



**Македонско астрономско друштво**

# **Астрономски алманах 2024**

**Скопје, 2024**

# Редакциски одбор на Астрономски алманах 2024

(број 21):

д-р Олгица Кузмановска - главен и одговорен уредник

д-р Гордана Апостоловска - член

д-р Наце Стојанов - член

д-р Драган Јакимовски - член

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

\*

## **На предниот дел од корицата:**

Графички дизајниран приказ на новооткриениот магнетар GPM J1839–10, редок вид на звезда со екстремно јако магнетно поле кој емитира силни снопови (пулсеви) на зрачење. Магнетарот GPM J1839–10 е откриен во 2022 година и има исклучително долг период на пулсации од дури 22 минути. Извор: ICRAR (International Centre for Radio Astronomy Research), Перт, Австралија.

## **На задниот дел од корицата:**

**Горе:** Лоцирање на сондата Philae во темна пукнатина на површината на кометата 67P/Churyumov–Gerasimenko. Снимките се добиени од леталото Rosetta во 2016 година. Извор: ESA (European Space Agency).

**Долу:** Галаксијата Ceers-2112, најдалечната пречкаста галаксија набљудувана до сега, на растојание од 12 милијарди светлосни години. На графикот лево е прикажано набљудувањето, со обележани контури на еднаква сјајност, а на графициите во средина и десно се прикажани модели на кои се забележува пречкастата спирална структура. Извор: Costantin, L. et al. (Nature, 2023)

## **Издавач:**

Македонско астрономско друштво

\*

## **Автор:**

Група на автори

\*

## **Компјутерска подготовка:**

Киро Мавроски

\*

## **Печати:**

Дизајн и принт солушн студио „Мавроски“, Тодор Паница 7, лок. 13, Скопје

\*

## **Тираж:**

80 примероци

# СОДРЖИНА

**Што научивме од вселенските мисии Rosetta, Dart и Osiris Rex? \_ 5**

*Елена Вчкова Бебековска*

**Неутронски ѕвезди со магнетари како нивен егзотичен  
подвид \_\_\_\_\_ 17**

*Давид Ангеловски и Христијан Спиркоски*

**Откриена е најдалечната пречкаста галаксија до сега: што може  
да научиме од неа? \_\_\_\_\_ 31**

*Јана Богданоска*

**Опенхајмер и теориската физика \_\_\_\_\_ 41**

*Александар Ѓурчиновски*

**Вселената како холограм \_\_\_\_\_ 49**

*Наџе Стојанов*

**Депозиција на атомските слоеви и нејзина примена кај  
рефлектирачките телескопи \_\_\_\_\_ 59**

*Моника Пешевска*

**3D-печатени ракети: како новите начини на производство го  
трансформираат дизајнот на космичките возила \_\_\_\_\_ 67**

*Ристе Попески - Димовски*

**Планетариумот во МКЦ \_\_\_\_\_ 77**

*Давид Ангеловски*

**Астрономски календар за 2024 година \_\_\_\_\_ 81**

*Јана Богданоска*



# ШТО НАУЧИВМЕ ОД ВСЕЛЕНСКИТЕ МИСИИ ROSETTA, DART И OSIRIS REX?

Елена Вчкова Бебековска

Случувањата во вселената отсекогаш буделе голем интерес не само кај професионалните астрономи, туку и кај љубителите на астрономијата, поточно, кај секој граѓанин кој сака да добие одговор како настанале вселената, Сончевиот систем, Земјата, а и самиот тој. Со напредокот на технологијата, можни стануваат нови истражувања кои делумно успеваат да не донесат поблиску до точните одговори на прашањата за настанокот на Сончевиот систем, планетата Земја и животот на неа. Во последните години сведоци сме на зголемени инвестиции во технологијата наменета за вселенски истражувања, што директно води до зголемување на бројот на вселенски мисии. Овие вселенски мисии не водат поблиску до бараните одговори, но исто така ни носат и нови откритија од кои произлегуваат дополнителни прашања.

Еден дел од вселенските мисии, поврзани со изучување на Сончевиот систем, се насочени кон кометите и астероидите. Овие небесни тела орбитираат околу Сонцето и со себе носат информација која може да ни помогне за разбирање на настанокот на Сончевиот систем и неговата еволуција. Се верува дека астероидите и кометите претрпеле многу малку промени во хемискиот состав и поради тоа се сметаат за носители на примордијален материјал. Богати со материјали кои се во недостаток на планетата Земја, на астероидите се гледа и како на идни рудници. Поради динамиката во Сончевиот систем астероидите се во постојани судири помеѓу себе, но и судири со други тела од Сончевиот систем. Иднината на нашата планета може да зависи и од движењата на астероидите и кометите по нивните орбити, а особено од динамиката на потенцијално опасните астероиди.

Некои од последните мисии при кои се направени директни контакти со комета или астероид, а имаат за цел да го објаснат

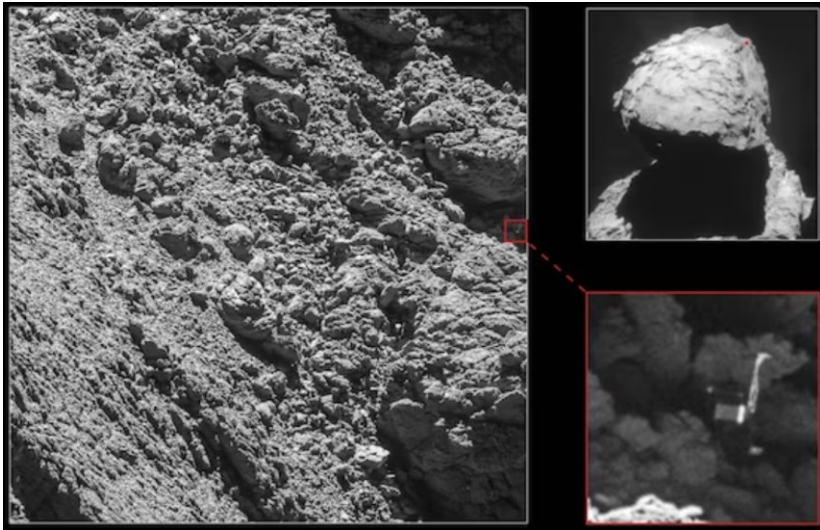
настанувањето на Сончевиот систем, животот на планетата Земја, како и иднината на нашата планета се мисиите: Rosetta, Dart и Osiris Rex.

## Мисијата Rosseta

Мисијата Rosetta, е реализирана од страна на Европската вселенска агенција (ESA). На 2 март 2004 година е лансирано истоименото вселенско летало, кое со себе носи составен дел наречен Philae lander. Целта на оваа мисија е истражување на кометата 67P/Churyumov-Gerasimenko преку приземјување на истражувачот Philae lander на нејзината површина. Времетраењето на мисијата било 12 години и 6 месеци при што во првите 6 години леталото Rosetta поминува покрај планетата Марс, планетата Земја и главниот астероиден појас и дава дополнителни податоци за овие две планети и астероидниот појас.

Дополнително, преку оваа мисија добиени се и детални слики и дополнителни податоци за три астероиди: 2867 Šteins, P/2010 A2 и 21 Lutetia. Со помош на ова летало и користење на податоци од телескопот Хабл е установено дека објектот P/2010 A2, кој претходно бил класифициран како комета, всушност е „активен астероид“ чија опаска потекнува од прашина која настанала при судир со друг астероид. По хибернација од 4 години, во 2014 година вселенското летало Rosetta навлегува во гравитациското поле на кометата 67P/Churyumov-Gerasimenko и започнува да „маневрира“ и орбитира како нејзин сателит. Имало и претходни мисии кои вклучувале истражување на комета, но во ниту една од нив не било вклучено орбитирањето околу комети, туку само поминување во нивна близина. Ова е само еден факт кој мисијата Rosetta ја прави единствена од нејзин тип. За време на „маневрирањето“ околу кометата, Rosetta се доближува на растојание од само 9 km до нејзината површина. На овој начин за прв пат се добиени снимки на комета направени од таа близина [2]. Philae lander слетува на површината на кометата на 12 ноември 2014 година, со што се добиваат многу податоци за нејзините физички карактеристики. За жал, местото на кое слетува Philae е многу нерамно, поради што имало недостаток на светлина која овозможувала неговата батерија

да продолжи да работи. До исклучување на батеријата на Philae поминале 57 часа, време во кое се добиени голем прој податоци и слики за самата комета, но сепак не доволно за да се лоцира телото. Во 2016 година, месец дена пред мисијата да се прогласи за завршена, Rosetta успеала да даде снимка на која се гледа позицијата на Philae.



Сл. 1. Лоцирање на Philae преку снимки добиени од Rosetta во 2016 година [3] (Види задна корица)

Успешноста на оваа мисија се должи и на фактот што Rosetta е првата мисија преку која е спуштено тело на површина на комета. Целта на оваа мисија беше да се изучи потеклото на кометите, поврзаноста помеѓу кометарната и меѓусведената материја, како и настанокот на Сончевиот систем. Во текот на две години, помеѓу 2014 година и 2016 година Rosetta орбитирувала околу кометата, давајќи информации за промените кои настануваат на кометата во зависност од нејзиното растојание до Сонцето.

Со слетувањето на Philae на кометата научниците беа во можност да определат присуство на амонијак, прусинска киселина (HCl) и сулфан (H<sub>2</sub>S) на нејзината површина. Со понатамошните истражувања е забележано и присуство на елементи кои се суштински за животот на планетата Земја, како фосфор и глицин. Ова откритие води до поставување на хипотезата дека постои веројатност и кометите да придонеле за настанокот на животот на Земјата.

Дополнително, во опашката на кометата установено е присуство на водород и кислород. Од друга страна информациите од спектрометарот во оваа мисија покажуваат дека во замрзната вода на кометата има три пати повеќе деутериум отколку во водата во океаните на Земјата, што покажува дека веројатноста водата на Земјата да настанала од судир со комета е многу мала. Во 2015 година, користејќи ги податоците добиени од оваа мисија, во списанието Nature е објавено дека на кометата 67P/ Churyumov-Gerasimenko има високо присуство на молекуларен кислород, елемент застапен во атмосферата на Земјата [4].

Според информациите добиени од оваа мисија, магнетното поле на кометата осцилира помеѓу 40 и 50 mHz, а во самото јадро нема магнетно поле. Се претпоставува дека нејзиниот изглед (гумено пајче) се должи на нееластичен судир на две тела во минатото.

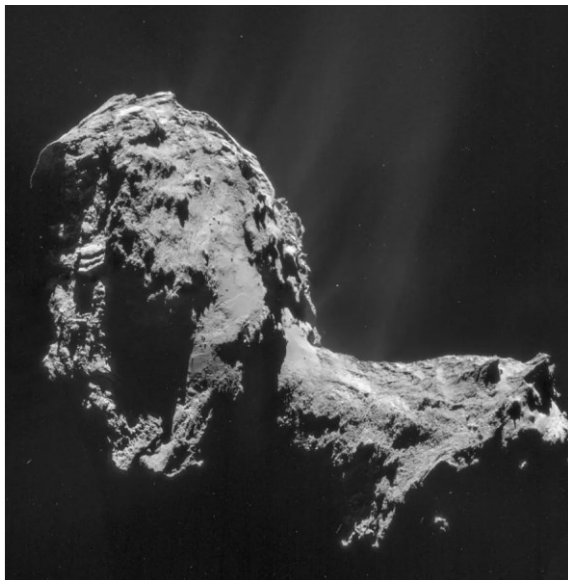
Во периодот помеѓу август и ноември 2014 година топлината од Сонцето предизвика отстранување на прашина од површината на кометата, па се забележа дека под површината се наоѓа мраз. Оваа промена на површината доведе до зголемување на сјајноста на кометата за три пати и промена на нејзината боја во посина. Rosetta ја следеше кометата и во периодот кога таа беше најблиску до Сонцето, на 13 август 2015 година, кога можеше да се забележи и нејзината најголема опашка.

Со комбинирање на податоците од различните инструменти на мисијата Rosetta беше добиено и едно од најнеочекуваните откритија. Имено, кометата има своја сопствена поларна светлина (аурора) [5]. Таа не може да се забележи со голо око бидејќи е видлива само во ултравиолетовата област. Самата аурора се должи на взаемодејството на честичките од сончевиот ветар со гасот од опашката на кометата, при што настанува разделување на водените и останатите молекули. Атомите кои настануваат од ова взаемодејство даваат светлина во далечната ултравиолетова област.

Мисијата завршила на 30 септември 2016 година, со приземјување на леталото Rosetta врз кометата 67P/ Churyumov-Gerasimenko. Оваа одлука е донесена бидејќи кометата заедно со леталото Rosetta започнале постојано да се оддалечуваат од Сонцето. Со нивното доближување до орбитата на Јупитер комуникацијата со леталото станала сè помалку возможна.



Ако се земат во предвид сите добиени податоци и слики од оваа мисија истата може да се класифицира како успешна и прва од овој тип на вселенски мисии.



Сл.2. Аурора на кометата 67P/ Churyumov–Gerasimenko [5]

## Мисијата DART

Астероидите претставуваат каменести тела кои кружат околу Сонцето. Поголем број од нив се сконцентрирани во главниот астероиден појас, кој се наоѓа помеѓу планетите Марс и Јупитер. Астероидите кои имаат апсолутна магнитуда помала од 22, што би соодветствувало на дијаметар поголем од 140 m и чии орбити речиси се сечат со орбитата на Земјата, или со перихелно растојание меѓу орбитата на астероидот и орбитата на Земјата помало од 0,05 AU, се сметаат за потенцијално опасни астероиди, односно PHAs (Potentially Hazardous Asteroids) за Земјата. Денес постојат многу мисии кои се насочени кон откривање на вакви астероиди и определување на нивните орбити, а една од нив е и мисијата NEOWISE (Near Earth Objects Wide-field Infrared Survey Explorer), лансирана во 2013 година. Оваа мисија има за цел да пронајде потенцијално опасни астероиди и да ги определи нивните орбитални параметри.

За разлика од мисијата NEOWISE, мисијата DART (Double Asteroid Redirection Test) е индиректно поврзана со потенцијално опасните астероиди. Оваа мисија, преку судир на вселенско летало со далечен астероид, истражува како Земјата може да се спаси при судир со некој од потенцијално опасните астероиди.

Мисијата DART, раководена од NASA, е прва од типот на мисии кои директно се занимаваат со одбрана на планетата Земја од потенцијално опасните астероиди. Имено, главната цел на оваа мисија беше преку директен судир на вселенско летало и астероид да се промени орбитата и брзината на астероидот, како во иднина би знаеле што треба да се направи доколку се очекува непосреден судир помеѓу нашата планета Земја и некој од потенцијално опасните астероиди. За оваа цел беше избран астероидот Didymos, поточно неговиот природен сателит Dimorphos. Овој бинарен астероид не припаѓа во групата потенцијално опасни астероиди и не се стравува дека ваков тест било како може да влијае на планетата Земја. Двата астероиди имаат мали димензии (Didymos има дијаметар од 760 m, а дијаметарот на Dimorphos изнесува 150 m). Вселенското летало на оваа мисија, со големина од неколку метри, беше лансирано во ноември 2021 година и стигна до целните астероиди така што претходно направи неколку обиколки околу Земјата и помина во близина на уште еден астероид 2001 CB21. Судирот помеѓу вселенското летало и астероидот се случи на 26 септември 2022 година, а истиот беше сниман со помош на инструментот LICIACube Sat, изработен и лансиран од страна на Италијанската вселенска агенција [6].

По неполн месец од судирот и со користење на телескопи монтирани на Земјата, како и вселенски телескопи, пристигнаа и првите резултати од мисијата. Мисијата беше прогласена за успешна бидејќи според првите сознанија орбитата на астероидот Dimorphos се променила по судирот. Ако претходно на овој астероид му требале 11 часа и 55 минути да направи една обиколка околу астероидот Didymos, сега ова време било намалено на 11 часа и 23 минути (грешката која ја даваат пресметките е 2 минути). Во моментот сè уште се собираат податоци од телескопите од цел свет, со цел да се направи попрецизно определување на периодот на револуција.

Преку оваа мисија, со заштита на планетата Земја како нејзина основна цел, добиени се и дополнителни податоци за составот и

физичките карактеристики на астероидите, особено за нивната површина.



Сл.3. Површината на астероидот Dimorphos снимена непосредно пред судирот со вселенското летало од DART мисијата [7]

Најголем интерес од оваа мисија предизвика неочекуваната голема промена на импулсот при судирот, како и исфрлањето на маса во форма на прашина од површината на астероидот. Првичните претпоставки направени од страна на NASA беа дека периодот на ротација ќе се промени во рамките на неколку десетици секунди, (најмногу околу минута или две). Но, новите мерења покажаа дека периодот на ротација на Dimorphos околу „родителскиот“ астероид Didymos се променил за околу половина час т.е 25 пати повеќе од очекуваното. Со истражувањата направени од податоците добиени по DART мисијата, станува јасно дека една од најголемите причини за промена на периодот е промената на импулсот која настанува како последица од судирот и исфрлањето на маса од површината на астероидот. Поради исфрлањето на маса астероидот е класифициран како „активен“, а зад него се создава опашка која потсетува на опашките кај кометите. Овој податок ја поткрепува теоријата дека

ваквите „активни астероиди“ се, всушност, астероиди кои претрпеле судири во блиското минато. Според научниците, од површината на астероидот при ударот е исфрлен материјал со маса  $10^6$  kg во форма на прашина. Денес, имајќи ги во предвид сите податоци, научниците се обидуваат да определат колкав дел од поместувањето на орбитата се должи само на ударот, а колкав дел на исфрлената маса.

Набљудувањата пред и по судирот покажуваат дека Dimorphos и Didymos имаат сличен хемиски состав, составени се од обични ходрити, карпест дел присутен кај голем број метеори кои паѓаат на Земјата. Најновите истражувања покажуваат дека, доколку се смета дека густините на двата астероиди се слични, исфрлањето на маса доведува до 3,6 пати поголема промена на импулсот при судирот.

Мисијата DART се води како успешна по многу критериуми. Освен заштитата на планетата Земја, оваа мисија овозможи прецизно определување на димензиите на астероидите, како и нивната структура и состав, причината за „активирање“ на астероидите, а една од главните причини за успешноста се должи на изучувањето на пренесувањето на импулс при ударот и влијанието на исфрлањето на маса врз импулсот, прашање кое останува отворено за истражување во иднина.

Европската вселенска агенција (ESA) планира, во октомври 2024 години, да испрати ново вселенско летало до овој бинарен астероид со цел да се истражат последиците од судирот преку изучување на кратерот кој настанал при судирот. Оваа мисија, позната како мисија HERA, освен што ќе ги изучува физичките последици од судирот, има за цел прецизно да ја определи масата на Dimorphos, со што ќе даде подобра слика за настаната промена на импулсот поради исфрлањето на маса. Бидејќи мисијата HERA ќе биде сконцентрирана во кратерот настанат при судирот, истата има за цел да даде и информација за составот на астероидот под неговата површина и како временските услови во вселената влијаат во еволуцијата на астероидите.

Се планира податоците од двете мисии, DART на NASA и HERA на ESA, да бидат комбинирани и да донесат нови и успешни резултати, првенствено за заштита на Земјата од можни опасни удари од небесни тела. Оваа соработка помеѓу двете организации е позната под името AIDA (Asteroid Impact and Deflection Assessment) [8].

## Мисијата OSIRIS – Rex

Мисијата Osiris-Rex е вселенска мисија реализирана од страна на NASA и има за цел да ја истражи површината на астероидот Bennu. Оваа вселенска мисија е прва од својот тип, затоа што за прв пат вклучува директно земање на примерок од астероид и негово доставување до планетата Земја. Вселенското летало за оваа мисија е лансирано на 8 септември 2016 година, а ден подоцна леталото ја поминува орбитата на Месечината. Три дена по лансирањето вселенското летало започна да орбитира околу Сонцето. Инструменти поставени на леталото започнаа активно да работат на 19 септември 2016 година, а првите детални снимки од астероидот Bennu, со карактеристиките на неговата површина, датираат од почетокот на ноември 2018 година [9].

Се верува дека астероидот Bennu е составен од распаднати делови од поголем астероид кои настанале при катастрофален судир на „родителскиот“ астероид со друго тело, пред повеќе од една до две милијарда години. Се верува дека составните делови на Bennu се држат поради силата на гравитација. Истражувањата на овој астероид, направени од Земјата, покажуваат дека во хемискиот состав на астероидот би можело да има органски молекули и други материјали кои се поврзуваат со присуството на вода во течна состојба во минатото, најверојатно во времето кога астероидот Bennu бил дел од поголемиот астероид. Се очекува мисијата на астероидот Bennu да даде одговор на прашањето како водата и другите елементи неопходни за живот се појавиле на Земјата. Овој астероид бил избран и поради фактот е релативно блиску до Земјата и патувањето до него и назад е многу пократко отколку патувањето до повеќето останати астероиди кои се наоѓаат помеѓу планетите Марс и Јупитер.

Вселенското летало OSIRIS-Rex се приземји на површината на астероидот Bennu на 3 декември 2018 година и го започна истражувањето на овој астероид со цел да најде место кое е најпогодно за земање на примерок. По година дена мапирање на теренот, научниците определија дека најпогодно би било да се земе примерок од кратер кој е настанат наодамна и чија површина не била долго време изложена на надворешни влијанија од вселената. Ова место е наречено Nightingale, а од него е земен примерок тежок 60 g. Примерокот е поставен во херметички затворен сад за да при

доставување до Земјата, нејзината атмосфера не влијае врз хемискиот состав на примерокот (доколку примерокот дојде во контакт со елементи од атмосферата на Земјата, научниците тешко би можеле да разграничат кои елементи доаѓаат од астероидот Bennu, а кои се должат на контакт со атмосферата). Земениот примерок пристигна на Земјата на 24 септември 2023 година, така што до површината на Земјата стигна само капсулата во која се наоѓа примерокот.



Сл. 4. Капсулата во која се приземји примерокот од површината на астероидот Bennu [9]

Вселенското летало OSIRIS-Rex, кое ја носеше капсулата, се преименува во OSIRIS-APEX и тргна кон нова мисија. Целта на OSIRIS-APEX е да го истражува астероидот Apophis, кој се очекува во 2029 година да дојде на растојание од 32 000 km до Земјата.

На 26,5% од добиениот примерок ќе работат околу 233 научници вклучени во оваа мисија. Остатокот од примерокот ќе биде распределен на Канадската вселенска агенција (7%), Јапонската вселенска агенција (0,5%) и научниците од NASA кои не се вклучени во оваа мисија (70%).

Истражувањата врз примероците само што започнаа и првите резултати се очекуваат многу скоро, а самото истражување се очекува да продолжи во наредните десетина години. За сега е извесно дека во хемискиот состав на примерокот се детектирани елементи на јаглерод и вода [10].

**e-mail:** elenavckova@gmail.com

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

## Литература и извори

- [1] Ferri, P. et al. (2005) ROSETTA: ESA'S COMET CHASER ALREADY MAKING ITS MARK. *ESA Bulletin*, 62-66.
- [2] [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Rosetta](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta)
- [3] <https://www.nationalgeographic.com/science/article/rosetta-crash-comet-spacecraft-esa-philae-science>
- [4] Bieler, A. et al. (2015). Abundant molecular oxygen in the coma of comet 67P/Churyumov–Gerasimenko. *Nature*, 678-681
- [5] <https://www.nasa.gov/solar-system/comet-discovered-to-have-its-own-northern-lights/>
- [6] <https://dart.jhuapl.edu/Mission/index.php>
- [7] <https://www.planetary.org/articles/nasa-dart-final-images-asteroid-crash>
- [8] Patrick Michel et al.(2022). The ESA Hera Mission: Detailed Characterization of the DART Impact Outcome and of the Binary Asteroid (65803) Didymos. *Planetary Science Journal* , 130.
- [9] <https://science.nasa.gov/mission/osiris-rex/>
- [10] <https://www.nasa.gov/news-release/nasas-bennu-asteroid-sample-contains-carbon-water/>



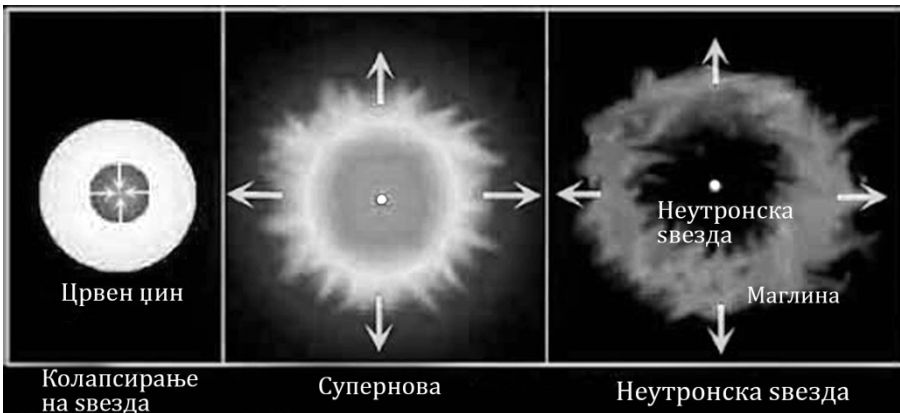


# НЕУТРОНСКИ СВЕЗДИ СО МАГНЕТАРИ КАКО НИВЕН ЕГЗОТИЧЕН ПОДВИД

Давид Ангеловски и Христијан Спиркоски

**Н**еутронските ѕвезди претставуваат неверојатни појави во светот на астрофизиката, длабоко вкоренети во екстремните услови и драматични трансформации на ѕвездената еволуција. Овие компактни небесни творби се создаваат последователно при експлозија на ѕвезда по пат на супернова, оставајќи зад себе јадро кое е неверојатно густо и составено воглавно од неутрони (од таму и самото име: неутронски ѕвезди). Низ овој текст ќе ги разгледаме нивното потекло и необичните својства, како и карактеристиките на некои новооткриени неутронски ѕвезди.

