кога $r = 5 \text{ mm}$. За пошироки цевки ефектот е практично неprimетлив. Гледаме дека површинскиот напон и капиларните појави доаѓаат до израз само кога имаме работа со мали количества на течност (капиларата собира многу малку вода). Причината за тоа е што гравитационите ефекти почнуваат да доминираат над ефектите поврзани со површинскиот напон како волуменот на течноста се зголемува. Односот помеѓу овие две конкурентни сили, гравитационата и силата на површинскиот напон, се задава со т.н. Бондов број $B_0 = \Delta\rho g L^2 / \alpha$, каде што $\Delta\rho$ е разликата во густините на флуидите од двете страни на разделната површина (во разгледуваниот пример површината на течноста игра улога на разделна површина, а флуидите се вода и воздух), g е земјиното забрзување, L е карактеристична должина на системот (на пример, радиус на капиларата или дијаметар на пората) и α е коефициентот на површинскиот напон. Кога $B_0 \gg 1$ доминираат гравитационите сили, а кога $B_0 \ll 1$ доминираат силите на површинскиот напон. Величините $\Delta\rho$ и α имаат веќе зададени вредности со самиот избор на системот (видот на течноста што се користи). Ако појавите ги разгледуваме на Земјата, тогаш и g е фиксирано, па единствениот параметар со кој може да влијаеме на вредноста на Бондовиот број е параметарот L . Тоа значи дека, ако сакаме во земјини услови да набљудуваме капиларни појави или други ефекти поврзани со силите на површинскиот напон, треба барем една од димензиите на системот да биде мала. Во претходните примери тоа беше радиусот на капиларата.

Но, доколку се наоѓаме во бестежинска состојба, каде што $g \approx 0$, тогаш Бондовиот број станува многу голем, па доминантни стануваат површинските ефекти. Како ќе се однесуваат течностите во вакви услови не може лесно да се предвиди. Дури и прилично едноставните прашања немаат еднозначни одговори. На пример, не можеме со сигурност да кажеме што ќе се случува со течноста ако ја „сипеме“ во чаша и го исполниме долниот дел од чашата; дали ќе остане таму во стабилна состојба (како што тоа бива во нашиот секојдневен живот) или пак ќе се формира голема капка која при мали потреси ќе ја напушти чашата? Одговорите на ова и слични прашања може да се добијат теориски, преку решавање на системи од парцијални диференцијални равенки (р-ките на Јанг-Лаплас-Гаус и Навие-

Стоксовите р-ки) или преку непосредно експериментирање. Затоа МВС е важна експериментална платформа, бидејќи на неа постојат услови за изведување вакви експерименти. Тие, од една страна, служат како непосреден извор на сознанија за однесувањето на флуидите во бестежинска состојба, но од друга страна, се користат и за проверка на исправноста на теориските модели [3].

Бидејќи решавањето на равенките е сложено, нив нема да ги разгледуваме. Ќе се обидеме квалитативно да објасниме што се случува и ќе посочиме некои од добиените резултати. Како што веќе спомнавме, една од целите на научниците е да најдат начин како да ги „натераат“ течностите спонтано да се движат во саканата насока. Такво нешто е во принцип можно доколку се користат садови со кошиња. На слика 7 е прикажан сад со квадратен пресек делумно исполнет со течност која ги натопува сидовите на садот.

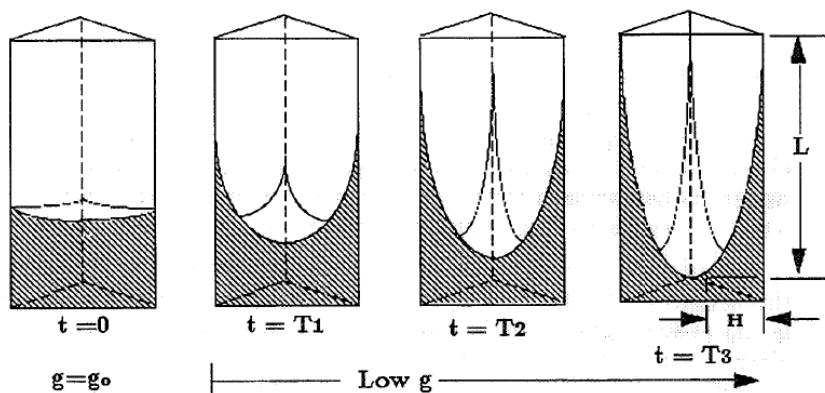


Сл. 7 Илустрација на ефектот што кошињата го остваруваат врз формата на слободната површина на течноста.

Во услови на нормална гравитација, најголемиот дел од површината на течноста е рамен, но деловите во близина на кошињата се искривени нагоре. Искривувањето е последица од тенденцијата на течноста да се постави долж контантната линија со садот под аголот на квасење. Но, кога површината на течноста ќе се искриви се појавува дополнителниот притисок Δp (уште се нарекува Лапласов притисок) кој во општ случај се пресметува според релацијата:

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5)$$

каде што R_1 и R_2 се радиусите на закривеност на површината во дадена точка, мерени долж две взаемно нормални рамнини. Тој е разлика од притисоците што владеат непосредно над и под површината на течнота. Ако над течнота е воздух, тогаш притисокот над секоја точка од површината е ист, но под неа се менува од точка до точка, како што се менува закривеноста. Применето на приказот даден на слика 7, ова би значело дека $\Delta p_A < \Delta p_B$, бидејќи $R_A > R_B$, или ако следиме што се случува со притисокот под површината на течнота, тогаш $p_A > p_B$. Оваа разлика на притисоци (уште се нарекува и градиент на притисокот) ја турка течнота нагоре по работ на садот. Течнота ќе престане да се искачува кога хидростатскиот притисок, што се должи на тежината на течниот столб, ќе се урамнотежи со градиентот на притисокот предизвикан од закривеноста на површината. Ако во еден момент ја сними гравитацијата (се создаде бестежинска состојба), течниот столб ќе престане да тежи. па потисната сила која ја турка течнота да се качува по работ на садот ќе остане неурамнотежена и течнота ќе продолжи да се качува (види слика 8). До каде ќе се искачи зависи од видот на течнота, материјалот од кој е изработен садот, како и од неговата геометрија. Појава се нарекува капиларно течење.



Сл. 8 Приказ на капиларно течење. Лево е прикажана состојбата при нормална гравитација. Останатите три слики ја прикажуваат површината на течнота во три различни моменти по воспоставување на бестежинската состојба. Превземено од [4].

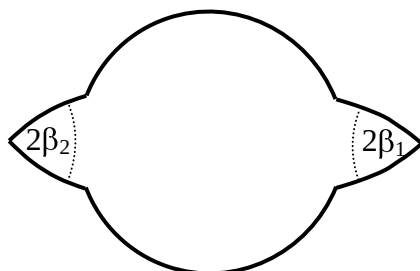
Математичките пресметки покажуваат дека течнота ќе продолжи да се искачува по кошињата неограничено, односно без прекин ќе се одвива капиларното течење, доколку е исполнет условот

$$\vartheta < \frac{\pi}{2} - \beta, \quad (6)$$

каде што ϑ е агол на квасење, а β е половина од аголот под кој се поставени страните што го формираат ѓошето. Аголот $\vartheta_0 = \pi/2 - \beta$

се нарекува критичен агол на квасење. Зависно од тоа дали аголот на квасење ϑ за дадената комбинација на течност-материјал од кој е изработен садот, е поголем или помал од ϑ_0 имаме сосема различно однесување на течноста. Ако $\vartheta < \vartheta_0$ (услов (6)) не постои стабилна рамнотежна конфигурација на површината на течноста и таа неограничено ќе се искачува, а доколку $\vartheta > \vartheta_0$ површината на течноста ќе се постави во одредена положба (стабилна конфигурација) и капиларното течење ќе прекине. Последнава ситуација е слична на тоа што го гледаме на Земјата.

За да ги тестираат овие теориски резултати, научниците на НАСА извеле серија експерименти на МВС. За таа цел биле изработени садови со специфичен геометриски облик, чиј напречен пресек е прикажан на слика 9.



Сл. 9 Пресек на садот со два ѓошести издатоци. Издатоците не се идентични. Се разликуваат според аголот β .

Садовите биле изработени од плексиглас (провидна пластика). Радиусите на кружните лакови изнесувале 1.5 cm, а висината на садовите била 11.1 cm. Биле подготвени неколку садови со различни вредности на аглите β_1 и β_2 . Течноста користена во експериментите била 50% раствор на вода и етанол, во кој била додадена малку црвена боја за да стане полесно видлива на снимките. Вака подготвената течност ги натопува сидовите од плексиглас, а агол на квасење изнесува $\vartheta = 32^\circ$. Експериментот е изведувач на следниов начин. Најпрво член на екипажот на вселенската станица ја внесува течноста во садот со помош на специјално дизајниран систем за таа намена (сетете се дека во бестежинска состојба експериментаторот

не може, просто, да ја истури течноста, туку мора да користи систем кој наликува на медицински шприц кај кој течноста се истиснува под дејство на подвижен клип). Откако ќе биде внесена во садот, на течноста и се дава време од 5 min за да се смири и да се постави во статичка состојба. Оваа состојба не секогаш е рамнотежна состојба. Често пати се работи за метастабилна состојба – односно таква состојба во која системот може да остане неограничено долго време, но ако го извадите од неа и повторно го оставите сам на себе, тој нема да се врати во истата состојба туку ќе се движи кон некоја нова, стабилна состојба. Затоа, по истекот на петте минути, членот на екипажот ја изместува течноста од статичката состојба со потчукнување на садот со прст, најпрво нежно, а потоа се посилно и посилно. После секое потчукнување, се чека течноста да се стабилизира и потоа се фотографира.

Овде ќе бидат прикажани резултатите добиени за три различни садови. Кај првиот сад критичните агли за левиот и десниот издадок на садот се 20° и 26° , што значи дека условот (6) не е задоволен за ниту еден од нив. Кај вториот сад двата критични агли се 30° и 36° , па според тоа, условот (6) е задоволен само за едниот од нив (десниот издаток), додека кај третиот сад, кај кој критичните агли се 38° и 44° , условот за капиларно течење е задоволен и за двата издатоци.

На слика 10 е прикажан обликот на течноста во првиот сад. Се гледа дека, согласно теориските предвидувања, бидејќи условот (6) не е задоволен, појавата на капиларно течење отсуствува.



Сл. 10 Облик на површината на течноста кај садот $20^\circ/26^\circ$. Левата слика е снимена веднаш по полнењето, а десната после серија протресувања на садот. Превземено од [5].

Резултатите од експериментот спроведен со вториот сад се прикажани на слика 11. Капиларно течење се забележува само на десната страна, каде што условот (6) е задоволен.



Сл. 11 Облик на површината на течноста кај садот $30^\circ/36^\circ$. Левата слика е снимена веднаш по полнењето, а десната после серија протресувања на садот. Превземено од [5].

Обликот на течноста во третиот сад е прикажан на слика 12. Евидентно е искачувањето на течноста во десниот издаток, меѓутоа помалку изразено во левиот, иако теоријата предвидува дека капиларното течење треба да се случи на двете страни.



Сл. 12 Облик на површината на течноста кај садот $38^\circ/44^\circ$. Левата слика е снимена веднаш по полнењето, сликата во средина после серија протресувања на садот, а десната слика е снимена седум дена после сликата во средина. Превземено од [5].

За да се провери коректноста на теориските резултати системот бил оставен, без никакви надворешни влијанија врз него, уште седум дена и потоа повторно фотографирани. Резултатот е прикажан на слика 12 десно. Се гледа дека капиларното течење продолжило во двата издатоци и откако течноста во десниот издаток стигнала до врвот на садот, продолжила да се движи по капакот.



Сл. 13 Шоља со специјален геометриски облик која се користи како отворен сад од кој астронаутите може да пијат кафе или чај

Експериментите покажале дека основните теориски заклучоци за поведението на флуидите во бестежинска состојба се точни. Некои мали разлики помеѓу теоријата и експериментот што биле забележани, се претпоставува дека се должат на вискозните својства на течноста кои во основната теорија не се земени предвид.

Овие резултати покажуваат дека претпоставката на научниците околу можноста да се дизајнираат системи низ кои флуидите спонтано би се движеле дури и во бестежинска состојба е точна. Првата практична реализација на идејата е изработката на шоља за кафе која астронаутите на МВС веќе ја користат (слика 13).

Заклучок

Експериментите со флуиди кои се изведуваат на МВС, во бестежинска состојба, претставуваат ретка можност да се добијат сознанија за поведението на флуидите во услови кога гравитацијата не е доминантната сила. Тие претставуваат можност да се тестира степенот на нашето разбирање на физичките законитости според кои се владеат флуидите. Заклучоци добиени од овие експерименти, во принцип, се применливи и на Земјата, во услови кога димензиите на системите се доволно мали за гравитационите ефекти да станат занемарливи.

Додаток Д1:

Ги разгледуваме силите што дејствуваат врз молекулата M од течноста која е во близина на сидот на садот (Слика Д1). Притоа:

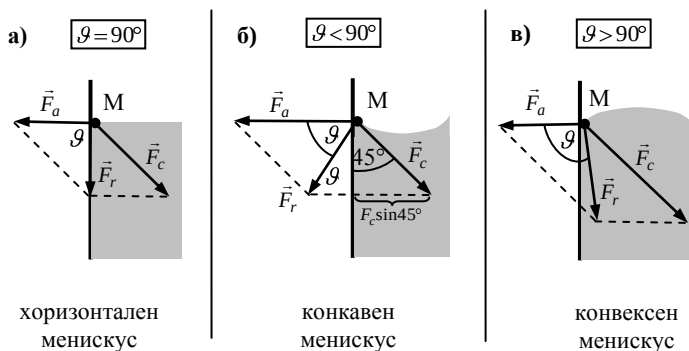
- Адхезионата сила F_a дејствува нормално на сидот на садот.
- Кохезионата сила F_c дејствува под агол од 45° во однос на вертикалата и е насочена кон течноста.

- Површината на течноста во точката М се поставува нормално на резултантната сила F_r .
- Аголот помеѓу F_a и F_r ќе го означиме со ϑ .

Го изразуваме $\tan \vartheta$ (види слика Д16)

$$\tan \vartheta = \frac{F_c \cdot \cos 45^\circ}{F_a - F_c \cdot \sin 45^\circ} = \frac{F_c}{\sqrt{2}F_a - F_c} \quad (\text{Д.1})$$

- Ако $F_c = \sqrt{2}F_a$ тогаш $\tan \vartheta = \infty$ односно $\vartheta = 90^\circ$. Во овој случај површината на течноста е хоризонтална (слика Д1а).
- Ако $F_c < \sqrt{2}F_a$ тогаш $\tan \vartheta > 0$, односно $0 < \vartheta < 90^\circ$. Во овој случај резултантната сила е насочена нанадвор и површината на течноста е искривена нагоре (слика Д1б).
- Ако $F_c > \sqrt{2}F_a$ тогаш $\tan \vartheta < 0$, односно $90^\circ < \vartheta < 180^\circ$. Во овој случај резултантната сила е насочена кон течноста и површината на течноста е искривена надолу (слика Д1в).



Сл. Д1 Приказ на трите можни случаи на взаемен сооднос помеѓу кохезионите и адхезионите сили: а) течноста не ги натопува сидовите на садот, б) течноста ги натопува сидовите на садот и в) течноста не ги натопува сидовите на садот.

e-mail: skepalek@pmf.ukim.mk

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

Литература

- [1] Мноштво информации во врска со Меѓународната Вселенска Станица се поставени на официјалната web- страна на NASA: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html
- [2] Преглед на сите експерименти што се изведени на МБС може да се најде на следнава web-страница на NASA:
https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments_category
- [3] D.F. Chao, R.D. Green, J.B.McQuillen, W.V.Meyer, B.J. Motil, A Resercher's Guide to International Space Station – Fluid Physics, NASA ISS Program Science Office (2016)
- [4] M.M. Weislogel, Capillary flow in an interior corner, NASA Technical Memorandum 107364 (1996)
- [5] P. Concus, R. Finn, M. Weislogel, Measurement of critical contact angle in a microgravity space experiment, Exp. Fluids 28 (2000) pp. 197-205

УЛОГАТА НА СПЕКТРАЛНИТЕ ЛИНИИ ПРИ АСТРОФОТОГРАФИЈАТА НА МАГЛИНИТЕ

Сашо Панов

Вовед

Маглините (лат. nebulae) се објекти кои се дел од меѓусвездената средина и се составени од облаци на гасови и прашина. Механизмите на нивното создавање, големина, форма, структура и многу други астрономски особини значително се разликуваат, но заедничка карактеристика на маглините кои емитираат светлина е јонизацијата на гасовите.

Со исклучок на Орионовата маглина, која е едвај видлива со голо око и при исклучително поволни астрономски услови (темно и јасно небо), речиси сите останати маглини не можат да се набљудуваат без употреба на соодветен телескоп или на двоглед. Астрономското фотографирање на маглините е уште покомплицирано поради неколку причини. Имено, некои маглини каква што е Хеликс, на пример, која има аголна големина од 25 лачни минути (речиси колку привидната големина на Месечината), имаат релативно ниска површинска луминозност, односно мала привидна светлосна магнитуда, па за нивно дигитално фотографирање се неопходни подолги експозиции. Спротивно, Прстен-маглината има релативно висока привидна светлосна магнитуда, но мали димензии со што, повторно, е проблематична за астрофотографирање.

При аматерската астрофотографија, како и за едукативни цели, маглините се меѓу најпосакуваните и најинтересни небески тела од далечната вселена. Дигитална фотографија на маглините од густо или умерено населени места каде постои значајно светлосно и воздушно загадување, претставуваат уште поголем предизвик. За среќа, некои астрофизички аспекти, а пред сè спектралните линии на емисионите маглини, овозможуваат добивање на спектакуларни астрофотографии дури и во такви услови, но со употреба на соодветна телескопска и астрофотографска опрема.

Во истражувачки цели, натамошните квалитативни и квантитативни анализи на астрофотографиите на маглините можат да помогнат во разјаснувањето на различни астрофизички и оптички феномени поврзани со овие астрономски објекти.

Механизми на емисија на светлина од маглините

Емисионите маглини се молекуларни облаци на јонизиран гас кои оддаваат светлина. Составот на поединечните маглини се разликува, но најзастапен е водородот, хелиумот и елементите потешки од хелиумот: азот, сулфур, јаглерод, кислород и други. Маглините содржат и варијабилно количество на меѓусвездена прашина која има улога во определени астрофизички процеси, како и во нивната морфологија. Во зависност од литературниот извор, поделени се во два типа: подрачја HII (HII-региони) и планетарни маглини. Некои автори кон нив ги приклучуваат и маглините кои се остатоци од супернови, како и крајно ретките Волф-Рајетови небули.

Високо разредениот гас во подрачјата HII е јонизиран со ултравиолетовата радијација од некоја блиска звезда од типот *O* или *B*. Ваквата радијација е толку многу енергетска што предизвикува исфрлање на еден или повеќе електрони од атомот, односно негова фотојонизација. Последователното прифаќање на електроните од атомите и другите јони се нарекува рекомбинација и доведува до деексцитација при што се емитира електромагнетна радијација [1].

Од друга страна, планетарните маглини настануваат со дисипација на гасната обвивка која ја отпушта црвениот цин како последен стадиум на умирачката звезда со редна величина од 0,8 до 8 Соларни маси. Подоцна, централната звезда (бело цуце) која е сè уште многу врела (понекогаш со температура и над 200 000 K), оддава високоенергетски фотони во ултравиолетовиот дел од спектарот што предизвикува фотојонизација, односно исфрлање на електроните од атомите во облакот на гас. По спонтаното враќање на електроните во пониските орбитали (деексцитација), гасот во маглината емитира светлина.

Уште при првите спектроскопски анализи на маглината Мачје око направени во 1864 година од страна на Вилијам Хагинс (William Huggins) било забележано дека најинтензивната емисија е при 495,7 и 500,7 nm. Поради тоа што ваквите емисиони спектри не одговарале на ниту еден дотогаш познат елемент на Земјата, во почетокот се претпоставувало дека потекнуваат од непознат елемент кој се наоѓа само во маглините, па го нарекле небулиум. Дури во почетокот на 20-тиот век станало јасно дека не се работи за нов елемент, туку дека определени спектрални линии на познатите и распространети елементи каков што е кислородот, не можат да се добијат при ексцитација на соодветниот гас во лабораториски услови на Земјата, па се наречени „забранети линии“. Причината за тоа е што ваквите спектрални емисии се резултат на прескокнувањата на електроните во метастабилните нивоа во кои електроните имаат подолго време на престој отколку што е вообичаено. Ова се случува само при екстремно

ниска густина на гасот која не може ниту денес да се постигне со најсилните вакуум-пумпи. Густината на планетарните маглини, на пример, е во опсег од 10^2 до 10^4 честички во cm^3 . При фотојонизацијата на екстремно разредениот гас во таквите маглини, исфрлените електрони остануваат во метастабилните нивоа дури и до еден час. Токму поради ниската густина отсуствува значајна колизија на слободните електрони со протоните и другите јони во маглината [2]. При конечната транзиција во пониските, стабилни орбитални нивоа, електроните емитираат светлина со бранови должини што одговараат на „забранетите линии“. Наспроти тоа, при поголеми густини на јонизираниот гас, судирите предизвикуваат брза деекситација на електроните и со тоа не доведуваат до појава на ваквите емисии на светлина, наречени и сударни линии [3].

Таквите наоди укажуваат дека маглините содржат екстремно разреден гас, односно имаат исклучително ниска густина, па иако заземаат астрономски голем волумен, имаат неверојатно ниска маса. Теоретски е пресметано дека маглина со волумен на Земјината топка би содржела гас со вкупна маса од само неколку килограми.

Астрофотографски значајни спектрални линии

Независно од тоа дали се класифицирани како подрачја III, планетарни или некои од споменатите поретко застапени типови на емисиони маглини, нивна важна заедничка особина е емитирањето на светлина со мал број на дискретни спектрални линии. Токму оваа карактеристика е клучна за принципот на нивното теснопојасно астрономско фотографирање.

Во астрофизиката, јонизираната состојба на атомите се означува со додавање на римски број по хемискиот симбол на елементот. На пример, неутралниот, нејонизиран водород се означува како H I, додека јонизираниот водород на кој му недостасува еден електрон како H II. Спектралните линии кои се емитираат при екситација на водородот се дел од Балмеровата серија (табела 1).

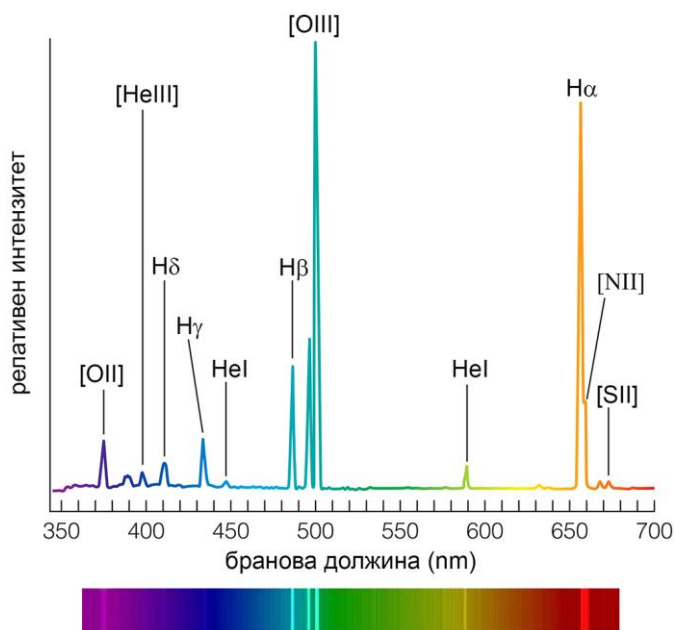
Табела 1. Балмерова серија на водородот во видливиот дел од спектрот

Електронска транзиција n	Име на линијата	Бранова должина (nm)	Енергетска разлика (eV)	Боја на светлината
3–2	H α	656,3	1,89	црвена
4–2	H β	486,1	2,55	сино-зелена
5–2	H γ	434	2,86	сина
6–2	H δ	410,2	3,03	виолетова

Во однос на јонизираниот водород HII, најинтензивни се линиите H α и H β во видливиот дел од спектарот, но првата има поголема важност во астрономската фотографија поради можноста да биде регистрирана и при определено светлосно загадување или месечева светлина.

За разлика од водородот, емисијата на двојно јонизираниот кислород [OIII] се однесува на „забранетите линии“, а најинтензивни се две кои се наоѓаат во зелениот дел од спектарот (495,9 и 500,7 nm). Двојно јонизираниот сулфур [SII] емитира две најинтензивни спектрални линии при 671,6 и 673,1 nm кои одговараат на екстремно црвениот дел од видливиот спектар. За обележување на „забранетите линии“ обично се користат средни загради околу симболот на јонот.

Иако јонизираниот водород, хелиум, кислород, сулфур и азот се најзастапени во повеќето емисиони маглини, нивната поединечна застапеност, како и меѓусебните комбинации, се карактеристична спектрална сигнатура на секоја маглина. Пример за спектарот на емисиона маглина е прикажан на сликата 1.



Сл. 1. Спектрална анализа на Орионовата маглина (Месјеов објект 42). Под графиконот е прикажан и дел од спектарот со емисионите линии во подрачјето на видливата светлина. Интензитетот на секој од врвовите може да се измери и да се користи при квантитативните пресметки. Модифицирано од изворот: [4]

Теснопојасни интерферентни филтри

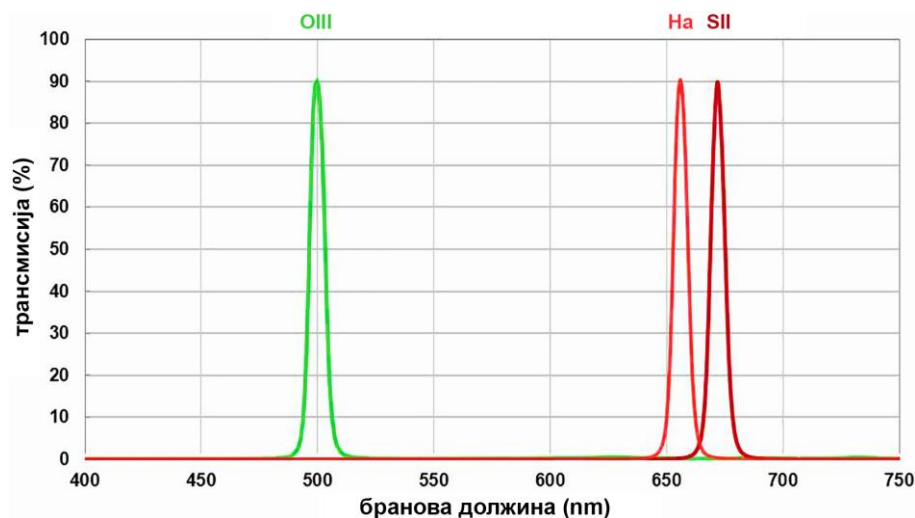
Современата опрема и техниките на астрономската дигитална фотографијата на небески тела од далечната вселена за аматерски и едукативни цели се неверојатно софистицирани, а импресивните слики на некои маглини го надминуваат квалитетот на некои професионални телескопи (со исклучок на вселенските) од пред само некоја деценија.

Крајно поедноставено, принципот на астрофотографијата се заснова на дводимензионалното поле на фотодетекторскиот сензор на астрономската камера кој ги регистрира фотоните колектирани и фокусирани со помош на телескопот и создава дигитални сигнали. Покрај тоа, се користат и калибрациски снимки и низа подготвителни постапки со кои се минимизира електронскиот шум, односно т.н. „темна струја“, се неутрализираат несаканите сигнали од оптичките деформации на сликата и се интензивира односот сигнал/шум. По сложената компјутерска обработка со користење на алгоритми засновани на напредни статистички и веројатносни модели (голем дел од нив развивани во 1990-тите години за потребите на Хабловиот телескоп), конечната астрофотографија се создава со помош на астрономски софтвери за таа намена (PixInsight, на пример).

Користењето на интерферентните (дихроични) оптички филтри со тесен опсег на бранови должини (обично со полуширина помала од 10 nm) се нарекува и теснопојасно астрофотографирање. Токму поради тоа што овие филтри селективно ги пропуштаат фотоните со однапред избран тесен опсег на бранови должини, се овозможува астрофотографирање дури и при светлосно загадување во урбани средини и/или при полна месечина.

Поради најголемиот интензитет на соодветните спектрални линии, најчесто користени интерферентни филтри се тие со максимална трансмисија ($\lambda_{\max}$) при 500 nm (комерцијално наречен OIII), при 656 nm (H α), како и при 672 nm (SII). Треба да се има предвид дека типичните интерферентни филтри со бранова полуширина од 7 nm ги опфаќаат и соседните спектрални линии. Така, филтерот со $\lambda_{\max}=656$ nm не ја пропушта само спектралната линија H α (656,3 nm), туку и двете мошне блиски линии на двојно јонизираниот азот [NII] (654,8 и 658,3 nm). Сепак, достапни се и филтри со уште потесен опсег на трансмисија (полуширина под 3 nm) кои овозможуваат раздвојување на ваквите блиски линии од различни јони.

Спектралните карактеристики на три често користени астрономски филтри за дигитална фотографија се прикажани на сликата 2.



Сл. 2. Пример за спектрална трансмисија на три често користени интерферентни филтри при теснопојасната астрофотографија на емисионите маглини. Просечната трансмисијска полуширина на секој од филтрите е околу 7 nm. Извор: ZWO Optical Co. [5]

Треба да се има предвид дека, освен емисионите маглини, повеќето останати вселенски објекти какви што се галаксиите, глобуларните и расеаните ѕвездени јата, рефлексивните маглини и други, емитуираат континуирани спектри и не се погодни за астрофотографирање со теснопојасни филтри.

Теснопојасна астрофотографија на маглините

За добивање на слики во боја, слично како и при стандардната дигитална фотографија, при астрономската најчесто се користи адитивниот тробоен модел RGB (R од англ. red за црвена, G од англ. green за зелена и B од англ. blue за сина боја). Накусо, истиот објект првично се фотографира низ три различни оптички филтри (за секој од трите RGB-каналите) со што се добиваат еднобојни (монохроматски) слики. На тој начин се користи максималната резолуција на сензорот на астрономската камера. Понатаму, со софтверско комбинирање на трите монохроматски слики се добива композитна слика во боја.

Кај широкопојасната астрофотографија, за секој од овие три канали се користи соодветниот филтер (црвен, зелен и син) кој пропушта широк опсег на спектрални линии (со бранова полуширина и до 100 nm), а кои одговараат на по една од трите наведени бои. Оттаму, таквиот процес на обработка е најблизок до дигиталната фотографија која се користи во секојдневието и создава слики кои се најподобни за регистрирање од страна на човековото око. Но,

најголемиот број на маглините се мошне бледи дури и кога се набљудуваат со телескоп, па светлосното загадување или месечевата светлина значително го намалуваат квалитетот на нивните астрофотографски слики. Спротивно на тоа, користењето на теснопојасните интерферентни филтри овозможува астрономско фотографирање на маглините дури и при некои неповолни услови.

Пример за илустрирање на принципот на комбинирање на трите монохроматски слики добиени со користење на интерферентните филтри [OIII], [SII] и H α , во композитна слика во боја е прикажан на задната корица.

Постојат неколку т.н. палети за комбинирање на трите слики добиени со користење на теснопојасните филтри. Хабловата палета (наречена така поради истоимениот телескоп) ги доделува монохроматските слики добиени со филтрите [SII], H α и [OIII] на каналите R, G и B, соодветно. Палетата која се користи за обработка на сликите од Канадско-Француско-Хавајскиот телескоп (CFHT, од англ. Canada-France-Hawaii Telescope) го користи следниов редослед на филтри: H α , [OIII] и [SII] за трите RGB-канали на боја. Скратениот начин на означување на овие две палети е: SHO и HOS, соодветно, со оглед на тоа што се подразбира тробојниот RGB-модел.

Во употреба се и други комбинации на овие три филтри (како таа прикажана на сликата на корицата). Покрај тоа, се користат и интерферентни филтри за други јонизирани елементи, каков што е двојно јонизираниот азот [NII], на пример. Комбинирањето на исти монохроматски слики со различни палети доведува до сосем различна перцепција на боите на сликата поради интерпретацијата на помешаните бои од страна на окото. Од тие причини, вака добиените слики во литературата понекогаш се означуваат како „лажни“ бои или како синтетичка обоеност.

Интерпретација на астрофотографиите на маглините

Доминантната светлосна емисија кај повеќето емисиони маглини потекнува од јонизираниот водород, односно ги содржи Балмеровите линии. Енергијата потребна за исфрлање на електронот од водородниот атом е пониска отколку кај потешките јони на кислородот, азотот, јаглеродот, сулфурот и други јони, кои во астрономската литература се означуваат и како метални.

Пониско енергетските зони на емисионите маглини оддаваат светлина со спектрални линии на јонизираниот водород HII, додека емисиите на [OIII] и [SII] се одраз на повисока експитација и температура на гасот во соодветната зона на маглината. Понатаму, поради тоа што за фотојонизација на сулфурот е потребна повисока

енергија отколку на кислородот, зоните кои ги претставува емитирањето на јоните [SII] се одраз на уште повисока експитација и индицираат присуство и на други метални јони. Овие зони се често и најоскудно застапени во емисионите маглини. Во таков случај, доминираат исклучиво спектралните линии на јоните $\text{H}\alpha$ и [OIII], па при обработката на астрофотографиите на ваквите маглини може да се применува и само двобојна техника (модифицирана палета HOO, на пример).

Воопштено, планетарните маглини имаат поголем извор на енергија (централно бело цуце) отколку подрачјата HII, па и светлосната емисија содржи спектрални линии на потешките јони: [OIII], [SII] и [NII]. Оттаму, голем број планетарни маглини имаат доминантно сина или зелена боја, покрај црвената која се должи на јонизираниот водород HII. Секако, комбинацијата на наведените бои може да варира според користената палета.

На насловната страна на ова списание е сликата во боја на Маглината Розета (NGC 2237; Caldwell 49) која е обработена со користење на Хабловата палета (SHO). Во централната, потемна зона на маглината може да се забележи расеаното свездено јато NGC 2244 во кое се создаваат нови ѕвезди, како и врели ѕвезди од типот *O* кои со својата интензивна ултравиолетова радијација предизвикуваат фотојонизација на гасот во самата маглина и со тоа светлосна емисија. Оваа зона содржи супер-врела плазма со температури меѓу 1 и 10 милиони Келвини, односно е значително поврела од подрачјата HII. Отсуството на боја во централната зона се должи на истиснувањето на гасот кон периферијата на маглината под дејство на ѕвездените ветрови. Најпериферниот појас на самата маглина има златникава боја (карактеристична за Хабловата палета) во која се измешани спектралните линии на јонизираниот водород $\text{H}\alpha$ и сулфур [SII], односно нијансите на црвена и зелена боја. Повнатрешната, сино обоена, зона на маглината се должи на доминантната емисија на светлина од двојно јонизираниот кислород [OIII]. Темната, неправилна пукнатина која поминува периферно низ оваа зона содржи прашина (претежно силикат и графит) исфрлена во минатото со шоките бранови при оддавањето на гасот од црвениот џин.

Заклучок

Значајна предност на теснопојасното фотографирање е што добиените слики на емисионите маглини можат да имаат и научна употребливост, односно со нивна дигитална анализа можат да се добијат информации кои се предмет на астрономските истражувања. Во некои понови студии и проекти, користена е телескопска и

астрофотограска опрема, како и софтверска обработка, наменета токму за напредна аматерска астрономија [6].

Таквите анализи на теснопојасните астрофотографии на емисионите маглини вклучуваат пресметката на флуксот на секоја поединечна спектрална емисија, мапирање на густината, јонизациската распределба и температурата на маглината и и други астрономски релевантни својства. Ваквите податоци се добиваат со дигитална анализа на астрофотографиите користејќи веќе познати и објавени информации за обоеноста и луминозноста на определени ѕвезди-калибратори, како и со други методи. Овие сознанија, во комбинација со постоечките податоци, овозможуваат конструирање на модели за механизмите на создавањето, структурата, радијативните и динамичките процеси, како и за предвидување на натамошната судбина на овие маглини.

e-mail: sasho@mt.net.mk

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

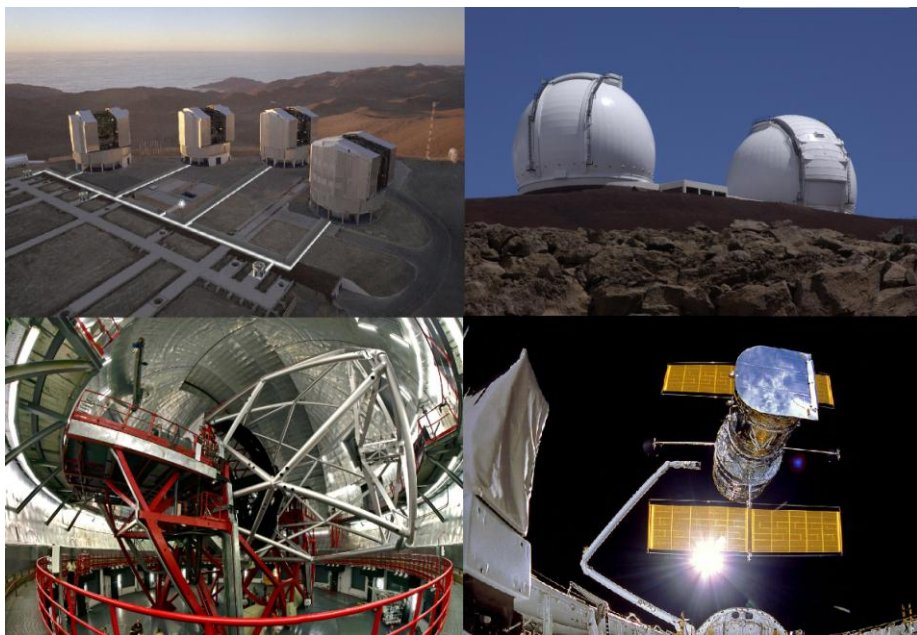
Литература

- [1] C. Morisset, Photoionization models of Planetary Nebulae, Proceedings of the International Astronomical Union 12(S323) (2016).
- [2] A. Rajantie, The search for magnetic monopoles, Physics Today 69 (10), pp. 40-46 (2016).
- [3] N. J. Lane, R. W. Pogge, Imaging spectrophotometry of the planetary nebula NGC 6720 (the Ring Nebula), The Astronomical Journal 108 (5):1860-1871 (1994).
- [4] J. O. Bennett, M. O. Donahue, N. Schneider, M. Voit, The cosmic perspective, 7th ed., Pearson (2013).
- [5] <https://astronomy-imaging-camera.com/product/zwo-new-narrowband-1-25-filter>
- [6] J. C. Bach, Narrowband imaging and spectrophotometry of Galactic Emission Nebulae, independent project. Tufts University (2009).

СВЕТОТ НА ГАЛАКСИИТЕ

Јана Богданоска

Галаксиите се едновременно едни од најзначајните компоненти на универзумот, како и едни од најмистериозните. Откривањето на тајните на галаксиите ќе помогне да дојдеме до одговорите на прашањата кои луѓето си ги поставувале со векови: како настанал универзумот, како се формирале првите ѕвезди и галаксии, каква е неговата судбина... Како најсветли и најмасивни објекти во универзумот, галаксиите го следат неговиот развој, па затоа нивното создавање и еволуцијата во себе ги содржат карактеристиките кои универзумот ги имал во времето на нивното формирање.



Сл. 1. Некои од најмоќните телескопи во светот. Горе лево: МГТ (Многу Голем Телескоп, VLT - Very Large Telescope) во Чиле, Извор: ESO; Горе десно: Опсерваторија Кек (Keck Observatory) на Хаваи, Извор: NASA-JPL; Долу лево: Голем канарски телескоп (Gran Telescopio Canarias), на Ла Палма, Извор: Wikimedia Commons; Долу десно: Хабл вселенски телескоп (Hubble Space Telescope), во орбита околу Земјата, Извор: NASA.

Проучувањето на галаксиите е цел на истражување на **екстрагалактичката астрономија**. Проучувањето на нашата галаксија – Млечниот Пат, која понекогаш се нарекува и само Галаксија (се пишува со голема буква за да се разликува од општата именка галаксија), се нарекува **галактичка астрономија**.

Науката за галаксиите е релативно нова. Пред околу сто години сè уште не било докажано дека постојат објекти кои се наоѓаат надвор од нашата галаксија. Прв кој „пронашол“ објект надвор од Млечниот Пат бил Ернст Опик (Ernst Öpik), кој во 1922 година успеал да ја пресмета далечината до галаксијата Андромеда, која во тоа време била класифицирана како маглина. Вредноста која што ја добил била поголема од радиусот на Галаксијата. Малку подоцна Едвин Хабл (Edwin Hubble) успеал да набљудува променливи ѕвезди, Цефеиди, преку кои била конечно определена далечината до Андромеда и безусловно покажано дека се наоѓа надвор од нашата галаксија.

Денес, галактичката и екстрагалактичката астрономија се значајно поразвиени од тогаш. Во светот се изградени бројни телескопи (неколку од нив се прикажани на слика 1), кои имаат неверојатни можности и кои ни дозволуваат да набљудуваме огромен број блиски и далечни галаксии. Исто така, постојат добро развиени теории и модели кои овозможуваат да извлечеме што повеќе информации од набљудувањата.

Што е тоа галаксија?

Галаксија е систем од ѕвезди, меѓуѕвездена материја и темна материја кои се меѓусебно врзани со дејството на гравитационата сила. Меѓуѕвездената материја ја сочинуваат остатоци од ѕвезди, гас и прашина. Под гас обично се подразбира неутрален атомски водород, но исто така во меѓуѕвездениот простор може да се најдат и области во кои водородот е јонизиран, како и области во кои се наоѓа молекуларен водород H_2 . Освен водород, во меѓуѕвездениот простор постојат и други гасови, но во значително помал удел, и тоа најмногу хелиум, но и некои други гасови како, на пример, јаглерод моноксид, азот и слично. Меѓуѕвездената материја се состои од околу 90% водород, 9% хелиум и 1% од сите останати елементи и соединенија.