## Создавање



Сл. 1. Создавање на неутронска ѕвезда

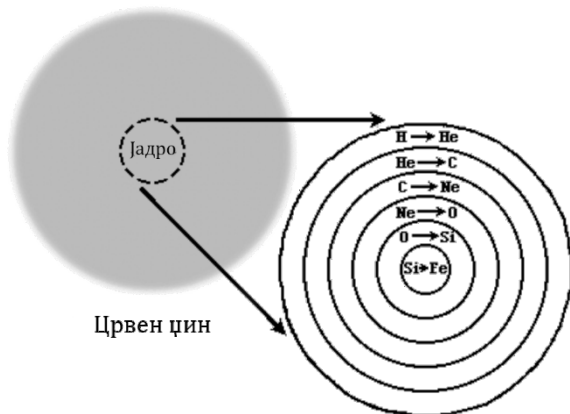
Во јадрата на ѕвездите од видот на нашето Сонце постојано се одвиваат термонуклеарни процеси при кои се врши синтеза на хелиум [He] од водород [H]. Оваа синтеза се одвива преку протон-протонски циклуси, односно реакции при кои што два протони се спојуваат (фузираат) и го формираат водородниот изотоп – деутериум [ ${}^2_1\text{H}$ ], по што трет протон се фузира со јадрото на

деутериумот и формира лесен изотоп на хелиум [ $^3_2\text{He}$ ], за на крај да може да се фузираат два изотопи на хелиум резултирајќи со создавање на хелиумово јадро [ $^4_2\text{He}$ ], познато и како алфа ( $\alpha$ ) честичка, а целиот процес како нуклеарна фузија. Веројатноста да се случат овие протон-протонски реакции е многу мала, но таа веројатност се компензира со огромната концентрација на водородот во јадрото на Сонцето и нему сличните ѕвезди. Преку нуклеарната фузија се генерира енергија како што налага Ајнштајновата релација:  $E=mc^2$ , каде што  $E$  ја претставува добиената енергија,  $m$  – трансформираната маса, а  $c$  брзината на светлината.

По исцрпување на водородот од јадрото, ѕвездата ќе стане нестабилна и ќе почне да се собира, користејќи ја гравитацијата како извор на енергија. Собирањето значи дека материјата ќе стане погуста и температурите ќе пораснат, но нема да бидат доволно големи да се овозможи согорување на хелиумот во јадрото. Сепак, во еден тенок слој околу јадрото во кој водородот не е истрошен, ќе се постигнат потребните температури за негово согорување, па така енергијата ќе почне да се произведува во слој околу јадрото. Произведената енергија ќе успее да се спротивстави на гравитациското собирање, дури и ќе го превладее, па дел од енергијата ќе се ослободува преку зрачење, а дел ќе ја разредува и раздува обвивката која ќе се шири и на тој начин ќе почне да се лади. Со разладување и проширување на ѕвездената обвивка ќе добиеме црвен џин. На површината на црвените џинови гравитацијата е многу слаба, па затоа од нивната површина постојано се излева материја во околниот простор. Овој процес се набљудува кај сите ѕвезди и се нарекува ѕвезден ветер. Така, обвивката постепено ќе се одделува од јадрото и на местото на ѕвездата ќе остане јадрото – колапсирано во бело џуце (условот за настанување на белото џуце е да масата на ѕвездениот остаток биде помала или еднаква на 1,4 Сончеви маси). Оваа вредност е наречена Чандрасекарова граница, во чест на научникот Чандра Секар Азад (Chandra Shekhar Azad) кој ја пресметал, а раздуваната обвивка која се шири – планетарна маглина.

Тоа што нас не интересира е што ќе се случи со ѕвездата која има маса поголема од 8 до 30 пати од масата на Сонцето ( $8M_{\odot} < M < 30M_{\odot}$ ), чиј остаток (јадрото) кое останува по раздуваната обвивка, да има маса помеѓу 1,4 и 3 Сончеви маси ( $1,4M_{\odot} < M < 3M_{\odot}$ ). Кај овие ѕвездени остатоци гравитацискиот колапс не сопира и се создаваат температури со вредности кои овозможуваат да отпочне процес на синтеза и на потешките елементи  $[C] \Rightarrow [Ne] \Rightarrow [O] \Rightarrow [Si] \Rightarrow [Fe]$ .

Тие можат да бидат во стабилна состојба кога изворите на енергија се од јадрото, или нестабилни, кога изворите се во тенок слој околу јадрото. Кога термонуклеарните реакции се одвиваат во тенкиот слој околу јадрото, обвивката на нестабилната ѕвезда ќе се разрези и повторно ќе се отфрли, па така овие ѕвезди можат и повеќе пати да поминат низ фаза на црвен џин. Железото [Fe] е најтешкиот елемент од периодниот систем кој може да се создаде во внатрешноста на ѕвездите. За создавање на потешки елементи е потребна поголема енергија од онаа која ќе биде произведена, па тие реакции веќе не претставуваат гориво за ѕвездите. При високи температури од  $5 \cdot 10^9$  K ќе дојде до распаѓање на железните јадра. При овој процес ќе дојде до апсорбирање на топлината, ладење на јадрото и до многу брз колапс. За неколку секунди радиусот ќе се намали за  $10^3 - 10^4$  пати, а густината ќе се зголеми до  $10^{13}$  kg/m<sup>3</sup>.



Сл. 2. Согорување и синтеза на потешки елементи во тенките слоеви околу ѕвезденото јадро.

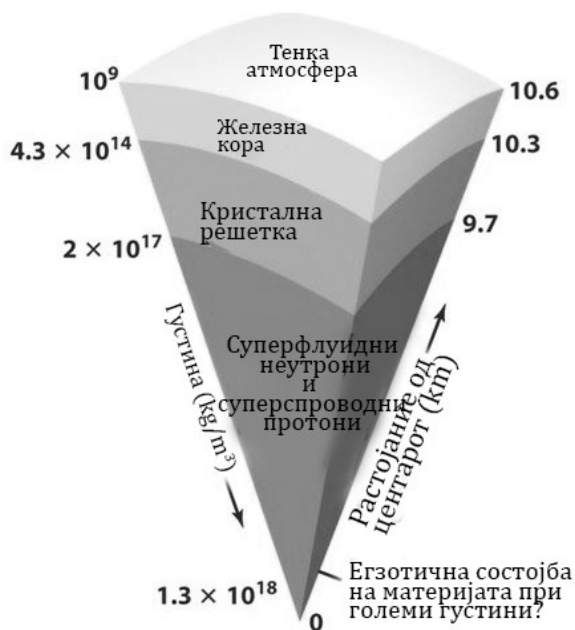
Големото количество на гравитациска енергија ги забрзува електроните приближно до брзината на светлината и доаѓа до спојување на електроните со протоните, при што се добива неутрон и неутрино [  $p^+ + e^- \rightarrow n + \nu$  ]. На овој начин, ѕвездениот материјал ќе се „неутронизира“, а како резултат на неутронизацијата се губи квантно-механичкиот притисок кој се спротивставувал на гравитацијата, па густината на материјата ќе достигне до  $10^{17}$ - $10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>, што е густина од редот на величина на атомските јадра. Сега квантно-механичкиот притисокот меѓу неутроните ќе ја завземе

улогата на квантно-механичкиот притисок меѓу електроните и ќе го стопира понатамошниот колапс на јадрото. Со тоа се раѓа стабилна неутронска ѕвезда. При колапсот на ѕвездената обвивка се формира ударен бран кој ќе ја разнесе обвивката во околниот простор. Овој настан се нарекува супернова и претставува еден од најексплозивните настани кои се случуваат во вселената, а при кој се ослободува огромно количество енергија. Во краткиот момент на експлозијата се создаваат уште елементи кои се потешки од железото, како на пример цинк [Zn], бакар [Cu], сребро [Ag], злато [Au]. Суперновите се многу светли, толку светли што може да бидат и посветли од самите галаксии на кои припаѓаат, а доколку се случат некаде во нашата галаксија, ќе бидат видливи и со голо око. (Напомена: доколку ѕвездениот остаток по експлозијата е поголем од 3 Сончеви маси, гравитацискиот притисок ќе го надмине и квантно-механичкиот притисок меѓу неутроните, собирајќи ја сета ѕвездена материја во сингуларитет, односно ќе биде создадена црна јама.)

## Карактеристики

Неутронските ѕвезди се исклучително компактни објекти со димензии кои не надминуваат 10-30 km. Во централните делови густината е поголема од таа на атомските јадра и кога би црпнале со лажичка од неутронската ѕвезда, истата би тежела колку една планина на Земјата. Над централните делови густината станува приближна на таа во атомските јадра и неутроните формираат течност која има својства на суперфлуид и им овозможува движење без триење на честичките. Овој суперфлуид се состои од 80% неутрони, 10% протони и 10% електрони кои формираат протонски “гас”, „растворен“ во неутронска течност која се однесува како идеален спроводник на електрична струја, т.е. како суперспроводник. Најгорниот слој, односно кората на ѕвездата, е железен и дебел околу 100m. Таа ја обвиткува кристалната решетка од недегенерирани неутрони и хемиски елементи чии јадра се богати со неутрони. Тоа се воглавно атоми на железо, а под кристалната решетка се наоѓа зоната на суперфлуидност. Над кората постои и гасна “атмосфера” која е висока само неколку сантиметри. За подобра претстава на големината на неутронска ѕвезда можеме да го разгледаме нашето Сонце, кое е релативно просечна ѕвезда и има радиус од околу 700 000 km. Тоа значи дека просечна неутронска ѕвезда е околу 70 000 пати помала од Сонцето иако има маса која е слична или поголема од таа на Сонцето. Малите димензии на неутронските ѕвезди укажуваат на

тоа дека тие имаат неверојатно силно гравитациско поле. Всушност, нивните гравитациски полиња се толку јаки, што можат да го забават времето и да го искриват просторот околу нив, преку феноменот познат како „гравитациска дилатација на времето“. Иако се мали, тие се неверојатни енергетски тела и емитураат интензивно зрачење ширум електромагнетниот спектар, вклучувајќи ги и рендгенските зраци и гама зраците. До овие зрачења доведува ослободувањето на енергија од магнетното поле на неутронската ѕвезда и забрзувањето на честичките во интензивното гравитациско поле.



Сл. 3. Структура на неутронска ѕвезда

## Ротација

Неутронските ѕвезди се познати и по својата брза ротација, некои од нив прават и по стотина вртења во секунда! Оваа брзина на ротација е последица на очувањето на моментот на импулс за да се задоволи условот  $L=I\omega=I'\omega'$ , што предизвикува ѕвездата да се врти се побрзо како се намалува во размер. Најбрзата ротирачка неутронска ѕвезда која досега е позната е PSR J1748-2446ad, која се врти со

брзина од 716 пати во секунда. Тоа значи дека неутронска звезда прави едно цело завртување за само 1,4 милисекунди.

## Магнетно поле

Покрај големата густина, неутронските ѕвезди се познати и по неверојатно силното магнетно поле, со јачина која може да биде и до  $10^{12}$  пати поголема од Земјината. Нивните магнетни полиња се остатоци од магнетните полиња кои постоеле во ѕвездата по чие уништување се создала неутронската ѕвезда. Магнетното поле на неутронските ѕвезди се генерира со ротација на наелектризирани честички, што предизвикува проток на електрична струја во внатрешноста на ѕвездата. Овие струи го создаваат магнетното поле кое се поклопува со оската на ротација на ѕвездата. Магнетните полиња се толку јаки, што можат силно да дејствуваат на околината. На пример, можат да ги забрзуваат честичките до исклучително високи енергии, резултирајќи со зрачење кое може да се набљудува ширум електромагнетниот спектар. Ова дејство на околината е посебно интересно затоа што овозможува набљудување на однесувањето на материјата при екстремни густини и температури.

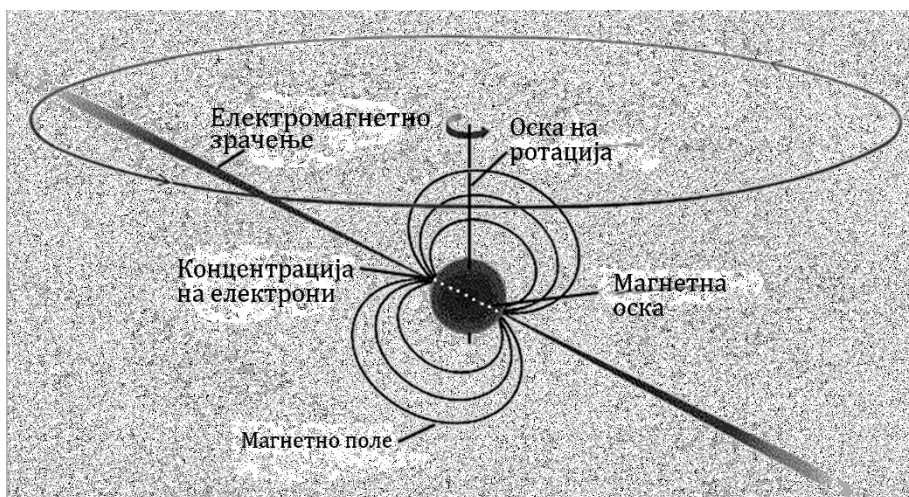
## Детекција

Неутронските ѕвезди се тешко забележливи објекти поради самиот факт што се навистина мали, па за нивна детекција ни се потребни инструменти кои се малку поинакви од вообичаените. Неутронските ѕвезди имаат две примарни карактеристики по кои може да се откријат. Првата е нивната гравитациска сила. Ѕвездите можат да бидат забележани благодарение на тоа како нивната гравитација делува на посјајните објекти наоколу. Вториот метод е преку детекција на пулсари.

## Пулсари

Пулсарите се брзоротирачки неутронски ѕвезди кои исфрлаат импулси на зрачење во редовни интервали кои варираат од секунда до милисекунда. Пулсарите поседуваат силни магнетни полиња кои насочуваат честички долж нивните магнетни полови, забрзувајќи ги

до релативистички брзини (близу до брзината на светлината), создавајќи два силни снопа на зрачење, по еден за секој од половите (слика 4). Поради тоа што половите на магнетните полиња не се рамни на оските на ротација на пулсарите, правецот на зрачење од половите ќе се менува со ротацијата на ѕвездата. Периодичноста на пулсарите е предизвикана токму од тие зрачења кои поминуваат пред “очите” на Земјата, при што ни се чини дека пулсарот се „исклучува“ кога светлината од сноповите е насочена во точка надвор од нашата перспектива. Голем број од пулсарите не можат да бидат откриени затоа што нивниот светлински сноп не ја погодува Земјата. Во суштина, пулсарите можеме да ги замислиме како „вселенски светилници“. Иако светилниците постојано испраќаат светлосни сигнали, морнарите можат да ги видат само кога се вперени во нив. Поради брзата ротација ова ни изгледа како „трепкање“. Всушност, самите неутронски ѕвезди не пулсираат со периодично зголемување и намалување на сјајот, како што астрономите сметале во минатото. Нивното пулсирање е само резултат на нивната ориентација во однос на нашиот поглед кон нив.

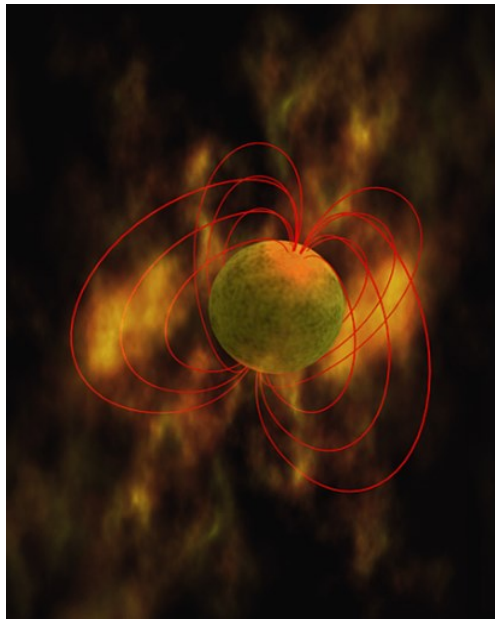


Сл.4. Пулсар

## Магнетари

Магнетарот (слика 5) е посебен вид на неутронска ѕвезда со многу силно магнетно поле, по кое го носи и своето име. Ваквото магнетно поле има вредности од  $10^9$  T –  $10^{11}$  T односно  $10^{13}$  G –  $10^{15}$  G, што е околу 1 000 пати посилено од она на нормална неутронска

свезда и околу  $10^{12}$  пати поголемо од магнетното поле на Земјата. За споредба, еден магнетар би можел да ги повлече сите кредитни картички од планетава на полурастојание до Месечината. Или, пак, доколку човек се најде на растојание помало од 1 000km од магнетарот, силното магнетно поле би го уништило неговото тело, повлекувајќи ги електроните од него и претворајќи го во облак од јони.



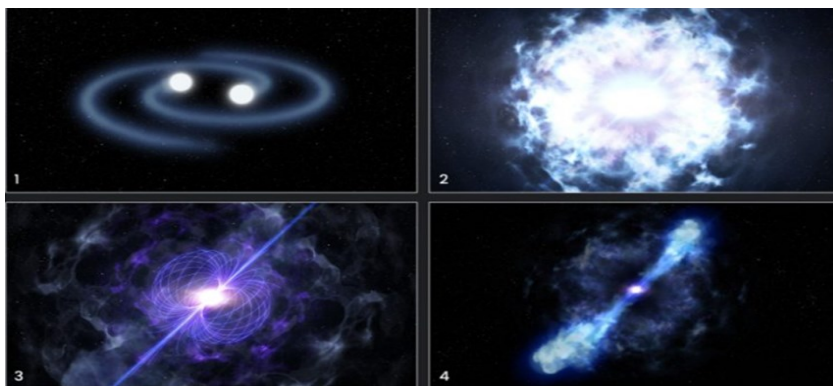
Сл.5. Магнетар со магнетните силиви линии

Освен силното магнетно поле, магнетарите зрачат и во електромагнетната област, ослободувајќи огромни количества енергија во форма на блесоци од X-зраци и експлозии на гама зраци. Постојењето на магнетарите било предложено во 1992 година од страна на Роберт Данкан (Robert Duncan) и Кристофер Томпсон (Christopher Thompson). Нивниот предлог бил обид да се објаснат својствата на минливите извори на гама зраци, денес познати како “меки гама повторувачи” (Soft Gamma Repeaters). Во текот на следната деценија, хипотезата за постоењето на магнетарите била широко прифатена, па до јули 2021 година биле познати 24 магнетари.

Како и другите неутронски ѕвезди, магнетарите имаат дијаметар од околу 20 km, што соодветствува на големина на еден град. Во 2004 година, силен блесок со апсолутна магнитуда од -29m од површината на магнетарот SGR 1806-20 бил регистриран на Земјата. Магнетарот се наоѓа на далечина од околу 50 000 светлосни години



од нас. Овој магнетар, во една десеттина од секундата емитирал повеќе енергија отколку што нашето Сонце би произвело во 150 000 години. Доколку објектот се наоѓал на растојание помало од 10 светлосни години од Земјата, ваквата експлозија би ја уништила озонската обвивка и би предизвикала сериозни последици за живиот свет. Неверојатно е што толку “ситен” објект може да произведе доволно енергија за да влијае на други објекти на толкава оддалеченост од нив. Масата на магнетарите се проценува на 1,4 Соларни маси, а нивната густина на околу  $10^{12} \text{ kg/cm}^3$ . Ваквата огромна вредност за густината значи дека едно мало делче од оваа неутронска ѕвезда, со големина на коцка шеќер, на Земјата би имало маса од милијарда тони – приближно колку една просечна планина!



Сл. 6.1) Две блиски неутронски ѕвезди 2) Судир и експлозија на две неутронски ѕвезди 3) и 4) Формирање на магнетар како резултат од експлозијата

Сè уште точно не се знае како еден магнетар генерира толку силно магнетно поле, но научниците сметаат дека тоа потекнува од внатрешноста на неутронската ѕвезда, за која се мисли дека е составена од неутрони, кваркови и посебни состојби на материја како што е Бозе - Ајнштајновиот кондензат. Според една од теориите магнетарот го “наследува” полето од ѕвездата каква што била пред да стане неутронска ѕвезда.

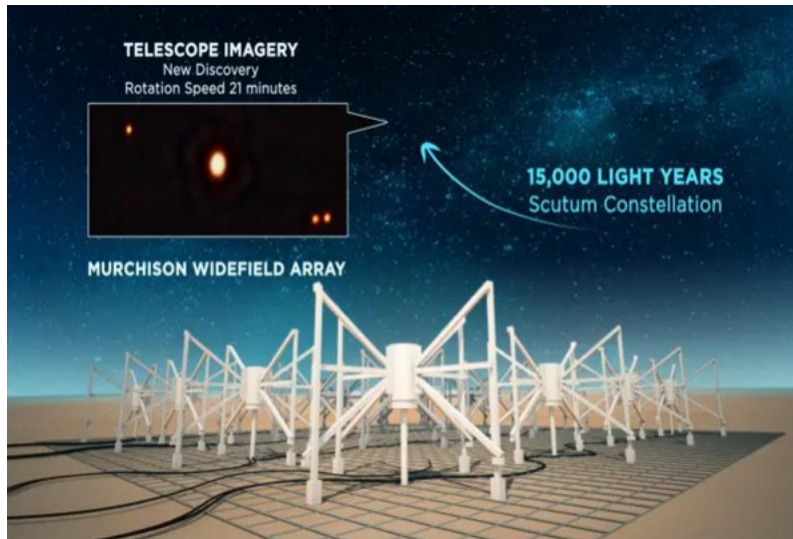
За време на експлозија на супернова ѕвездата колапсира во неутронска ѕвезда и нејзиното магнетно поле значително се зголемува со законот за запазување на магнетниот флукс. Преполовувањето на радиусот ја зголемува јачината на магнетното поле четири пати. Данкан и Томпсон пресметале дека при ротација, температурата и магнетното поле на новоформираната ѕвезда

опаѓаат во правилни интервали и се појавува „динамо механизам“ кој ја претвора топлината и ротационата енергија во магнетна, што доведува и до зголемување на магнетното поле од нормални вредности ( $10^8$  T) до повеќе од  $10^{11}$  T, односно  $10^{15}$  G. Резултатот од процесот е настанок на магнетар. Се проценува дека од 1 од 10 експлозии на супернова резултираат со појава на магнетар, а не со стандардна неутронска звезда или пулсар. Друга начин за настанок на магнетарите е случајот кога две неутронски ѕвезди блиски една до друга (слика 6.1) ќе се судрат при што настанува силна експлозија (слика 6.2), која зад себе остава магнетар како нејзин остаток (слика 6.3 и 6.4).

## **Магнетар со натпросечно голем период на емисија на радио-бранови**

Досега сите за нас познати магнетари емитирале енергија во гама и X областа, во временски интервали од неколку секунди па сè до неколку минути. Но, студентот на докторски студии, Тајрон О’Дохерти (Tyronne O’Doherty) од Универзитетот Куртис (Curtis University) во Западна Австралија во март 2018 година открил брзоротирачки објект кој емитирал големи млазеви на енергија. Овој нов вид на објект го тестира нашето разбирање за физиката на неутронските ѕвезди во целина. Во тие моменти тој станал најсветлиот извор на радио бранови видливи од Земјата со радио телескопи, кој изгледал како небесен светилник. Истражувачите сметале дека овој феномен може да е остаток од ѕвезда која колапсирала – или густа неутронска ѕвезда или згаснато бело џуџе со многу силно магнетно поле. Се разбира, постоела шанса објектот да е и нешто сосема ново и непознато. Првично, тимот од астрономи од ICRAR (Интернационалниот центар за истражување на радио-астрономијата), лоциран во Перт, Австралија, бил збунет од ваквото откритие, па по објавувањето на трудот, помеѓу јули и септември 2022 година и користејќи го Murchison Widefield Array (MWA) радио телескопот претставен на слика 7, започнале да бараат нов сличен објект во истата област.