Прашина во меѓуѕвездениот простор е сета онаа материја која е во цврста агрегатна состојба. Во споредба со гасовите, во меѓуѕвездениот простор има значително многу помалку прашина – пращината зафаќа околу 1% од меѓуѕвездената материја, што одговара на оној 1% на сите останати елементи. Сепак, таа има значајна улога во развитокот на галаксијата, па затоа, како и поради тоа што е една од клучните теми на истражување на авторот на овој

текст, следува поглавје посветено само на карактеристиките на меѓусвездената прашина и придонесот кој таа го има во целокупниот развој на галаксијата.



Сл. 2. Галаксијата NGC5866. Пример за галаксија каде голем дел од светлината што е емитирана од галаксијата е абсорбиран од меѓусвездената прашина. Затемнетите делови се всушност затемнети поради присуството на прашина. Извор: NASA

Што може да дознаеме со набљудување на галаксиите?

Кога зборуваме за набљудување на галаксиите, поточно фотометрија на галаксии, подразбираме мерење на флуksот на галаксијата (количеството светлина кое паднало на површината на нашиот детектор) во одреден филтер (кој има дадена фреквенција/бранова должина). Исто така, може да се извршат и спектроскопски набљудувања на галаксиите, каде што добиваме информација за флуksот на галаксијата во сите можни фреквенции. Иако од спектроскопските набљудувања може да извлечеме многу повеќе податоци за галаксиите, тие имаат еден недостаток: флуksот што го мериме е разделен по фреквенции, па затоа има многу помалку светлина во секоја фреквенција. Тоа значи дека сигналот што го добиваме е многу помал, па е речиси невозможно (со денешната технологија) да се набљудува спектарот на далечни галаксии.

Еден од главните податоци кои сакаме да ги дознаеме за некоја галаксија е нејзината оддалеченост од нас. Техниките кои се користат за определување на далечини кај свездите не се доволно прецизни за да определиме колку некоја галаксија е оддалечена од нас (со исклучок на методот на користење на супернови како стандардни

свеќи, но за тоа треба да се има среќа и да се начека супернова во галаксијата чија оддалеченост нè интересира). Кај галаксиите, оддалеченоста може да се определи со примена на Хабловиот закон (по Едвин Хабл, Edwin Hubble), кој е изведен од откритието дека универзумот се шири, а со тоа дека сите галаксии се оддалечуваат од нас (освен оние кои се гравитационо врзани со нашата галаксија). Законот може да се запише на следниот начин:

$$V = H \cdot D,$$

каде со V е означена брзината со која галаксијата се оддалечува од нас, D е растојанието помеѓу нас и галаксијата, а H е Хабловата константа. Значи, потребно е да ја знаеме брзината V . Природата ни дала прекрасен начин за да го постигне тоа – кога набљудуваме тело кое се оддалечува од нас, неговиот спектар се поместува кон црвено. Така и галаксиите, поради ширењето на просторот, добиваат поместување кон црвено (на англиски: redshift), кое се означува z . Исто како и кај Доплеровиот ефект, така и тука можеме лесно да ја пресметаме брзината на оддалечување преку поместувањето кон црвено, знаејќи ја брзината на светлината c :

$$V = c \cdot z.$$

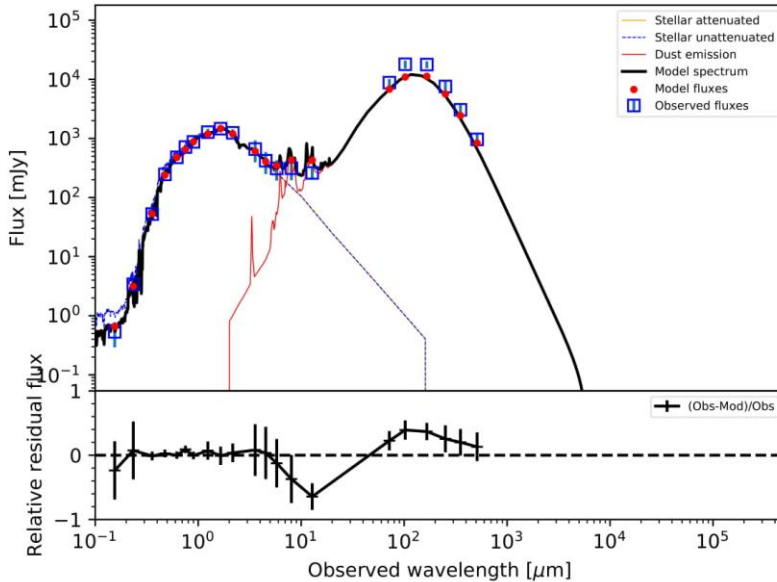
Но, како ќе го определиме поместувањето кон црвено? Доколку го имаме спектарот на галаксијата е едноставно, познати се карактеристиките на тој спектар, па знаеме точно за колку се поместиле кон црвено. Но, доколку немаме спектроскопски мерења од таа галаксија, работата станува навистина комплицирана. Еден од главните методи се служи со постоењето на Лајмановата граница – над оваа фреквенција, сите повисоки фреквенции се апсорбирани од водородот. Галаксијата се набљудува во повеќе филтри, па поради постоењето на Лајмановата граница, во филтрите со повисоки фреквенции галаксијата ќе биде речиси невидлива. Наоѓајќи каде се поместила Лајмановата граница го наоѓаме поместувањето кон црвено на галаксијата.

Навистина е значајно да се набљудуваат галаксии кои се на различни оддалечувања од нас, бидејќи на тој начин може да ја проучуваме историјата и еволуцијата на галаксиите, а воедно и на универзумот. Причина за тоа е фактот дека светлината секогаш се движи со константна брзина. Да замислиме некоја далечна галаксија. Таа пред многу време, да речеме пред милијарда години, израчила некоја светлина. Светлината патувала милијарда години, а ние ја набљудуваме сега. Значи, ние во овој момент ја набљудуваме

галаксијата онаква каква што била пред милијарда години. Ако најдеме некоја уште подалечна галаксија, ќе знаеме какви биле галаксиите пред две милијарди години, три, и така натаму, сè до почетокот на универзумот.

Еден од предизвиците на денешните астрономи е да се најдат и набљудуваат галаксии што се што е можно подалеку од нас, значи што имаат што поголемо поместување кон црвено. Така, галаксиите кои се блиску до нас имаат поместување кон црвено $z = 0$, галаксиите кои имаат поместување кон црвено $z = 1$ се наоѓаат одприлика на половина од возраста на универзумот. Денес, најголемиот број галаксии што се откриени имаат поместување кон црвено $z < 6$. Галаксијата со најголемо поместување кон црвено што е пронајдена има $z = 11,09$.

Best model for NGC5866 at $z = 0.003$. Reduced $\chi^2 = 3.67$



Сл. 3. Спектрална енергетска дистрибуција на галаксијата NGC5866, истата од слика 2. Со сини квадратчиња се претставени мерења на флуksот во повеќе филтри, со црвени точки се прикажани пресметаните теоретски вредности за флуksот во постоечките филтри, а со црната линија е претставена СЕД пресметана од модели. Моделите се пресметани со помош на програмата CIGALE, која ја е создадена во Лабораторијата за астрофизика во Марсеј (LAM - Laboratoire d'Astrophysique de Marseille); <https://cigale.lam.fr/>.

Други информации кои сакаме да ги знаеме за галаксијата се нејзината маса, нејзината брзина на формирање нови ѕвезди,

количеството гас и прашина, видовите ѕвезди што ги има (млади или стари) и т.н. За таа цел можеме да се служиме со техниката на фитување на Спектралната Енергетска Дистрибуција (СЕД) на галаксијата. Тоа претставува вкупната светлина (т.е. енергија) која ја зрачи галаксијата, поделена по филтри. Галаксијата ја набљудуваме во повеќе различни филтри, па вредноста на флуксот во секој филтер ја претставуваме на график, кој претставува СЕД на галаксијата. Овие вредности ги споредуваме со модели, па од тие модели ги добиваме бараните параметри на галаксијата. Пример на СЕД на галаксија е покажан на слика 3.

Меѓузвездена прашина

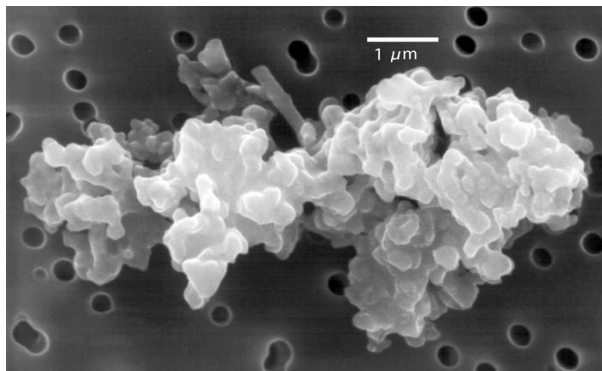
Како една од главните компоненти на галаксијата, меѓузвездената прашина претставува значајно поле за истражување на денешните астрономи. Иако нејзиниот удел во целокупната маса на галаксијата е мал (уште помал ако ја броиме и масата на темната материја), сепак, за да можеме да разбереме како се создаваат галаксиите и како се одвива нивниот развој со тек на времето, неопходно е да дознаеме што повеќе за меѓузвездената прашина.

Што точно се подразбира под „меѓузвездена прашина“? Тоа се честички во цврста агрегатна состојба, чии димензии се поголеми од $50 \text{ \AA}$ (ангстрем, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), а помали од околу $2 \text{ \mu m}$ (микро метар, $1 \text{ \mu m} = 10^{-6} \text{ m}$). Но, ова се границите во кои се движат најголемиот број честички прашина. До сега, пронајдени се честички кои паднале на Земјата заедно со метеори кои имаат димензии и до $20 \text{ \mu m}$. Пример на вакво зрно прашина е прикажано на слика 4. Сепак, ваквите „големи“ честички се ретки, па обично како средна вредност на големината на меѓузвездената прашина се зема околу $0,1 \text{ \mu m}$.

Сите потешки елементи кои може да се најдат во меѓузвездениот простор се всушност дел од меѓузвездената прашина. Под потешки елементи се подразбира секој елемент кој има поголем атомски број од водород и хелиум (значи $Z > 2$). Овие елементи за астрономите се познати како метали, иако тука спаѓаат елементи кои ниту еден друг научник не би ги сметал за метали, како јаглерод, водорот, азот и слично. Сепак, бидејќи овој текст е пишуван од астроном, во него ќе го задржиме ова значење на зборот.

Се смета дека меѓузвездената прашина е главно составена од јаглерод и силициум, поточно од графит и силикати, со мали примеси од некои уште потешки елементи, главно железо. Исто така, се верува дека голем број зрна прашина се обвииени со т.н. „валкан мраз“, којшто е всушност мраз (замрзната вода), со примеси од некои едноставни молекули, како амониум, метан, и сл.

Од каде се појавува таа прашина? Постојат повеќе процеси кои доведуваат до создавањето на меѓузвездената прашина. Прво треба да го одговориме прашањето од каде се појавуваат тие метали кои ја сочинуваат прашината. Ова е добро познато – сите елементи кои се потешки од водород и хелиум се создадени во внатрешноста на ѕвездите. Тоа е единствената средина во Универзумот за која е познато дека ги има потребните услови за нуклеосинтеза (создавање потешки атомски јадра преку нуклеарни реакции).



Сл. 4. Фотографија од зрно прашина, кое е најдено на Земјата (на површината на метеор), кое е фотографирано со електронски микроскоп. Извор: Wikimedia Commons

Следното прашање е како овие метали создадени во јадрата на ѕвездите се нашле во меѓузвездениот простор. Еден од основните механизми на донесување прашина во меѓузвездениот простор е експлозија на супернова. Во таков случај, освен тоа што материјалот од самата ѕвезда е исфрлен, енергијата на експлозијата доведува до понатамошно брзо создавање на посложени елементи директно во меѓузвездениот простор, па затоа суперновите го збогатуваат просторот со меѓузвездена прашина. Овие настани траат кратко, но ја снабдуваат околината со големо количество материјал, па затоа нивниот придонес е значаен.

Освен ваквите спектакуларни настани, прашина во меѓузвездениот простор доаѓа и од самите ѕвезди во текот на нивниот живот, како исфрлен материјал, преку ѕвездени ветрови и млазови. Во текот на нивната еволуција, ѕвездите можат да исфрлат големо количество маса, а дел од таа маса се и потешки материјали кои се создале во внатрешноста на ѕвездата.

Понатаму, важно е да се напомене зошто воопшто се интересираме за меѓузвездената прашина; кои се нејзините улоги во развитокот на галаксијата? Главниот придонес кај прашината е тоа што таа е неопходна во процесот на создавање ѕвезди. Ѕвездите се

создаваат кога облак од неутрален гас ќе потпадне под дејството на гравитационата сила. Меѓутоа, колку повеќе колабира тој облак, толку повеќе доаѓа до триење помеѓу честичките во облакот, па тоа доведува до зголемување на топлината. Оваа топлина создава зрачење, кое не дозволува понатаму да продолжи облакот да се собира под дејство на гравитација. Тука доаѓа на помош прашината, зрната прашина ја апсорбираат оваа топлина, со што овозможуваат облакот доволно да го намали својот радиус за да почне процесот на создавање звезда.

Втора значајна улога која прашината ја има во меѓусвездениот простор е како површина на која се одвиваат хемиски реакции. Доколку два атома водород се сретнат во меѓусвездениот простор (настан кој сам по себе има мала веројатност дека ќе се случи, бидејќи густината на меѓусвездената материја е многу мала), тие ќе се судрат, па ќе се разделат. Тоа е така поради законот за запазување на енергија – за да се формира молекула мора атомите некаде да оддадат енергија. Затоа, кога два атома ќе се судрат на површината на зрно прашина, зрното служи како трето тело кое ќе го прими вишокот енергија кое го имаат атомите. Исто така, прашината служи како средина во која повеќе атоми може да се сретнат, наместо да очекуваме тоа да се случи додека лутаат низ меѓусвездениот простор.

За крај, може да заклучиме дека проучувањето на галаксиите е комплицирана работа. Потребно е да се истражуваат сите компоненти (звезди, свездени остатоци, гас, прашина, како и темна материја) одделно, но исто така е неопходно и тие да се проучуваат заедно како дел од еден сложен систем. Сепак, со помош на најновите телескопи и со помош на макотрпната работа на научниците да ги разделат, па потоа повторно спојат овие делови на галаксиите, денес имаме можност да дознаеме многу за тоа што се случува, се случувало и ќе се случува во една галаксија. Но, галактичката и екстрагалактичката астрономија се релативно млади науки, па затоа можностите за изучување на галаксиите се безбројни, а тоа што го знаеме до сега е само почетокот на откривањето на небесната приказна што ни ја раскажуваат галаксиите.

e-mail: bogdanoska.jana@gmail.com

Напомена: Авторот е дипломиран студент на насоката астрономија и астрофизика на студиите по физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје. Во моментот е на докторски студии во Лабораторијата за астрофизика при Универзитетот во Марсеј, Франција.

Литература

- [1]. Houjun Mo, Frank van der Bosch, Simon White, Galaxy Formation and Evolution; Cambridge Press, 2010.
- [2]. Grün, E., Gustafson, B.A.S., Dermott, S.F., Fechtig, H. (Eds.), Properties of Interplanetary Dust: Information from Collected Samples; Interplanetary Dust, pp. 253–294, Springer-Verlag.
- [3]. Bruce T. Draine. Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium. Princeton University Press, Princeton, N.J, January 2011.
- [4]. Paul Murdin. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics. Nature Publishing Group, Bristol ; Philadelphia : London ; New York, 1st edition edition edition, 2001.
- [5]. A. G. G. M. Tielens. The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, 1 edition edition, August 2010.
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy>
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Redshift>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Hubble%27s_law
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Andromeda_Galaxy

КРАТКА ИСТОРИЈА НА ПОТРАГАТА ПО ТЕМНАТА МАТЕРИЈА

Александар Ѓурчиновски

Темната материја е една од најмистериозните и најинтересните теми на истражување на модерната космологија. Доказите за нејзиното постоење денес се повеќе од експериментален факт, што се должи на многувековната еволуција на човековата мисла, а паралелно со тоа и на унапредувањето на теориските и практичните методи за набљудување и проучување на вселената. Познато е дека темната материја е составена од *небарионски елементарни честички* и дека нејзиното количество е неколкупати поголемо од количеството на обичната материја во вселената. Но историјата на потрагата по темната материја е обемна и датира од прапочетоците на сфаќањата на универзумот, кога филозофијата и теологијата биле во нераскинлива врска.

Првите обиди за конструкција на модел на космолошки систем втемелен врз разумот и искуството им припаѓаат на античките грчки филозофи. Уште во петтиот век пред новата ера, творците на атомистичката теорија Левкип и Демокрит постулирале дека материјата се состои од основни неделиви градбени единици наречени *атоми*, чиј број е бесконечен и коишто го населуваат празниот простор кој исто така е бесконечен. Во неговото писмо до Херодот, Епикур кажува за постоењето на бесконечен број на светови, некои слични, а некои различни од нашиот. Во тој период постојат пишани докази во кои филозофите шпекулирале за постоење на материја во нашиот универзум чија што присутност не може да се детектира. Така, питагорејците верувале во постоење на небесно тело наречено *Антихтон*, или анти-земја, тело кое ротира околу Сонцето по иста траекторија како и Земјата, но секогаш се наоѓа дијаметрално спротивно од неа.

Космолошкиот модел на Аристотел претпоставува дека Земјата е во центарот на непроменлива стационарна вселена со строго организирана поставеност на небесните тела кои ротираат околу Земјата. Овој елегантен, но погрешен модел доминирал се до крајот на средниот век, кога доцниот период на ренесансата ќе го означи почетокот на научната револуција. Тогаш се појавуваат големите експериментатори како Тихо Брахе, кој го мерел отсуството на

паралаксата на комета, со што покажал дека кометите се небесни тела, а не атмосферски феномени, како што тврделе поддржувачите на Аристотеловата совршена непроменлива вселена. Галилео со своите телескопски набљудувања меѓу бројните останати откритија недвосмислено покажува дека бледата небесна светлина наречена Млечен Пат е всушност составена од мноштво на индивидуални ѕвезди и открива четири од сателитите на Јупитер кои инаку се невидливи за човековото око. Станало јасно дека усовршувањето на експерименталните методи и технологии доведува до откритија на форми на материја кои дотогаш не можеле да се детектираат.

Аналитичкиот приод кон истражувањето на светот околу нас е започнат кон крајот на 17-от век, со појавата на монументалното дело на Исак Њутн - *Математички принципи на филозофијата на природата*. Законот за универзална гравитација на Њутн, како и диференцијалното сметање, претставувале моќни алатки кои научниците ќе ги искористат за индиректна пресметка на гравитационата маса на астрономските тела. Врз основа на Њутновата небесна механика, во 1783 година Џон Мичел ќе заклучи дека доколку гравитацијата влијае врз светлината, тогаш е можно постоење на масивни небесни објекти чие гравитационо привлекување дури ни светлината не би можела да го совлада. Десет години подоцна Пјер Лаплас прави аналитички пресметки за густината на ваквите објекти, кои подоцна, во раните 1960-ти години, од страна на познатиот релативистички астрофизичар Роберт Дике ќе бидат наречени *црни дупки (јами)*, според името на злогласниот затвор во Калкута во кој луѓето што еднаш влегле никогаш потоа не излегле од него.

Идејата за постоење на вакви небесни тела, односно вселенска материја која не може да се детектира со тогашните експериментални методи живеела и во мислите на математичарот Фридрих Бесел кој, набљудувајќи го нерегуларното движење на Сириус, дошол до заклучок дека таа ѕвезда е дел од двоен систем, каде што второто тело, иако постои, не емитува светлина. Денес знаеме дека ова небесно тело што ја придружува Сириус е бело џуце со многу мала луминозност. Бесел за првпат ја употребил величината "сооднос маса-светлина" (mass-to-light ratio), која што денес е модерен термин за опишување на распределбата на темната материја во вселената. На сличен индиректен начин, со употреба на Њутновата механика, биле откриени аномалии во движењето на видливите небесни тела кои можеле да се објаснат со постоење на непозната, но сепак присутна небесна материја. Така, преку аномалиите на движењето на Уран, во 1846 година од страна на Леверие, Адамс и Гале била откриена планетата Нептун. Истиот Леверие подоцна ја забележал и

неправилната прецесија на перихелот на Меркур, при што, за да ја објасни оваа аномалија погрешно претпоставил дека постои непозната "темна" планета Вулкан.

Покрај темни ѕвезди и темни планети, астрономите на 19-от век зборуваа и за темна материја во вселената, во форма на *темни облаци* или *темни небули*. Со пронаоѓањето на астрономската фотографија, започнала дискусија во врска со темните места во фотографиите на вселената кои одвојувале региони со прилично голема густина на ѕвезди. Некои научници мислеле дека тоа се региони во кои отсутствувала било каква материја, а други дека во тие региони материјата го апсорбирала зрачењето, па затоа на фотографиите се покажувале како темни места.

Еден од првите кои се обидел да даде проценка за количината на таквата темна материја во Млечниот Пат е Келвин, кој го воведува статистичкиот приод во ваквите пресметувања. Имено, Келвин го разгледува Млечниот Пат како гас составен од честички кои меѓусебно взаемнодејствуваат со гравитациона сила. Согласно тоа, тој изведува релација помеѓу волуменот на таквиот систем и дисперзијата на брзините на ѕвездите кои го сочинуваат системот. Келвин заклучува дека мноштвото на ѕвезди во Млечниот Пат се темни тела, или тела чие што зрачење е незначително. Анри Поанкаре е првиот што за ваквите тела го употребува терминот "*темна материја*" (*matière obscure*). Тој во 1906 година, врз основа на пресметките на Келвин, доаѓа до заклучок дека, поради тоа што дисперзијата на брзини во теориските пресметки на Келвин се од ист ред на големина со дисперзијата што е определена преку небесните набљудувања, следува дека количеството на темна материја е најверојатно помало или слично на количеството на видлива материја. До слични заклучоци стигнал и естонскиот астроном Ернст Упик во 1915 година, а значаен чекор напред направил холандскиот астроном Јакобус Каптејн во 1922 година, разгледувајќи го Млечниот Пат како рамнинска распределба на ѕвезди кои ротираат околу оска насочена кон галактичкиот пол. Тој пронашол подобар начин за пресметување на густината на темната материја преку испитување на луминозност на видливите ѕвезди. Неговиот ученик Јан Орт ги подобрил пресметките во 1932 година, а резултатите покажале дека локалната густина на темната материја е помала од половина од густината на вкупната материја. Треба да се напомене дека, за научниците од тоа време, темната материја во вселената била составена од ѕвезди со занемарлива луминозност, како и маглини и метеорска материја.

Во 1933 година Фриц Звицки, астроном од швајцарско-американско потекло, го проучувал црвеното поместување на

галактичките јата, при што забележал голема разлика во привидните брзини на осум галаксии од јатото Кома. Применувајќи ја *виријалната теорема* од класичната термодинамика за да ја одреди масата на јатото, тој дошол до заклучок дека 800 галаксии со 10^9 соларни маси во сферен волумен од 10^6 светлосни години би требало да поседуваат дисперзија на брзините од околу 80 km/s. Спротивно на теориските пресметки, набљудувањата покажувале дека оваа дисперзија на брзините изнесува околу 1000 km/s. Звицки заклучил дека доколку пресметките се точни, тогаш се добива зачудувачки резултат дека темната материја во ова јато е присутна во многу поголема количина од луминозната материја. Неговите податоци од 1937 година покажуваат дека соодносот маса-светлина за ова јато изнесува 500, што значи дека густината на вкупната маса е 500 пати поголема од густината на видливата маса. Доколку се направат корекции на пресметките на Звицки со земање во предвид на уточнетата вредност на Хабловата константа се добива дека количината на темната материја во овој кластер е 70 пати поголема од количината на луминозната материја. Во 1936 година Синклер Смит прави слични пресметки за јатото Вирго, при што добил сооднос на темната и луминозната материја од околу 100.

Пресметките за содржината на темната материја во различни галаксии и кластери продолжиле и во наредните децении со слични резултати. Во август 1961 година на конференцијата за нестабилноста на галактички системи одржана во Санта Барбара, САД, се заклучило дека темната материја во галактичките јата изнесувала помеѓу 90% и 99% од нивната вкупна маса. Во спротивно, доколку темната материја не постои, ваквите системи би биле динамички нестабилни.

Паралелно на пресметките за уделот на темната материја во вкупната маса на јатата, започнале да се прават и првите претпоставки за нејзината природа. Истражувањата во шеесеттите и раните седумдесети години од минатиот век укажале дека темната материја не содржи елементи на гас. Се претпоставувало дека таа е можеби составена од масивни црни јами, планети, кафеави, црвени и бели џуџиња, неутронски ѕвезди и други компактни екзотични објекти кои Ким Грист ќе ги нарече МАСНО (англиски акроним за масивни астрофизички компактни хало објекти). Меѓутоа, мноштвото експерименти за пронаоѓање на МАСНО, како што се набљудувањата на ефектите на гравитациони микролеќи и определувањето на барионската густина на вселената преку мерењата на огромната количина на примордијалните лесни елементи и космичкото позадинско зрачење, покажуваат дека темната материја има небарионска природа.

Експерименталното определување на ротационите криви на галаксиите, односно зависноста на аголната брзина на ѕвездите и гасовите во галаксијата како функција од радијалното растојание од центарот на галаксијата, одиграло исклучително битна улога во откривањето на темната материја. Под одредени претпоставки, од таквите ротациони криви може да се поредели распределбата на маса во галаксиите. Набљудувањето на рамните ротациони криви на многу големи галакто-центрични растојанија било најдобар доказ за присуство на голема количина на темна материја во крајните делови од галаксиите. Определувањето на овие ротациони криви станало можно со развојот на радиоастрономијата во периодот по Втората светска војна, како и пронаоѓањето на мошне прецизните спектроскопски методи од страна на Кент Форд и Вера Рубин кон крајот на седумдесетите години од минатиот век.

Како алтернатива на темната материја за објаснување на ваквите аномалии, во динамиката на галаксиите и галактичките јата во 1982 година е предложена теоријата на модифицирана Њутнова динамика (MOND) на Мордехај Милгром, која што подоцна, во соработка со Јакоб Бекенштајн и неговата група, била надградена во *релативистичка тензор-вектор-скаларна теорија*. Наместо претпоставката за присуство на непозната темна материја ваквата теорија прави модифицирање на равенките на Њутновата динамика. Иако била мошне успешна алтернативна теорија теоријата MOND сепак била отфрлена по детектирањето на гравитационите бранови во 2016 година од страна на LIGO.

Небарионската природа на темната материја преовладува во последните неколку децении и истражувањата се насочени кон детектирање на честички од кои таа би можела да биде изградена. Иако неутрината би биле совршени кандидати за честички на темната материја, било покажано дека нивниот удел во неа би бил многу мал. Во 1993 година Скот Доделсон и Лоренс Видроу предложиле кандидат за честичка на темна материја која, за разлика од стандардното неутрино, не реагира преку слабото взаемнодејство. Таквите *стерилни неутрина* би можеле да бидат формирани при процесот на осцилации на неутрината. Од друга страна, во 1970-те години се формирало мислење помеѓу физичарите кои ги истражувале елементарните честички, за можното постоење на т.н. *суперсиметрични честички*, од кои некои би биле одлични кандидати за честички на темната материја. Во 1982 година, Пагелс и Примак го предложиле *гравитиното* како градбена еединка на темната материја, а Вајнберг и Голдберг една година подоцна за таа улога го предложиле *фотиното*. Истиот Вајнберг и Вилчек четири години пред тоа, независно еден од друг, во склоп на *јакиот CP-проблем* на

квантната хромодинамика го откриле таканаречениот Намбу-Голдстон бозон, односно *аксионот*, кој исто така е честичка која совршено се вклопува како кандидат за честичка на темната материја.

Шпекулациите за природата на честичките на темната материја продолжиле и понатаму, па се предлагале разни егзотични идеи, како на пример разни тополошки дефекти кои настанале со спонтано кршење на симетријата во раните стадиуми на вселената (*монополи*, *космички струни*), макроскопски структури од кваркови, *пиргони* (возбудени состојби на простор-времето во повеќедимензионалните теории од типот на Калуца-Клајн) итн. Како најзначајни кандидати за честички на темната материја се т.н. слабозаемнодејствувачки масивни честички (WIMP) предложени од Гери Стегман и Мајкл Тарнер во 1984 година, акроним кој ги обединува можните кандидати на честички што заемнодејствуваат преку силите на слабото заемнодејство. Истрагата за природата на темната материја продолжува и крајниот збор го имаат многубројните експерименти кои се во тек, а за кои ќе прочитате во некои од идните броеви на Астрономски Алманах.

e-mail: agjrcin@pmf.ukim.mk

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

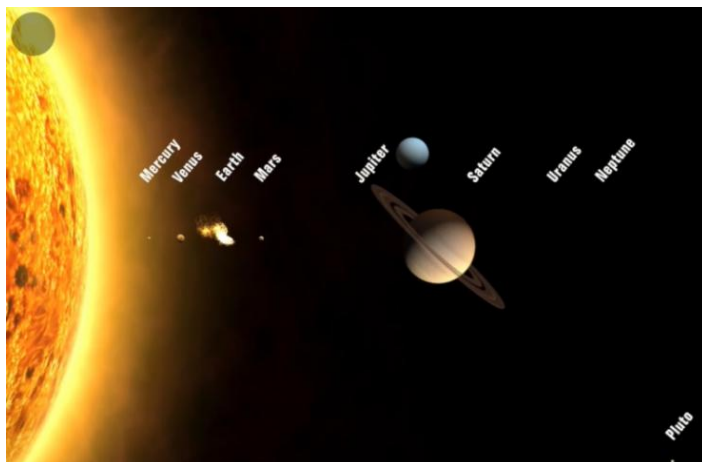
Литература

- [1]. https://en.wikipedia.org/wiki/Dark_matter
- [2]. https://en.wikipedia.org/wiki/Weakly_interacting_massive_particles
- [3]. https://en.wikipedia.org/wiki/Minimal_Supersymmetric_Standard_Model
- [4]. https://en.wikipedia.org/wiki/Axion_Dark_Matter_Experiment
- [5]. https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmology#Historical_cosmologies

СВЕТЛАТА СТРАНА НА ТЕМНАТА МАТЕРИЈА

Наце Стојанов

Едно од суштинските прашања за вселената е стабилноста на структурите на планетарните системи и галаксиите. Знаеме со сигурност дека тие не постоеле од секогаш, туку настанале во даден период од развојот на вселената, но не се знаело дали тие „стареат“, односно колку брзо се менуваат или, пак, остануваат во форма каква што ја знаеме денес неопределено време. Со други зборови, се прашуваме дали и кога е можно нашиот Сончев систем да изгледа како на слика 1, а слична претпоставка може да се направи и за нашата галаксија.



Сл. 1. Хипотетички изглед на нашиот планетарен систем.

Се покажало дека одговорот на ова прашање е доста сложен затоа што бара решение на аналитички неразрешливи математички проблеми. Од друга страна ако користиме компјутери за приближни пресметувања, под сомнеж може да биде точноста на резултатите.

Станува збор за следново. Ако користиме 32 бита, вредноста на еден израз пресметан со компјутер, на пример $y = (1/10^8) \times 10^8$, е $y = 0.999999993922529$, но при 64 бита, истиот компјутер за истата математичка операцијани дава вредност $y = 1.000000000000$. Ова е познато како грешка на заокружување која задолжително се случува

при компјутерските пресметувања. Значи, иако компјутерите и нумеричките методи ни овозможуваат решавање на речиси секаков математички проблем, мораме да внимаваме при интерпретација на резултатите.

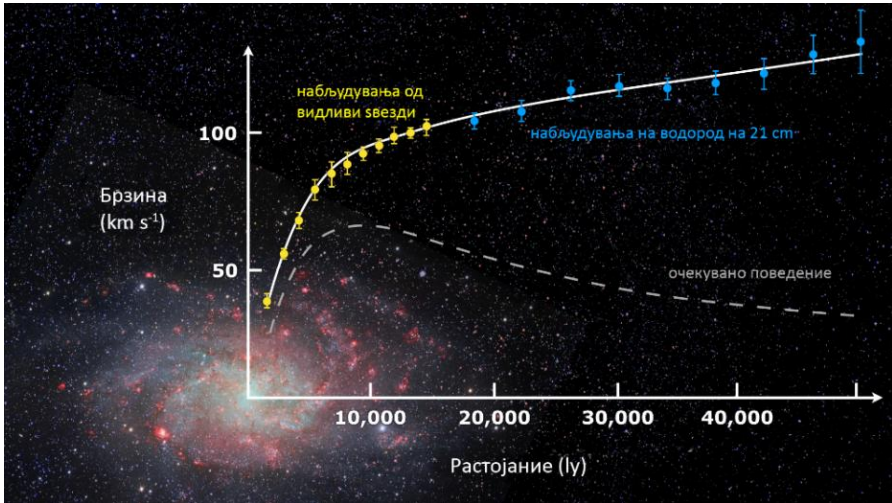
Ако сега се вратиме на стабилноста на планетарните системи и галаксии и нивното разрешување со компјутерски симулации, може да кажеме дека интерпретацијата на резултатите зависи од точноста на пресметките. Значи, дадена симулација може да сугерира дека системот е стабилен, на пример, 5 милијарди години но прашање е дали тоа ќе биде така и после 25 милијарди години. Заклучуваме дека решението може да зависи од хардверот и софтверот, што значи дека не е никаков проблем да дознаеме дали системот ќе биде стабилен после 25 милијарди години ако користи 128 бита. Но, се поставува прашање до кога треба да се зголемува точноста?

Кога е во прашање стабилноста на нашата галаксија а со тоа и нашиот планетарен систем, одговорот е едноставен. Ако се земе во предвид дека Млечниот пат и Андромеда ќе се судрат после, на пример, 2 милијарди години, би рекле дека е доволно да ја определиме стабилноста за 8 милијарди години и ништо повеќе! Таквата граница е логична затоа што и од денешна гледна точка навистина е тешко да се предвиди што ќе се случи при процесот на судирање на овие две галаксии, односно дали нашиот планетарен систем ќе остане независна структура или ќе спои со некоја друга.

Сличен приод, односно користење на компјутерски симулации, побарува и разрешувањето на проблемот со „невидливата материја“ во Вселената кој започнал да се актуализира во 70-години од минатиот век. Во почетокот истражувањата биле засновани само на астрономски набљудувања на Вера Рубин и нејзините соработници поврзани со ротацијата на галаксијата Андромеда. Поточно, станувало збор за определување на зависноста на брзината на ротација на ѕвездите околу центарот на галаксијата од распределбата на масата во галаксијата, што графички е прикажано на слика 2. Сликата јасно ни покажува дека максималната брзина на ротација според предвидувањата засновани на постоечкиот модел за распределба на масата во Андромеда требало да се достигне на растојанија од околу 9000 ly (ly - light years, во превод „светлосни години“) од нејзиниот центар, а потоа да опаѓа.

Меѓутоа, податоците од набљудувањата на Вера Рубин укажувале на нешто сосема друго. Имено, добиено е многу различно поведење на ротационата крива на Андромеда, посебно за периферните ѕвезди кои што ротирале со многу поголема брзина од Предвидуваната и притоа нивната ротациона брзина останува речиси постојана или бавно се зголемувала.

Ова сензационално откритие ги ставило под голем сомнеж проценките за количината и распределбата на „динамичката маса“ во целата Вселена а не само во галаксиите.



Сл. 2. Крива за зависноста на брзината на ротација од радиусот

Како можно објаснување на резултатите од набљудувањата било воведувањето на „невидлива“ или „темна материја“ во вид на хало што зафаќа големи пространства околу галаксиите. Компјутерските симулации на овој феномен покажале дека формата на халото и распределбата на темната материја во него директно зависи од распределбата на „видливата маса“ во галаксиите.

Овој заклучок произлегува од резултатите на една компјутерска симулација што делумно се прикажани на сликата на задната корица на алманахот. Горе лево на сликата се гледа распределбата на видливата и темна материја околу една галаксија слична на нашата. Со темни точки е означена темната материја, со розе точки (видливи на сликата во боја) е означена видливата материја во форма на јонизирани гасови на температури поголеми од 31 000K, додека со зелени точки е прикажана распределбата на гасовите со температури помали од 31 000K. Црната кружница во оваа слика го означува виртуелниот радиус на халото и е нацртана со цел да се укаже на неговата релативно сферна симетрија.

Потоа следат зумови (зголемувања) кон центарот на галаксијата при ист временски момент. Кружницата на долната десна слика ја означува големината на симулираната галаксија како и нејзината структура, а околу се прикажани соодветните распределби на темната и видливата материја. Јасно се забележува дека во

последната слика отсуствува „топлата“ видлива материја па затоа галактичниот диск е составен од „ладна фаза“ на видливата материја и темна материја.

Гледано во целина, топлата видлива материја и темната материја се распределени околу галактичкиот центар рамномерно во навидум „сферни појаси“ чиј гравитационен потенцијал се зголемува како што се зголемува растојанието од центарот на галаксијата. Ова во целост го потврдува стабилизирачкото дејство на темната материја и нејзината пресудна улога во формирањето и стабилноста на големите структури од видлива или барионска материја како што се галаксиите и нивните јата.

Овие компјутерски генерирани заклучоци се совпаѓаат со астрономските набљудувања што укажува на точноста на претпоставката за постоење темна материја, како и задоволителната точност на хардверот и софтверот што се користеле при компјутерските симулации.

Исправноста на концептот за темна материја е потврден преку нејзина индиректна детекција, односно, гравитационо взаемодејство на темната со видливата материја. Сепак, кога станува збор за детекција на честички од темна материја ситуацијата е сосема различна. За таа цел, во тек се повеќе експерименти.

Детекција на темна материја

Научниците направиле неколку модели за тоа каква може да биде темната материја, а честичките за кои се трага се прикажани на слика 3.



Сл. 3. Графички приказ на можните кандидати за темна материја.

Тековно, водечкиот кандидат се нарекува WIMP (Weakly Interactive Massive Particles), или масивни честички со слаба интеракција, кои што се резултат на воведување суперсиметрија во постоечкиот модел за елементарни честички. Со други зборови, суперсиметријата се однесува на фактот што на секој „светол“ бозон му се доделува суперпартнер во вид на „темен“ фермион и обратно. Во овие истражувања масата на „темните“ честички се бара во областа од $(1 до 10) \text{ GeV}/c^2$ чија долна енергетска граница е приближна на маса на еден протон.

Други модели, темната материја ја бараат при многу помали енергии, односно маси. На пример, LSP (Lightest Supersymmetric Particle) моделот предвидуваат постоење на лесни екзотични честички наречени неутрино и гравитино кои што се суперсиметрични партнери на гравитонот и неутриното.

Други групи научници ја подржуваат идејата за постоење на многу лесни „темни“ честички наречени аксиони. Овие честички во принцип би требало да овозможат темната материја да се „види“ со помош на гравитациони бранови.

Постоењето на различни типови честички на темна материја воопшто не е проблематично, туку напротив, соодветствува на богатството „обични“ честички.

Експериментите за детекција на темна материја се поделени во три главни групи:

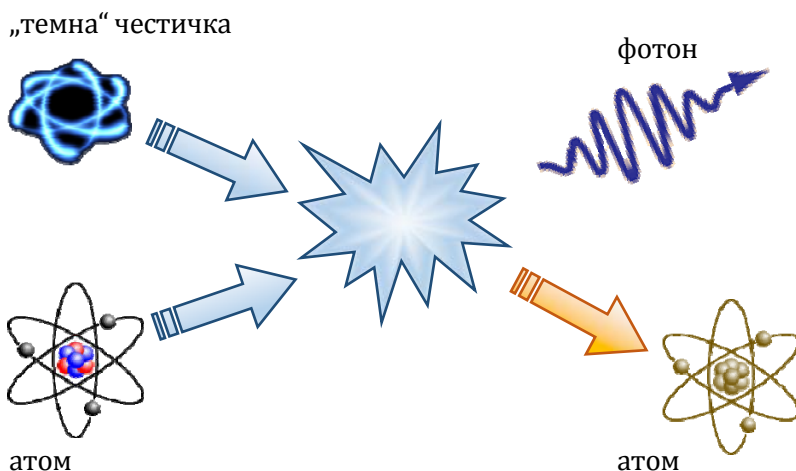
- експерименти за директна детекција;
- експерименти за индиректна детекција;
- експерименти за „производство“ на темна материја.

Експерименти за директна детекција

Оваа група експерименти се засновани на неколку видови претпоставени взаемодејства помеѓу честичките на темна и „светла“ материја, слика 4. За жал, станува збор за многу ретки настани што во сегашни услови се случуваат само неколку пати годишно, што значително го отежнува откривањето на темните честички. За да се намали „шумот“, односно несаканите реакции во детекторите и да се зголемат шансите за успех, овие експерименти се одвиваат длабоко под површината на земјата.

Еден таков експеримент, наречен Large Underground Xenon experiment (LUX) од 2013 година се изведува во лабораторија која е сместена во пештера на длабочина од приближно 1500 m. Станува збор за резервоар со 10 тона чист течен гас ксенон кој е обиколен со детектор за фотони. Се претпоставува дека при взаемодејството на некоја „темна“ честичка со атом на ксенон, меѓу другото, ќе се

создадат и фотони со определена енергија кои што потоа треба да ги открие детекторот. Во досегашните истражувања се работи на смалување на областа на енергии и напречни пресеци каде што се очекува можното взаимодействие. Во меѓувреме е усовршен и нов детектор за фотони кој ќе биде до 50 пати поосетлив од претходникот, а ќе биде пуштен во работа во 2019 година.



Сл. 4. Графички приказ за дирекна детекција на темна материја.