Набрзо, повторно биле пријатно изненадени. Новооткриениот објект најверојатно бил магнетар со екстремно долг период на пулсации, кој емитирал радио бранови на секои 22 минути, со што е магнетар со најголем период кој некогаш е детектиран. Прикажан на слика 8, со назив GPM J1839–10, тој е оддалечен околу 15 000 светлосни години од Земјата и се наоѓа во сосвездието Штит (Scutum).



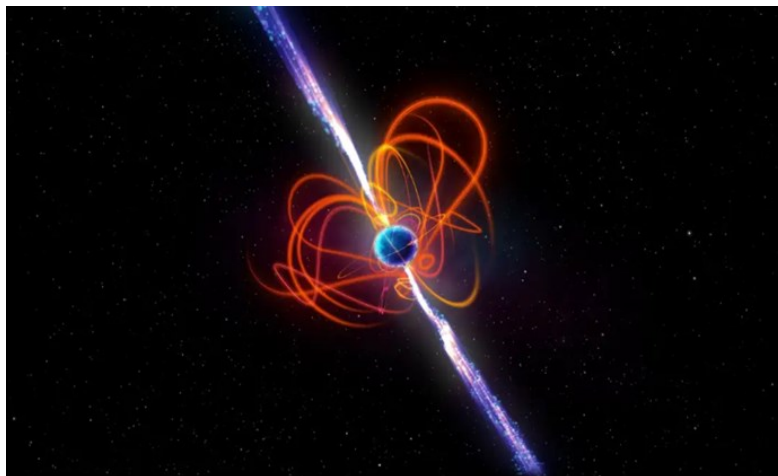
Сл.7. Графички дизајниран приказ на Murchison Widefield Array (MWA) телескоп, лоциран во западна Австралија

Тој е само вториот детектиран објект од овој вид, веднаш после оној на О'Дохерти. Тимот на астрономи на чело со Наташа Харли – Вокер (Natasha Hurley – Walker) открил дека магнетарот GPM J1839–10 емитура електромагнетно зрачење кое трае до 5 минути – петпати подолго од првиот објект. Интересно е што уште во 1988 година, со телескопи биле регистрирани пулсирања од овој објект, но тогаш никој не ги забележал, веројатно бидејќи никој не очекувал да најде на нешто такво. Она што претставува најголема загатка за научниците е тоа што сите досега познати магнетари ослободуваат енергија во краток период од неколку секунди па до максимум од неколку минути, но овој објект тоа го прави на секои 22 минути, и тоа најмалку во последните 34 години! Според др. Харли – Вокер, доколку овој објект е магнетар, тој ротира премногу бавно за да може да произведува радио бранови, но и покрај тоа, тие се регистрирани. Сепак, механизмот што овој објект го користи во последните 34 години е неверојатен.

## SGR 0418 – мистериозен магнетар

Новите открипија покажале дека магнетарите може да се поразновидни и почести отколку што претходно се претпоставувало. Астрономите веруваат дека новооткриениот објект со име SGR 0418+5729 (или скратено SGR 0418) може многу да им помогне за подобро разбирање на експлозиите на супернова, како и бројот и

еволуцијата на магнетарите. SGR 0418 е лоциран во нашата галаксија Млечен Пат, на растојание од околу 6500 светлосни години од Земјата.

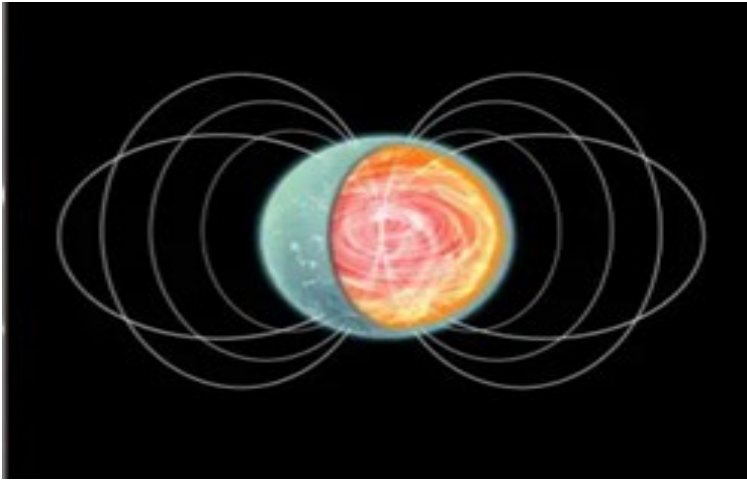


**Сл.8.** Графички дизајниран приказ на новооткриениот магнетар GPM J1839–10. (Види предна корица)

Овој магнетар релативно бавно ротира и повремено генерира силни млазеви на X - зраци. Единствениот веродостоен извор за енергијата што се ослободува во овие млазеви е магнетната енергија складирана во ѕвездата. Повеќето магнетари имаат екстремно силни магнетни полиња на нивната површина, па дури и до 1 000 пати посилни од оние на површината на обична просечна неутронска ѕвезда. Но, SGR 0418 не припаѓа тука. Тој има магнетно поле со јачина како и просечна неутронска ѕвезда. На слика 9 е прикажана илустрација на SGR 0418 одблиску. Таа го истакнува слабото магнетно поле на површината на магнетарот, како и релативно силното активно магнетно поле кое “демне” во внатрешноста на ѕвездата. Емисијата на X - зраци “видена” од Чандра телескопот доаѓа од мала жешка точка, која не е прикажана на сликата.

Оваа точка има радиус од само 160 m, а радиусот на целата ѕвезда кој изнесува 12 km. Истражувачите го следеле SGR 0418 во текот на три години, користејќи ги Чандра, XMM - Newton сателитот на Европската Вселенска Агенција (ESA), како и сателитите на НАСА – Swift и RXTE. Со нивна помош направиле проценка за надворешното магнетно поле со мерење на промената на брзината на ротација за време од една емисија на X - зраци на магнетарот. Овие емисии се најверојатно создадени од фрактури во обвивката на неутронската

ѕвезда како резултат на силни турбуленции од магнетното поле кое лежи во внатрешноста на ѕвездата.



Сл.9. Графички дизајниран приказ на SGR 0418 одблиску

Со моделирање на еволуцијата на ладење на неутронската ѕвезда и нејзината обвивка, како и постепено распаѓање на нејзиното магнетно поле, научниците ја процениле староста на SGR 0418 на околу 550 000 години. Ова го прави SGR 0418 постар од повеќето магнетари и овој продолжен животен век веројатно придонел јачината на магнетното поле на површината да се намали со текот на времето. Бидејќи магнетното поле на површината на ѕвездата ослабнало, а внатрешното магнетно поле е релативно силно, ваквите емисии може сè уште да се случуваат.

Кога масивна ѕвезда останува без гориво, нејзината обвивка колабира до неутронска ѕвезда. Гравитационата енергија ослободена во овој процес ги издува надворешните слоеви во експлозија на супернова и остава неутронска ѕвезда зад себе. Повеќето неутронски ѕвезди ротираат брзо (неколку пати во секунда), но мал дел има релативно голем период на ротација од неколку секунди, додека повремено генерира големи млазеви на X – зраци. Бидејќи единствениот извор на зрачење на овие ѕвезди е магнетната енергија складирана во нејзината внатрешност, овие ѕвезди се нарекуваат магнетари. Случајот на SGR 0418 може да значи дека може да постојат многу постари магнетари со силни магнетни полиња скриени под површината, што имплицира дека нивната стапка на раѓање е 5 до 10 пати повисока од она што претходно се претпоставувало. Според Хозе Понс (José Pons) од Универзитетот Алакант во Шпанија, еднаш

годишно во секоја галаксија барем една неутронска ѕвезда треба да се претвори во магнетар. Се смета дека магнетното поле на површината на SGR 0418 било многу силно кога ѕвездата се родила, пред околу 500000 години. Ова би можело да значи дека масивните ѕвезди го завршуваат животот во експлозија на супернова веќе имале силни магнетни полиња, или, пак, овие полиња биле создадени од брзо ротирачки неутронски ѕвезди со колапс на јадрото кое се случува по експлозијата на супернова. Според најновите истражувања, се смета дека магнетарите се потенцијален извор на гравитациони бранови и нивниот придонес во детекцијата на овие бранови би бил поголем отколку што се мислело претходно. Можноста магнетарот SGR 0418 да има слабо магнетно поле на површината била предложена уште во 2010 година, но во тоа време научниците можеле само да ја одредат горната граница на вредноста на магнетното поле, но не и да направат вистинска проценка, бидејќи во тој период не биле собрани доволно податоци.

**e-mail:** davidangelovski001@gmail.com

**e-mail:** spirkoski.hristijan19@gmail.com

**Напомена:** Авторите се студенти на насоката астрономија и астрофизика на Институтот за физика при Природно-математичкиот факултет.

## Литература

- [1]. J. Alfredo, Structural characteristics and physical properties of neutron stars: theoretical and observational research (2017).
- [2]. [https://sites.ualberta.ca/~pogosyan/teaching/ASTRO\\_122/lect19/lecture19.html](https://sites.ualberta.ca/~pogosyan/teaching/ASTRO_122/lect19/lecture19.html)
- [3]. <https://www.space.com/32661-pulsars.html>
- [4]. <https://earthsky.org/space/what-is-a-magnetar/>
- [5]. <https://edition.cnn.com/2023/07/20/world/new-stellar-object-radio-waves-scn/index.html>
- [6]. <https://www.csiro.au/en/news/all/news/2023/july/hiding-in-plain-sight-astronomers-find-new-type-of-stellar-object>
- [7]. [https://scitechdaily.com/new-type-of-astronomical-object-discovered-massive-magnetic-helium-stars/?expand\\_article=1#google\\_vignette](https://scitechdaily.com/new-type-of-astronomical-object-discovered-massive-magnetic-helium-stars/?expand_article=1#google_vignette)
- [8]. [https://scitechdaily.com/astronomers-find-mysterious-stellar-object-blasting-out-radio-waves-every-22-minutes/#google\\_vignette](https://scitechdaily.com/astronomers-find-mysterious-stellar-object-blasting-out-radio-waves-every-22-minutes/#google_vignette)
- [9]. [https://scitechdaily.com/magnetars-more-diverse-than-previously-thought/?expand\\_article=1#google\\_vignette](https://scitechdaily.com/magnetars-more-diverse-than-previously-thought/?expand_article=1#google_vignette)

# ОТКРИЕНА Е НАЈДАЛЕЧНАТА ПРЕЧКАСТА ГАЛАКСИЈА ДО СЕГА: ШТО МОЖЕ ДА НАУЧИМЕ ОД НЕА?

Јана Богданоска

Кога ќе погледнеме во длабочините на нашиот Универзум, ретко ќе најдеме структури повпечатливи од елегантните спирални галаксии. Овие огромни системи, иако до пред сто години не сме знаеле дека се наоѓаат надвор од Млечниот Пат, го восхитувале човештвото со нивната мистериозна форма уште од првиот пат кога биле забележани од страна на астрономот Рос (William Parsons, 3rd Earl of Rosse, 1800 – 1867 г.), со тогаш најголемиот телескоп Левијатан во 1845 година.



**Сл. 1.** Уметнички приказ на еволуцијата на галаксијата Ceers-2112 со текот на милијардите години, од раниот Универзум пред 12 милијарди години, до денес. Слика: Лоренцо Морели (Lorenzo Morelli)

До денес, благодарение на напредокот на технологијата и телескопите, набљудувани се огромен број спирални галаксии, што овозможило да ги запознаеме и да откриеме многу факти за нив. Тоа патешествие не е завршено и спиралните галаксии сè уште кријат многу тајни. Вселенскиот телескоп Џејмс Веб уште во првите една до две години од своето функционирање, веќе ни открива нови тајни на Универзумот. Такво сознание ни донесе и откритието на галаксијата Ceers-2112, најдалечната пречкаста спирална галаксија откриена до сега. Со оглед на тоа дека е во прашање пречкаста спирална галаксија, да разгледаме прво што знаеме за галаксиите од овој тип.

## Општо за спиралните галаксии

Галаксиите се состојат од ѕвезди, гас и прашина (обвиени во хало од темна материја) и често се претставуваат како елементарни градбени единици на Универзумот во целина. Во нивната внатрешност ѕвездите го поминуваат целиот свој животен век, почнувајќи од огромните облаци на гас и прашина во кои постојат услови за создавање ѕвезди, па минувајќи низ фазите на ѕвездена еволуција со исфрлање на дел од сопствената материја во околината и на крај „стивнувајќи“ како бели и кафеави џуџиња, или спектакуларно распрскувајќи се во супернова, при што оставаат неутронски ѕвезди и црни дупки зад себе. Во сите фази на ѕвездената еволуција доаѓа до некаков контакт помеѓу околината и ѕвездите, што значи дека галаксијата сама по себе е комплексен и динамичен систем.

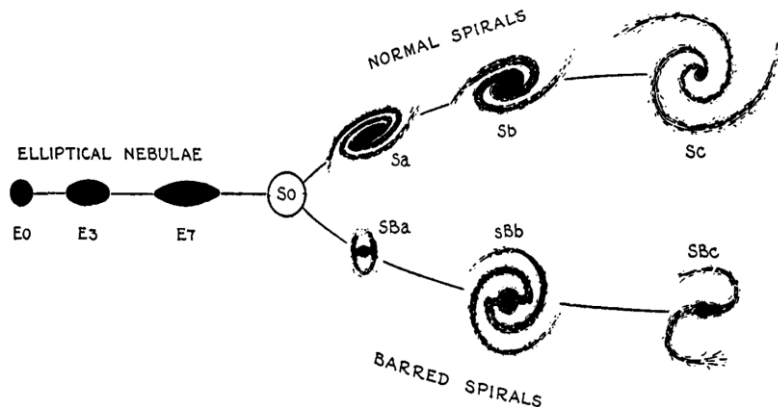
Веднаш штом ќе погледнеме слики од повеќе различни галаксии, може да забележиме дека тие спаѓаат во два морфолошки типови: спирални и елиптични. Спиралните галаксии содржат уште една подкатегорија, пречкасти галаксии. Оваа класификација првпат била воведена од Едвин Хабл (Edwin Hubble, 1889 - 1953), кој ја претставил на график познат како дијаграм во форма на „звучна виљушка“. Овој дијаграм се појавува многу често кога се зборува за галаксии и може да се види на слика 2.

На слика 2. е означена целосната класификација на галаксиите, која се користи и денес. Со „Е“ се означени елиптичните галаксии. Бројката од 0-7 означува колку е „издолжена“ галаксијата (колкав е нејзиниот ексцентрицитет), па така Е0 е кружна галаксија, а Е7 е издолжена. Со буквата „S“ се бележат спиралните галаксии, со исклучок на дисковидните, кои се бележат со S0 и се тип на галаксии помеѓу елиптичните и спиралните. Кај спиралните галаксии, под-класите се бележат со буква, и тоа галаксија од тип „Sa“ има блиску



Откриена е најдалечната пречкаста галаксија до сега: што можеме да научиме од неа

намотани гранки и големо сјајно јадро, наспроти типот „Sc“, каде гранките се пооддалечени една од друга и јадрото е помалку сјајно. Типот „Sb“ е помеѓу овие два. На долната страна на дијаграмот се претставени пречкастите галаксии (на англиски: barred; bar – „пречка“). Нивната ознака е „SB“, а буквите кои го означуваат типот (a, b, c) имаат исто значење како и кај спиралните галаксии. Постои и класа на галаксии кои се неправилни. Тие не се претставени на дијаграмот, а нивната ознака е „Irr“.

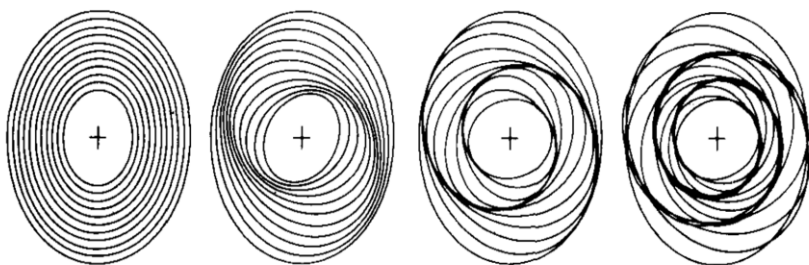


**Сл. 2.** Дијаграм во форма на звучна виљушка за класификација на галаксиите според нивната форма (морфологија). Првпат бил предложен од Едвин Хабл, па затоа и често се среќава како и Хаблов дијаграм за морфолошка класификација. Од левата страна се наоѓаат елиптичните галаксии, а од десна дијаграмот се дели на два дела, горе се спиралните (normal spirals) а долу пречкастите галаксии (barred spirals). Бидејќи овој цртеж е преземен од книгата на Хабл „Во светот на маглините“ издадена во 1936, интересно е да се забележи дека ги нарекол „маглини“ (Nebulae). Терминот галаксија како што го знаеме денес уште не бил општо прифатен. [1]

Повеќето спирални галаксии претставуваат сплескан диск во кој се наоѓаат региони со ѕвезди, гас и прашина. Околу центарот на галаксијата постои испакнато галактичко јадро, кое излегува од дискот и кое е составено од постари ѕвезди, слично на елиптичните галаксии, но во многу помал размер. Постојат и ѕвезди и глобуларни јата кои не спаѓаат во дискот, туку го обиколуваат, но се малубројни и со мал вкупен сјај. Највпечатливата карактеристика на овие галаксии се спиралните гранки, кои почнуваат од центарот на галаксијата и го заобиколуваат неколку пати. Тие се центри на формација на ѕвезди, па нивниот сјај е голем поради присуството на голем број млади ѕвезди.

Постоењето и формирањето на спиралните гранки сè уште не е целосно објаснето. Една од најзначајните теории тврди дека гранките се густински бранови. Тоа значи дека ѕвездите од кои е создадена гранката се движат со различни брзини, различни меѓу себе и различни од брзината на движење на гранката. Бројот на ѕвезди во гранката со текот на времето останува приближно постојан бидејќи едни ѕвезди се приклучуваат, додека други излегуваат од гранката. Ова објаснување може да се види на слика 3, каде секоја од елипсите претставува орбита на ѕвезда и за секоја наредна орбитата е наклонета под сè поголем агол во однос на онаа со помали полуоски од неа.

За да го разбереме формирањето на спиралните галаксии, го користиме фактот дека светлината се движи со конечна брзина (од околу 300 000 km/s). Ако некоја галаксија е оддалечена од нас 1 милијарда светлосни години, тоа значи дека светлината што доаѓа до кај нас била емитирана пред 1 милијарда години, па ја гледаме галаксијата каква што била во минатото. Ова ни овозможува да го набљудуваме минатото на Универзумот и да донесеме заклучоци за тоа како настанале објектите кои ги гледаме во нашата околина (т.е. во блиското минато или сегашноста). Некои од најдалечните (а со тоа и најраните) спирални галаксии кои се детектирани се: BX442 која ја набљудуваме 10,7 милијарди години во минатото, A1689B11 на 11 милијарди години и BRI 1335-0417 на 12,4 милијарди години. Бидејќи возраста на Универзумот се проценува на 13,8 милијарди години, овие галаксии се формирале во првите неколку милијарди по неговото создавање.



**Сл. 3.** Модели на галаксии, каде секоја елипса претставува орбита на некоја од ѕвездите во галаксијата. Големата полуоска на секоја елипса е отклонета за некој агол во однос на наредната. Кај моделот најлево, аголот на отклонување е нула, а во секој нареден модел (од лево кон десно), аголот на отклонување расте. На местата каде што орбитите се позбиени настануваат гранките на спиралната галаксија. [2]

## Сознанијата за пречкастите галаксии до сега

Пречкастите галаксии се честа појава во Универзумот. Околу две третини од сите спирални галаксии во локалниот Универзум содржат пречка, иако кај некои е посилено, а кај некои послабо видлива. Млечниот Пат исто така има пречка (сл. 4.), иако е невозможно да се забележи преку едноставни набљудувања: формата на Млечниот Пат многу прецизно е определена со помош на мисијата Гаја (Gaia<sup>1</sup>) во која се набљудувани 24 000 жешки и масивни ѕвезди и над 1000 отворени галактички јата. Таа претставува пречкаста спирална галаксија со само две главни гранки кои излегуваат од пречката.



**Сл. 4.** Галаксијата NGC 1300. Се претпоставува дека Млечниот Пат изгледа слично на оваа галаксија: пречкаста галаксија со две гранки кои излегуваат од пречката. Фотографија: NASA, ESA и The Hubble Heritage Team STScI/AURA.

Пречкастите галаксии суштински не се разликуваат од спиралните. Појавата на пречка секако дека е важна разлика, но таа настанува на начин сличен како и гранките на спиралните галаксии. Повторно станува збор за густински бран, но во овој случај тој потекнува од центарот на галаксијата. За настанување на ваков пречкаст густински бран потребно е прво галаксијата да има стабилен диск, најчесто со спирална структура. Потоа треба рамнотежата некако да се растрои, или поради внатрешна

---

<sup>1</sup> <https://sci.esa.int/web/gaia>

нестабилност на галактичкиот систем или поради гравитационо влијание од галактичката околина.

Во тоа всушност и се крие причината зошто откривањето на галаксијата Ceers-2112 е толку значајно: за да може гореспоменатите нарушувања да создадат пречка, потребно е галаксијата да биде „сталожена“, а за тоа е потребно време. Моделите кои ги користиме до сега за да го објасниме создавањето на пречкастите галаксии не можат да го објаснат создавањето на ваквите структури толку рано во Универзумот. Современите модели предвидуваат дека кога Универзумот бил помлад од 4 милијарди години, пречките во галаксиите не би требало да се создадат во галаксии од типот на Млечниот Пат. Тоа значи дека треба да ги прошириме нашите знаења за тие да ги опфатат и овие нови откритија.

## Галаксијата Ceers-2112

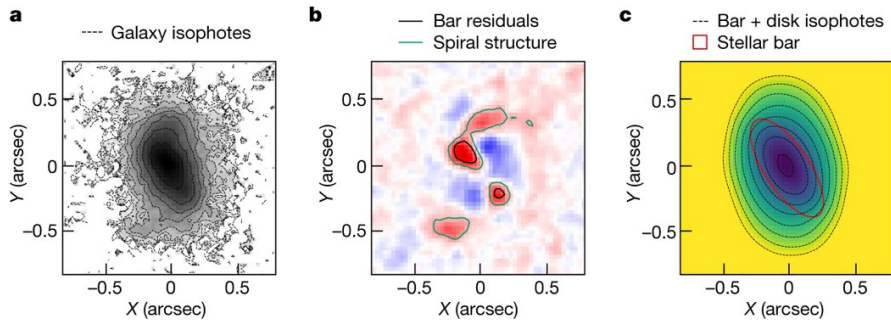
На 8 ноември 2023 година, меѓународен тим од 33 научници базирани во 29 институти во 8 земји, водени од CAB (Centro de Astrobiología – Центар за астрибиологија) во Мадрид, Шпанија, објавија труд во престижниот научен журнал *Nature*, во кој се претставува галаксијата Ceers-2112 како галаксија од типот на Млечниот Пат која ја достигнала својата форма кога Универзумот бил стар само 2 милијарди години [3]. Се смета дека оваа галаксија е од тип на Млечниот Пат, бидејќи нејзината свездена маса (вкупната маса на сите ѕвезди што се содржат во галаксијата) е 3,9 милијарди Сончеви маси. Денес, Млечниот Пат има свездена маса од околу 60 милијарди Сончеви маси, но истражувањата покажале дека во минатото нејзината маса била блиску до онаа на Ceers-2112, па затоа може да сметаме дека се од ист тип. Секако, тие се од ист морфолошки тип, што значи дека двете се пречкасти спирални галаксии.

Пречкастата природа на оваа галаксија е определена со помош на набљудувањата извршени со вселенскиот телескоп Џејмс Веб (JWST: James Webb Space Telescope) во периодот од 21-22 јуни 2022 година преку проектот CEERS (Cosmic Evolution Early Release Science – наука за космичка еволуција од раните објави на податоци) [5], поради што галаксијата го добива своето име. Користени се фотометриски и спектроскопски набљудувања од седум филтри на камерата NIRCam. Финалната слика е составена со комбинирање на сликите од седумте посебни филтри.