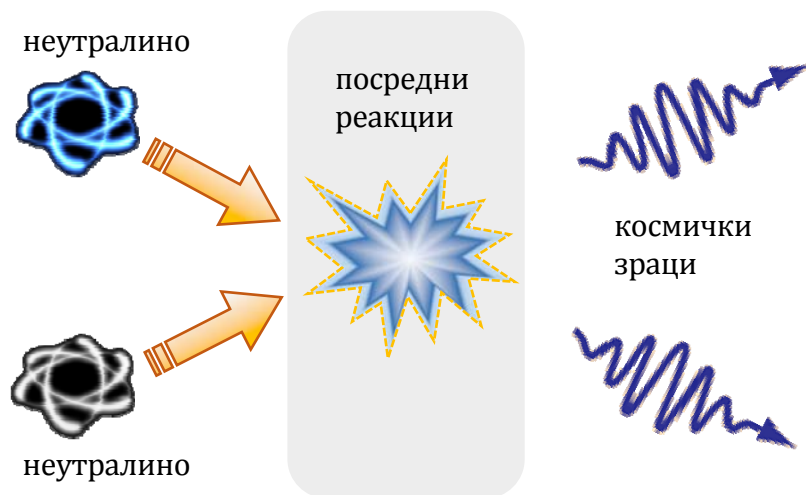
Експерименти за индиректна детекција

Во оваа група припаѓаат експериментите кои што присуството на темната материја го покажуваат индиректно преку „посредници“. Имено, се претпоставува дека при взаимодействие на две темни честички, на пример наутралини, меѓу другото се создава и посебен вид на космички зраци. Овој процес графички е прикажан на слика 5. Затоа, со цел да се откријат овие „посредници“, потребно е да се направат нов вид на супер-осетливи детектори. Еден таков детектор, наречен AMS (Alpha Magnetic Spectrometer), поставен е на Меѓународната вселенска станица ISS уште во 2011 година.

Покрај детекција на секундарни космички зраци, AMS детекторот чија вредност се проценува на околу 2 милијарди долари, интензивно работи и на детекција на антиматерија, поточно откривање на соодносот на изотопите на антихелиумот 3 и 4, како и мерења на спектарот на космичките зраци.

Што се однесува до резултатите од повеќегодишните мерења, од обработените резултати не може со сигурност да се потврди

постоењето на темна материја во форма каква ја истражува овој детектор. Од друга страна, добиени се информации кои значително може да го подобрат одговорот на прашањата од што е направена невидливата материја во вселената и што се случило со првичната антиматерија.



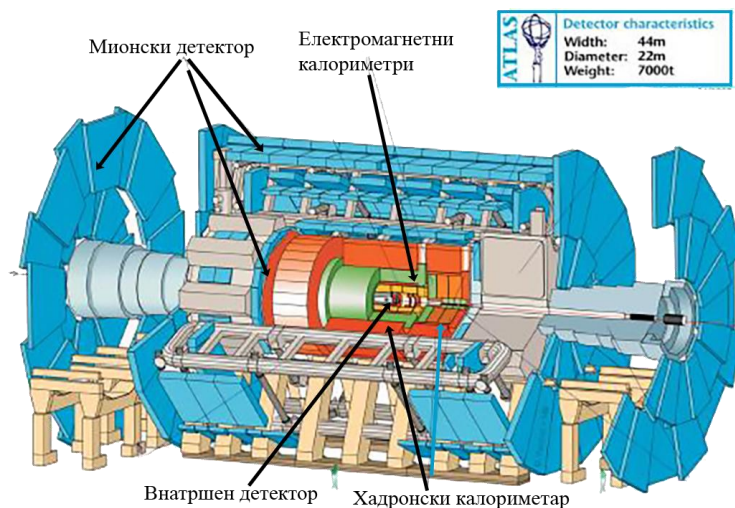
Сл. 5. Графички приказ за индиректна детекција на темна материја.

„Производство“ на темна материја

Во овој случај зборуваме за експерименти што се изведуваат со помош на LHC (Large Hadron Collider) во ЦЕРН, Швајцарија. Оваа постројка, заедно со придружните помошни компоненти како што се детекторите ATLAS, CMS, ALICE, LHCb како и суперкомпјутерскиот центар, се можеби најкомплексната „лабораторија“ која ја има направено човекот. Нејзината вредност се проценува на над 10 милијарди долари.

Имајќи предвид дека задачата на детекторите е да ја детектираат материјата т.е. честичките што се креираат при судир на енергетските снопови, јасно е зошто LHC со право може да се нарече постројка за „производство“ на материја, секако и на антиматерија.

Кога станува збор за темната материја, од интерес се детекторите ATLAS и CMS. Заради сличност на анализите, на слика 6 е прикажан само еден од нив.



Сл. 6. Графички приказ на детекторот ATLAS.

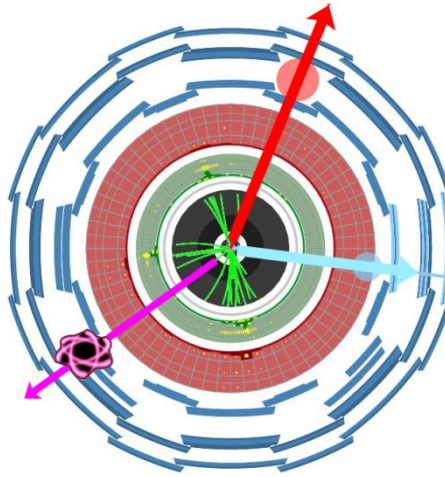
Иако овој детектор има огромни димензии, (44x22) m, и јаки магнетни полиња, поради слабата интеракција со видливата материја темните честички го напуштаат како и да не постои. Затоа се поставува прашањето како успеваме да го откриеме, барем теориски, создавањето на темната материја со ATLAS или CMS?

Во прашање се законите за запазување кои се универзални во вселената, па според тоа важат и за темната материја! Значи, доколку во детекторот се случи настан кој е прикажан на слика 7, при што детекторот открил честички или фотони прикажани со горната и десната стрелка, тогаш заради запазување на законите за енергија и импулс **мора да постојат и честички** кои детекторот не ги „видел“ а се означени со долната лева стрелка.

Физички, оваа „невидлива“или недетектирана честичка може да биде кандидат за темна материја. Секако, за да се потврди тоа, сигналот означен со долната лева стрелка треба да се анализира и потоа да се донесе заклучок дека тој не припаѓа на ни една позната „светла“ честичка. Во пракса, вакви сигнали се добиваат често, но вообичаено припаѓаат на неутрина!

Пресметките покажуваат дека веројатноста да се добие само една честичка од темна материја е 10^{-15} , што значи на 10^{15} светли честички само една е темна и таа треба да се улови! Ова е навистина редок настан, но секако можен, па за да се избегнат статистичките грешки настанот треба да се потврди и од двата детектори.

Засега, од анализираните податоци не е откриен ниту еден кандидат за темна честичка.

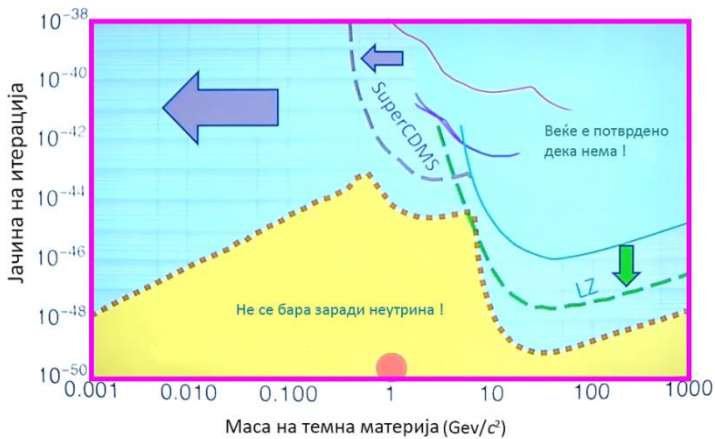


Сл. 7. Можен настан за темна материја откриен со ATLAS или CMS.

Заклучок

Иако во сите досегашните експерименти со сигурност не е детектирани ниту еден вид на темна материја, може да се каже дека тоа не значи дека таа не постои.

Во прилог на ова оди значителното намалување на областите на енергии и веројатности за судири каде што може да се јави темна материја (слика 8).



Сл. 8. Можни области на енергија и веројатност за настан за темна материја.

На слика 8 областа под испрекинатата линија не е достапна за темна материја затоа што се совпаѓа со настаните каде се добива неутрино. Значи, темната материја треба да бара над оваа област односно над испрекинатата линија. Десниот дел од оваа област треба да одземе затоа што се смета дека тоа го препорачуваат досегашните експерименти, што значи дека можната енергетска граница е во областа од (0.001 до 10) GeV.

Ситуацијата многу наликува на онаа за Хигсовиот бозон кој е откриен токму со LHC. Се смета дека технологијата е доволно прецизна и моќна, но едноставно треба време, а можеби и среќа за темната материја конечно биде детектирана. Во таа насока одат и предвидувањата дека отприлика 2025 година може да биде горна временска граница кога откритието ќе биде направено. Останува да бидеме упорни и стрпливи за да видиме дали ова предвидување е точно.

e-mail: nacestoj@pmf.ukim.mk

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

Литература

- [1] <https://sanfordlab.org/experiment/lux-experiment>
- [2] <https://home.cern/science/experiments/ams>
- [3] <https://www.americanscientist.org/article/searching-for-dark-matter>

ПОТРАГА ПО АНТИМАТЕРИЈАТА ВО ЦЕРН

Ангела Глигорова

Вовед

Едно од најважните отворени прашања во однос на нашето разбирање на вселената и нејзините физички закони е т.н. барионска асиметрија, или недостигот на антиматерија. Според теоријата на Големата експлозија (Big Bang), при настанокот на вселената би требало да бидат создадени еднакви количества на материја и антиматерија. Сепак сите ние и сè околу нас, вклучувајќи ги и најоддалечените галаксии откриени со астрономски набљудувања, е составено од материја и ниедно истражување досега не забележало значително количество на антиматерија во нашиот универзум. Еден од најголемите предизвици на модерната физика е да открие што се случило со антиматеријата, или зошто материјата е застапена многу, многу повеќе.

Што е всушност антиматерија? Познато е дека секоја честичка има своја античестичка, која има иста маса но спротивен лептонски/барионски број и спротивен електричен полнеж. Честичките и античестичките секогаш се создаваат во парови, односно енергијата може да се претвори во материја само доколку истовремено се создаде и еднакво количество на антиматерија. Секако, важи и обратното: кога честичка и нејзината соодветна античестичка дојдат во контакт, настанува нивно поништување или анихилација, при што се ослободува енергија.

Се претпоставува дека при Големата експлозија, после многу мал дел од секундата, универзумот претставувал жешка и многу густа маса во која честичките и античестичките постојано се создавале и анихилирале. Сепак материјата и антиматеријата не се уништиле целосно и многу мал дел од материјата, околу една честичка на милијарда, успеал да опстои. Како последица на тоа настанале сите небесни тела кои денес ни се познати. Изгледа дека некаков физички механизам допринел за создавање на ваквата нерамнотежа, но за физичарите природата на таквиот процес е сè уште непозната. Еден од начините на кои тие се обидуваат да ја решат оваа мистерија е преку создавање на антиматерија во лабораторија и мерење на нејзините физички својства, за потоа тие да бидат споредени со оние на материјата.

Кратка историја на лабораториските истражувања со антиматеријата

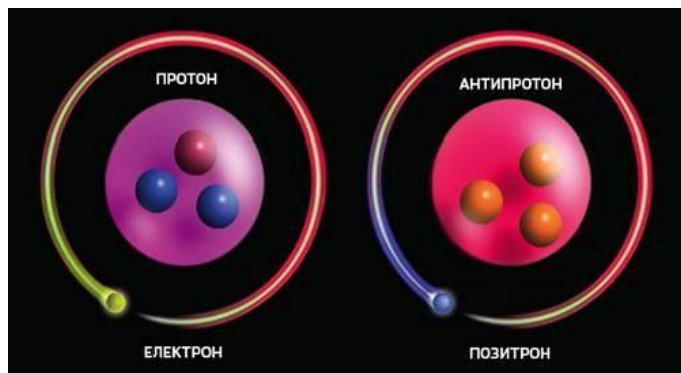
Постоењето на антиматеријата за првпат е предвидено од страна на Пол Дирак (Paul Dirac) во 1928 година. Тој во брановата равенка за електронот ја вклучил специјалната теорија на релативноста и при решавањето добил решенија кои одговараат на состојби со негативна енергија. Иако на почетокот не било јасно на која честичка се однесуваат овие решенија, Дирак сметал дека тие укажуваат дека за секоја честичка постои соодветна античестичка со иста маса но спротивен електричен полнеж. Експерименталниот доказ следел во 1932 година кога Карл Андерсон (Carl Anderson) го открил позитронот (античестичката на електронот), при детекција на космички зраци.

Првите антинуклеони, пак, се откриени дури дваесетина години подоцна, со конструкцијата на првите акцелератори: антипротонот во 1955 година и антинеутронот во 1956 година во акцелераторот наречен Беватрон (Bevatron) во Беркли, Калифорнија.

Во 60-тите и 70-те години на минатиот век истражувањето на антиматеријата започнува и во ЦЕРН – Европскиот центар за нуклеарни истражувања (CERN: European Organization for Nuclear Research), при што акцентот е ставен на анихилација меѓу нуклеони и антинуклеони. Во 1983 во ЦЕРН започнува со работа првиот декцелератор (забавувач) на антипротони - LEAR (Low Energy Antiproton Ring), кој дава огромен придонес во проучувањето и разбирањето на процесот на анихилацијата меѓу протони и антипротони при ниски енергии. Сепак, најзначајниот експериментален резултат во склоп на LEAR е создавањето на првите атоми на антиводород во 1996 година, кои се и првите атоми составени од антиматерија воопшто синтетизирани во лабораторија. Антиводородот е наједноставниот атом изграден од антиматерија, и аналогно на водородот се состои од еден антипротон и еден позитрон (слика 1).

Иако овој резултат бил од големо значење за напредокот во областа на антиматеријата, антиводородните атоми создадени во LEAR биле со огромна енергија и се движеле со релативистички брзини, поради што била исклучена секоја можност за прецизни мерења на нивните физички својства. Било јасно дека е потребно да се произведе антиводород со ниски енергии, но и дека за таа цел е потребно антипротоните да се забават до енергии од неколку килоелектронволти (keV). Тоа довело до развој и изградба на следбеникот на LEAR, т.н. AD (Antiproton Decelerator, AD) или во превод Декцелератор на антипротони. Оваа посебна машина е единствената во светот која произведува сноп од антипротони. Со

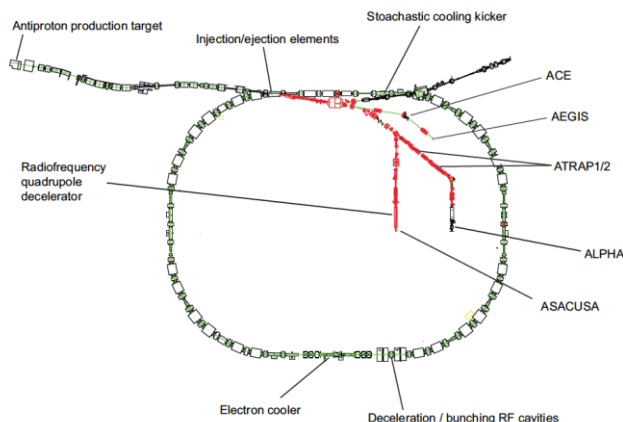
работа започнала за првпат во 2000 година и создава антипротони со енергија од 5,3 MeV кои се користат во повеќе експерименти во ЦЕРН.



Сл. 1. Шематски приказ на водород и антиводород

Како се создаваат антипротоните во овој декцелератор? Сè започнува со забрзување на сноп од протони до многу висока енергија од околу 26 GeV. Вака забрзаните протони се насочуваат кон мета направена од метал, најчесто од бакар или иридиум. Поради големата енергија која се ослободува при овој судир се создаваат најразлични честички, меѓу кои и парови на протони и антипротони. Веројатноста за создавање на еден пар од протон и антипротон е само 10^{-4} , што значи дека на секои 10 000 протони кои се судираат со метата ќе се создаде само еден пар од протон и антипротон. Понатаму овие антипротони се водат во Декцелераторот со помош на јаки магнетни полиња и почнуваат да се забавуваат.

Како што се гледа од шематскиот приказ на слика 2, Декцелераторот претставува круг со периметар од околу 188 m. Тој се состои од вакуумска цевка во која кружат антипротоните, а по целата негова должина се поставени диполни магнети кои служат за да ги држат честичките на кружната патека, како и квадруполни магнети кои служат за фокусирање на снопот од антипротони. Освен од магнети, тој се состои и од радиофреквентни системи кои создаваат електрични полиња што ги забавуваат негативно наелектризираните антипротони. Освен што се забавуваат, антипротоните во декцелераторот и се ладат, односно им се намалува енергијата со која осцилираат. Секако, поради анихилацијата која се случува кога материјата и антиматеријата доаѓаат во контакт, сите лабораториски истражувања на антиматеријата се вршат во услови на ултра висок вакуум од околу 10^{-12} mbar.



Сл. 2. Шематски приказ на Декцелераторот на антипротони во ЦЕРН. Обележани се и различните експерименти кои ги снабдува со антипротони.

Првото успешно синтетизирање на нискоенергетски антиводород е направено со комбинирање на антипротони од Декцелераторот во ЦЕРН и позитрони од ^{22}Na радиоактивен извор. Резултатот е објавен во 2002 година од страна на експериментот ATHENA (AnTiHydrogEN Apparatus), а подоцна истата година и од експериментот ATRAP (The Antihydrogen trap). Овие достигнувања отвораат можност истите спектроскопски техники и мерења кои се веќе направени за изучување на водородниот атом да се применат и на антиводородниот атом. Прецизните споредби помеѓу физичките својства на водородот и антиводородот се едни од начините преку кои научниците се обидуваат да ја откријат причината за недостатокот на антиматерија.

Експерименти со антиводород во ЦЕРН

После создавањето на првите антиводородни атоми кои имаат доволно ниска енергија за да може да се заробуваат и манипулираат, во Декцелераторот на антипротони во ЦЕРН започнува нова ера на прецизни мерења на својствата на антиводородот. И ден денес тој останува единствениот атом изграден од антиматерија кој може да се произведе во лабораторија. Во ЦЕРН постојат неколку експерименти кои се фокусирани на различни мерења поврзани со антиматеријата, и тоа:

- ATRAP (The Antihydrogen trap) или во превод Стапица за антиводород.

- ASACUSA (The Atomic Spectroscopy and Collisions Using Slow Antiprotons) или во превод Атомска спектроскопија и удири со користење на нискоенергетски антипротони.
- ALPHA (Antihydrogen Laser Physics Apparatus) или во превод Систем за ласерска физика со антиводород.
- AEGIS (Antimatter Experiment: gravity, Interferometry, Spectroscopy) или во превод Експеримент за антиматерија: гравитација, интерферометрија и спектроскопија.
- GBAR (Gravitational Behaviour of Antihydrogen at Rest) или во превод Гравитационо однесување на антиводородот во мирување.
- BASE (The Baryon Antibaryon Symmetry Experiment) или во превод Експеримент за симетријата помеѓу бариони и антибариони.

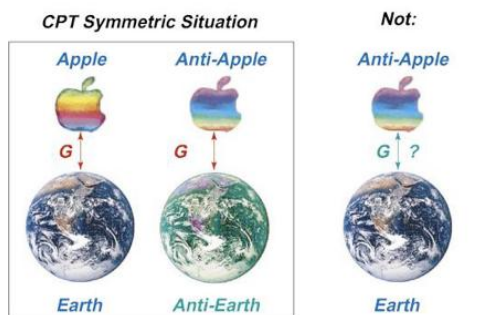
Секој од овие експерименти, освен BASE, има за цел да измери некое физичко својство на антиводородот и да го спореди со она на водородот. BASE, пак, врши мерења и споредби со ултра висока прецизност помеѓу својствата помеѓу протонот и антипротонот. Еден од нивните најзначајни резултати е мерењето на магнетниот момент на антипротонот со точност од 10^{-6} .

ATRAP има за цел да зароби антиводородни атоми и да изврши прецизни спектроскопски мерења.

ASACUSA се стреми кон одредување на хиперфината структура на антиводородот, односно прецизно мерење на разделувањето на атомските спектрални линии во присуство на магнетно поле. Еден дел од ASACUSA, пак, е посветен на создавање и изучување на хибридни метастабилни атоми, како што е антипротонски хелиум, кој се формира со замена на еден од електроните во хелиумот со антипротон.

ALPHA експериментот е единствениот од горенаведените кој во последните години успеа да направи прецизни спектроскопски мерења врз атомот на антиводород. Серијата успешни мерења на ALPHA започнуваат во 2012 год., кога за првпат успеваат да ги заробат електрично неутралните атоми на антиводород во магнетна стапица на температура од 0,5 K, за време од 1000 s. Вака заробените антиатоми имаат многу мала енергија од околу 50 μeV и врз нив може да се дејствува со ласерски снопови. Во 2016 година ALPHA за првпат ја измери брановата должина на $1S-2S$ преминот на антиводородот, и покажа дека е иста со онаа на водородот со точност од 10^{-12} . Оттогаш ALPHA постигна уште некои значајни резултати, како на пример набљудување на Лајман алфа линијата од $1S-2P$ преминот од

спектарот на антиводородот, со користење на ласерски сноп со бранова должина од 121 nm. При споредба со вредноста на истиот премин кај водородот најдено е совпаѓање со точност од 10^{-8} . Овој експеримент исто така успеа да го оствари и првото мерење на хиперфината структура на антиводородот и покажа дека раздвојувањето на спектралните линии во магнетното поле се совпаѓа со она на водородот со точност од 10^{-4} .