При визуелна класификација не била забележана пречкастата природа на оваа галаксија, бидејќи надворешните области на галаксијата имаат многу ниска осветленост, па свездениот диск е

Откриена е најдалечната пречкаста галаксија до сега: што можеме да научиме од неа

премногу слабо детектиран. За да детекцијата биде комплетна, новите податоци од Џејмс Веб се комбинирани со набљудувања од телескопот Хабл на истите координати, поточно фотографии од пет различни филтри набљудувани преку програмата CANDELS (Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey – Космичко склопување преку блиску-инфрацрвени набљудувања во екстрагалактички рамки), па добиена е композитна слика прикажана на слика 5a. Понатаму, преку модели и симулации добиени се графичите прикажани на сликите 5b. и 5c., каде може да се забележи пречката, т.е. на слика 5b. компонентите на пречката се обележана со затворени контури со потемната/црната линија, а на слика 5c. пречката е обележана со затворена контура со полна посветла/црвена линија наклонета под агол во однос на останатите контури.



**Сл. 5.** Галаксијата Seers-2112, набљудуваната галаксија со контури на еднаква сјајност (лево). На графикот во средина е претставена разликата помеѓу набљудуваната и моделираната сјајност на галаксијата, при што во моделот е претпоставено дека галаксијата е елиптична. Силно обоените региони покажуваат каде набљудувањата се разликуваат од елиптичните галаксии, т.е. јасно се гледа дека моделот на елиптична галаксија не може да го објасни присуството на пречка и спирални гранки (обележани со контури). На сликата десно е претставен модел на галаксија каде се зема во предвид пречката (закривена контура) заедно со дискот на галаксијата. Извор: Costantin, L. et al. (Nature, 2023) **(Види задна корица)**

Детални истражувања на сите достапни податоци покажале дека должината на пречката изнесува околу 3,3 крс (рс – парсек, околу 3,26 светлосни години или  $3,08 \cdot 10^{16}$  m). За споредба, пречката на Млечниот Пат се проценува дека е во опсегот помеѓу 1 и 5 крс. Понатаму, определена е историјата на Seers-2112: самата галаксија

била создадена кога Универзумот бил стар околу 1 милијарда години, а пречката се создала околу 200 милиони години подоцна. Создавањето на пречката се проценува дека траело 400 милиони години, што е важен податок за понатамошно изучување на пречките во галаксиите на раниот Универзум. Едно објаснување е дека Seers-2112 поминала низ фаза на брзо собирање гас од околината кога Универзумот бил стар 2 милијарди години, што овозможило свездениот диск да стане нестабилен и да формира пречка за толку кратко време.

### **Влијанието на ова откритие врз науката**

Откривањето на пречкасти галаксии како Seers-2112 во раниот Универзум, особено во првите неколку милијарди години по Големата експлозија (Big Bang), значајно влијае на современите теории за создавањето и еволуцијата на галаксиите. Освен што укажуваат на тоа дека свездените дискови биле динамички „посмирени“, ваквите откритија ги прошируваат знаењата за темната материја, особено за тоа како таа е распределена низ вселената и каков е нејзиниот сооднос со барионската, нормална материја од која сме создадени ние, како и сè она што може да го видиме и детектираме. Во вселената има значително повеќе темна материја отколку барионска, а сепак барионската материја била таа што доминирала во процесот на еволуција кај галаксиите. Ова придонесува кон подобрување на космолошките модели кои ја опишуваат историјата и развитокот на вселената како целина.

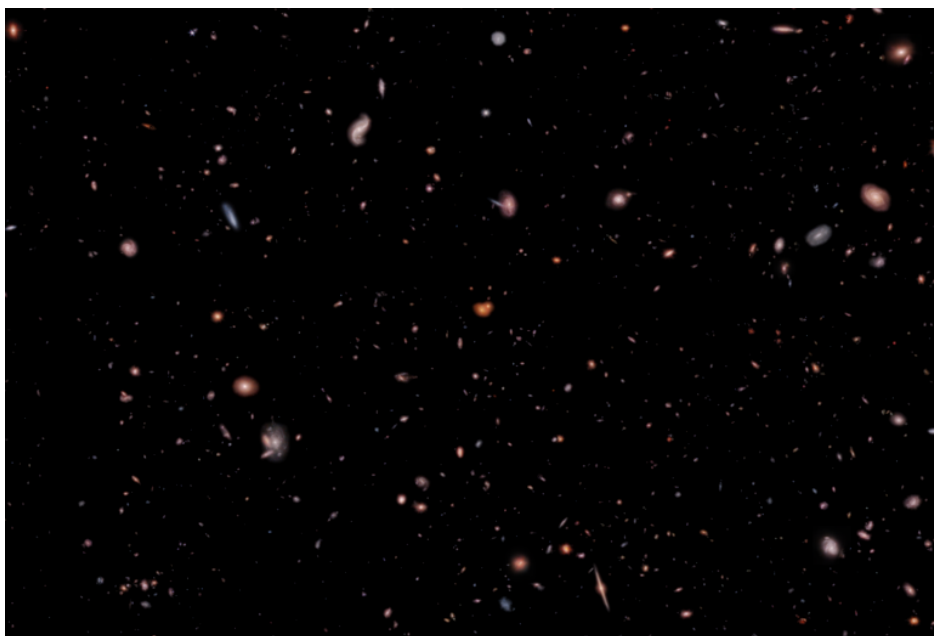
Според денешните космолошки модели се очекува галаксиите уште во раниот Универзум да собираат гас од околината, што придонесува брзината на формирање ѕвезди да се зголеми, како и да се овозможи создавањето на црни јами. Од друга страна, активните галактички јадра и суперновите исфрлаат дел од материјата на галаксијата. Се смета дека галаксиите во минатото биле побогати со гас отколку денешните. Толкавото количество гас го попречува или забавува создавањето пречки, па иако симулациите кои се создаваат врз основа на овие модели во голема мера се поклопуваат со набљудувањата, тие ретко успеваат да создадат пречкасти галаксии порано од 4 милијарди години по Големата Експлозија.

За крај, откривањето на пречкастата галаксија Seers-2112 покажува дека со помош на вселенскиот телескоп Џејмс Веб е возможно ваквите детални структури на далечните галаксии да се детектираат. Тоа е многу важно, бидејќи не само што раните галаксии се далеку од нас, туку и тие биле помали и помалку сјајни од

Откриена е најдалечната пречкаста галаксија до сега: што можеме да научиме од неа

денешните галаксии. Ова откритие ни отвора нова насока во истражувањата и ни дава надеж за многу нови сознанија во иднината. За првпат ја имаме способноста да ги студираме морфолошките карактеристики на далечни објекти, па денес не можеме ни да замислиме што би можело да биде откриено во следните неколку години и какви би биле нашите сфаќања за создавањето и еволуцијата на галаксиите.

Откритијата со Џејмс Веб не застануваат тука. Речиси е невозможно да се следат сите новини кои ни ги донесе овој телескоп. Самата програма CEERS има придонесено со многу нови пронајдоци и спектакуларни набљудувања. Главно, резултатите покажуваат какви биле раните популации на галаксии, со каква брзина тие создавале нови ѕвезди и црни јами, а во следните истражувања треба да помогнат подобро да го разбереме формирањето на галактичките дискови како и нивните испакнати јадра. Сите овие знаења треба да покажат од каде потекнала првата светлина што се простира низ Универзумот и воедно кој е најдалечниот објект што можеме да го набљудуваме.



**Сл. 6.** Полето на CEERS. Кои други интересни откритија нè чекаат во далечниот ран Универзум? Слика: JWST (NASA/ESA/CSA), дел од полето на програмата CEERS.

**e-mail:** janabogdanoska@pmf.ukim.mk

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

### Литература и извори

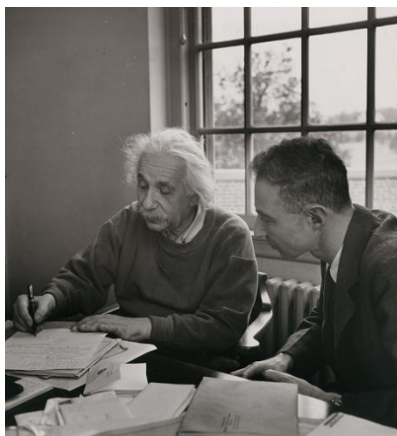
- [1] E. P. Hubble, *Realm of the Nebulae*, New York : Dover Publications, 1936.
- [2] A. J. Kalnajs, "Spiral Structure Viewed as a Density Wave," *Publications of the Astronomical Society of Australia*, том 2, бр. 4, p. 174–177, Oct. 1973.
- [3] L. Costantin, P. G. Pérez-González, Y. Guo, C. Buttitta, S. Jogee, M. B. Bagley, G. Barro, J. S. Kartaltepe, A. M. Koekemoer, C. Cabello, E. M. Corsini, J. Méndez-Abreu и A. de la Vega, «A Milky Way-like barred spiral galaxy at a redshift of 3,» *Nature*, т. 623, № 7987, pp. 499-501, 8 November 2023.
- [4] M. S. Seigar, *Spiral Structure in Galaxies*, Morgan & Claypool Publishers, 2017.
- [5] <https://ceers.github.io/> (пристапено во јануари 2024)
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Barred\\_spiral\\_galaxy](https://en.wikipedia.org/wiki/Barred_spiral_galaxy) (пристапено во јануари 2024).
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Barred\\_spiral\\_galaxy](https://en.wikipedia.org/wiki/Barred_spiral_galaxy) (пристапено во јануари 2024)



# ОПЕНХАЈМЕР И ТЕОРИСКАТА АСТРОФИЗИКА

Александар Гурчиновски

**У** Роберт Опенхајмер е една од најистакнатите фигури во светот на теориската физика. Роден во 1904 година во Њујорк, САД, Опенхајмер покажал исклучителна интелектуална способност уште од млада возраст. Дипломирал хемија на универзитетот во Харвард во 1925 година, а во 1927 година докторирал физика на универзитетот во Гетинген, Германија, под менторство на Макс Борн. За време на неговите постдипломски студии во Гетинген тој дал значителен придонес во квантната механика, при што најзначајна е т.н. „Апроксимација на Борн-Опенхајмер“, која што е клучна за разбирање на молекуларната структура на материјата.



Сл. 1. Алберт Ајнштајн со Опенхајмер на Институтот за напредни студии во Принстон, Њу Џерси.

За време на Втората светска војна доаѓаат до израз лидерските квалитети и научната остринa на Опенхајмер. Тој бил регрутиран од американската влада да го води научниот дел на проектот „Манхетен“, чија основна цел била создавање на првата атомска бомба. Неговата способност да регрутира и состави тим од врвни

физичари од целиот свет, неговата јасна визија и неговата посветеност да ја постигне научната цел, биле клучни за успехот на проектот.

По војната, самосвесноста за личната улога во развојот на атомската бомба разгорела сложени емоции во самиот Опенхајмер. Свесен за катастрофалните последици од проектот „Менхетн“, тој станува поборник за меѓународна контрола на нуклеарното оружје. Бил избран за прв директор на Институтот за напредни студии во Принстон. Користејќи го својот лик и дело за промоција на истражувањето и образованието по физика, тој израснал во влијателна фигура во научната заедница,

Темата за неговата улога во развојот на атомската бомба останува сложена, актуелна и мошне дебатирана и покренува многу прашања за етичките димензии и употребата на таквото уништувачко оружје.

Опенхајмер имал и сложен личен живот кој вклучувал повеќе вонбрачни афери. Тој бил во брак со Кетрин „Кити“ Пуенинг, но неговите вонбрачни врски биле предмет на јавна и приватна дискусија. Една од најпознатите такви врски е со Џин Татлок, психијатар и активист. Таа наводно започнала кон крајот на 1930-тите и траела сè до смртта на Опенхајмер. Татлок била позната по нејзините левичарски, про-комунистички политички ставови и по нејзината вклученост во општествените и политички токови. Поврзаноста на Опенхајмер со Татлок и неговите сопствени политички убедувања биле под истрага за време на ерата на Мекартизмот во САД, време во кое преовладувале антикомунистичките чувства во Соединетите држави. Вонбрачните афери, а особено неговата врска со Татлок, биле и точка на интерес за време на сослушувањата со кои Опенхајмер се соочил во 1954 година, а во врска со неговото безбедносно овластување,. Комисијата за атомска енергија на САД, поддржана од неколкумина владини агенции одржала серија на сослушувања, со цел да ја проценат лојалноста кон државата и безбедносниот сертификат на Опенхајмер во светло на неговите минати дејствија. Сослушувањата продреле длабоко во неговиот личен живот, вклучувајќи ги и неговите односи со поединци - колеги научници, за кои се сметало дека имаат левичарски или комунистички симпатии. Безбедносното одобрение на Опенхајмер на крајот било отповикано, но одлуката била контроверзна и останала предмет на историска дебата.

Од суштинско значење е да се пристапи кон дискусиите за личните животи на поединците со чувствителност и разбирање на историскиот контекст. Придонесите на Опенхајмер во науката, особено неговата улога во развојот на атомската бомба и неговото

подоцнежно залагање за меѓународна контрола на нуклеарното оружје, оставиле трајно влијание врз историјата. Неговиот личен живот, вклучувајќи ги и неговите вонбрачни афери, се само еден аспект од неговата сложена и повеќеслојна приказна.



Сл. 2. Опенхајмер со Лесли Гроувс, воениот раководител на проектот „Манхетн“

Научните достигнувања и сложеното наследство на Џ. Роберт Опенхајмер продолжуваат да интригираат и инспирираат генерации на научници, историчари и сите оние кои се заинтересирани за врската помеѓу науката, политиката и етиката. Придонесите на Опенхајмер во теориската физика биле особено широки и влијателни, и тие опфаќаат повеќе подобласти.

Апроксимацијата на Борн-Опенхајмер е еден од основните приближни методи во квантната механика развиен од Опенхајмер и Макс Борн. Тоа е приод кој што го поедноставува сложениот проблем на опишување на молекулите, разгледувајќи го движењето на електроните и јадрата одвоено. Замислете молекула како мал Сончев систем, со електрони (како планети) кои орбитираат околу јадрото (Сонцето). Апроксимацијата на Борн-Опенхајмер ги третира електроните и јадрото како два посебни системи, претпоставувајќи дека многу потешкото јадро се движи бавно во споредба со полесните, побрзи електрони. Ова овозможува да се реши равенката на Шредингер за целата молекула со тоа што прво ќе се реши за електроните за различни фиксни позиции на јадрото, а потоа ќе се комбинираат тие решенија за да се земе во предвид и движењето на јадрото. Ова поедноставување е денес клучно за проучување на

молекуларната структура на материјата, за разбирањето на хемиските реакции и за дизајнирање на нови материјали.

Опенхајмер, заедно со група на физичари како Дирак, Паули и Фајнман, придонеле за разбирањето на взаемнодејството помеѓу електроните и нивните позитивно наелектризирани античестички - позитроните. Неговата работа помогнала да се предвиди однесувањето на позитроните во различни ситуации, придонесувајќи за развојот на квантната електродинамика, која со неверојатна прецизност ги опишува електромагнетните интеракции на нуклеарно ниво.

Опенхајмер теориски ги проучувал и различните енергетски нивоа на атомите и молекулите, односно нивните карактеристични спектри. Неговата работа за разбирање на електронските премини помеѓу енергетските нивоа предизвикани од взаемнодејството на светлината со материјата, довело до напредок во спектроскопијата - алатка која се користи за идентификување и анализа на хемиски соединенија.

Процесот Опенхајмер-Филипс е теориски модел кој го објаснува клучниот процес на нуклеарна фузија кај ѕвездите како што е нашето Сонце, во кое атомите на водород се претвораат во хелиум со ослободување на огромна енергија. Заедно со неговата докторантка Мелба Филипс, Опенхајмер го анализираше феноменот на квантно тунелирање вклучен во реакциите на нуклеарната фузија, каде што протоните пенетрираат низ потенцијалната бариера во јадрото како последица на нивната брановидна природа.

Опенхајмер го истражувал составот и потеклото на космичките зраци - честички со висока енергија кои ја бомбардираат Земјината атмосфера од вселената. Неговата работа помогнала да се идентификуваат овие честички, како што се протоните и другите јадра кои произлегуваат од т.н. космички забрзувачи - суперновите и неутронските ѕвезди.

Иако првично бил скептичен за некои аспекти на раната теорија на квантните полиња, работата на Опенхајмер во врска со ренормализацијата - техника за да се избегнат бесконечностите што произлегуваат во пресметките во оваа теорија - индиректно влијаела врз развојот на квантната електродинамика.

Во соработка со неговиот докторант Хартланд Снајдер, Опенхајмер го направил можеби најинтересното истражување во својата кариера, кое е воедно и едно од најзначајните резултати во теориската астрофизика. Во 1939 година, двајцата ја примениле општата теорија на релативност за да ја проучат судбината на масивните ѕвезди додека тие колабираат. Теориски го предвиделе формирањето на неверојатно густе неутронски ѕвезди, каде што

неутроните цврсто се спакувани заедно поради гравитациониот притисок. Нивните пресметки наговестиле можност за постоење на уште погусте објекти - темни ѕвезди, подоцна наречени „црни јами (јами)“, каде гравитацијата станува толку силна што ништо, дури ни светлината, не може да „избега“ од нив.

Од техничка гледна точка, моделот Опенхајмер-Снајдер е теориски модел кој во астрофизиката го опишува гравитациониот колапс на сферно-симетрична масивна ѕвезда под влијание на сопствената гравитација. Основната идеја зад моделот Опенхајмер-Снајдер е да се разбере процесот на гравитациониот колапс на масивна ѕвезда која го исцрпила своето нуклеарно гориво и повеќе не е во состојба да издржи против гравитационите сили. Моделот е поедноставен приказ на таква ѕвезда што се распаѓа, и притоа претпоставува неколку клучни упростувања. Прво, се претпоставува дека ѕвездата е сферно симетрична, што значи дека нејзината распределба на маса и енергија е иста во сите правци. Потоа, се претпоставува дека материјата што колабира се однесува како идеален флуид, каде притисокот и густината се единствените фактори кои влијаат на колапсот на ѕвездата. Моделот ја занемарува топлинската спроводливост и зрачењето, фокусирајќи се првенствено на гравитационите ефекти. Како што ѕвездата се збива под дејство на сопствената гравитација, густината и притисокот во јадрото се зголемуваат. Според општата теорија на релативност, кога густината станува доволно висока, искривувањето на простор-времето станува значително, а во центарот на ѕвездата се формира област наречена сингуларитет на црна јама. Сингуларитетот е скриен од надворешниот простор со хоризонт на настани, граница преку која ништо не може да избега од гравитациското привлекување.

Моделот Опенхајмер-Снајдер е клучен во развојот на нашето разбирање за црните јами и последните фази на ѕвездената еволуција. Сепак, важно е да се забележи дека моделот се темели на поедноставени претпоставки. Во реалноста, колапсот на масивна ѕвезда е сложен процес кој што вклучува различни физички феномени, како на пример нуклеарни реакции, емисија на неутрина и други подетални финеси за структурата на ѕвездата.

Самиот модел на Опенхајмер-Снајдер се заснова на идеи од претходни истражувања на плејада на теориски физичари. Индискиот астрофизичар Субраманјан Чандрасекар во дваесеттите години на минатиот век ја пресметал границата над која јадрото на некоја ѕвезда со однапред дадена маса не може да издржи против гравитацискиот колапс, што последователно доведува до формирање на неутронска ѕвезда или црна јама. Оваа гранична маса, позната како граница на Чандрасекар, е приближно 1,4 пати поголема од масата на

Сонцето (свездените јадра со маса помала од 1,4 Сончеви маси колапсираат како бели џуџиња).

Сер Артур Едингтон дал значителен придонес во разбирањето на внатрешната структура на свездите. Тој развил модели кои ги земале во предвид распределбата на притисокот и температурата во свездите, поставувајќи ја основата за подоцнежна работа во врска со свездениот колапс. Развивокот на Општата теорија на релативност на Алберт Ајнштајн довел до ново разбирање за ефектот на гравитацијата и закривеноста на простор-времето и оваа теорија полека станала теориска рамка за проучување на гравитациониот колапс на масивни објекти. Во истата година како и работата на Опенхајмер и Снајдер (1939), Ричард Толман, Опенхајмер и Џорџ Волкоф извеле равенка која ја опишува состојбата на рамнотежа на сферно симетричен, гравитациски објект. Оваа равенка е фундаментална за разбирање на структурата на неутронските свезди. Ајнштајн соработувал со Нејтан Розен во 1935 година на труд кој ја истражува можноста за „мостови“ помеѓу две различни точки во простор-времето, сега познати како мостови на Ајнштајн-Розен, или црвоточини (wormholes). Иако овој труд не бил директно поврзан со моделот на Опенхајмер-Снајдер, тој придонел во насока на изучувањето на егзотични решенија на равенките на општата теорија на релативност. Моделот на Опенхајмер-Снајдер се појавува во контекст на овие претходни изучувања, спојувајќи ги идеите од Општата теорија на релативност, астрофизиката и теориската физика, за да го опише колапсот на масивните свезди и формирањето на црните јами. Моделот претставува значителен чекор напред во разбирањето на крајните фази на свездената еволуција и последиците од гравитацискиот колапс.

Додека моделот Опенхајмер-Снајдер дава увид во општиот процес на формирање на црни јами, неговата применливост е ограничена на колапс на масивни свезди и последователно создавање на она што често се нарекува црна јама со свездена маса (stellar-mass black hole).

Црните јами со свездена маса се формираат од гравитациониот колапс на масивните свезди. Моделот Опенхајмер-Снајдер е особено релевантен во овој контекст, бидејќи го опишува колапсот на јадрото на масивната свезда под дејство на силата на гравитацијата, што доведува до формирање на црна јама. Кога масивна свезда го исцрпува своето нуклеарно гориво, таа повеќе не може да го издржи неумоливото дејство на гравитацијата, што доведува до колапс на јадрото. Надворешните слоеви се исфрлаат во експлозија на супернова, додека јадрото се распаѓа и формира црна јама. Црните јами со свездена маса можат да се формираат и преку спојување на

две помали црни јами од бинарен систем. Овој процес е забележан при откривањето на гравитационите бранови од проектите LIGO и Virgo.

Во густе свездени средини, како што се глобуларните јата, црните јами со средна маса (intermediate-mass black holes) може да се формираат преку судири и спојувања на масивни свезди. Механизмот на формирање за црни јами со средна маса не е толку добро истражен како за црните јами со свездена маса. Се смета дека тие се формираат преку различни процеси, како што се спојување на помали црни јами или собирање на маса во густе свездени средини.

Пронајдени во центрите на повеќето галаксии, супермасивните црни јами (supermassive black holes) имаат маси кои се движат од стотици илјади до милијарди пати поголема од онаа на Сонцето. Точните механизми на нивното формирање сè уште се предмет на теориски истражувања, но тие веројатно вклучуваат акреција на маса, спојување на помали црни јами и взаемнодејство со околната материја. Како што гасот и свездите паѓаат во централните региони на галаксиите, масата на црната јама расте со текот на времето.

Примордијалните црни јами (primordial black holes) се хипотетички црни јами кои би можеле да се формираат во раниот универзум од региони со висока густина. Нивното постоење сè уште е шпекулативно, и тие би се формирале преку процеси кои што се поинакви од оние кај црните јами со свездена маса.

Додека моделот Опенхајмер-Снајдер е особено релевантен за разбирање на формирањето на црните јами со свездена маса, предложени се други модели и механизми за да се објасни формирањето на другите типови на црни јами. Формацијата на црни јами е активна област на истражување, која истовремено вклучува астрофизички набљудувања, компјутерски симулации и теориски истражувања.

Постојат неколку воопштувања и проширувања на моделот Опенхајмер-Снајдер во кои се вклучуваат дополнителни фактори во моделот, или се истражуваат варијации во сценаријата за колапс на свездите. Моделот Опенхајмер-Волкоф е надградба на моделот Опенхајмер-Снајдер, кој дополнително ги зема во предвид ефектите од притисокот поради дегенерација на неутроните. Додека оригиналниот модел на Опенхајмер-Снајдер разгледува идеален флуид, моделот на Опенхајмер-Волкоф ја зема во предвид дегенерираната природа на неутронската материја во подоцнежните фази на колапсот. Ова е особено важно кога свездата што колабира достигнува висока густина и притисокот на дегенерација на неутроните станува значителен.

Равенката на Толман-Опенхајмер-Волкоф е релативистичка генерализација на равенката на хидростатска рамнотежа во контекст

на компактните небесни објекти, вклучувајќи неутронски ѕвезди и црни јами. Таа се добива со комбинирање на принципите на Општата теорија на релативност со равенките на состојбата на материјата. Равенката на Толман-Опенхајмер-Волкоф е од клучно значење за разбирање на стабилноста и структурата на густите ѕвездени објекти, вклучувајќи ги и оние формирани при гравитационен колапс.

Моделот на колапсар (collapsar) е унапредување на моделот на Опенхајмер-Снајдер, при што се разгледува колапсот на масивните ѕвезди кон крајниот стадиум на формирање на црни јами со околен акрециски диск. Во овој модел, колапсот е проследен со формирање на диск од материјал околу централната црна јама, а овој акрециски диск може да биде извор на моќни астрофизички феномени, како што се блесоците на гама-зраци (gamma-ray bursts).