Сл. 3. Шематски приказ на гравитационото взаемнодејство во случај на CPT симетрија, како и помеѓу материја и антиматерија.

AEGIS, пак, е експеримент кој започна со работа во 2012 година и има за цел да го измери гравитационото взаемнодејство помеѓу материјата и антиматеријата, односно гравитационото забрзување за антиводородот. Ваквото мерење би било првото директно мерење на дејството на Земјината гравитација врз антиматеријата и би покажало дали гравитационото взаемнодејство меѓу материјата и антиматеријата е привлечно (како што е случај помеѓу две тела изградени од материја), како и колкаво е тоа взаемнодејство.

Постојат повеќе теории околу потенцијалното однесување на антиматеријата во гравитационото поле на Земјата. Некои од нив предвидуваат дека Принципот на еквивалентност од теоријата за општата релативност на Ајнштајн важи и за антиматеријата, што би значело дека гравитационото забрзување на водородот и антиводородот се исти. Други теории, пак, предвидуваат дека антиводородот би паѓал со малку поразлично забрзување од водородот, а постојат и такви теории кои предвидуваат антигравитација, односно дека антиводородот би се одбивал од Земјата и би „паѓал“ нагоре. За поедноставно да го разбереме ова мерење, може да направиме аналогија со јаблкот на Њутн, шематски прикажана на слика 3. Имено, познато е дека јаблко (или било кое друго тело) кое е пуштено слободно, паѓа надолу кон Земјата. Поради CPT (Charge, Parity, Time) симетријата, идентична ситуација би имале кога јаблко направено од антиматерија би било

пуштено на Земја направена од антиматерија и тогаш тие би се привлекувале. Но прашањето кое AEGLS се обидува да го одговори е со какво забрзување и на кој начин би паѓало јаболко направено од антиматерија во гравитационото поле на Земјата. Секако, за таа цел AEGLS ќе го набљудува гравитационото однесување на атоми од антиводород. Освен AEGLS, и GBAR и ALPHA експериментите се во трка за првото мерење на гравитационото забрзување на антиводородот.

Што понатаму?

При досегашните лабораториски испитувања на антиводородот и неговата споредба со водородот (како на пример на некои линии од емисиониот спектар), не е пронајдена никаква разлика. Со помош на различни видови на ласери ќе продолжат мерењата и на други спектрални линии на антиводородот, а секако ќе се зголемува и нивната прецизност. Паралелно на тоа, физичарите во Декселераторот на антипротони во ЦЕРН се обидуваат да го измерат и влијанието на гравитационата сила врз антиматеријата. Иако се смета за малку веројатно, можеби ќе се покаже дека токму постоењето на антигравитација е причината за постоечката асиметрија во Вселената. Но засега сè е во доменот на теориски претпоставки. Истражувањата во следните години ќе покажат дали токму директните споредби помеѓу водородот и антиводородот ќе укажат на некаква асиметрија која овозможила опстанок само на одредено количество материја, и ќе дадат одговор на прашањето зошто живееме во свет изграден од материја, а не од антиматерија.

e-mail: angela.gligorova@cern.ch

Напомена: Авторот е дипломиран студент по физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје. Докторирала на Универзитетот во Берген, Норвешка, со константни истражувања на експериментот AEGLS во ЦЕРН. Во моментот е на постдокторски студии за субатомска физика во Виена, при Австриската академија на науки.

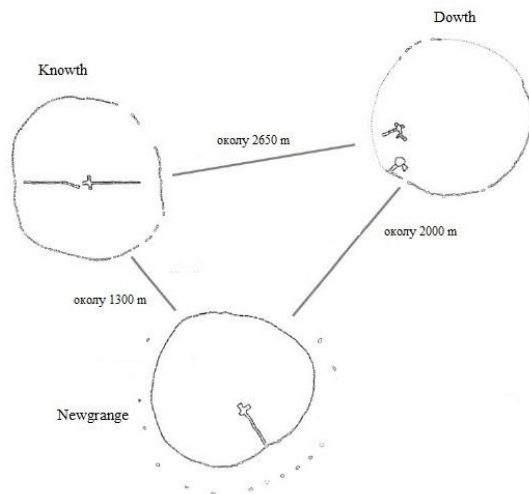
Литература

- [1] M. Hori, J. Walz, *Physics at CERN's Antiproton Decelerator*, Progress in Particle and Nuclear Physics, Vol. 72 (2013) 206-253.
- [2] <https://home.cern/science/physics/antimatter>

КОМПЛЕКСОТ Brú na Bóinne И НЕГОВОТО АСТРОНОМСКО ЗНАЧЕЊЕ

Моника Пешевска

Комплексот Бру на Боин (ирски: Brú na Bóinne) се наоѓа на северниот брег на самата река Боин (англиски: Boyne), во грофовијата Мит, Ирска. Самото име на овој комплекс во превод значи дворецот или палатата на Боин. Оваа област од источната, западната и јужната страна излегува на реката Боин, додека од северната страна излегува на реката Маток (англиски: Mattock). Таа е една од најзначајните предисториски области која датира уште од Неолитот¹ и содржи големи мегалитски гробници како и околу 90 споменици. Од нив најзначајни и највпечатливи се трите ридови-гробници: Њугрејнџ, Ноут и Даут (англиски: Newgrange, Knowth и Dowth). Самите ридови се големи мегалитски гробници кои заедно со придружените споменици се така изградени за да може да бидат видливи меѓусебно. Според досегашните истражувања, Њугрејнџ бил изграден околу 3 100 година пред нашата ера или можеби неколку години подоцна.



Сл. 1. Скица на трите ридови-гробници и растојанието меѓу нив

¹ Овој период започнал околу 10 200 години п.н.е. , а завршил некаде од 4 500 до 2 000 години п.н.е.

Нот (Knowth)

Истражувачот Мартин Бренан (Martin Brennan) во 1980 година забележал поврзаност на овој рид со изгревот и заоѓањето на Сонцето на деновите во кои има рамноденица. Биле откриени две масивни гробници со отвор, при што отворот од едната гробница е свртен приближно кон исток (односно свртен е кон точката во која изгрева сонцето при рамноденица), а отворот на другата гробница е свртен приближно кон запад (односно свртен е кон точката во која заоѓа сонцето при рамноденица). До овие гробници водат долги премини при што источниот премин е долг околу 40,2 m, додека западниот премин е долг околу 34,2 m. На 13 септември 1980 година (на 9 дена пред рамноденицата) Мартин го набљудувал заоѓањето на сонцето од западниот премин. Тој забележал дека сончевите зраци директно продираат во преминот и три дена подоцна (на 16 септември) било фотографирано движењето на светлината како и на сенките во внатрешноста на преминот и надвор, кај камењата поставени на западниот отвор. Набљудувањата покажале дека како што се доближува рамноденицата така сончевите зраци продирале подлабоко во преминот (до гробницата на крајот од преминот). Се забележале и промени во сенките кои ги прават надворешните исправени камења врз камењата поставени на самиот отвор од ридот. Значи се дошло до заклучок дека при изгревот на сонцето сончевите зраци директно продираат во гробницата која е свртена со отворот кон исток при што тие влегуваат во просторијата каде биле сместени гробовите, додека кај другата гробница која е свртена со отворот кон запад поради свртувањата во ходникот сончевите зраци не продираат до просторијата каде биле сместени гробовите.

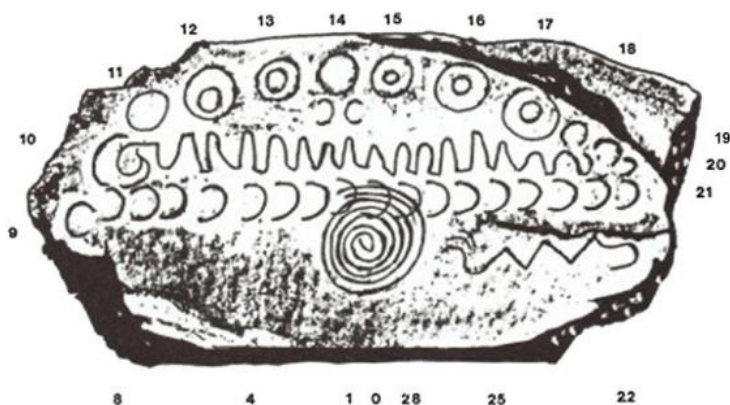
Сепак, подоцна се увидело дека источниот и западниот премин сепак не се така поставени за да сончевите зраци директно продираат на деновите во кои има рамноденица. Подеталните истражувања покажале дека сончевите зраци во западниот премин продираат најдлабоко (при зајдисонцето) околу 2 недели после есенската рамноденицата и аналогно, околу 2 недели пред пролетната рамноденица. Нивното истражување покажало дека сончевите зраци во источниот премин (при изгревот) најдлабоко продираат на околу 6 дена пред есенската рамноденица и на околу 6 дена после пролетната рамноденица.

Самите премини низ кои минуваат сончевите зраци (кои потоа ги осветлуваат сидовите од гробниците во внатрешноста од ридот) се многу прецизен начин за следење на движењето на сонцето (во споредба со употребата на сончев часовник или гномон). Имајќи ги во предвид малите промени кои се случуваат во аголот што го зафаќаат земјиниот екватор и еклиптиката (поради разни пертурбации), овие

премини се и трајни структури за кои речиси и нема потреба од порамнување односно тие ќе продолжат долго време да даваат точни резултати за мерењата еднаш штом се конструирани.

Сепак, сите истражувања кои биле правени кај овој рид не довеле до ист заклучок. Археоастрономите Антони Марфи (Antony Murphy) и Ричард Мур (Richard Moore) посочувале дека овие премини не служат за пропуштање на сончевите зраци при рамнодениците, туку тие имаат доста покомплексна функција односно овие археоастрономи сметаат дека овие премини биле изградени и биле употребувани за вршење на калибрација на хармонизацијата на сончевите и лунарните циклуси. Тие вршеле мерења на циклусите при што ги набљудувале месечината и сонцето при рамнодениците и така ги броеле циклусите на месечината во однос на циклусите на сонцето. Добиле дека има околу 13 синодички лунарни месеци (од околу 29 дена) во секој тропски соларен циклус од околу 365 дена. Може да се увиди дека постои поврзаност меѓу бројот на лунарни месеци и годишните времиња, па затоа, со цел да се добие врската меѓу соларниот и лунарниот циклус, денес астрономите одбираат фиксна точка за сонцето (на пример, при рамноденицата или солстициј) и го одредуваат движењето на месечината во однос на оваа точка.

Кога станува збор за камењата кои се поставени долж рабовите на самиот рид, на нив може да се забележат голем број на цртежи, во најголем дел кругови, полукругови и спирали. Еден од позначајните цртежи е цртежот на каменот K52 или SW22 (скратеница од Southwest 22- дваесет и втори камен на југозападната страна). На овој камен може да се забележат 29 кругови и полукругови кои се изрезбани околу долгата брановидна линија во средишниот дел од каменот. Овие кругови и полукругови потсетуваат на лунарните циклуси на месечината. Бројќи во насока на стрелките на часовникот, младата месечина е првиот полукруг кој се наоѓа веднаш до спиралата во средишниот дел. Полукруговите преминуваат во кругови како што се менува лунарната фаза при што се забележува дека во средишниот дел од горниот дел на каменот има круг кој најверојатно ја претставува полната месечина. Потоа круговите постепено преминуваат во полукругови при што повторно се доаѓа до спиралата во која може да се забележат три полукруга. Најверојатно овие три полукругови ги симболизираат трите дена во месецот кога месечината не може да се види на небото. После тие три дена повторно имаме млада месечина и циклусот се повторува.



Сл. 2. Приказ на каменот SW22 или K52 и цртежите кои се изрезбани на него

Со анализирање на брановидната линија околу која се распоредени круговите и полукруговите може да се изброи дека оваа брановидна линија има 31 возвишување и вдлабнување, при што линијата се повторува назад. Ако се избројат деновите во 12 лунарни месеци ќе се добијат околу 354 денови. За споредба, бројот на денови во еден сончев циклус е околу 365 дена. Поради оваа разлика во деновите, за 5 сончеви циклуси ќе има околу 62 лунарни циклуси (месеци) што е всушност за околу 2 лунарни месеци повеќе од очекуваните $5 \times 12 = 60$ лунарни месеци. И ако се забележи дека бројот на возвишувања и вдлабнувања во брановидната линија е $2 \times 31 = 62$ (линијата се враќа, 31 во една насока и 31 во обратната насока) тогаш можеме да забележиме дека најверојатно овие луѓе ја забележале оваа хармонизација на лунарниот и сончевиот циклус и ја претставиле преку оваа брановидна линија.

Марфи и Мур ја продлабочиле анализата на овој цртеж и тие го толкувале и значењето на брановидната линија во десниот дел од долниот дел на каменот. На оваа брановидна линија може да се забележат 7 возвишувања и вдлабнувања. Тие оваа брановидна линија ја протолкувале како линија која го симболизира Метоновит циклус. За 19 соларни циклуси (19×365 дена) месечината прави 235 лунарни месеци. Кога 7 (бројот на возвишувања и вдлабнувања во кратката брановидна линија) ќе се помножи со 31 (бројот на возвишувања и вдлабнувања во долгата брановидна линија) се добива 217. Над подолгата брановидна линија може да се забележат два полукруга кои се наоѓаат над 18 пик во линијата (тоа е всушност вдлабнување) броејќи од десно кон лево. Кога 18 би се собрало со 217 се добива точно 235 што е еднакво на бројот на лунарни месеци во 19 соларни циклуси.

Њугрејнц (Newgrange)

Гробниците во Њугрејнц биле откриени од страна на археологот Мајкл Ј. О'Кели (Michael J. O'Kelly). Тој внимателно ги проучувал камењата кои биле пронајдени внатре, вршел реконструкција на самата гробница при што собирал податоци за техниките на градење и хронологијата на самата градба. Ридот во чија внатрешност се наоѓа гробницата е висок околу 14 метри, а широк околу 91 метри. Гробницата е изградена од кварцен кристал и при осветлувањето од Сонцето оваа гробницата светка што ја прави еден од најимпресивните мегалитски монументи. Во истражувањето на овој објект О'Кели открил отвор над самиот влез во гробницата што ги пропуштал зраците при изгрејсонцето на најкраткиот ден во годината (зимски солстициј). Сончевите зраци при изгревот на Сонцето продираат низ отворот над влезот од гробницата и го осветлуваат целиот ходник (премин) при што во минатото првиот сончев зрак индиректно го осветлувал сидот на кој се нацртани спирали. Денес сончевите зраци продираат долж ходникот околу 4 минути после изгрејсонцето, но пресметките извршени врз податоците за променливоста на осниот наклон на Земјата покажале дека пред 5 000 години првиот сончев зрак паѓал точно долж правецот кој покажувал на спиралите нацртани на сидот. Самиот ходник низ кој минуваат сончевите зраци е кривулест па затоа сончевите зраци во текот на целата година не продираат до крајот на ходникот. Тие продираат долж ходникот за вредности на азимутот на сонцето во границите $[133^{\circ} 49', 137^{\circ} 29']$ со средна грешка од околу $3'$. Камењата кои го формираат отворот влијаат врз (ја ограничуваат) ширината на сончевиот зрак, така што ширината при влезот во гробницата е околу 8 cm. Минималната алтитуда при која сончевите зраци можат да навлезат во одајата е еднаква на висината на локалниот хоризонт и таа е околу $55' \pm 2'$, додека максималната алтитуда при која сончевите зраци се уште ја осветлуваат одајата е $2^{\circ} 11' \pm 2'$. Земајќи ја во предвид промената на осниот наклон на Земјата, во периодот кога била изградена оваа гробница сонцето изгревало при азимут од $133^{\circ} 54' \pm 4'$ и сончевите зраци точно продирале низ отворот над влезот од гробницата. Сончевиот зрак што паѓал на подот од одајата бил широк нешто помалку од 10 cm и и бил долг околу 2 m при што минувал точно низ средишниот дел од одајата (која се наоѓа на крајот од ходникот).

Околу самиот рид Њугрејнц, по самите рабови се распоредени камења кои се обележани со броеви. Каменот што се наоѓа пред самиот влез се бележи со K1, додека каменот што е дијаметрално спротивен на влезниот камен се бележи со K52. Овие камења се декорирани со спирали при што се поделени на половина. На левата

страна од самата разделувачка линија има спирали кои се во насока на стрелките на часовникот, додека на десната страна се наоѓаат спирали кои се во спротивна насока од насоката на стрелките на часовникот. Се претпоставува дека овие спирали го симболизираат движењето на сонцето односно дека тие ги прикажуваат промените на точката во која изгрева сонцето. По зимскиот солстициј точката во која изгрева сонцето се поместува кон север при што движењето престанува на летниот солстициј и по ова почнува обратно движење на точката во која изгрева сонцето (кон југ) при што повторно имаме престанок на движењето на зимскиот солстициј.

Даут (Dowth)

Даут е ридот за кој се извршени најмалку истражувања, па затоа и има најмалку податоци за него. За овој рид се знае дека на почетокот бил највисок од сите ридови, но со текот на годините и постојаните кражби кои биле извршувани од разни минувачи, единствено што останало од него е голем отвор со форма на кратер, на самиот врв. Пред кражбите, на самиот врв од ридот имало павилјонче (летниковоц). Сепак, двата отвори кои постојат во самиот рид останале зачувани. И двата отвори се наоѓаат на југозападната страна, при што едниот е насочен кон југ, а другиот отвор кон север. Отворот што е насочен кон север е долг околу 18 m и води кон внатрешна одаја што има крстовидна форма. Отворот што е насочен кон југ е така поставен што погледот од отворот е ориентиран кон зајдисонцето во текот на зимата. Интересен е фактот што античкото име на овој рид е “куќа на темнината”, а самиот рид има отвор што е ориентиран кон делот од небото односно хоризонтот каде заоѓа сонцето во зима.

Од уметноста кај овој рид се издвојуваат два вертикални камења чии имиња се С6 и С7. Тие се наоѓаат во внатрешноста на одајата што е ориентирана кон југ. Сончевите зраци продираат во внатрешноста на овој отвор од ноември до февруари при што каменот С7 е така поставен што сончевите зраци директно го осветлуваат при краткоденицата. Каменот С6 е декориран со разни триаголни и квадратни форми, додека каменот С7 е повеќе декориран со брановидни линии. Околу самиот рид има 100 големи камења, при што околу 15 од нив се декорирани. Од декоративните симболи доминираат кругови низ кои поминуваат линии. Од овие камења можеме да го издвоиме каменот К51 кој уште се нарекува “каменот на седумте сонца” на кој може да се забележат седум декорации кои веројатно го претставуваат сонцето.

e-mail: monika.pesevska@gmail.com

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

Литература

- [1] David A. Kelly and Eugene F. Milone , Exploring ancient skies –An encyclopedic survey of archaeoastronomy, Springer, 2005
- [2] Kate Prendergast, Knowth passage-grave in Ireland: An instrument of precision astronomy?, Journal of Lithic Studies(2017), vol. 4, nr.4, pp. 67-76
- [3] Clive Ruggles, Ancient astronomy: An encyclopedia of Cosmologies and Myth, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2005
- [4] T.P.Ray, The winter solstice phenomenon at Newgrange, Ireland: accident or desing? Nature, vol. 337 (1989), pp. 343-344
- [5] Jack Roberts, The Bru na Boinne; The great passage cairns and prehistoric art of the Boyne valley, Adoranten, 2015
- [6] Iva Egertová, Newgrange, 2014 (Bachelor thesis)

ИНФОРМАЦИИ ЗА XX ЗИМСКА ШКОЛА ПО АСТРОНОМИЈА И ЗА НАТПРЕВАРОТ ПО АСТРОНОМИЈА ВО 2018 ГОДИНА

На 23 и 24 февруари 2018 на Институтот за физика при Природно-математичкиот факултет во Скопје се одржа XX Зимска школа по астрономија. На Школата присуствуваа околу 120 ученици и 20 професори од средните училишта од Република Македонија.

ПРОГРАМА за XX Зимска школа по астрономија

23.02.2018 (петок)

- 8:30 Регистрација на учесниците
- 9:30 Отворање на Школата
- 9:40 ПАРАЛЕЛНИ ВСЕЛЕНИ - Наце Стојанов
- 10:10 КВАЗАРИ – Олгица Кузмановска
- 10:50 НЕКОИ ТЕХНОЛОГИИ ОД СУШТИНСКО ЗНАЧЕЊЕ ЗА НАПРЕДОК
НА ВСЕЛЕНСКИТЕ ПАТУВАЊА – Ристе Попески Димовски
- 11:10 Пауза со оброк
- 12:00 ЈУПИТЕР И НЕГОВИТЕ САТЕЛИТИ –Моника Пешевска
- 12:40 КОСМОСОТ НА КАРЛ САГАН – Александар Ѓурчиновски
- 13:00 „СВЕЗДЕНИТЕ ПАТЕКИ“ И ФИЗИКАТА НА 21 ВЕК (II ДЕЛ) –
Моника Пешевска
- 13:30 Пауза со ужина
- 14:00 „ОУМУАМУА“ – ПРВИОТ ИНТЕРСТЕЛАРЕН ПОСЕТИТЕЛ –
Гордана Апостоловска
- 14:30 „TEACH ASTRONOMY“ - Ана Трпковска
- 15:15 Регистрација на учесниците на натпреварот

24.02.2018 (сабота)

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

На 24 февруари во рамки на Школата се одржа натпревар по астрономија. На него учествува 28 натпреварувачи при што најуспешните добија диплома од страна на Македонското астрономско друштво. Во прилог е табелата со наградените и пофалените натпреварувачи во стандардната категорија на натпреварот. За жал во олимписката категорија на натпреварот немаше учесници.

СТАНДАРДНА категорија			
1.	Бојана Стефаноска	ПСУ „Јахја Кемал“, Скопје	I место
2.	Викторија Митрева	СУГС „Раде Јовчевски-Корчагин“, Скопје	III место
3.	Филип Рајчевски	ОСУ „Св. Климент Охридски“, Охрид	III место
4.	Александар Стојчески	ПСУ „Јахја Кемал“, Струга	III место
5.	Дарија Велкова	СМУГС „Др. Панче Караџов“, Скопје	III место
6.	Јана Мајнова	ПСУ „Јахја Кемал“, Карпош, Скопје	пофалница
7.	Давид Леон Ѓорѓиоски	СУГС „Јосип Броз Тито“, Скопје	пофалница

Гордана Апостоловска
секретар на МАД



Астрономски календар за 2019 година

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

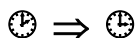
Гордана Апостоловска, Институт за физика, ПМФ, Скопје
gordanaapostolovska@gmail.com

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).

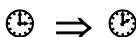
Нашата држава преку зимскиот период го користи Централното европско време (CET), а преку летниот период Централното европско летно време (CEST). Во зимскиот период официјалното време во државата ќе биде поголемо од Средното Гриничкото време (GMT) за еден час, а во летниот период за два часа. Наместо *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 2019 г. *летното мерење* на времето во Македонија ќе започне на 31 **март** во **02:00** часот официјално време (кога ќе се додаде еден час).



Зимското мерење на времето ќе започне на **27 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/>

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

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

Општи забелешки кон Астрономскиот календар

I. Изгреви и залези на Сонцето и Месечината во 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 *вистинското пладне* за тоа место.

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

III. Сезони, летно време, перихел и афел во 2019 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 2019 година

VI. Видливост на планетите во 2019 г.

VII. Затемнување на Сонцето и Месечината во 2019 година. Транзит на Меркур

VIII. Стеснет календар за метоерските роеви во 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 2019

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	
1	7 3	11 38	16 13	9 10		2 22	7 52	13 14	
2	7 3	11 38	16 14	9 11		3 26	8 40	13 48	
3	7 3	11 39	16 15	9 12		4 28	9 29	14 25	
4	7 3	11 39	16 15	9 12		5 27	10 19	15 7	
5	7 3	11 40	16 16	9 13		6 22	11 9	15 54	
6	7 3	11 40	16 17	9 14		7 12	11 58	16 45	
7	7 3	11 40	16 18	9 15		7 57	12 47	17 40	
8	7 2	11 41	16 19	9 17		8 35	13 34	18 37	
9	7 2	11 41	16 20	9 18		9 9	14 19	19 35	
10	7 2	11 42	16 22	9 20		9 40	15 3	20 33	
11	7 2	11 42	16 23	9 21		10 7	15 46	21 32	
12	7 1	11 42	16 24	9 23		10 33	16 28	22 31	
13	7 1	11 43	16 25	9 24		10 59	17 11	23 31	
14	7 1	11 43	16 26	9 25		11 25	17 55		
15	7 0	11 44	16 27	9 27		11 54	18 41	0 33	
16	7 0	11 44	16 28	9 28		12 26	19 31	1 38	
17	6 59	11 44	16 29	9 30		13 4	20 25	2 45	
18	6 59	11 45	16 31	9 32		13 49	21 23	3 54	
19	6 58	11 45	16 32	9 34		14 44	22 25	5 2	
20	6 58	11 45	16 33	9 35		15 48	23 29	6 7	
21	6 57	11 45	16 34	9 37		17 0		7 5	
22	6 56	11 46	16 36	9 40		18 16	0 31	7 54	
23	6 56	11 46	16 37	9 41		19 32	1 31	8 37	
24	6 55	11 46	16 38	9 43		20 46	2 28	9 13	
25	6 54	11 46	16 39	9 45		21 58	3 22	9 46	
26	6 53	11 47	16 41	9 48		23 7	4 12	10 17	
27	6 52	11 47	16 42	9 50			5 01	10 47	
28	6 52	11 47	16 43	9 51		0 14	5 50	11 17	
29	6 51	11 47	16 44	9 53		1 19	6 38	11 50	
30	6 50	11 47	16 46	9 56		2 22	7 26	12 26	
31	6 49	11 48	16 47	9 58		3 22	8 16	13 6	

ФЕВРУАРИ 2019

	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		
1	6	48	11	48	16	48	10	0	4	18	9	05	13	51
2	6	47	11	48	16	50	10	3	5	09	9	54	14	40
3	6	46	11	48	16	51	10	4	5	55	10	43	15	34
4	6	45	11	48	16	52	10	7	6	35	11	31	16	30
5	6	44	11	48	16	53	10	9	7	11	12	16	17	28
6	6	42	11	48	16	55	10	13	7	42	13	1	18	26
7	6	41	11	48	16	56	10	15	8	10	13	44	19	25
8	6	40	11	48	16	57	10	17	8	37	14	26	20	23
9	6	39	11	48	16	59	10	20	9	02	15	8	21	23
10	6	38	11	48	17	0	10	22	9	28	15	51	22	23
11	6	36	11	48	17	1	10	25	9	55	16	36	23	25
12	6	35	11	48	17	2	10	27	10	25	17	23		
13	6	34	11	48	17	4	10	30	10	59	18	13	0	30
14	6	32	11	48	17	5	10	33	11	39	19	7	1	35
15	6	31	11	48	17	6	10	35	12	27	20	5	2	42
16	6	30	11	48	17	8	10	38	13	24	21	6	3	46
17	6	28	11	48	17	9	10	41	14	31	22	8	4	46
18	6	27	11	48	17	10	10	43	15	45	23	10	5	39
19	6	25	11	48	17	11	10	46	17	2			6	26
20	6	24	11	48	17	13	10	49	18	19	0	9	7	6
21	6	23	11	48	17	14	10	51	19	35	1	6	7	41
22	6	21	11	48	17	15	10	54	20	48	2	0	8	14
23	6	20	11	48	17	16	10	56	21	59	2	52	8	45
24	6	18	11	48	17	18	11	0	23	7	3	42	9	16
25	6	17	11	47	17	19	11	2			4	32	9	49
26	6	15	11	47	17	20	11	5	0	13	5	22	10	25
27	6	13	11	47	17	21	11	9	1	15	6	12	11	4
28	6	12	11	47	17	22	11	10	2	13	7	1	11	48

МАРТ 2019

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
1	6 10	11 47	17 24	11 14	3 6	7 51	12 36
2	6 9	11 46	17 25	11 16	3 54	8 40	13 28
3	6 7	11 46	17 26	11 19	4 35	9 28	14 23
4	6 5	11 46	17 27	11 22	5 12	10 14	15 21
5	6 4	11 46	17 28	11 24	5 45	10 59	16 19
6	6 2	11 46	17 30	11 28	6 14	11 42	17 18
7	6 1	11 45	17 31	11 30	6 41	12 25	18 17
8	5 59	11 45	17 32	11 33	7 6	13 7	19 17
9	5 57	11 45	17 33	11 36	7 32	13 50	20 17
10	5 56	11 45	17 34	11 38	7 58	14 34	21 19
11	5 54	11 44	17 36	11 42	8 27	15 20	22 22
12	5 52	11 44	17 37	11 45	8 59	16 08	23 26
13	5 51	11 44	17 38	11 47	9 35	16 59	
14	5 49	11 44	17 39	11 50	10 19	17 54	0 31
15	5 47	11 43	17 40	11 53	11 11	18 52	1 34
16	5 45	11 43	17 41	11 56	12 11	19 52	2 34
17	5 44	11 43	17 42	11 58	13 19	20 51	3 28
18	5 42	11 42	17 44	12 2	14 33	21 50	4 15
19	5 40	11 42	17 45	12 5	15 49	22 47	4 57
20	5 39	11 42	17 46	12 7	17 6	23 42	5 34
21	5 37	11 42	17 47	12 10	18 21		6 8
22	5 35	11 41	17 48	12 13	19 35	0 36	6 40
23	5 33	11 41	17 49	12 16	20 47	1 28	7 12
24	5 32	11 41	17 50	12 18	21 56	2 20	7 45
25	5 30	11 40	17 52	12 22	23 2	3 11	8 20
26	5 28	11 40	17 53	12 25		4 3	8 59
27	5 26	11 40	17 54	12 28	0 04	4 54	9 42
28	5 25	11 39	17 55	12 30	1 01	5 45	10 29
29	5 23	11 39	17 56	12 33	1 51	6 35	11 21
30	5 21	11 39	17 57	12 36	2 35	7 24	12 16
31	6 20	12 39	18 58	12 38	4 13	9 11	14 13

АПРИЛ 2019

	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 18	12 38	18 59	12 41	4 47	9 56	15 11
2	6 16	12 38	19 0	12 44	5 17	10 40	16 10
3	6 14	12 38	19 2	12 48	5 44	11 23	17 9
4	6 13	12 37	19 3	12 50	6 10	12 5	18 9
5	6 11	12 37	19 4	12 53	6 36	12 48	19 10
6	6 9	12 37	19 5	12 56	7 2	13 32	20 12
7	6 8	12 37	19 6	12 58	7 29	14 17	21 15
8	6 6	12 36	19 7	13 1	8 0	15 5	22 20
9	6 4	12 36	19 8	13 4	8 35	15 56	23 25
10	6 3	12 36	19 9	13 6	9 16	16 50	
11	6 1	12 35	19 10	13 9	10 5	17 46	0 28
12	5 59	12 35	19 12	13 13	11 1	18 44	1 28
13	5 58	12 35	19 13	13 15	12 5	19 42	2 23
14	5 56	12 35	19 14	13 18	13 15	20 39	3 11
15	5 55	12 34	19 15	13 20	14 28	21 35	3 54
16	5 53	12 34	19 16	13 23	15 42	22 29	4 31
17	5 51	12 34	19 17	13 26	16 56	23 22	5 4
18	5 50	12 34	19 18	13 28	18 10		5 36
19	5 48	12 33	19 19	13 31	19 23	0 14	6 7
20	5 47	12 33	19 20	13 33	20 34	1 5	6 39
21	5 45	12 33	19 22	13 37	21 44	1 57	7 13
22	5 44	12 33	19 23	13 39	22 49	2 50	7 51
23	5 42	12 33	19 24	13 42	23 50	3 43	8 33
24	5 41	12 32	19 25	13 44		4 35	9 19
25	5 39	12 32	19 26	13 47	0 44	5 27	10 10
26	5 38	12 32	19 27	13 49	1 32	6 17	11 5
27	5 36	12 32	19 28	13 52	2 13	7 5	12 2
28	5 35	12 32	19 29	13 54	2 48	7 51	13 0
29	5 34	12 32	19 31	13 57	3 19	8 36	13 59
30	5 32	12 32	19 32	14 0	3 47	9 19	14 58

МАЈ 2019

	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 31	12 31	19 33	14 2	4 13	10 1	15 58	
2	5 29	12 31	19 34	14 5	4 39	10 44	16 59	
3	5 28	12 31	19 35	14 7	5 4	11 28	18 1	
4	5 27	12 31	19 36	14 9	5 31	12 13	19 4	
5	5 26	12 31	19 37	14 11	6 1	13 1	20 10	
6	5 24	12 31	19 38	14 14	6 35	13 51	21 16	
7	5 23	12 31	19 39	14 16	7 14	14 45	22 22	
8	5 22	12 31	19 40	14 18	8 1	15 41	23 24	
9	5 21	12 31	19 41	14 20	8 55	16 39		
10	5 20	12 31	19 43	14 23	9 57	17 37	0 21	
11	5 18	12 31	19 44	14 26	11 5	18 34	1 12	
12	5 17	12 31	19 45	14 28	12 16	19 29	1 55	
13	5 16	12 31	19 46	14 30	13 28	20 22	2 32	
14	5 15	12 31	19 47	14 32	14 40	21 14	3 6	
15	5 14	12 31	19 48	14 34	15 52	22 4	3 37	
16	5 13	12 31	19 49	14 36	17 3	22 55	4 6	
17	5 12	12 31	19 50	14 38	18 14	23 46	4 37	
18	5 11	12 31	19 51	14 40	19 24		5 9	
19	5 10	12 31	19 52	14 42	20 32	0 37	5 44	
20	5 9	12 31	19 53	14 44	21 36	1 30	6 24	
21	5 9	12 31	19 54	14 45	22 34	2 23	7 9	
22	5 8	12 31	19 55	14 47	23 25	3 16	7 59	
23	5 7	12 31	19 56	14 49		4 8	8 53	
24	5 6	12 31	19 57	14 51	0 10	4 58	9 49	
25	5 5	12 31	19 57	14 52	0 48	5 45	10 48	
26	5 5	12 31	19 58	14 53	1 20	6 31	11 47	
27	5 4	12 31	19 59	14 55	1 49	7 14	12 46	
28	5 3	12 32	20 0	14 57	2 16	7 57	13 45	
29	5 3	12 32	20 1	14 58	2 41	8 39	14 45	
30	5 2	12 32	20 2	15 0	3 6	9 21	15 46	
31	5 2	12 32	20 3	15 1	3 32	10 6	16 49	

ЈУНИ 2019

	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	
1	5	1	12	32	20	3	15	2	4	0	10	52	17	54
2	5	1	12	32	20	4	15	3	4	32	11	42	19	1
3	5	0	12	32	20	5	15	5	5	9	12	35	20	9
4	5	0	12	33	20	6	15	6	5	54	13	32	21	15
5	5	0	12	33	20	6	15	6	6	47	14	31	22	15
6	4	59	12	33	20	7	15	8	7	48	15	31	23	9
7	4	59	12	33	20	8	15	9	8	55	16	29	23	56
8	4	59	12	33	20	8	15	9	10	6	17	26		
9	4	58	12	33	20	9	15	11	11	19	18	20	0	35
10	4	58	12	34	20	9	15	11	12	31	19	11	1	10
11	4	58	12	34	20	10	15	12	13	42	20	1	1	41
12	4	58	12	34	20	10	15	12	14	52	20	50	2	10
13	4	58	12	34	20	11	15	13	16	1	21	40	2	39
14	4	58	12	34	20	11	15	13	17	10	22	30	3	10
15	4	58	12	35	20	12	15	14	18	17	23	21	3	43
16	4	58	12	35	20	12	15	14	19	22			4	20
17	4	58	12	35	20	12	15	14	20	22	0	14	5	2
18	4	58	12	35	20	13	15	15	21	17	1	6	5	49
19	4	58	12	36	20	13	15	15	22	5	1	59	6	41
20	4	58	12	36	20	13	15	15	22	45	2	50	7	37
21	4	58	12	36	20	14	15	16	23	20	3	38	8	36
22	4	59	12	36	20	14	15	15	23	51	4	25	9	35
23	4	59	12	36	20	14	15	15			5	9	10	34
24	4	59	12	37	20	14	15	15	0	18	5	52	11	33
25	4	59	12	37	20	14	15	15	0	44	6	34	12	32
26	5	0	12	37	20	14	15	14	1	8	7	16	13	32
27	5	0	12	37	20	14	15	14	1	33	7	58	14	33
28	5	1	12	37	20	14	15	13	2	0	8	43	15	36
29	5	1	12	38	20	14	15	13	2	29	9	31	16	42
30	5	1	12	38	20	14	15	13	3	04	10	22	17	49

ЈУЛИ 2019

	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	
1	5	2	12	38	20	14	15	12	3	44	11	17	18	57
2	5	2	12	38	20	14	15	12	4	34	12	16	20	1
3	5	3	12	38	20	14	15	11	5	32	13	17	21	0
4	5	4	12	39	20	13	15	9	6	39	14	18	21	51
5	5	4	12	39	20	13	15	9	7	51	15	18	22	34
6	5	5	12	39	20	13	15	8	9	6	16	14	23	11
7	5	5	12	39	20	13	15	8	10	20	17	08	23	44
8	5	6	12	39	20	12	15	6	11	32	17	59		
9	5	7	12	39	20	12	15	5	12	43	18	48	0	14
10	5	7	12	40	20	11	15	4	13	53	19	37	0	43
11	5	8	12	40	20	11	15	3	15	1	20	27	1	13
12	5	9	12	40	20	10	15	1	16	8	21	17	1	45
13	5	10	12	40	20	10	15	0	17	12	22	8	2	20
14	5	10	12	40	20	9	14	59	18	14	23	0	2	59
15	5	11	12	40	20	9	14	58	19	10	23	52	3	44
16	5	12	12	40	20	8	14	56	20	0			4	34
17	5	13	12	40	20	7	14	54	20	43	0	43	5	28
18	5	14	12	40	20	7	14	53	21	20	1	33	6	26
19	5	15	12	41	20	6	14	51	21	52	2	20	7	25
20	5	15	12	41	20	5	14	50	22	21	3	05	8	24
21	5	16	12	41	20	4	14	48	22	47	3	48	9	23
22	5	17	12	41	20	4	14	47	23	11	4	30	10	22
23	5	18	12	41	20	3	14	45	23	35	5	12	11	20
24	5	19	12	41	20	2	14	43			5	53	12	20
25	5	20	12	41	20	1	14	41	0	1	6	36	13	21
26	5	21	12	41	20	0	14	39	0	28	7	21	14	24
27	5	22	12	41	19	59	14	37	0	59	8	10	15	30
28	5	23	12	41	19	58	14	35	1	36	9	2	16	36
29	5	24	12	41	19	57	14	33	2	20	9	59	17	42
30	5	25	12	41	19	56	14	31	3	14	10	59	18	44
31	5	26	12	41	19	55	14	29	4	17	12	0	19	39

АВГУСТ 2019

	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	
1	5 27	12 41	19 54	14 27	5 28	13 2	20 27	
2	5 28	12 41	19 53	14 25	6 44	14 1	21 8	
3	5 29	12 41	19 51	14 22	8 1	14 58	21 43	
4	5 30	12 40	19 50	14 20	9 17	15 52	22 15	
5	5 31	12 40	19 49	14 18	10 31	16 43	22 46	
6	5 32	12 40	19 48	14 16	11 42	17 34	23 16	
7	5 33	12 40	19 46	14 13	12 52	18 24	23 47	
8	5 34	12 40	19 45	14 11	14 0	19 14		
9	5 35	12 40	19 44	14 9	15 6	20 5	0 21	
10	5 36	12 40	19 43	14 7	16 8	20 56	0 59	
11	5 37	12 40	19 41	14 4	17 5	21 48	1 42	
12	5 38	12 39	19 40	14 2	17 57	22 39	2 29	
13	5 39	12 39	19 38	13 58	18 42	23 29	3 22	
14	5 40	12 39	19 37	13 57	19 20		4 19	
15	5 41	12 39	19 36	13 55	19 54	0 16	5 17	
16	5 42	12 39	19 34	13 52	20 23	1 2	6 16	
17	5 43	12 38	19 33	13 50	20 50	1 46	7 15	
18	5 45	12 38	19 31	13 46	21 15	2 28	8 14	
19	5 46	12 38	19 30	13 44	21 39	3 10	9 13	
20	5 47	12 38	19 28	13 41	22 3	3 51	10 11	
21	5 48	12 37	19 27	13 39	22 29	4 33	11 11	
22	5 49	12 37	19 25	13 36	22 58	5 16	12 12	
23	5 50	12 37	19 23	13 33	23 31	6 2	13 15	
24	5 51	12 37	19 22	13 31		6 51	14 20	
25	5 52	12 36	19 20	13 28	0 11	7 44	15 24	
26	5 53	12 36	19 19	13 26	0 58	8 41	16 26	
27	5 54	12 36	19 17	13 23	1 56	9 41	17 24	
28	5 55	12 36	19 15	13 20	3 02	10 42	18 15	
29	5 56	12 35	19 14	13 18	4 16	11 42	18 59	
30	5 57	12 35	19 12	13 15	5 33	12 41	19 37	
31	5 58	12 35	19 11	13 13	6 51	13 37	20 12	