Теориските астрофизичари продолжуваат да истражуваат варијации и проширувања на моделот Опенхајмер-Снајдер со земање во предвид на различни форми на материја, различни модификации на Општата теорија на релативност или алтернативни равенки на термодинамичката состојба на ѕвездената материја. Овие проширувања на моделот помагаат да се истражи влијанието на различни фактори врз динамиката на ѕвездениот колапс. Со напредокот во компјутерската астрофизика, нумеричките симулации стануваат клучни во проучувањето на колапсот на масивните ѕвезди и формирањето на црни јами. Овие симулации ги надминуваат аналитичките апроксимации на моделите од типот на Опенхајмер-Снајдер, па можат да доловат пореални и посложени сценарија, вклучително и несферичен колапс, турбуленции и дополнителни ефекти предизвикани од електромагнетните полиња. Тие придонесуваат за нашето пошироко разбирање на астрофизичките процеси поврзани со крајните фази на ѕвездената еволуција.

**e-mail:** [agjurcin@pmf.ukim.mk](mailto:agjurcin@pmf.ukim.mk)

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

## Литература и извори

[1] [https://en.wikipedia.org/wiki/J.\\_Robert\\_Oppenheimer](https://en.wikipedia.org/wiki/J._Robert_Oppenheimer)

[2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan\\_Project](https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_Project)

[3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Oppenheimer-Snyder\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Oppenheimer-Snyder_model)



# ВСЕЛЕНАТА КАКО ХОЛОГРАМ

Наце Стојанов

## Вовед

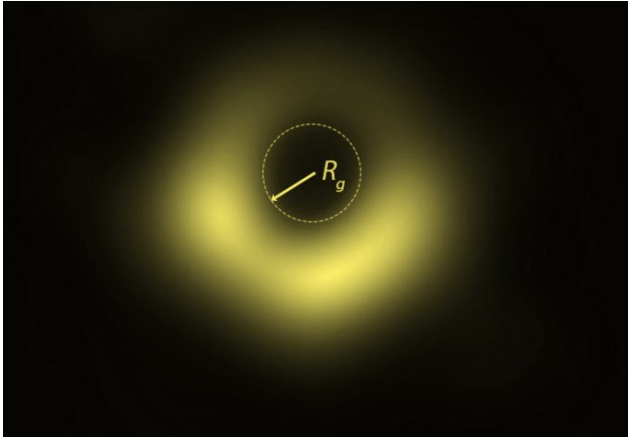
**Н**а прашањата поврзани со постанокот и судбината на вселената засега најдобро се одговара во рамките на теоријата за динамичка вселена, во која масата е поголема од критичната вредност. Секако, тоа не значи дека оваа теорија е конечна и нема да се надгради со нови идеи и факти. Во текстот што следи, нема да зборуваме за надградувањето на теоријата за динамичка вселена, тука на начинот како таа може да се интерпретира. Ова е поврзано со фактот што ние, луѓето, чувството за стварноста што не опкружува најмногу го добиваме од видот, поточно со „сликата“ што ја формира нашиот мозок како резултат на видео информациите што ги добива од нашите очи.

Во тој контекст, најпрво ќе се осврнеме на една величина која директно е поврзана со ентропијата, а тоа е информацијата. Станува збор за еден вид „комплементарни величини“ во однос на веројатноста за реализација на даден настан. Ако ентропијата ни кажува колкаво е нашето „непознавање“ за еден систем, тогаш при голема вредност на ентропијата, што е случај при термодинамичка рамнотежа, сите состојби на системот се подеднакво веројатни. Тоа значи дека информацијата за тоа која состојба ќе се реализира е минимална. Спротивно на ова, ако ентропијата е мала величина, тогаш информацијата го редуцира непознавањето за системот со тоа што ја зголемува веројатноста за реализација на некој „неочекуван“ настан.

На прашањето како информацијата за даден настан се создава, пренесува и дали може да се изгуби ќе одговориме со примерот на едни од можеби „најзагадочните“ објекти во вселената - црните јами. Имајќи предвид дека директно експериментирање со црните јами е невозможно, неопходно е за нив да се направи некој аналог, модел или компјутерска симулација.

Вообичаено, се вели дека црната јама е област од простор-временскиот континуум од кој гравитацијата не дозволува да излезе ништо, што значи и светлината. Затоа и овие објекти се „црни“.

Секоја црна јама се карактеризира со сингуларитет и хоризонтот на настани, слика 1.



Сл. 1. Гравитационен радиус на црна јама.

Хоризонтот на настани е сферна површина, или лушпа, која зафаќа определен дел од просторот. Големината на хоризонт на настани се определува со соодветниот гравитационен или Шварцшилдов радиус:

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

каде што  $M$  е маса на телото што се трансформира во црна јама,  $\gamma$  е гравитациона константа а  $c$  е брзина на светлината. На пример, за нашето Сонце  $R_{gS} = 2,95$  km додека за Земјата е само  $R_{gZ} = 8,87$  mm.

Имајќи во предвид дека постои уверување дека материјата што навлегува во црна јама се деградира и „исчезнува“, се поставува прашање што станува со информациите за материјата што навлегува во црната јама, или поточно, дали и информациите за материјата се уништуваат притоа? Во овој случај, информацијата како и материјата може да ја разгледуваме како физичка величина а нејзина единица мерка е бит (bit).

На пример, да определиме колку информации има во реченицата: *Масата на едно тело е 0,5 kg*. Одговорот зависи од тоа што не е интересира во оваа реченица. Доколку е тоа количеството на карактери или бројки и букви што се содржат во неа, одговорот ќе зависи од тоа со колку бита се опишува еден карактер. Во нашиов случај, имаме  $m=22$  карактери, не водејќи сметка за празните места, па ако претпоставиме дека секој карактер се опишува со  $n=8$  bit =1 byte, тогаш информацијата што ја носи нашата реченица содржи 176 bit.

Во општ случај, информацијата е поврзана со повеќечестичните системи како што се телата околу нас и флуидите, па затоа

најприродно е информацијата да се изучува со помош на термодинамиката, поточно статистичка физика.

Познато ни е дека за изучување на термодинамичките карактеристики на системите од суштинска важност се и законите на термодинамиката. Накратко, следи што секој од нив ни кажува:

☞ **Нулти закон** на термодинамиката ја воведува температурата како параметар кој ја карактеризира рамнотежната состојба на системите.

☞ **Првиот закон** на термодинамиката е аналог на законот за запазување на механичката енергија, но во областа на термодинамиката.

☞ **Вториот закон** на термодинамиката ни покажува дека ентропијата на изолиран систем е растечка функција.

☞ **Третиот закон** на термодинамиката покажува дека при асимптотско приближување кон апсолутната нула, ентропијата на системот тежи кон минимална нулта вредност, што не е нула.

Според некои авторитети во физиката [1], може да постои уште еден закон на термодинамиката кој можеби е поважен од сите останати, па затоа е наречен:

☞ **Минус прв закон** (МПЗ), според кој битовите на информациите се неуништиви! Ова значи дека тие може да се направат, трансферираат, но никогаш не можат да се уништат или исчезнат. Ова се однесува и за црните јами!

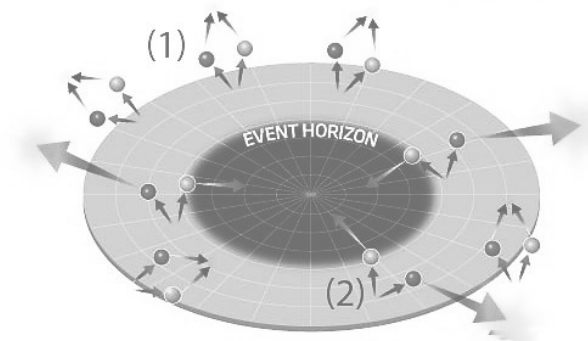
За да го појасниме ова, да видиме, на пример, што се случува кога ќе избришеме некоја информација од компјутер? Одговорот е едноставен и гласи: *информацијата не може да се избрише туку само може на некој начин да се трансферира или пренесе во околината!*

Притоа, бришењето на информацијата (erase) значи трансфер на топлина од компјутерот (HDD) во околината. Ова ни кажува дека при бришење на информации се ослободува топлина, па компјутерот како целина мора да се лади. Оваа дополнителна топлина не треба да се споредува со топлината што се ослободува при работата на електронските елементи, кога не се бришат информации.

Бришењето на информациите во суштина значи трансфер на битови од информација во битови на топлинска енергија, што доведува до загревање на околината, слично како и енергијата? Но дали е така и во непосредна околина на црните јами?

Можниот одговор на оваа дилема започнал да се формира со откритието на С. Хокинг во 1976 година со кое покажал дека црните јами „испаруваат“ што значи дека се намалуваат со текот на времето а после доволно долго време исчезнат!

Ова „намалување“ на црните јами се должи на т.н. Хокингово зрачење кое е квантно механички ефект на емисии на разни честички од непосредната околина на хоризонт на настани (види слика 2).



Сл. 2. Хокингово зрачење од црна јама.

Оваа идеја на Хокинг во суштина е конзистентна со квантната механика, но може да се каже дека довела до отворање на „Пандорина кутија“ на нови идеи за основите на физиката што ќе направат големи потреси. Накратко, може да се каже дека таа донела повеќе проблеми отколку одговори.

Во квантната механика е познат ефектот на креација или создавање на пар честичка-античестичка од фотон со определена енергија. Тоа значи дека при доволно високи енергии од „чиста“ енергија може да се формира било кој пар на честичка и античестичка, на пример: електрон-позитрон, протон-антипротон итн. Имајќи го ова предвид, може да заклучиме дека и во непосредна околина на хоризонт на настани на црните јами, можни се два вида на настани што се означени на слика 2 како (1) и (2).

Доколку парот се формира на безбедно растојание од хоризонтот на настани, случај (1), тогаш тој моментално се анигилира или уништува и се претвора во енергија или фотон. Би рекле дека тоа не е ништо посебно. Но, ако парот честичка-античестичка се формира така што едниот партнер е вон хоризонт на настани, а другиот го премине хоризонт на настани, случај (2), тогаш една честичка се губи а другата се зрачи во вселената како Хокингово зрачење. Ова е механизмот со кој црната јама може континуирано да се намалува т.е. испарува во вселената.

## Конфликт на принципи

Ако е така, сега се поставува прашањето: што станува со материјата и нејзините информации, имајќи во предвид дека таа може постојано да се намалува? Каде се битовите за информациите на материјата што навлегува во црните јами, затоа што од една страна, според Хокинг, црната јама ги брише сите информации, а од друга страна го имаме МПЗ кој вели дека битовите се неуништиви? Оваа дилема е позната како парадокс за информации и е резултат на конфликтот на принципите на еквиваленција и конзервација на информации, а неговото решавање трае повеќе децении.

Имало повеќе идеи за тоа како може да се разреши овој парадокс, но треба да имаме во предвид дека сите тие имаат помалку или повеќе недостатоци. Причина за тоа може да биде недоволниот развој на теоријата за квантна гравитација, според која треба да се воспостави единство на општата теорија на релативност и квантната механика на атомско ниво.

Во текстот што следи, како можност за разрешување на конфликтот на принципи ќе зборувам за идејата на Сускинд, позната како комплементарност на настани во црни јами. Идејата е базирана на комплементарноста на парови од физички величини во квантната механика, како што се: позицијата и импулсот, енергијата и времето итн. Во овој случај, како комплементарни величини се јавуваат внатрешноста и надворешноста на црните јами (слика 2) разделени со хоризонтот на настани. Во принцип ова значи дека не можеме истовремено или со иста точност да ги определиме настаните надвор и внатре во црната јама затоа што тие се две комплементарни величини! Како и да е, со оваа идеја се отвора патот да се зборува и за и за тоа што се случува во внатрешноста на црните јами!

Од претходно кажаното, произлегува дека за еден настан, на пример „паѓање“ на тело во црна јама, можни се две сценарија или вистини:

**С1:** ако координатниот систем (КС) е поврзан со телото, тогаш при поминување низ хоризонт на настани со телото не се случува ништо сè додека не се достигне сингуларноста. Тоа е така затоа што не постои можност информациите за случувањата од внатрешноста на црната јама да излезат од неа. Црните јами се екстеритории во нашата вселена.

**С2:** ако КС е поврзан со набљудувач на безбедно растојание од хоризонт на настани, тогаш штом телото ќе се најде во непосредна близина на хоризонт на настани се „термализира“ и исчезнува, а информациите за него се враќаат во вселената преку зрачење.

Значи, за еден настан има две вистини, но од нив може да се реализира само една токму заради фактот што тие се комплементарни. Да се потсетиме: ако едната комплементарна величина ја определиме точно, за другата не знаеме ништо. Значи, според овој приод, нема конфликт на принципи а со тоа и парадокс на информации не постои!

## Ентропија и информации

Сега да видиме што преставува ентропијата  $S$  од гледна точка на теоријата на информации. За таа цел, да разгледаме една чаша со чај прикажана на слика 3. Се прашуваме, колку вкупно информации има во чашата со чај и колку информации ни се потребни за да одлучиме, на пример, дали да го пиеме чајот, а притоа да не се изгориме?

Во суштина, за таа одлука ни требаат две информации: колкав волумен чај  $V$  има во чашата и колкава е колкава е температурата  $T$ . Но во чашата со чај има многу повеќе информации кои што се поврзани со структурата на водата и не се директно видливи од проста причина што станува збор за голем број атоми. На пример, колкава е брзината на поединечните молекули на вода, која е нивната позиција итн., па затоа се вели дека тоа се „скриени информации“. Во тој контекст, ентропијата се дефинира како *количество на скриени информации во еден систем*.



Сл. 3. Количество на информации во када со топла вода.

Џејкоб Бекенштајн во 1972 година покажал дека црните јами имаат ентропија, што значи дека имаат и скриени информации. Познато е дека ентропијата во термодинамиката зависи од волуменот и температурата, но тој покажал дека ентропијата на црните јами зависи и од површината на хоризонт на настани на црната јама или:

$$S_j = \frac{A_j}{a} = \frac{4\pi R^2}{a},$$

каде што  $a \approx 10^{-66} \text{cm}^2$ , додека  $R$  е радиус на хоризонт на настани на црната јама.

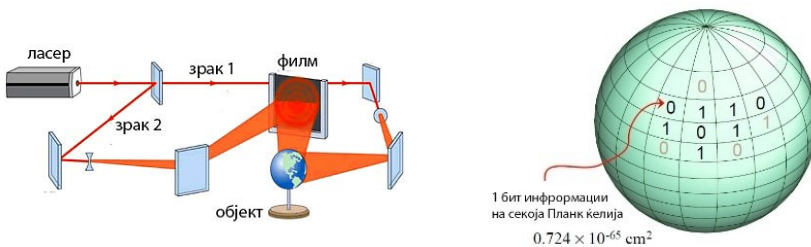
Според тоа, може да заклучиме дека за да се случи емисија на честички од црна јама потребна е енергија, а таа енергија потекнува од ентропијата на црната јама лоцирана на хоризонт на настани. Штом има ентропија, значи дека црната јама има и информации со определена количина на битови! Затоа може да се каже дека хоризонт на настани на црните јами е еден вид на жешка „супа“ од битови. Температурата на жешката супа се проценува на фантастични  $10^{33} \text{K}$ .

### Холографски принцип

Ентропијата ни дава друг поглед на претходно споменатите комплементарни настани. Според  $S_1$ , настаните се случуваат во 3Д простор и би рекле дека тука нема ништо чудно. Но, според  $S_2$ , настаните се случуваат во 2Д просторот на површината на хоризонт на настани.

За да го појасниме ова, да се потсетиме дека фотографијата или која било уметничка слика претставува 2Д проекција на 3Д настани, односно информациите за настаните од реалниот свет се „компримираат“ на 2Д медиум, а тоа е филм или платно. При набљудување на 2Д проекции на реалните настани во нашиот мозок виртуелно се рекреираат 3Д настаните, па затоа имаме чувство дека гледаме реален 3Д настан.

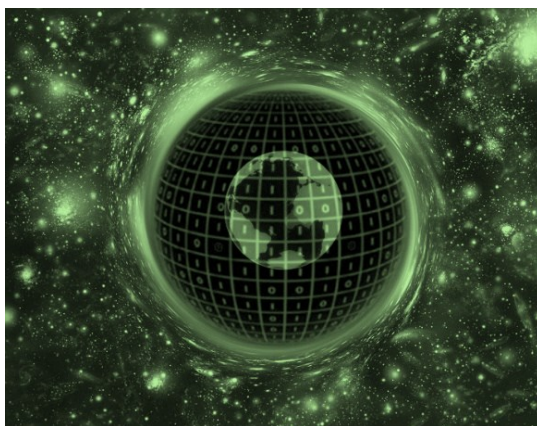
Овој факт е искористен и кај холографскиот принцип (слика 4), според кој површината на хоризонтот на настани на црните јами може да се интерпретира како холограмски филм кој содржи компримирани информации за се што содржи или паднало во црната јама.



Сл. 4. Холографски принцип. Црна јама како холограм.

Според тоа, самата црна јама е холограм од компримирани информации со две интерпретации. Според С2, надворешен набљудувач може да види компримирана 2Д слика на настаните во непосредна околина на црната јама (сл. 5), додека според С1, во внатрешноста на хоризонт на настани може да се проектира холограмска 3Д слика на настаните од надворешноста.

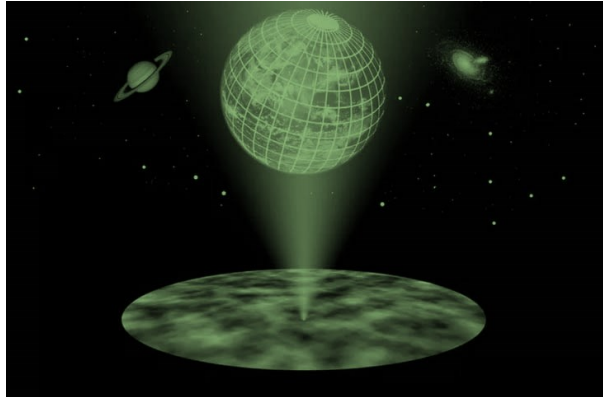
Ако заклучокот од С2 сценариото го воопштиме на вселената како целина, може да кажеме дека нашата вселена е холограм (сл. 6). Разликата е во тоа што хоризонт на настани за вселената, наречен космички хоризонт, е динамичка величина која постојано се зголемува заради експанзијата на вселената предизвикана од темната енергија.



Сл. 5. Црна јама како холограм.

Дека теоријата за вселената како холограм е прифатлива за понатамошна научна анализа, покажува и истражувањето на еден тим од истражувачи кои понудиле алтернативно толкување на резултатите за изотропноста на космичкото позадинско зрачење. Имено, во нивното истражување [3] тестирале различни холографски модели посебно за раните стадиуми од развојот на вселената. Заклучокот бил дека толкувањето на резултатите со холографските модели е споредливо со резултатите што ги дава стандардниот модел на ладна темна материја. Тоа значи дека холографската вселена влегува во игра на голема врата.





Сл. 6. Вселената како холограм.

Како последица, логична е и претпоставката за постоењето на мултиверзум, но секако, тоа е само претпоставка поради неможнoста за комуникација со другите вселени бидејќи, засега, не се познати физички закони или принципи како тоа да се направи.

**e-mail:** nacestoj@gmail.com

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

**Текстот е дополнета и изменета верзија на текстот со ист наслов објавен во „Астрономски алманах 2021“.**

### Литература и извори

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=HnETCB0lzJs>
- [2] J.D. Bekenstein, Information in the holographic universe, Scientific American, 2003.
- [3] N. Afshordi et al., From Planck Data to Planck Era: Observational Tests of Holographic Cosmology, Phys. Rev. Lett., (2017).



# ДЕПОЗИЦИЈА НА АТОМСКИ СЛОЕВИ И НЕЈЗИНАТА ПРИМЕНА КАЈ РЕФЛЕКТИРАЧКИТЕ ТЕЛЕСКОПИ

Моника Пешевска

Ултравioletовото зрачење (со бранова должина од околу 10 до 400 nm) е од големо значење за астрофизиката како и за физиката која ја проучува плазмата, неутралните атоми и молекули. Далечното ултравioletово зрачење (Far ultraviolet radiation - FUV), кое е во интервалот од 120 до 200 nm, како и Лајман ултравioletовото зрачење (Lyman ultraviolet radiation - LUV), кое е во интервалот од 91,2 до 121 nm, се специфични бидејќи во овој опсег се наоѓаат спектралните линии добиени од: јаглерод, кислород, азот, јаглерод моноксид, молекуларен водород, вода како и Лајмановата серија од водородот. Овие спектрални линии се важни за проучување на: суперновите, атмосферите на егзопланетите, ѕвездените корони, интергалактичкиот простор, како и за други многубројни вселенски објекти и процеси на вселената.

Со оглед на тоа дека атмосферата на Земјата го апсорбира секое зрачење кое е со помала бранова должина од 320 nm, за детекција на далечното (FUV) и Лајман ултравioletово зрачење (LUV), неопходно е да се користат вселенски телескопи, односно телескопи кои се поставени над Земјината атмосфера. Но и телескопите лоцирани над Земјината атмосфера, чија рефлектирачка површина е од алуминиум, не можат да рефлектираат FUV и LUV зрачење. Причината за тоа е формирање на алуминиум III оксид ( $Al_2O_3$ ) веднаш по обложувањето на површината со алуминиум. Самата молекуларна структура на  $Al_2O_3$  е таква што го апсорбира секое зрачење со помала бранова должина од 250 nm, со што самите телескопи имаат намалена рефлексија која не овозможува доволно информации за детално проучување.

Затоа било неопходно да се изнајде нова техника со која ќе се овозможи проучување на спектралните линии во областите на FUV и LUV. Една од тие техники е наречена „техника на депозиција на атомски слоеви“, со чија помош може да се прошират границите на

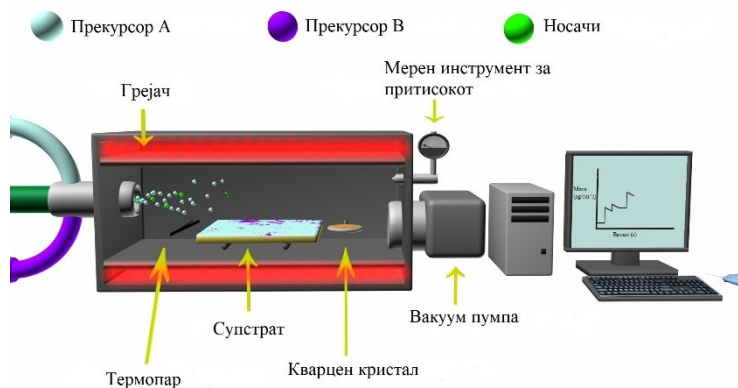
рефлектирани бранови должини кај алуминиумските рефлектирачки вселенски телескопи, а со тоа и да се добијат повеќе информации за вселената и објектите во неа.

## Процес на депозиција на атомските слоеви

Депозицијата на атомските слоеви е техника со која може да се изврши обложување на одредени предмети со тенки филмови. Тенките филмови можат да бидат од различни хемиски соединенија кои пред депозицијата се наоѓаат во гасовита агрегатна состојба. Оваа техника е варијација на постара техника која се нарекува депозиција на хемиски пареи (Chemical vapor deposition). Техниката на депозиција на хемиските пареи била развиена во текот на 1920-тите години. При процесот на депозиција на хемиските пареи, одредено тело (наречено супстрат), кое сакаме да биде обложено со тенок филм, се става во соодветен реактор во кој се внесува смеса од гасови. Супстратот се загрева на соодветна температура и смесата од гасови се внесува над супстратот со што се овозможува реакција помеѓу гасовите и супстратот. Супстратот треба да биде доволно загреан за да се овозможи брзо одвивање на реакциите (доволно брзо за да производството е исплатливо). Во идеален случај не треба да дојде до реакции меѓу самите гасови во смесата од гасови (хомогени реакции), за да не се добијат соединенија кои не се употребливи, ниту пак да дојде до вметнување на овие соединенија во слоевите од тенки филмови. Кога смесата од гасови ќе се вметне во реакторот, таа доаѓа во контакт со загреаниот супстрат и ја обложува површината на супстратот по што доаѓа до реакција меѓу гасовите и супстратот (хетерогена реакција). Со цел да се избегнат непосакуваните хомогени реакции и за да се подобри самата техника, била развиена нова техника наречена депозиција на атомски слоеви.