СЕПТЕМВРИ 2019

	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	
1	5	59	12	34	19	9	13	10	8	9	14	32	20	43
2	6	0	12	34	19	7	13	7	9	24	15	24	21	14
3	6	1	12	34	19	6	13	5	10	37	16	16	21	46
4	6	2	12	33	19	4	13	2	11	49	17	8	22	20
5	6	3	12	33	19	2	12	59	12	57	18	0	22	57
6	6	4	12	33	19	0	12	56	14	2	18	52	23	39
7	6	5	12	32	18	59	12	54	15	1	19	44		
8	6	6	12	32	18	57	12	51	15	55	20	36	0	26
9	6	7	12	32	18	55	12	48	16	41	21	26	1	17
10	6	9	12	31	18	54	12	45	17	22	22	14	2	13
11	6	10	12	31	18	52	12	42	17	56	23	0	3	10
12	6	11	12	31	18	50	12	39	18	27	23	44	4	9
13	6	12	12	30	18	48	12	36	18	54			5	9
14	6	13	12	30	18	47	12	34	19	19	0	27	6	8
15	6	14	12	30	18	45	12	31	19	43	1	9	7	6
16	6	15	12	29	18	43	12	28	20	7	1	50	8	5
17	6	16	12	29	18	41	12	25	20	32	2	31	9	5
18	6	17	12	29	18	40	12	23	21	0	3	14	10	6
19	6	18	12	28	18	38	12	20	21	31	3	59	11	7
20	6	19	12	28	18	36	12	17	22	7	4	46	12	10
21	6	20	12	27	18	34	12	14	22	50	5	37	13	13
22	6	21	12	27	18	32	12	11	23	42	6	30	14	15
23	6	22	12	27	18	31	12	9			7	27	15	12
24	6	23	12	26	18	29	12	6	0	42	8	26	16	4
25	6	24	12	26	18	27	12	3	1	51	9	25	16	50
26	6	25	12	26	18	25	12	0	3	5	10	23	17	30
27	6	26	12	25	18	24	11	58	4	22	11	20	18	6
28	6	27	12	25	18	22	11	55	5	40	12	15	18	38
29	6	28	12	25	18	20	11	52	6	57	13	9	19	10
30	6	30	12	24	18	18	11	48	8	13	14	2	19	42

ОКТОМВРИ 2019

	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	
1	6 31	12 24	18 17	11 46	9 28	14 56	20 15	
2	6 32	12 24	18 15	11 43	10 40	15 49	20 52	
3	6 33	12 23	18 13	11 40	11 49	16 43	21 33	
4	6 34	12 23	18 12	11 38	12 53	17 37	22 19	
5	6 35	12 23	18 10	11 35	13 50	18 30	23 10	
6	6 36	12 23	18 8	11 32	14 40	19 22		
7	6 37	12 22	18 7	11 30	15 23	20 11	0 5	
8	6 38	12 22	18 5	11 27	15 59	20 58	1 3	
9	6 39	12 22	18 3	11 24	16 30	21 42	2 2	
10	6 41	12 21	18 2	11 21	16 58	22 25	3 1	
11	6 42	12 21	18 0	11 18	17 24	23 7	4 0	
12	6 43	12 21	17 58	11 15	17 48	23 49	4 59	
13	6 44	12 21	17 57	11 13	18 12		5 58	
14	6 45	12 20	17 55	11 10	18 36	0 30	6 58	
15	6 46	12 20	17 53	11 7	19 3	1 13	7 59	
16	6 47	12 20	17 52	11 5	19 32	1 57	9 1	
17	6 49	12 20	17 50	11 1	20 07	2 44	10 4	
18	6 50	12 19	17 49	10 59	20 47	3 33	11 8	
19	6 51	12 19	17 47	10 56	21 35	4 26	12 9	
20	6 52	12 19	17 46	10 54	22 31	5 21	13 7	
21	6 53	12 19	17 44	10 51	23 35	6 17	14 0	
22	6 54	12 19	17 43	10 49		7 14	14 46	
23	6 56	12 19	17 41	10 45	0 45	8 11	15 27	
24	6 57	12 19	17 40	10 43	1 58	9 6	16 2	
25	6 58	12 18	17 38	10 40	3 14	10 0	16 35	
26	6 59	12 18	17 37	10 38	4 29	10 53	17 6	
27	6 0	11 18	16 35	10 35	4 45	10 46	16 36	
28	6 2	11 18	16 34	10 32	6 1	11 40	17 9	
29	6 3	11 18	16 33	10 30	7 16	12 34	17 44	
30	6 4	11 18	16 31	10 27	8 29	13 29	18 24	
31	6 5	11 18	16 30	10 25	9 37	14 24	19 8	

НОЕМВРИ 2019

	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		
1	6	6	11	18	16	29	10	23	10	39	15	20	19	59
2	6	8	11	18	16	27	10	19	11	34	16	13	20	54
3	6	9	11	18	16	26	10	17	12	20	17	4	21	52
4	6	10	11	18	16	25	10	15	13	0	17	53	22	51
5	6	11	11	18	16	24	10	13	13	33	18	39	23	51
6	6	13	11	18	16	23	10	10	14	2	19	23		
7	6	14	11	18	16	22	10	8	14	28	20	5	0	51
8	6	15	11	18	16	20	10	5	14	52	20	46	1	50
9	6	16	11	18	16	19	10	3	15	16	21	27	2	49
10	6	18	11	18	16	18	10	0	15	40	22	10	3	49
11	6	19	11	18	16	17	9	58	16	05	22	54	4	49
12	6	20	11	18	16	16	9	56	16	34	23	40	5	52
13	6	21	11	18	16	15	9	54	17	07			6	56
14	6	22	11	19	16	14	9	52	17	45	0	29	8	0
15	6	24	11	19	16	13	9	49	18	31	1	22	9	4
16	6	25	11	19	16	13	9	48	19	25	2	17	10	4
17	6	26	11	19	16	12	9	46	20	27	3	13	10	59
18	6	27	11	19	16	11	9	44	21	34	4	10	11	46
19	6	29	11	20	16	10	9	41	22	45	5	6	12	28
20	6	30	11	20	16	9	9	39	23	58	6	0	13	4
21	6	31	11	20	16	9	9	38			6	52	13	36
22	6	32	11	20	16	8	9	36	1	11	7	44	14	6
23	6	33	11	21	16	7	9	34	2	24	8	35	14	35
24	6	35	11	21	16	7	9	32	3	37	9	26	15	5
25	6	36	11	21	16	6	9	30	4	51	10	19	15	38
26	6	37	11	21	16	6	9	29	6	4	11	13	16	15
27	6	38	11	22	16	5	9	27	7	16	12	9	16	57
28	6	39	11	22	16	5	9	26	8	22	13	5	17	45
29	6	40	11	22	16	4	9	24	9	22	14	0	18	39
30	6	41	11	23	16	4	9	23	10	13	14	54	19	37

ДЕКЕМВРИ 2019

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	
1	6 42	11 23	16 4	9 22		10 57	15 45	20 37	
2	6 43	11 24	16 3	9 20		11 33	16 33	21 38	
3	6 45	11 24	16 3	9 18		12 4	17 18	22 38	
4	6 46	11 24	16 3	9 17		12 31	18 0	23 38	
5	6 47	11 25	16 3	9 16		12 55	18 42		
6	6 48	11 25	16 3	9 15		13 19	19 23	0 37	
7	6 48	11 26	16 2	9 14		13 42	20 4	1 36	
8	6 49	11 26	16 2	9 13		14 7	20 47	2 36	
9	6 50	11 26	16 2	9 12		14 34	21 33	3 38	
10	6 51	11 27	16 2	9 11		15 5	22 21	4 41	
11	6 52	11 27	16 2	9 10		15 41	23 13	5 47	
12	6 53	11 28	16 3	9 10		16 25		6 52	
13	6 54	11 28	16 3	9 9		17 17	0 8	7 55	
14	6 54	11 29	16 3	9 9		18 18	1 6	8 54	
15	6 55	11 29	16 3	9 8		19 25	2 4	9 45	
16	6 56	11 30	16 3	9 7		20 36	3 1	10 29	
17	6 57	11 30	16 4	9 7		21 49	3 57	11 7	
18	6 57	11 31	16 4	9 7		23 1	4 50	11 40	
19	6 57	11 31	16 4	9 7			5 41	12 10	
20	6 58	11 32	16 5	9 7		0 12	6 31	12 38	
21	6 59	11 32	16 5	9 6		1 24	7 20	13 7	
22	6 59	11 33	16 6	9 7		2 35	8 11	13 37	
23	7 0	11 33	16 7	9 7		3 47	9 03	14 11	
24	7 0	11 34	16 7	9 7		4 57	9 56	14 50	
25	7 1	11 34	16 8	9 7		6 5	10 51	15 34	
26	7 1	11 35	16 8	9 7		7 8	11 47	16 25	
27	7 2	11 35	16 9	9 7		8 3	12 42	17 22	
28	7 2	11 36	16 10	9 8		8 50	13 34	18 22	
29	7 2	11 36	16 10	9 8		9 30	14 24	19 23	
30	7 2	11 37	16 11	9 9		10 3	15 11	20 25	
31	7 2	11 37	16 12	9 10		10 32	15 55	21 25	

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:

<https://www.heavens-above.com/main.aspx>

III. Сезони, летно време, перихел и афел - 2019 г.

Настан	Месец	Ден	h	m
Почеток на пролетта	март	20 ^d	22 ^h	58 ^m
Почеток на летното време	март	31 ^d	2 ^h	0 ^m
Почеток на летото	јуни	21 ^d	17 ^h	54 ^m
Почеток на есента	септември	23 ^d	9 ^h	50 ^m
Крај на летното време	октомври	27 ^d	3 ^h	0 ^m
Почеток на зимата	декември	22 ^d	5 ^h	19 ^m
Земјата е во перихел	јануари (0,98330 AU)	3 ^d	6 ^h	20 ^m
Земјата е во афел	јули (1,01676 AU)	5 ^d	0 ^h	11 ^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

2019	Новолуние d h m	Прва четврт d h m	Полна месечина d h m	Последна четврт d h m	Новолуние d h m
Јануари	6 2 28	14 7 45	21 6 16 T	27 22 10	-
Февруари	4 22 4	12 23 26	19 16 53	26 12 28	-
Март	6 17 4	14 11 27	21 2 43	28 5 10	-
Април	5 10 50	12 21 6	19 13 12	27 0 18	-
Мај	5 0 45	12 3 12	18 23 11	26 18 33	-
Јуни	3 12 2	10 7 59	17 10 31	25 11 46	-
Јули	2 21 16	9 12 55	16 23 38 P	25 3 18	-
Август	1 5 12	7 19 31	15 14 29	23 16 56	30 12 37
Септември	-	6 5 10	14 6 33	22 4 41	28 20 26
Октомври	-	5 18 47	13 23 8	21 14 39	28 4 38
Ноември	-	4 11 23	12 14 34	19 22 11	26 16 6
Декември	-	4 7 58	12 6 12	19 5 57	26 6 13

VI. Видливост на планетите во 2019 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 датуми: 26 февруари в 22 ч. на 18° (залез), 12 април 0 ч. на 28° (изгрев), 24 јуни во 0 ч. на 25° (залез), 10 август во 2 ч. на 19° (изгрев), 19 октомври во 23 h на 25° (залез), и на 28 ноември во 20 ч. на 20° (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 е во улога на Деница и изгрева малку после 3 часот. Максималната западна елонгација е на 6 јануари, а после тоа периодот на утринска видливост постепено се намалува. Надворешната конјункција со Сонцето е на 14 август и во периодот околу тој датум Венера не може да се набљудува. Во текот на септември се појавува на запад по Сонцето и заоѓа се подоцна (кон крајот на годината малку пред 19 часот).

Марс

Во почетокот на годината Марс е во сосвездието Риби и заоѓа еден час пред полноќ. Периодот на вечерна видливост намалува и околу 2 септември, кога е во конјункција, не може да биде набљудуван. На почетокот на октомври „црвената планета“ се појавува на исток пред изгрејсонце. Тогаш е во сосвездието Девица, а на почетокот на декември поминува низ Вага. Изгревот настапува се порано и кон крајот на годината е пред 4 часот.

Јупитер 4

На почетокот на годината Јупитер е во сосвездието Змијоносец, каде што останува до ноември. Видлив е на исток за околу 2 часа пред изгрејсонце. Јупитер изгрева се порано и на почетокот на април изгрева уште пред полноќ. Периодот на видливост расте до опозицијата на 10 јуни, кога е достапен за набљудување во текот на целата ноќ. После тоа залезот настапува се порано и периодот на видливост намалува, така што во декември циновската планета веќе не може да се набљудува (конјункцијата е на 27 декември). Јупитер тогаш се наоѓа во сосвездието Стрелец.

Сатурн 5

Во тек на целата година планетата е во сосвездието Стрелец. Конјункцијата е на 2 јануари и на почетокот на годината не е достапен за набљудување. Сатурн се појавува за кратко време кон исток на почетокот на февруари. Периодот на видливост постепено расте кон крајот на април кога изгрева околу полноќ. Околу опозицијата на 9 јули Сатурн е видлив во текот на целата ноќ. После тоа залезот настапува се порано и на почетокот на септември е малку после полноќ. Кон крајот на годината планетата е над хоризонтот за малку време после залезот на Сонцето.

Уран 8

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. Во почетокот на годината Уран е видлив по залезот на Сонцето до полунощ. Околу конјункцијата на 22 април изгрева и заоѓа речиси истовремено со Сонцето, т.ш. не е достапен за набљудување. Подоцна во текот на годината утринската видливост на Уран се зголемува се до опозицијата на 28 октомври кога е видлив во текот на целата ноќ. По опозицијата, оваа планета заоѓа се порано и кон крајот на годината е видлива само до полноќ.

Нептун ♆

Оваа планета може да се види со користење на мал оптички телескоп. Во почетокот на годината се гледа околу три часа по залезот на Сонцето. По конјункцијата со Сонцето на 7 март, настапува период на утринска видливост. Во јули Нептун е видлив во втората половина на ноќта, а околу опозицијата на 10 септември е видлив речиси преку целата ноќ. Потоа планетата заоѓа се порано и кон крајот на годината е видлива во временски интервал од околу 4 часа по залезот на Сонцето.

VII. Затемнувања во текот на 2019 г.

Во текот на година ќе има 5 затемнувања (еклипси): три сончеви и две месечев и транзит на Меркур (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>). Сите моменти се дадени по официјалното време во државата.

1. Парцијално сончево затемнување на 6 јануари 2019 г.

Ова затемнување припаѓа на сарос 122. (Циклусот на сарос е временски период од околу 18 години, 11 денови и 8 часа или приближно $6585\frac{1}{3}$ денови, по кој се повторува взаемната геометрија на Сонцето, Месечината и Земјата. Се користи за определувањето на времето на настапување на идентични еклипси). Видливо е од источниот дел на Азија, Јапонија, Аљаска и северниот дел на Тихиот Океан.

Геоцентричната конјункција на Месечината и Сонцето е во $2^{\text{h}}43^{\text{m}}35^{\text{s}}$. Максималната фаза (0,715) е во $2^{\text{h}}41^{\text{m}}22^{\text{s}}$ при $\alpha_{\odot} = 19^{\text{h}}6^{\text{m}}57^{\text{s}}$ и $\delta_{\odot} = -22^{\circ}32'37''$ и $\alpha_{\zeta} = 19^{\text{h}}6^{\text{m}}53^{\text{s}}$ и $\delta_{\zeta} = -21^{\circ}30'37''$.

Затемнувањето почнува во $0^{\text{h}}34^{\text{m}}2^{\text{s}}$ и завршува во $4^{\text{h}}48^{\text{m}}44^{\text{s}}$.

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

2. Целосно месечево затемнување на 21 јануари 2019 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 134.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата:
- почеток на парцијалното затемнување: $4^{\text{h}}33^{\text{m}}29^{\text{s}}$;
- крај на парцијалното затемнување:
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка:

Од територијата на Македонија ова затемнување може да се набљудува од почетокот до залезот на Месечината во $7^{\text{h}}5^{\text{m}}$.

3. Целосно сончево затемнување на 2 јули 2019 г.

На 2 јули ќе има целосно сончево затемнување. Тоа спаѓа кон сарос 127. Линијата на тоталитетот поминува преку Чиле, Аргентина и Тихиот Океан. Како парцијално ќе можеа да се набљудува од Централна и Јужна Америка и од Тихиот Океан.

Геоцентричната конјункција на Сонцето и Месечината е во $21^{\text{h}}21^{\text{m}}36^{\text{s}}$. Максималната фаза (1,046) е во $21^{\text{h}}22^{\text{m}}53^{\text{s}}$ при $\alpha_{\odot} = 6^{\text{h}}46^{\text{m}}15^{\text{s}}$ и $\delta_{\odot} = 23^{\circ}0'36''$ и $\alpha_{\zeta} = 6^{\text{h}}46^{\text{m}}18^{\text{s}}$ и $\delta_{\zeta} = 22^{\circ}22'10''$.

Почетокот на парцијалното затемнување е во $18^{\text{h}}55^{\text{m}}8^{\text{s}}$. Централното затемнување почнува во $20^{\text{h}}1^{\text{m}}4^{\text{s}}$ и завршува во $22^{\text{h}}44^{\text{m}}43^{\text{s}}$. Крајот на парцијалното затемнување е во $23^{\text{h}}50^{\text{m}}34^{\text{s}}$.

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

4. Парцијално месечево затемнување на 16/17 јули 2019 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 139 и видливо е од Европа, Африка, Азија, Јужна Америка и Атлантскиот Океан.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: $20^{\text{h}}41^{\text{m}}58^{\text{s}}$;
- прв контакт на Месечината со сенката на Земјата: $22^{\text{h}}1^{\text{m}}15^{\text{s}}$;
- максимална фаза (0,658): $23^{\text{h}}30^{\text{m}}40^{\text{s}}$;
- последен контакт на Месечината со Земјината сенка: $0^{\text{h}}59^{\text{m}}59^{\text{s}}$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $2^{\text{h}}19^{\text{m}}23^{\text{s}}$.

Од територијата на Македонија ова затемнување може да се набљудува од почетокот до крајот.

5. Транзит на Меркур на 11 ноември 2019 г.

Појавата кога внатрешна планета преминува преку сончевот диск се нарекува транзит или пасаж. Ако се набљудува од Земјата транзит може да има само од планетите Меркур и Венера, при што појавата е почеста за Меркур. Услов за да се случи овој настан е планетата да биде во долна (внатрешна) конјункција и да е блиску до еден од орбиталните јазли (точки во кои се сечат орбитата на планетата со еклиптиката во чија рамнина лежи и орбитата на Земјата околу Сонцето). Наклонот помеѓу еклиптиката и орбитата на Меркур изнесува 7° , па затоа и условот Меркур да лежи на права линија помеѓу Сонцето и Земјата се исполнува ретко (следниот транзит на Меркур е во текот на ноември 2032 г.)

Целиот транзит е видлив од источниот дел на Северна Америка, Јужна Америка, Антарктикот, крајните западни делови на Африка и Атлантскиот Океан.

Делумно (после изгрејсонце и пред неговиот залез) е видлив и од Европа (без крајните североисточни делови), југозападниот дел на Азија, Африка, Северна Америка (без Аљаска), Тихиот Океан и Индискиот Океан.

Карактеристичните **геоцентрични моменти** по официјално време се:

- влегување, надворешен контакт	13 ^h 35 ^m 25 ^s ;
- влегување, внатрешен контакт	13 ^h 37 ^m 6 ^s ;
- минимално аглово растојание ($76''$)	16 ^h 19 ^m 46 ^s ;
- излегување, внатрешен контакт	19 ^h 2 ^m 31 ^s ;
- излегување, надворешен контакт	19 ^h 4 ^m 12 ^s .

Во Скопје Сонцето заоѓа во 16 часот и 17 минути додека сеуште трае транзитот. За подобар видик треба да се отиде на повисока надморска височина со отворен видик кон југозапад.

<https://www.timeanddate.com/eclipse/in/republic-of-macedonia/skopje?iso=20191111>

Внимание – опасност за видот! Транзитот треба да се набљудува во проекција на ликот на сонцето на бела подлога. Никако не смее да се гледа во сонцето со оптички инструмент (двоглед, дурбин, телескоп), па дури ниту со голо око директно, без на нив да има поставено специјални сончеви филтри. За краток временски интервал може да погледнува во сонцето ако се има специјални очила наменети за набљудување на соларна еклипса, или пак ако се има добро зачадено стакло (без никакви гребаници по него).

6. Прстенесто сончево затемнување на 26 декември 2019 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 132. Линијата на централното затемнување почнува од Арапскиот Полуостров, преминува преку Арапското море, крајниот јужен дел на Индискиот полуостров и Индонезија и завршува во Тихиот Океан. Како парцијално затемнување е видно од Источна Европа, поголемиот дел од Азија, северозападниот дел на Австралија, крајниот источен дел на Африка и Индискиот Океан.

Почетокот на парцијалното затемнување е во $4^{\text{h}}34^{\text{m}}24^{\text{s}}$, а крајот е во $8^{\text{h}}0^{\text{m}}54^{\text{s}}$. Максималната фаза (0,970) е во $6^{\text{h}}17^{\text{m}}36^{\text{s}}$.

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

VIII. Стеснет календар на метеорските роеви во 2019 г.

Метеорски рој	Период на активност	Максимум	ZHR	Родителско тело
Квадрантиди	01 - 05. I	03. I	120	96P/Machholz 1
Лириди	16 - 25. IV	23. IV	10-20	C/1861 G1Thatcher
η-Аквариди	19.IV - 28.V	6. V	20-60	1P/Halley
Јунски Бутиди	22. VI-2. VII	27. VI	варира	7P/Pons-Winnecke (1915 II)
Персеиди	17.VII-24.VIII	13. VIII	90	109P/Swift-Tuttle
Ориониди	2. X - 7. XI	22. X	30	1P/Halley
Леониди	06 - 30. XI	18. XI	10-20	55P/Tempel-Tuttle
Геминиди	7 - 17. XII	14 XII	100- 120	(3200) Phaeton