Процесот на депозиција на атомските слоеви се одвива во реактор во состојба на вакуум (притисокот во овој реактор треба да е значително помал од стандардниот атмосферски притисок). Во овој реактор е поставен супстратот, односно тврдото тело кое сакаме да биде обложено со тенок филм. Тенките филмови со кои се обложува телото се состојат од соодветни хемиски соединенија со точно одредени карактеристики. Овие хемиски соединенија се нарекуваат прекурсори и, во најопшт случај, супстратот е подложен на влијание од два прекурсори. Прекурсорите се најчесто неоргански соединенија составени од централен атом на

одреден метал, поврзан со одреден лиганд<sup>1</sup>. Сепак, прекурсорите не се внесуваат во реакторот истовремено. Тие се внесуваат одделно, односно прво се внесува едниот прекурсор кој реагира со супстратот, по што реакторот се испразнува и дури потоа се внесува вториот прекурсор.

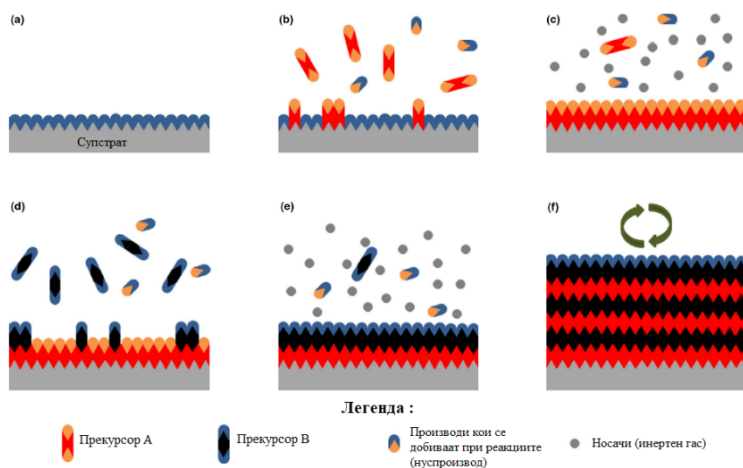


**Сл. 1.** Приказ на реакторот во кој се врши процесот на депозиција на атомските слоеви. Употребата на кварцниот кристал е за увид во наталожената маса од прекурсорите врз единица површина од супстратот. Со термопарот се одредува температурата во реакторот.

Прекурсорите се внесуваат во реакторот во вид на млазеви и тие потоа реагираат со супстратот. Реакцијата на прекурсорот и супстратот е ограничена, односно прекурсорот може да стапи во реакција само со конечен број на реактивни точки на површина на супстратот. Кога ќе заврши реакцијата меѓу секоја реактивна точка и прекурсорот, обложувањето односно растењето на тенкиот филм престанува. Овој процес е ограничен, трае точно одредено време за да се формира само еден монослој на површината на супстратот. По завршувањето на овој процес, во реакторот се вметнуваат соодветни носачи (инертен гас, најчесто  $N_2$  или  $Ar$ ) при што со овие носачи се оттргаат сите оние прекурсори кои не изреагирале со супстратот како и продуктите кои се добиваат при реакција на прекурсорот со супстратот. Дури по ова испразнување на реакторот може да се внесе вториот прекурсор, по што имаме

<sup>1</sup> Под лиганд се подразбира одреден јон или молекул кој е поврзан за централен атом на метал при што заедно градат стабилно соединение.

соодветна реакција меѓу вториот прекурсор и монослојот од првиот прекурсор, за да на крајот следи празнење на реакторот и повторно вметнување на првиот прекурсор. Процесот е периодичен, односно супстратот се обложува со првиот прекурсор, па потоа со вториот, потоа повторно со првиот и така периодично, сè додека не се постигне посакуваната дебелина на тенкиот филм. Кога прекурсорите се внесуваат во реакторот, тие се наоѓаат во гасовита агрегатна состојба, но кога ќе дојдат во контакт со супстратот, при реакцијата, тие преминуваат во тврда агрегатна состојба, односно доаѓа до десублимација (депозиција).



Сл. 2. Приказ на процесот на депозиција на атомски слоеви

Процесот на депозиција може да се објасни и преку следните одделни чекори(Слика 2):

1. Функционализација на површината на супстратот. Под функционализација на површина се подразбира процес на промени на одредени хемиски или физички карактеристики на површината на материјалот.
2. Прекурсорот А се внесува во реакторот и реагира со површината на супстратот.
3. Неизреагираните прекурсори и продуктите од реакцијата „прекурсор А-супстрат“ се изнесуваат со носачите (инертен гас).
4. Прекурсорот В се внесува во реакторот и реагира со површината.
5. Неизреагираните прекурсори и продуктите од реакцијата „прекурсор В-површина“ се изнесуваат со носачите (инертен гас).

6. Постапките од 2 до 5 се повторуваат сè додека не се постигне посакуваната дебелина на тенкиот филм.

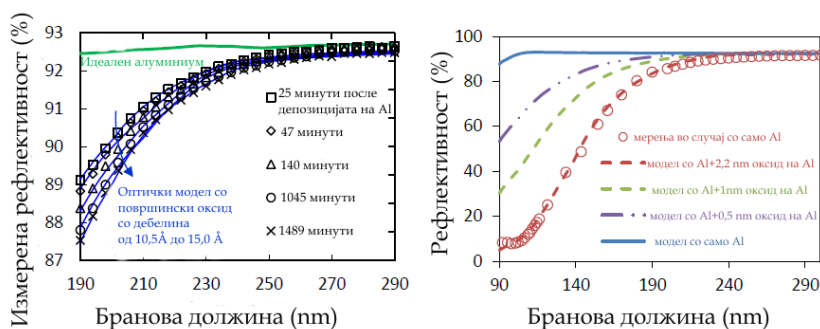
Една од главните предности на процесот на депозиција на атомските слоеви е ограничената реакција помеѓу прекурсорот и супстратот, при што самата реакција престанува откако се формира монослој од самиот прекурсор. Бидејќи прекурсорот се внесува во реакторот како млаз со соодветен број на прекурсори, се овозможува комплетна реакција на целата површина на супстратот со прекурсорот. Последователното и периодично менување на прекурсорите овозможува униформно растење на тенкиот филм. Исто така, со контролираното спроведување на циклусите на депозиција се овозможува и контролирано растење на тенкиот филм, односно контролирање на дебелината на тенкиот филм.

Еден од најголемите недостатоци на процесот на депозиција на атомските слоеви е тоа што не секој материјал може да биде добиен со него. Причината за ваквата ограничување е во тоа што не секоја реакција меѓу било кој прекурсор и супстрат е ефективна. Како што беше споменато претходно, реакцијата меѓу прекурсорот и супстратот треба да биде „ограничувачка“ (да се формира само еден монослој). Исто така, прекурсорите треба да бидат лесно испарливи, односно треба да се наоѓаат во гасовита агрегатна состојба при собна температура или, пак, при слабо греење. Покрај ова, кога прекурсорите се наоѓаат во гасовита агрегатна состојба, тие треба да бидат такви што нема да се случи декомпозиција додека да се случи реакцијата со супстратот. Реакцијата меѓу прекурсорот и супстратот треба да се одвива со одредена брзина и истата да не биде реверзибилна. Покрај овие ограничувања, неопходно е да се земе во предвид и достапноста, како и цената на прекурсорите кои се потребни за процесот.

### **Примена на процесот на депозиција на атомските слоеви кај телескопите**

Со цел да се следи формирањето на слој од оксиди на алуминиум веднаш по обложувањето на огледалото со Al, биле спроведени мерења во Лабораторијата за реактивен погон (Jet Propulsion Laboratory). При мерењата се следела рефлективноста на незаштитено огледало од алуминиум (при што се формирал

слој од оксиди на алуминиум), во опсегот на бранови должина од 190 до 290nm и од 90 до 190nm, за времетраење од околу 1500 минути по обложувањето со Al, при притисок од  $2,632 \cdot 10^{-15}$  atm. Од графициите прикажани на слика 3 може да се забележи дека слојот од оксиди на алуминиум со дебелина помала од 2 nm драстично влијае врз рефлективноста на зрачењето во регионот од 90 до 190nm. Она што е најинтересно е дека е доволен нанометарски слој од алуминиумски оксид за да се измени рефлективноста на огледалото, а со тоа да се измени и „влоши“ процесот на прибирање информации со овие телескопи. Техниката на депозиција на атомски слоеви овозможува одредена заштита на алуминиумскиот слој од формирањето оксиди, но квалитетот на целокупниот процес зависи од условите во кои се изведува процесот, од дебелината на тенкиот филм како и од условите во кои се наоѓа самото огледало.



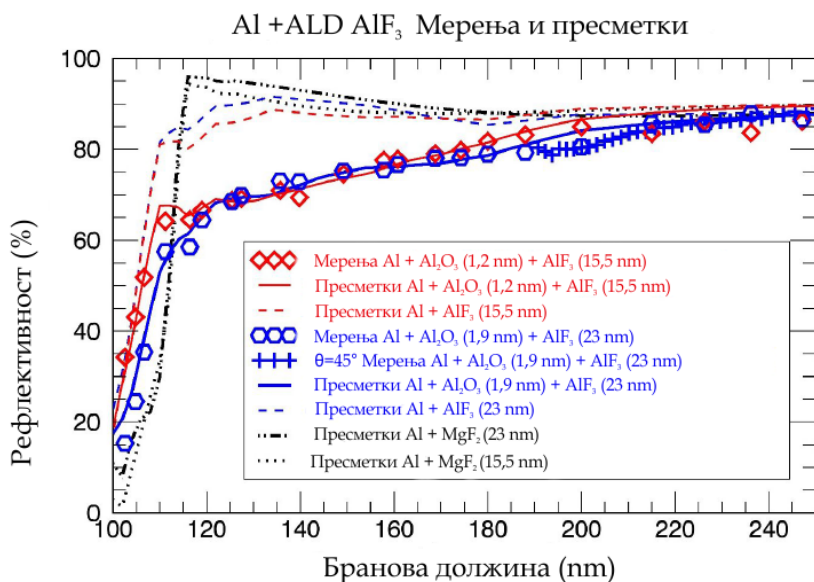
Сл. 3. Приказ на намалувањето на рефлективноста на огледалото како резултат на прогресивното растење на слојот од алуминиумски оксиди

На слика 4 се прикажани мерења и пресметки за рефлективноста на огледалото за зрачење во опсегот на бранови должини од 100 до 250nm. Мерењата биле извршени за зрачење со упаден агол од  $\theta=10^\circ$ , при собна температура ( $T \approx 20^\circ\text{C}$ ) и при притисок од  $1,32 \cdot 10^{-9}$  atm (речиси вакуум). Биле направени мерења за два примероци, при што и двата примероци имаат слој од  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , но едниот примерок има тенок, а другиот дебел слој од  $\text{AlF}_3$  (во улога на заштитен слој). На графикот може да се забележи промената на рефлективноста во делот на ултравиолетови зраци. На слика 4 се прикажани и пресметаните вредности за рефлективноста кои се добиени со помош на претходно познатите



вредности за оптичките константи<sup>2</sup>. Со помош на оптичките константи се пресметани и можните вредности на рефлективноста во случај кога не би постоел меѓуслојот од  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Од графикот може да се забележи дека за помалите бранови должини рефлективноста е поголема кога тенкиот филм е составен од  $\text{AlF}_3$  во споредба со рефлективноста кога тенкиот филм е составен од  $\text{MgF}_2$ .

Покрај важноста на материјалот што ќе се одбере за обложување на огледалата со цел да се постигне поголема рефлективност, неопходно е да се земе во предвид и податочниот перформанс на огледалото, односно промената на рефлективноста на огледалото со текот на времето. Мерењата покажуваат дека има промена на перформансот на „незаштитеното“ огледало и „заштитените“ огледала со различни дебелини на  $\text{AlF}_3$ . Особено е воочлива промената на рефлективноста од 92% на 86% за бранови должини од околу 190 nm, при што причината за тоа е тоа што веднаш по самото обложување на огледалото со Al се формира слој од  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .



Сл. 4. Приказ на рефлективноста на огледалото и нејзината промена со промена на брановата должина на зрачењето

<sup>2</sup> Под оптички константи се подразбираат коефициентот на апсорпција и коефициентот на рефлексија

Методот на депозиција на атомски слоеви може значително да помогне во постигнувањето на поголема рефлективност кај рефлектирачките телескопи, а со тоа да помогне и во подетално проучување на вселената. Истражувањата поврзани со овој метод продолжуваат и денес. Истиот се употребува и за заштита на огледала направени од сребро, како и за продолжување на работниот век на рефлектирачките телескопи. Допрва, со работата и истражувањата на одредени лаборатории, треба да се проверува дали овој процес е исплатлив ивозможен за поголеми површини на огледала, како и кои сè материјали би можеле да се употребат за да се добијат подобри резултати.

**e-mail:** [moni.peshevska@gmail.com](mailto:moni.peshevska@gmail.com)

**Напомена:** Авторот е дипломиран инженер по физика на насоката астрономија и астрофизика и насоката наставна физика на Природно-математичкиот факултет. Работи како наставник во приватното средно училиште „American school Macedonia“.

## Литература

- [1]. Richard W. Johnson, Adam Hultqvist, Stacey F. Bent, A brief review of atomic layer deposition: from fundamentals to applications, *Materials Today* 17, pp. 236-246 (2014)
- [2]. Tommi Kääriäinen, David Cameron, Marja-Leena Kääriäinen, Arthur Sherman, *Atomic Layer Deposition: Principles, Characteristics, and Nanotechnology Applications*, Scrivener Publishing LLC (2013)
- [3]. H.C.M. Knoop, S.E. Potts, A.A. Bol, W.M.M. Kessels, *Atomic Layer Deposition*, *Handbook of Crystal Growth*, Elsevier, pp.1101-1134(2015)
- [4]. Christopher Samuel Moore, John Hennessy, April D. Jewell, Shouleh Nikzad, Kevin France, *Atomic Layer Deposited (ALD) coatings for future astronomical telescopes: recent developments*, *Proc. of SPIE* Vol. 9912, 99122U-1 (2016)
- [5]. Kunjithapatha Balasubramanian, John Hennessy, Nasrat Raouf, Shouleh Nikzad, Michael Ayala, Stuart Shaklan, Paul Scowen, Javier Del Hoyo, Manuel Quijada, *Aluminum Mirror Coatings for UVOIR Telescope Optics including the Far UV*, *Proc. Of SPIE*, Vol. 9602, 96020I-1 (2015)
- [6]. <https://www.youtube.com/watch?v=WZJdJqhLLW4>

# **3D-ПЕЧАТЕНИ РАКЕТИ: како новите начини на производство го трансформираат дизајнот на космичките возила**

**Ристе Попески Димовски**

**И**стражувањето на вселената секогаш било поле во кое иновациите и напредокот во технологијата играат централна улога. Од раните денови на космичката трка, кога државите се натпреваруваа за доминација на небото, до сегашната ера на меѓународна соработка, производството на ракети постојано ги надминува границите на можностите. Во последните години, 3D-печатењето се појави како технологија која ја промени играта, унапредувајќи го начинот на кој ракетите и космичките летала се дизајнираат и креираат. Во овој текст, ќе ја истражиме еволуцијата на производството на ракети за да ја разбереме појавата на 3D-печатењето во космичката индустрија, неговите клучни компоненти, предности, предизвици и ограничувања.

## **Еволуцијата на производството на ракети**

Првите ракети биле примитивни, едноставни уреди, изградени со ограничени материјали и основни алатки. Сепак, со подобрувањето на технологијата, се подобруваше и производствениот процес. Производството на ракети се развиваше од едноставни рачни алатки и рачни производствени техники до комплексни компјутерски помогнати дизајнерски системи (CAD –Computer aided design) и целосно автоматизирани производствени линии. Традиционалните методи на производство сè уште доминираат во космичката и авионската индустрија, главно поради високите стандарди за безбедност кои мора да се исполнат за да се обезбеди успешен старт и развој.

## Традиционални методи на производство

Традиционалните методи на производство на ракети вклучуваат прецизно обработување на секоја компонента до точни спецификации. Овој процес обично вклучува режење, глодање или фреzeње (обработка со фрез – машина) на материјали како алуминиум, титаниум и композити од карбонски влакна. Сите овие техники се со метод на одземање на материјал од основен градбен блок. Главниот недостаток на традиционалното производство е потребата од многу време и големо количество на ресурси за да се создаде една компонента, што придонесува кон вкупната цена на ракетата. Покрај тоа, честопати доаѓа до значителни ограничувања на сложеноста и облиците на компонентите, како и на материјалите кои може да се користат.

И покрај овие ограничувања, традиционалните методи на производство беа основата на космичката и авионската индустрија во текот на повеќе децении. Прецизноста и квалитетот на овие методи обезбедуваат ракетите да се произведуваат според највисоките стандарди, односно секоја компонента да ги исполнува точно очекуваните спецификации. Ова ниво на контрола на квалитетот е суштинско за безбедноста на космонаутите и успехот на вселенските мисии.

## Појавата на 3D-печатењето во авионската индустрија

Во последните години, 3D-печатењето се појави како нов производствен процес кој ја трансформира космичката и авионската индустрија. Познато како „адитивно производство“, 3D-печатењето овозможува креирање на сложени форми и геометрии, користејќи различни материјали како: пластика, метали и керамика, од кои секој има свои уникатни својства. Овој метод на производство е адитивен метод затоа што подразбира додавање на материјал наместо одземање. Материјалот кој се користи на различни начини се додава слој над слој за да се добие делот кој се очекува.

Појавата на 3D-печатењето отвори нова ера на можности за дизајнерите и производителите на ракети. Со оваа технологија можат да се создадат делови со сложени геометрии и облици чие производство со традиционални методи претходно беше невозможно. Ова доведе до развој на нови дизајни на ракети кои се поефикасни, полесни и со поголеми можности од сите до сега.



Сл. 1. Пример за 3D-печатена млазница

## Споредба на традиционалните и техниките на 3D-печатење

За разлика од традиционалното производство, 3D-печатењето не бара креирање на посебни алатки за секој тип на компонента, туку овозможува креирање на било која компонента со едноставно давање на дигитална скица на делот со 3D принтер. Ова го поедноставува производствениот процес и ги намалува трошоците, бидејќи принтерот може да креира комплексни делови во рамките на неколку часа, без човечка интервенција. Така, 3D-печатењето е побрзо, попрецизно и пофлексибилно од традиционалните методи. Резултатот е значително намалување на трошоците и времето за производство, а во некои случаи дури и намалување на тежината на космичкото летало, што резултира со негови подобри перформанси.

Покрај предностите на 3D-печатењето, традиционалните методи на производство сè уште имаат свое место во космичката индустрија. На пример, за некои делови сè уште е потребна прецизноста и квалитетот на традиционалните методи, додека други се погодни за 3D-печатење. Производителите мораат внимателно да ги разгледаат предностите и ограничувањата на секој метод и да изберат најсоодветен за секоја компонента.

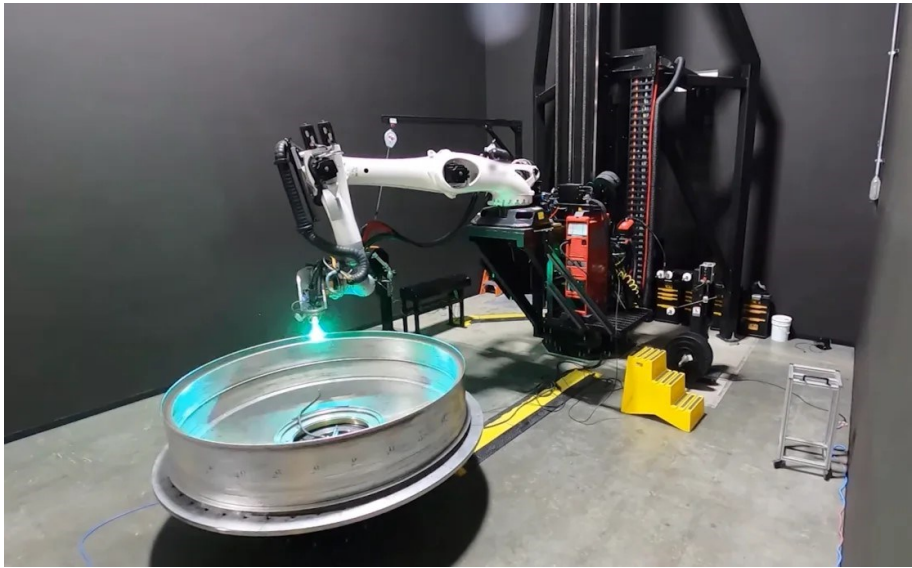


Сл. 2. Пример за структури кои не можат да се добијат со класични производствени методи

Еволуцијата на производството на ракети била долг и комплексен процес, во кој секој нов чекор во развојот е направен благодарение на успехите и научените поуки од претходните методи. Денес, производителите на ракети имаат низа опции за избор, секој со свои уникатни предности и ограничувања. Додека технологијата продолжува да се развива, веројатно е дека ќе се појават нови методи на производство, што уште повеќе ќе ја трансформираат индустријата и ќе ги поместат границите на можностите во истражувањето на вселената.

## Клучни компоненти на ракети изработени со 3D-печатење

Архитектурата на ракетата се состои од различни подсистеми и компоненти. Со 3D-печатењето, секој може да биде дизајниран и оптимизиран за специфични функции, со намалена комплексност и тежина. Еве некои од клучните компоненти кои се напреднати со 3D-печатењето:



Сл. 3. 3D-печатење на резервоар за гориво на ракетен мотор во почетна фаза

### Мотор и системи за погон

Моторот и системот за погон се срцето на секоја ракета. 3D-печатењето овозможува креирање на инспирирачки дизајни на мотори кои би биле тешки или невозможни за производство со традиционални методи. Ова не само што ги подобрува перформансите на ракетата, туку и ги намалува трошоците на производство. Покрај тоа, 3D-печатењето овозможува креирање на уникатни дизајни на мотори кои може да се прилагодат за специфични барања на мисиите. Ова значи дека ракетите можат да бидат оптимизирани за различни задачи, од испорака на потребни товари во орбита до истражување на најдалечните делови на Сончевиот систем.

Една од највозбудливите можности за мотори на ракети изработени со 3D-печатење е потенцијалот за користење на нови, необични горива. Со 3D-печатење е можно да се креираат мотори кои би користеле горива чија употреба со традиционални техники на производство би била невозможна. Ова отвора нови можности за истражување и научни проекти, како и за комерцијални примени како лансирање на сателити и космички туризам.



Сл. 4. Пример за комплексност на ракетен мотор

### **Структурни компоненти и материјали**

Повеќе структурни компоненти на ракети може да се 3D-отпечатат за добивање на поголема јачина и издржливост, како и намалена тежина. Покрај тоа, употребата на напредни материјали како композити, легури и керамички материјали може да ги зголеми топлинските својства, отпорноста на удари и општата издржливост на ракетата. 3D-печатењето овозможува и креирање на сложени геометрии и форми кои би биле невозможни за производство со традиционални методи.





Сл. 5. 3D-печатен труп за ракета во кој е вметнат и резервоарот за гориво

Друга предност на 3D-печатењето на структурни компоненти е можноста за креирање на модулари дизајни кои може лесно да се склопат и расклопат. Ова значи дека ракетите можат да се изградат побрзо и со поголема флексибилност, овозможувајќи брзо создавање на прототип и тестирање на нови дизајни. Покрај тоа, 3D-печатењето овозможува креирање на компоненти кои може да се прилагодат на специфичните барања на мисиите, дополнително подобрувајќи ја ефикасноста и успешноста на ракетите.

### Авијатика и електроника

Напредната електроника и авијатика играат клучна улога во водењето, навигацијата и операциите на ракетите. Со користење на 3D-печатење, електрониката може да биде вградена длабоко во други делови, со што е заштитена од високи температури и други елементи. Ова резултира во поиздржливи и ефикасни ракети со помалку компоненти и подобра интеграција.

Друга предност на 3D-отпечатаната електроника е можноста за креирање на прилагодливи дизајни кои може да бидат оптимизирани за специфични задачи. На пример, сензори и други уреди за набљудување може да се 3D-отпечатат за да се вклопат точно во структурата на ракетата, обезбедувајќи подетални и точни податоци за перформансите на ракетата. Покрај тоа, 3D-печатењето овозможува креирање на пософистицирани електронски системи,

овозможувајќи им на ракетите да извршуваат поголем број на задачи со поголема прецизност и ефикасност.



Сл. 6. 3D-печатен носач за инструмент со оптимизиран механо-физички дизајн

## **Предности на 3D-печатењето во дизајнот на ракети**

Со појавата на технологијата за 3D-печатење за производство на ракети, индустријата сега има можност за создавање на повеќе предности кои не биле можни со традиционалното производство. Овие предности вклучуваат:

### **Намалување на времето и трошоците за производство**

Производството на комплексна ракета со традиционални методи може да трае со месеци, па и години и вклучува многу специјализирани алатки, опрема и оператори на машини. 3D-печатењето ги отстранува повеќето од тие барања и значително го забрзува процесот. Со 3D-печатење, производителите можат да создадат делови во неколку часа, истовремено намалувајќи ги трошоците за труд и генерирањето на отпад.

### **Поголема флексибилност во дизајнот и прилагодливоста**

3D-печатењето им овозможува на дизајнерите да истражуваат нови, сложени форми и геометрии кои претходно биле невозможни со традиционалниот начин на производство. Ова овозможува прилагодлив дизајн и оптимизација за специфични примени и функции. Деловите од 3D-печатење можат лесно да се прилагодат за различни употреби и може да бидат прилагодени за да ги исполнат специфичните барања на клиентите.

### **Подобрена одржливост и ефикасност на материјалите**

3D-печатењето со соодветни материјали може значително да го намали отпадот и да ја зголеми ефикасноста на материјалите. Ова е така бидејќи адитивните процеси обично користат онолку материјал колку што е потребно, додека традиционалното производство често резултира со голема количина отпаден материјал. Покрај тоа, 3D-печатењето ја намалува емисијата на јаглен поврзан со транспортот, логистиката и складирањето на материјалите потребни за изградба на компонентите.



**Сл. 7.** 3D-печатење на резервоар за гориво за ракетен мотор во напреден стадиум

## Регулаторни и сертификациски пречки

Космичката и авионската индустрија се силно регулирани со строги барања за безбедност, сигурност и перформанси. 3D-печатењето во производството на авиони треба да помине низ различни сертификациски барања и регулативни стандарди пред да биде прифатено за употреба во космичките патувања. Ова може да биде долг и скап процес и бара значителни инвестиции во тестирање и валидација.

Од сето ова може да заклучиме дека 3D-печатењето е технологија која ја менува играта и го трансформира начинот на кој се дизајнираат и градат ракетите и космичките возила. Оваа технологија отвора нови можности за дизајнирање и оптимизација на ракети, со намалени трошоци, време за производство, генериран отпад, зголемена флексибилност и прилагодливост, како и подобрена одржливост на материјалите. Иако предизвиците постојат, 3D-печатењето е подготвено да стане сè поголем фактор во производствениот екосистем на космичката и авионската индустрија

**email:** [ristepd@gmail.com](mailto:ristepd@gmail.com)

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

# ПЛАНЕТАРИУМОТ ВО МКЦ

Давид Ангеловски

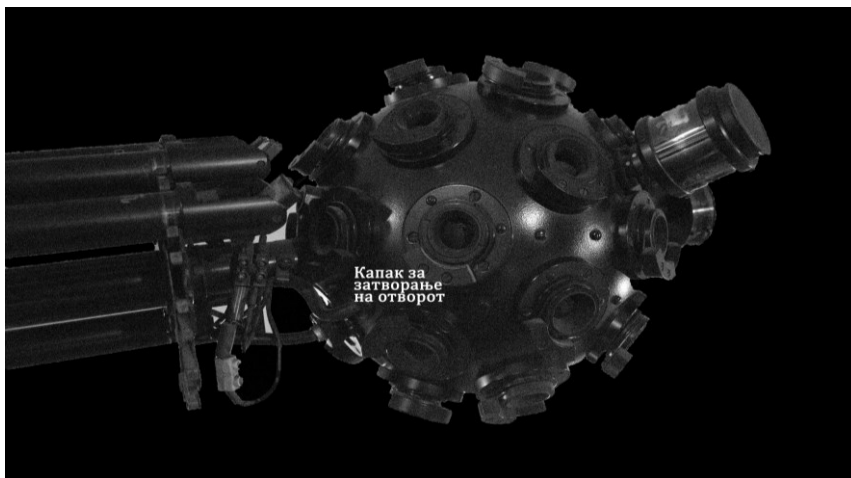
**П**ланетариумот претставува еден вид на театар кој може да ни го долови реалниот изглед на ноќното небо, а чија примарна цел е да овозможи едукативни предавања од астрономијата. Единствениот планетариум во Македонија функционира при **Младинскиот Културен Центар (МКЦ)** во Скопје и тоа уште од 1972 година.



Сл. 1. Планетариум Zeiss (Цајс) модел ZKP-1.

Планетариумот се состои од кружна сала, односно просторија со куполест покрив кој служи како еден вид екран, односно „филмско платно“ за проекција на ноќното небо. Во центарот на просторијата се наоѓа машината-проектор која, исто така, се нарекува „планетариум“. Околу неа се поставени седишта. Планетариумот ни ги прикажува небесните тела и нивното привидно движење, како во моментот, така и во блиското минато и иднина.

Самата машина се состои од контролна табла, помошни светла и неколку проектори. Главен проектор е оној кој ни ги прикажува ѕвездите. Тука е и проекторот за планети и небески тела, како и проекторот за кружниците од небесните координатни системи (еклиптика, небесен екватор, меридијанска кружница, дефлекторска кружница, хоризонтска), небесниот пол, а дополнително се користат и проектори со слајдови за прикажување на телескопски слики на небесните објекти и појави.



Сл. 2. Свезден проектор

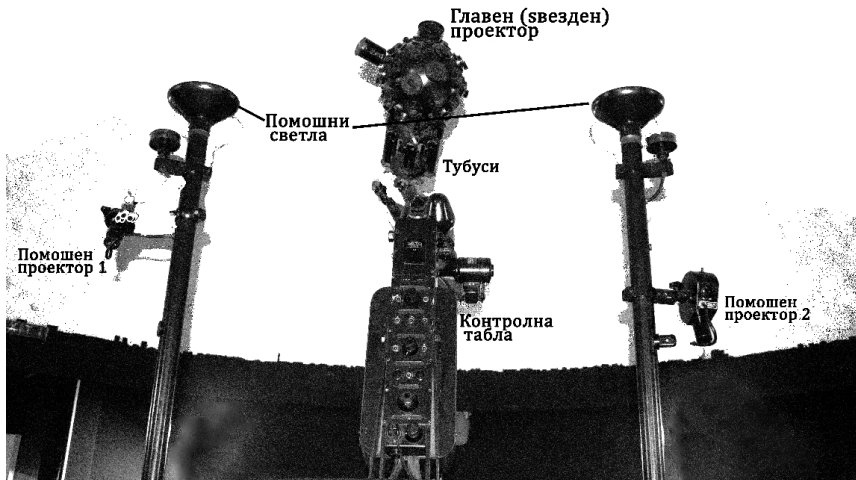
Свездениот проектор (слика 2) има топчеста форма на која има неколку отвори. На нив се поставени леќи кои ги фокусираат ѕвездите на таванот. Тие се проектирани од светлински извор во внатрешноста на проекторот. Над отворите се прицврстени капаци кои под дејство на Земјината тежа се затвораат при ротацијата на проекторот, така што никогаш нема проекција на ѕвезди на подот.

На еден од отворите е прицврстен цилиндар на кој е врежан Млечниот Пат и служи како негов проектор. Со цел Млечниот пат да не се проектира на подот, во цилиндарот е ставена течност која постојано ќе го покрива ширењето на светлосните зраци кон подот. Веднаш под главниот проектор се поставени тубуси (цевки) со засебни извори на светлина кои имаат за цел да ги проектираат планетите видливи со голо око, како и Месечината. Пред отворот на тубусот, од каде што ќе излезе светлината, се поставени подвижни огледала кои ја рефлектираат проекцијата од телата и ни помагаат да ги поставиме планетите долж еклиптиката. На тубусот кој ја проектира Месечината има мала подвижна препрека што овозможува приказ на мените на Месечината. Главниот дел е

прицврстен за подот преку контролната табла и два метални потпирачи кои се поставени под одреден агол во однос на подот. Тој агол може механички да се менува, дозволувајќи на тој начин промена на географската ширина од која сакаме да го проектираме небото.

На контролната табла (види слика 3) се поставени неколку потенциометри и прекинувачи со кои може да се вклучат или исклучат координатните системи, небесниот пол, како и планетите. Со потенциометрите може да се контролира сјајот на помошните светилки, како и на ѕвездите, а еден од нив служи за ротација на главниот проектор.

Сите овие команди го овозможуваат набљудувањето на небото во идеални услови, онака како што би изгледало во било кое годишно време. Со тоа може да се запознаеме со ѕвездата кои се присутни во тие годишни времиња, да ги опишуваме позициите на ѕвездите со помошта на координатните системи и да ги видиме ѕвездите и ѕвездата кои од нашата местоположба на Земјата никогаш не би можеле да ги видиме.



Сл. 3. Структура и поставеност на целиот планетариум





# Астрономски календар за 2024 година

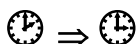
Јана Богданоска, Институт за физика, ПМФ, Скопје  
bogdanoska.jana@gmail.com

Во Астрономскиот календар моментите на астрономските појави се дадени преку официјалното време што се користи во Република Северна 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).

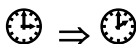
Нашата држава преку зимскиот период го користи Централното европско време (CET), а преку летниот период Централното европско летно време (CEST). Во зимскиот период официјалното време во државата ќе биде поголемо од Средното Гриничкото време (GMT) за еден час, а во летниот период за два часа. Наместо *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 2024 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/>

## Општи забелешки кон Астрономскиот календар

### I. Изгреви и залези на Сонцето и Месечината во 2024 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 2024 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  $6^\circ$  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  $18^\circ$  под хоризонтот, настапува *вистинската ноќ*.

### V. Основни фази на Месечината во 2024 година

### VI. Видливост на планетите во 2024 година

### VII. Затемнување на Сонцето и Месечината во 2024 година

### VIII. Стеснет календар за метеорските роеви во 2024 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 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	07:01	11:37	16:13	9:11:26	20:32	02:52	10:24
2	07:02	11:37	16:14	9:12:11	21:34	03:34	10:43
3	07:02	11:38	16:15	9:13:01	22:35	04:14	11:01
4	07:02	11:38	16:16	9:13:54	23:35	04:53	11:19
5	07:02	11:38	16:16	9:14:51	00:38	05:32	11:39
6	07:02	11:39	16:17	9:15:52	00:38	06:13	12:02
7	07:01	11:39	16:18	9:16:57	01:43	06:57	12:30
8	07:01	11:40	16:19	9:18:06	02:51	07:44	13:06
9	07:01	11:40	16:20	9:19:19	04:03	08:37	13:53
10	07:01	11:41	16:22	9:20:35	05:15	09:36	14:53
11	07:01	11:41	16:23	9:21:54	06:23	10:38	16:06
12	07:00	11:41	16:24	9:23:17	07:22	11:42	17:26
13	07:00	11:42	16:25	9:24:44	08:10	12:44	18:48
14	07:00	11:42	16:26	9:26:14	08:47	13:43	20:08
15	06:59	11:43	16:27	9:27:47	09:17	14:37	21:25
16	06:59	11:43	16:28	9:29:23	09:43	15:28	22:40
17	06:58	11:43	16:29	9:31:02	10:06	16:16	23:53
18	06:58	11:44	16:31	9:32:45	10:28	17:04	01:06
19	06:57	11:44	16:32	9:34:30	10:52	17:52	01:06
20	06:57	11:44	16:33	9:36:18	11:18	18:42	02:19
21	06:56	11:45	16:34	9:38:09	11:49	19:34	03:30
22	06:55	11:45	16:35	9:40:03	12:26	20:28	04:38
23	06:55	11:45	16:37	9:41:59	13:12	21:24	05:37
24	06:54	11:45	16:38	9:43:58	14:06	22:19	06:27
25	06:53	11:46	16:39	9:45:59	15:07	23:11	07:07
26	06:52	11:46	16:40	9:48:03	16:12	00:01	07:39
27	06:52	11:46	16:42	9:50:09	17:17	00:47	08:06
28	06:51	11:46	16:43	9:52:17	18:21	00:47	08:28
29	06:50	11:47	16:44	9:54:27	19:24	01:30	08:47
30	06:49	11:47	16:46	9:56:40	20:25	02:11	09:05
31	06:48	11:47	16:47	9:58:54	21:25	02:50	09:23

## ФЕВРУАРИ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:47	11:47	16:48	10:01:11	22:26	03:29	09:42
2	06:46	11:47	16:49	10:03:29	23:29	04:09	10:03
3	06:45	11:47	16:51	10:05:49	00:34	04:50	10:27
4	06:44	11:48	16:52	10:08:11	00:34	05:35	10:59
5	06:43	11:48	16:53	10:10:34	01:43	06:24	11:39
6	06:42	11:48	16:55	10:12:59	02:53	07:18	12:31
7	06:40	11:48	16:56	10:15:26	04:02	08:17	13:37
8	06:39	11:48	16:57	10:17:54	05:05	09:20	14:54
9	06:38	11:48	16:58	10:20:24	05:58	10:23	16:17
10	06:37	11:48	17:00	10:22:55	06:40	11:24	17:40
11	06:36	11:48	17:01	10:25:27	07:14	12:22	19:02
12	06:34	11:48	17:02	10:28:00	07:42	13:16	20:20
13	06:33	11:48	17:04	10:30:35	08:07	14:07	21:38
14	06:32	11:48	17:05	10:33:10	08:31	14:57	22:54
15	06:30	11:48	17:06	10:35:47	08:54	15:47	00:09
16	06:29	11:48	17:07	10:38:24	09:20	16:37	01:22
17	06:28	11:48	17:09	10:41:03	09:50	17:30	01:22
18	06:26	11:48	17:10	10:43:43	10:25	18:24	02:31
19	06:25	11:48	17:11	10:46:23	11:09	19:19	03:33
20	06:23	11:48	17:12	10:49:04	12:00	20:14	04:26
21	06:22	11:48	17:14	10:51:46	12:59	21:07	05:08
22	06:20	11:47	17:15	10:54:29	14:03	21:58	05:42
23	06:19	11:47	17:16	10:57:12	15:08	22:45	06:10
24	06:17	11:47	17:17	10:59:56	16:12	23:28	06:33
25	06:16	11:47	17:19	11:02:40	17:15	00:10	06:53
26	06:14	11:47	17:20	11:05:26	18:16	00:49	07:11
27	06:13	11:47	17:21	11:08:11	19:17	00:49	07:28
28	06:11	11:47	17:22	11:10:57	20:18	01:28	07:47
29	06:10	11:46	17:23	11:13:44	21:20	02:07	08:06

МАРТ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:08	11:46	17:25	11:16:31	22:24	02:48	08:29
2	06:06	11:46	17:26	11:19:19	23:30	03:31	08:57
3	06:05	11:46	17:27	11:22:07	00:38	04:17	09:32
4	06:03	11:46	17:28	11:24:55	00:38	05:08	10:18
5	06:02	11:45	17:29	11:27:44	01:46	06:03	11:16
6	06:00	11:45	17:31	11:30:33	02:50	07:02	12:26
7	05:58	11:45	17:32	11:33:22	03:46	08:04	13:44
8	05:57	11:45	17:33	11:36:12	04:32	09:04	15:07
9	05:55	11:44	17:34	11:39:02	05:09	10:03	16:29
10	05:53	11:44	17:35	11:41:52	05:39	10:58	17:50
11	05:52	11:44	17:36	11:44:42	06:06	11:51	19:10
12	05:50	11:44	17:38	11:47:32	06:30	12:43	20:30
13	05:48	11:43	17:39	11:50:23	06:54	13:34	21:49
14	05:47	11:43	17:40	11:53:13	07:19	14:26	23:06
15	05:45	11:43	17:41	11:56:04	07:48	15:20	00:20
16	05:43	11:43	17:42	11:58:55	08:22	16:16	01:26
17	05:41	11:42	17:43	12:01:45	09:04	17:12	01:26
18	05:40	11:42	17:44	12:04:36	09:54	18:09	02:23
19	05:38	11:42	17:46	12:07:27	10:51	19:03	03:09
20	05:36	11:41	17:47	12:10:17	11:54	19:55	03:45
21	05:35	11:41	17:48	12:13:08	12:59	20:43	04:15
22	05:33	11:41	17:49	12:15:58	14:04	21:27	04:38
23	05:31	11:41	17:50	12:18:49	15:07	22:09	04:59
24	05:29	11:40	17:51	12:21:39	16:09	22:49	05:17
25	05:28	11:40	17:52	12:24:29	17:10	23:28	05:35
26	05:26	11:40	17:53	12:27:19	18:10	00:07	05:53
27	05:24	11:39	17:54	12:30:09	19:12	00:47	06:12
28	05:23	11:39	17:56	12:32:59	20:16	00:47	06:34
29	05:21	11:39	17:57	12:35:48	21:21	01:29	07:00
30	05:19	11:38	17:58	12:38:37	22:29	02:14	07:32
31	06:17	11:38	18:59	12:41:26	23:37	03:03	09:13

## АПРИЛ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:16	12:38	19:00	12:44:15	01:41	04:57	10:05
2	06:14	12:38	19:01	12:47:04	01:41	05:53	11:09
3	06:12	12:37	19:02	12:49:52	02:38	06:52	12:22
4	06:11	12:37	19:03	12:52:40	03:26	07:51	13:40
5	06:09	12:37	19:04	12:55:27	04:05	08:48	15:00
6	06:07	12:36	19:06	12:58:14	04:37	09:43	16:20
7	06:06	12:36	19:07	13:01:01	05:04	10:36	17:39
8	06:04	12:36	19:08	13:03:47	05:29	11:27	18:59
9	06:02	12:36	19:09	13:06:33	05:52	12:18	20:19
10	06:01	12:35	19:10	13:09:18	06:17	13:10	21:39
11	05:59	12:35	19:11	13:12:03	06:44	14:04	22:58
12	05:57	12:35	19:12	13:14:47	07:16	15:01	00:11
13	05:56	12:34	19:13	13:17:30	07:56	15:59	01:14
14	05:54	12:34	19:14	13:20:13	08:43	16:58	02:05
15	05:53	12:34	19:16	13:22:55	09:40	17:55	02:05
16	05:51	12:34	19:17	13:25:37	10:43	18:49	02:46
17	05:49	12:33	19:18	13:28:18	11:48	19:39	03:18
18	05:48	12:33	19:19	13:30:58	12:54	20:25	03:43
19	05:46	12:33	19:20	13:33:37	13:58	21:07	04:05
20	05:45	12:33	19:21	13:36:15	15:00	21:48	04:24
21	05:43	12:33	19:22	13:38:52	16:01	22:27	04:42
22	05:42	12:32	19:23	13:41:29	17:02	23:06	04:59
23	05:40	12:32	19:24	13:44:04	18:03	23:46	05:18
24	05:39	12:32	19:26	13:46:39	19:07	00:27	05:39
25	05:37	12:32	19:27	13:49:12	20:12	01:12	06:03
26	05:36	12:32	19:28	13:51:45	21:20	01:12	06:34
27	05:35	12:32	19:29	13:54:16	22:28	02:00	07:12
28	05:33	12:31	19:30	13:56:46	23:34	02:53	08:01
29	05:32	12:31	19:31	13:59:15	00:34	03:48	09:01
30	05:30	12:31	19:32	14:01:42	01:24	04:46	10:10

МАЈ 2024

## СОНЦЕ

## МЕСЕЧИНА

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	05:29	12:31	19:33	14:04:08	01:24	05:45	11:25
2	05:28	12:31	19:34	14:06:33	02:05	06:41	12:42
3	05:27	12:31	19:35	14:08:57	02:38	07:35	13:59
4	05:25	12:31	19:37	14:11:19	03:06	08:27	15:15
5	05:24	12:31	19:38	14:13:39	03:30	09:17	16:32
6	05:23	12:30	19:39	14:15:58	03:53	10:06	17:51
7	05:22	12:30	19:40	14:18:15	04:16	10:56	19:10
8	05:20	12:30	19:41	14:20:30	04:42	11:48	20:30
9	05:19	12:30	19:42	14:22:44	05:11	12:44	21:47
10	05:18	12:30	19:43	14:24:55	05:47	13:42	22:57
11	05:17	12:30	19:44	14:27:05	06:31	14:41	23:55
12	05:16	12:30	19:45	14:29:13	07:25	15:41	00:41
13	05:15	12:30	19:46	14:31:19	08:27	16:38	01:17
14	05:14	12:30	19:47	14:33:22	09:33	17:31	01:45
15	05:13	12:30	19:48	14:35:24	10:40	18:19	02:09
16	05:12	12:30	19:49	14:37:23	11:46	19:03	02:09
17	05:11	12:30	19:50	14:39:20	12:49	19:45	02:29
18	05:10	12:30	19:51	14:41:14	13:51	20:24	02:47
19	05:09	12:30	19:52	14:43:06	14:51	21:03	03:04
20	05:08	12:30	19:53	14:44:55	15:52	21:43	03:23
21	05:07	12:30	19:54	14:46:42	16:55	22:24	03:43
22	05:07	12:30	19:55	14:48:26	18:00	23:07	04:06
23	05:06	12:31	19:56	14:50:08	19:08	23:55	04:35
24	05:05	12:31	19:57	14:51:47	20:17	00:46	05:11
25	05:04	12:31	19:58	14:53:22	21:25	01:42	05:57
26	05:04	12:31	19:59	14:54:55	22:28	01:42	06:54
27	05:03	12:31	19:59	14:56:25	23:21	02:40	08:01
28	05:02	12:31	20:00	14:57:52	00:05	03:39	09:15
29	05:02	12:31	20:01	14:59:16	00:41	04:37	10:31
30	05:01	12:31	20:02	15:00:37	01:09	05:31	11:47
31	05:01	12:31	20:03	15:01:55	01:34	06:23	13:02

ЈУНИ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	05:00	12:32	20:03	15:03:09	01:57	07:12	14:17
2	05:00	12:32	20:04	15:04:20	01:57	08:00	15:32
3	04:59	12:32	20:05	15:05:27	02:19	08:48	16:48
4	04:59	12:32	20:06	15:06:31	02:43	09:38	18:07
5	04:59	12:32	20:06	15:07:32	03:10	10:31	19:24
6	04:58	12:32	20:07	15:08:29	03:42	11:27	20:37
7	04:58	12:33	20:08	15:09:22	04:22	12:25	21:41
8	04:58	12:33	20:08	15:10:12	05:11	13:25	22:33
9	04:58	12:33	20:09	15:10:58	06:10	14:24	23:13
10	04:58	12:33	20:09	15:11:40	07:16	15:19	23:45
11	04:58	12:33	20:10	15:12:19	08:24	16:10	00:11
12	04:57	12:34	20:10	15:12:53	09:31	16:57	00:32
13	04:57	12:34	20:11	15:13:24	10:36	17:40	00:51
14	04:57	12:34	20:11	15:13:51	11:39	18:21	01:09
15	04:57	12:34	20:12	15:14:14	12:40	19:00	01:26
16	04:57	12:34	20:12	15:14:34	13:40	19:39	01:46
17	04:57	12:35	20:12	15:14:49	14:42	20:19	02:07
18	04:58	12:35	20:13	15:15:00	15:45	21:01	02:07
19	04:58	12:35	20:13	15:15:08	16:52	21:47	02:34
20	04:58	12:35	20:13	15:15:12	18:01	22:37	03:07
21	04:58	12:35	20:13	15:15:11	19:10	23:31	03:49
22	04:58	12:36	20:13	15:15:07	20:16	00:30	04:43
23	04:59	12:36	20:14	15:14:59	21:14	01:30	05:49
24	04:59	12:36	20:14	15:14:47	22:03	01:30	07:02
25	04:59	12:36	20:14	15:14:31	22:41	02:29	08:20
26	05:00	12:37	20:14	15:14:11	23:12	03:26	09:37
27	05:00	12:37	20:14	15:13:47	23:38	04:20	10:53
28	05:00	12:37	20:14	15:13:20	00:02	05:10	12:07
29	05:01	12:37	20:14	15:12:48	00:24	05:58	13:21
30	05:01	12:37	20:14	15:12:13	00:46	06:46	14:36



ЈУЛИ 2024

## СОНЦЕ

## МЕСЕЧИНА

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	05:02	12:38	20:13	15:11:34	01:11	07:34	15:52
2	05:02	12:38	20:13	15:10:51	01:41	08:25	17:08
3	05:03	12:38	20:13	15:10:05	01:41	09:18	18:21
4	05:04	12:38	20:13	15:09:15	02:17	10:14	19:28
5	05:04	12:38	20:13	15:08:21	03:02	11:13	20:24
6	05:05	12:38	20:12	15:07:24	03:57	12:12	21:09
7	05:05	12:39	20:12	15:06:23	05:00	13:08	21:44
8	05:06	12:39	20:11	15:05:19	06:07	14:01	22:12
9	05:07	12:39	20:11	15:04:12	07:16	14:50	22:35
10	05:08	12:39	20:11	15:03:01	08:22	15:35	22:54
11	05:08	12:39	20:10	15:01:46	09:26	16:16	23:12
12	05:09	12:39	20:10	15:00:29	10:28	16:56	23:30
13	05:10	12:40	20:09	14:59:08	11:28	17:35	23:49
14	05:11	12:40	20:08	14:57:45	12:29	18:14	00:09
15	05:11	12:40	20:08	14:56:18	13:31	18:55	00:33
16	05:12	12:40	20:07	14:54:48	14:36	19:38	01:02
17	05:13	12:40	20:06	14:53:16	15:43	20:26	01:40
18	05:14	12:40	20:06	14:51:40	16:52	21:18	02:29
19	05:15	12:40	20:05	14:50:02	17:59	22:15	02:29
20	05:16	12:40	20:04	14:48:21	19:01	23:15	03:30
21	05:17	12:40	20:03	14:46:37	19:55	00:16	04:42
22	05:18	12:40	20:02	14:44:51	20:38	01:15	06:00
23	05:19	12:40	20:02	14:43:03	21:12	01:15	07:20
24	05:19	12:40	20:01	14:41:11	21:41	02:11	08:39
25	05:20	12:40	20:00	14:39:18	22:05	03:04	09:56
26	05:21	12:40	19:59	14:37:22	22:28	03:54	11:11
27	05:22	12:40	19:58	14:35:24	22:51	04:43	12:27
28	05:23	12:40	19:57	14:33:24	23:15	05:32	13:43
29	05:24	12:40	19:56	14:31:22	23:43	06:22	14:58
30	05:25	12:40	19:55	14:29:17	00:16	07:14	16:12
31	05:26	12:40	19:53	14:27:11	00:58	08:09	17:20

## АВГУСТ 2024

## СОНЦЕ

## МЕСЕЧИНА

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	05:27	12:40	19:52	14:25:02	01:49	09:06	18:18
2	05:28	12:40	19:51	14:22:52	01:49	10:04	19:06
3	05:29	12:40	19:50	14:20:40	02:48	11:01	19:44
4	05:30	12:40	19:49	14:18:26	03:54	11:54	20:14
5	05:31	12:40	19:48	14:16:11	05:02	12:44	20:38
6	05:32	12:40	19:46	14:13:54	06:09	13:30	20:59
7	05:33	12:40	19:45	14:11:35	07:14	14:12	21:17
8	05:34	12:40	19:44	14:09:15	08:17	14:53	21:35
9	05:35	12:39	19:42	14:06:53	09:18	15:32	21:52
10	05:37	12:39	19:41	14:04:30	10:18	16:10	22:12
11	05:38	12:39	19:40	14:02:06	11:20	16:50	22:33
12	05:39	12:39	19:38	13:59:40	12:22	17:32	23:00
13	05:40	12:39	19:37	13:57:13	13:27	18:17	23:33
14	05:41	12:39	19:35	13:54:45	14:34	19:06	00:16
15	05:42	12:38	19:34	13:52:16	15:42	20:00	01:10
16	05:43	12:38	19:33	13:49:46	16:46	20:58	02:17
17	05:44	12:38	19:31	13:47:15	17:43	21:58	02:17
18	05:45	12:38	19:30	13:44:42	18:30	22:58	03:33
19	05:46	12:38	19:28	13:42:09	19:08	23:56	04:53
20	05:47	12:37	19:27	13:39:35	19:40	00:52	06:15
21	05:48	12:37	19:25	13:37:00	20:06	01:44	07:35
22	05:49	12:37	19:23	13:34:24	20:30	01:44	08:53
23	05:50	12:37	19:22	13:31:47	20:53	02:35	10:12
24	05:51	12:36	19:20	13:29:10	21:18	03:25	11:30
25	05:52	12:36	19:19	13:26:32	21:45	04:16	12:48
26	05:53	12:36	19:17	13:23:53	22:17	05:09	14:03
27	05:54	12:35	19:15	13:21:13	22:56	06:04	15:14
28	05:55	12:35	19:14	13:18:33	23:44	07:01	16:15
29	05:56	12:35	19:12	13:15:52	00:41	07:59	17:06
30	05:57	12:35	19:11	13:13:10	01:45	08:56	17:46
31	05:58	12:34	19:09	13:10:28	01:45	09:50	18:17

СЕПТЕМВРИ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	05:59	12:34	19:07	13:07:46	02:52	10:41	18:43
2	06:00	12:34	19:05	13:05:03	03:59	11:27	19:04
3	06:01	12:33	19:04	13:02:19	05:04	12:10	19:23
4	06:03	12:33	19:02	12:59:35	06:08	12:51	19:41
5	06:04	12:33	19:00	12:56:51	07:09	13:30	19:58
6	06:05	12:32	18:59	12:54:06	08:10	14:09	20:16
7	06:06	12:32	18:57	12:51:21	09:11	14:48	20:37
8	06:07	12:32	18:55	12:48:35	10:12	15:29	21:01
9	06:08	12:31	18:54	12:45:49	11:16	16:12	21:31
10	06:09	12:31	18:52	12:43:03	12:22	16:59	22:08
11	06:10	12:31	18:50	12:40:17	13:28	17:50	22:56
12	06:11	12:30	18:48	12:37:30	14:32	18:45	23:56
13	06:12	12:30	18:47	12:34:44	15:31	19:42	01:06
14	06:13	12:30	18:45	12:31:57	16:21	20:41	02:24
15	06:14	12:29	18:43	12:29:09	17:02	21:39	02:24
16	06:15	12:29	18:41	12:26:22	17:36	22:35	03:44
17	06:16	12:28	18:40	12:23:35	18:05	23:29	05:05
18	06:17	12:28	18:38	12:20:47	18:30	00:21	06:25
19	06:18	12:28	18:36	12:17:59	18:54	01:12	07:46
20	06:19	12:27	18:34	12:15:12	19:18	01:12	09:06
21	06:20	12:27	18:33	12:12:24	19:44	02:04	10:27
22	06:21	12:27	18:31	12:09:36	20:15	02:58	11:47
23	06:22	12:26	18:29	12:06:48	20:52	03:54	13:03
24	06:23	12:26	18:27	12:04:00	21:39	04:53	14:09
25	06:24	12:26	18:26	12:01:12	22:34	05:52	15:04
26	06:25	12:25	18:24	11:58:24	23:37	06:51	15:47
27	06:26	12:25	18:22	11:55:36	00:44	07:46	16:21
28	06:28	12:25	18:20	11:52:48	01:51	08:38	16:48
29	06:29	12:24	18:19	11:50:00	01:51	09:26	17:10
30	06:30	12:24	18:17	11:47:12	02:56	10:10	17:30

ОКТОМВРИ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:31	12:24	18:15	11:44:24	04:00	10:51	17:47
2	06:32	12:23	18:13	11:41:37	05:02	11:30	18:05
3	06:33	12:23	18:12	11:38:49	06:02	12:09	18:23
4	06:34	12:23	18:10	11:36:02	07:03	12:48	18:42
5	06:35	12:22	18:08	11:33:15	08:05	13:28	19:05
6	06:36	12:22	18:07	11:30:28	09:08	14:11	19:33
7	06:37	12:22	18:05	11:27:42	10:13	14:56	20:07
8	06:38	12:21	18:03	11:24:56	11:18	15:45	20:50
9	06:40	12:21	18:02	11:22:10	12:23	16:38	21:44
10	06:41	12:21	18:00	11:19:24	13:22	17:33	22:49
11	06:42	12:21	17:58	11:16:39	14:14	18:30	00:01
12	06:43	12:20	17:57	11:13:54	14:58	19:26	01:17
13	06:44	12:20	17:55	11:11:10	15:33	20:21	02:36
14	06:45	12:20	17:54	11:08:26	16:03	21:14	02:36
15	06:46	12:20	17:52	11:05:42	16:29	22:05	03:54
16	06:47	12:19	17:50	11:03:00	16:53	22:56	05:14
17	06:49	12:19	17:49	11:00:17	17:16	23:48	06:34
18	06:50	12:19	17:47	10:57:35	17:41	00:41	07:57
19	06:51	12:19	17:46	10:54:54	18:10	01:37	09:20
20	06:52	12:19	17:44	10:52:14	18:45	01:37	10:41
21	06:53	12:18	17:43	10:49:34	19:29	02:37	11:54
22	06:54	12:18	17:41	10:46:55	20:22	03:38	12:56
23	06:56	12:18	17:40	10:44:16	21:25	04:40	13:45
24	06:57	12:18	17:38	10:41:39	22:32	05:38	14:22
25	06:58	12:18	17:37	10:39:02	23:41	06:33	14:52
26	06:59	12:18	17:36	10:36:26	00:48	07:23	15:16
27	06:00	12:18	16:34	10:33:51	01:52	08:08	14:36
28	06:02	11:18	16:33	10:31:17	01:52	07:50	14:54
29	06:03	11:18	16:32	10:28:44	01:54	08:30	15:11
30	06:04	11:17	16:30	10:26:13	02:55	09:08	15:29
31	06:05	11:17	16:29	10:23:42	03:55	09:47	15:48

НОЕМВРИ 2024

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:06	11:17	16:28	10:21:13	04:56	10:27	16:10
2	06:08	11:17	16:26	10:18:44	05:59	11:09	16:36
3	06:09	11:17	16:25	10:16:17	07:04	11:54	17:09
4	06:10	11:17	16:24	10:13:52	08:10	12:42	17:49
5	06:11	11:17	16:23	10:11:28	09:15	13:34	18:40
6	06:13	11:17	16:22	10:09:05	10:17	14:28	19:40
7	06:14	11:17	16:21	10:06:44	11:11	15:24	20:49
8	06:15	11:17	16:20	10:04:25	11:56	16:20	22:02
9	06:16	11:18	16:18	10:02:08	12:33	17:14	23:17
10	06:18	11:18	16:17	9:59:52	13:04	18:05	00:32
11	06:19	11:18	16:16	9:57:38	13:30	18:55	01:48
12	06:20	11:18	16:15	9:55:26	13:53	19:44	01:48
13	06:21	11:18	16:15	9:53:16	14:16	20:33	03:05
14	06:22	11:18	16:14	9:51:08	14:39	21:24	04:25
15	06:24	11:18	16:13	9:49:02	15:06	22:18	05:47
16	06:25	11:18	16:12	9:46:58	15:38	23:16	07:10
17	06:26	11:19	16:11	9:44:57	16:17	00:18	08:29
18	06:27	11:19	16:10	9:42:58	17:06	00:18	09:38
19	06:29	11:19	16:10	9:41:01	18:07	01:21	10:35
20	06:30	11:19	16:09	9:39:07	19:14	02:23	11:19
21	06:31	11:19	16:08	9:37:16	20:25	03:21	11:52
22	06:32	11:20	16:08	9:35:27	21:34	04:15	12:18
23	06:33	11:20	16:07	9:33:41	22:41	05:03	12:40
24	06:34	11:20	16:06	9:31:58	23:44	05:47	12:59
25	06:36	11:21	16:06	9:30:17	00:46	06:28	13:17
26	06:37	11:21	16:05	9:28:40	00:46	07:07	13:34
27	06:38	11:21	16:05	9:27:06	01:46	07:45	13:53
28	06:39	11:22	16:05	9:25:35	02:47	08:25	14:14
29	06:40	11:22	16:04	9:24:07	03:49	09:06	14:39
30	06:41	11:22	16:04	9:22:42	04:53	09:50	15:09

ДЕКЕМВРИ 2024

СОНЦЕ

МЕСЕЧИНА

ДАТУМ	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)	Должина на денот (hh:mm:ss)	Изгрев (hh:mm)	Г. к. (hh:mm)	Залез (hh:mm)
1	06:42	11:23	16:04	9:21:21	05:59	10:37	15:47
2	06:43	11:23	16:03	9:20:03	07:06	11:29	16:36
3	06:44	11:23	16:03	9:18:49	08:09	12:23	17:34
4	06:45	11:24	16:03	9:17:38	09:06	13:19	18:41
5	06:46	11:24	16:03	9:16:31	09:55	14:16	19:53
6	06:47	11:25	16:03	9:15:28	10:34	15:10	21:07
7	06:48	11:25	16:03	9:14:29	11:06	16:02	22:20
8	06:49	11:25	16:03	9:13:33	11:33	16:51	23:34
9	06:50	11:26	16:03	9:12:41	11:57	17:39	00:47
10	06:51	11:26	16:03	9:11:54	12:19	18:26	02:03
11	06:52	11:27	16:03	9:11:10	12:41	19:15	02:03
12	06:52	11:27	16:03	9:10:30	13:05	20:05	03:21
13	06:53	11:28	16:03	9:09:55	13:33	21:00	04:41
14	06:54	11:28	16:03	9:09:23	14:08	21:58	06:01
15	06:55	11:29	16:04	9:08:56	14:52	23:00	07:15
16	06:55	11:29	16:04	9:08:33	15:47	00:03	08:19
17	06:56	11:30	16:04	9:08:14	16:52	00:03	09:09
18	06:57	11:30	16:05	9:07:59	18:03	01:04	09:48
19	06:57	11:31	16:05	9:07:49	19:15	02:01	10:18
20	06:58	11:31	16:05	9:07:42	20:24	02:53	10:42
21	06:58	11:32	16:06	9:07:40	21:31	03:40	11:02
22	06:59	11:32	16:06	9:07:43	22:34	04:23	11:21
23	06:59	11:33	16:07	9:07:50	23:35	05:03	11:38
24	07:00	11:33	16:08	9:08:00	00:35	05:42	11:57
25	07:00	11:34	16:08	9:08:16	00:35	06:21	12:17
26	07:00	11:34	16:09	9:08:35	01:37	07:01	12:40
27	07:01	11:35	16:10	9:08:59	02:40	07:44	13:08
28	07:01	11:35	16:10	9:09:27	03:45	08:30	13:43
29	07:01	11:36	16:11	9:09:59	04:52	09:20	14:28
30	07:01	11:36	16:12	9:10:35	05:57	10:13	15:23
31	06:42	11:23	16:04	9:21:21	05:59	10:37	15:47

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

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

### КОРЕКЦИИ ЗА НЕКОИ ГРАДОВИ:

Берово- 5,7 min

Охрид + 2,5 min

Битола + 0,4 min

Куманово - 1,1 min

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

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

### III. Сезони, летно време, перихел и афел - 2024 г.

Настан	Месец	Ден	h	m
<b>Почеток на пролетта</b>	март	20 <sup>d</sup>	4 <sup>h</sup>	6 <sup>m</sup>
<b>Почеток на летното време</b>	март	31 <sup>d</sup>	2 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup>
<b>Почеток на летото</b>	јуни	20 <sup>d</sup>	22 <sup>h</sup>	50 <sup>m</sup>
<b>Почеток на есента</b>	септември	22 <sup>d</sup>	14 <sup>h</sup>	43 <sup>m</sup>
<b>Крај на летното време</b>	октомври	27 <sup>d</sup>	3 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup>
<b>Почеток на зимата</b>	декември	21 <sup>d</sup>	10 <sup>h</sup>	20 <sup>m</sup>
<b>Земјата е во перихел</b>	јануари	3 <sup>d</sup>	1 <sup>h</sup>	38 <sup>m</sup>
<b>Земјата е во афел</b>	јули	5 <sup>d</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>m</sup>

### IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

<b>I</b>	32 min	<b>IV</b>	28 min	<b>VII</b>	34 min	<b>X</b>	28
min							
<b>II</b>	30 min	<b>V</b>	31 min	<b>VIII</b>	32 min	<b>XI</b>	30
min							
<b>III</b>	28 min	<b>VI</b>	34 min	<b>IX</b>	29 min	<b>XII</b>	31
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**

<b>Новолуние (d.m.y, hh:mm)</b>	<b>Прва четврт (d.m.y, hh:mm)</b>	<b>Полна Месечина (d.m.y, hh:mm)</b>	<b>Последна четврт (d.m.y, hh:mm)</b>
			04.01.2024, 04:30
<b>11.01.2024, 12:57</b>	18.01.2024, 04:52	25.01.2024, 18:54	03.02.2024, 00:18
<b>09.02.2024, 23:59</b>	16.02.2024, 16:00	24.02.2024, 13:30	03.03.2024, 16:23
<b>10.03.2024, 10:00</b>	17.03.2024, 05:10	25.03.2024, 08:00	02.04.2024, 05:14
<b>08.04.2024, 20:20</b>	15.04.2024, 21:13	24.04.2024, 01:48	01.05.2024, 13:27
<b>08.05.2024, 05:21</b>	15.05.2024, 13:48	23.05.2024, 15:53	30.05.2024, 19:12
<b>06.06.2024, 14:37</b>	14.06.2024, 07:18	22.06.2024, 03:07	28.06.2024, 23:53
<b>06.07.2024, 00:57</b>	14.07.2024, 00:48	21.07.2024, 12:17	28.07.2024, 04:51
<b>04.08.2024, 13:13</b>	12.08.2024, 17:18	19.08.2024, 20:25	26.08.2024, 11:25
<b>03.09.2024, 03:55</b>	11.09.2024, 08:05	18.09.2024, 04:34	24.09.2024, 20:49
<b>02.10.2024, 20:49</b>	10.10.2024, 20:55	17.10.2024, 13:26	24.10.2024, 10:03
<b>01.11.2024, 13:47</b>	09.11.2024, 06:55	15.11.2024, 22:28	23.11.2024, 02:27
<b>01.12.2024, 07:21</b>	08.12.2024, 16:26	15.12.2024, 10:01	22.12.2024, 23:18
<b>30.12.2024, 23:26</b>			



## VI. Видливост на планетите во 2024 г.

### Меркур ♿

Оваа планета е многу тешко да се види токму поради својата близина до Сонцето. Можеме да го видиме навечер по зајдисонце - на запад, или рано наутро пред изгрејсонце - на исток. Најповолни услови за нејзина видливост има кога се наоѓа во максимална елонгација. Тоа се случува на следниве датуми: 12 јануари во 15:37 h на 23,5° (запад), 25 март во 23:34 h на 18,7° (исток), 10 мај во 23:29 h на 26,5° (запад), 22 јули во 8:29 h на 26,9° (исток), 5 септември во 4:30 h на 18,1° (запад), на 16 ноември во 9:09 h на 22,6° (исток) и на 25 декември во 3:30 h на 22° (запад). 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 каде што 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°.

Во јануари, февруари и март планетата ќе биде видлива наутро, како Деница, а потоа таа нема да биде видлива бидејќи ќе поминува блиску до Сонцето. Потоа таа ќе се јавува како Вечерница, почнувајќи од средината на јули, продолжувајќи летото и есента, така што во декември таа најубаво и најјасно ќе може да се набљудува. Оваа година Венера нема да достигне максимална елонгација ниту еднаш, туку на 10 јануари 2025г.

### Марс ♂

Во почетокот на годината, Марс ќе биде многу тежок за набљудување бидејќи ќе се појавува кратко пред изгревот на Сонцето. Во текот на првите неколку месеци од годината ќе се појавува сè порано, па ќе биде видлив сè подолго. Во истиот регион од небото ќе биде и Венера, па така на 8 март пред изгрејсонце,

Марс, Венера и младата Месечина ќе се појават многу блиску на небото. Во текот на годината ќе изгева сè порано, па ќе биде видлив во текот на ноќта. Помеѓу 20 и 21 јули, Марс ќе се наоѓа многу блиску до Плејадите, а исто во близината ќе биде и Јупитер. Во текот на 2024г. Марс нема да постигне опозиција, туку ќе ја постигне на 16 јануари 2025г.

## Јупитер ♃

Најголемата планета во Сончевиот систем на почетокот на годината е јасно видлива на вечерното небо, веднаш по заоѓањето на Сонцето над југоисточниот хоризонт. Навечер ќе се гледа сè до пролетта. На 18 мај ќе биде во конјункција со Сонцето, а околу средината на јуни ќе стане повторно видлив, овојпат рано наутро над источниот хоризонт. Во текот на летото и есента ќе изгрева сè порано, па во октомври ќе биде видлив уште во 21ч. До крајот на годината Јупитер нема да достигне опозиција со Сонцето.

## Сатурн ♄

На почетокот на годината прстенестата планетата е видлива на југоисточното небо веднаш по зајдисонце. Во текот на февруари ќе се влошуваат условите за набљудување бидејќи Сатурн ќе изгрева сè порано, поблиску до зајдисонцето. На 28 февруари ќе биде во конјункција со Сонцето, на најоддалечената точка од орбитата од нас. На крајот на март повторно ќе може да се набљудува, но рано наутро. Ќе се гледа сè појасно во текот на летото, а на 8 септември ќе биде во опозиција и ќе биде најпогоден за набљудување.

## Уран ♅

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

На 13 мај, Уран ќе биде во конјункција со Сонцето, поради што ќе биде невозможно да се види речиси еден месец пред и по овој датум. Од околу средината на јуни ќе започне период на утринска видливост на Уран. Тој ќе биде во опозиција на 17 ноември, па во ноќите околу овој датум, Уран ќе се гледа највисоко и удобно над јужниот хоризонт, околу полноќ.

Од почетокот на годината до 23 мај, Уран ќе се движи во источниот дел на сосвездието Овен. На 23 мај, синкастата планета ќе влезе во сосвездието Бик, но на крајот на годината, на 29 декември, повторно ќе се врати во Овен. Ова ќе се случи поради

привидното движење назад кон запад, наречено „ретроградно“ движење на планетата. Претстои интересен момент вечерта на 20 април, кога, иако тешко и за кратко, ќе може да се набљудува конјункцијата на Јупитер со Уран.

## Нептун $\Psi$

Оваа планета може да се види со користење на мал оптички телескоп. Во текот на 2024 година, Нептун полека ќе се движи во југозападниот дел на соѕвездието Риби. На 17 март во 13 часот и 22 минути планетата ќе биде во конјункција со Сонцето, а на 21 септември во 03:17 часот ќе биде во опозиција.

### VII. Затемнувања на Сонцето и Месечината во текот на 2024 г.

Во 2024 г. ќе има четири затемнувања (две сончеви и две месечеви), од кои само последното делумно месечево затемнување ќе биде видливо од територијата на Македонија.

#### 1. Полусенчесто месечево затемнување на 25 март 2024

г.

Почетокот на затемнувањето ќе се набљудува од Централна Европа и Централна Африка. Целото затемнување ќе може да се гледа од Западна Европа, Западна Африка, Атлантскиот Океан, Гренландските Острови, Северна и Јужна Америка, Тихиот Океан, делови од Арктикот и Антарктикот. Крајот на затемнувањето ќе биде гледано од централна Австралија, Јапонија и Источна Азија. Од Македонија затемнувањето нема да може да се набљудува.

За време на феноменот, Месечината ќе биде во соѕвездието Девица, а Сонцето во Риба. Максималната фаза ќе се случи 1,6 дена по лунарниот апогеј. Ова затемнување е бр. 64 од серијата 113 на сарос, која содржи 71 затемнувања на Месечината што се случуваат на опаѓачкиот јазол на лунарната орбита.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата	05:53:07
максимална фаза	08:12:49
последен контакт на Месечината со Земјината полусенка	10:32:59

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

## 2. Целосно сончево затемнување на 8 април 2024 г.

Ова затемнување е бр. 30 од серијата Сарос 139, која содржи 71 затемнувања на Сонцето. Затемнувањето ќе биде видливо како делумно сончево затемнување од источниот дел на Пацификот, Централна и Северна Америка, северниот дел на Атлантикот и Гренланд. Појасот на целосно затемнување ќе започне во централниот дел на Тихиот Океан, ќе минува низ Мексико, низ централниот и североисточниот дел на Соединетите држави (низ сојузните држави Тексас, Арканзас, Мисури, Илиноис, Индијана, Охајо, Њујорк, Вермонт и Мејн). потоа ќе продолжи низ Источна Канада (провинција Њу Бранзвик) и ќе заврши во Северен Атлантик. Феноменот нема да биде видлив од Македонија. За време на затемнувањето, Сонцето и Месечината ќе бидат во соѕвездието Риби.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
почнува делумното затемнување	17:42:12
почнува целосното затемнување	18:38:49
максимална фаза	20:17:18
завршува целосното затемнување	21:55:34
завршува делумното затемнување	22:52:19

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

## 3. Делумно затемнување на Месечината на 18 септември 2024 г. (со супермесечина)

Ова затемнување е бр. 52 од серијата 118 на сарос, која содржи 73 затемнувања на Месечината. Почетокот на затемнувањето ќе биде видлив од западна Азија и западниот дел на Индискиот Океан. Целиот феномен ќе биде видлив од централна и западна Европа, западна Африка, Атлантскиот океан, Гренланд, источна и централна Северна Америка, Јужна Америка, дел од Арктикот и дел од Антарктикот. Крајот на затемнувањето ќе биде видлив од западните делови на Северна Америка и источниот дел на Тихиот Океан. Од Македонија ќе се набљудува поголем дел од затемнувањето - до заоѓањето на Месечината во 06:25 часот за Скопје, т.е. до околу 22 минути пред крајот на пенумбралното затемнување. За време на феноменот, Месечината ќе биде во североисточниот дел на соѕвездието Водолија - веднаш до нејзината граница со соѕвездието Риби, а Сонцето - во западниот дел на Девица. Максималната фаза ќе се случи 0,4 дена пред лунарниот перигеј.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
<b>прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата</b>	02:41:07
<b>почнува делумното затемнување</b>	04:12:58
<b>максимална фаза</b>	04:44:18
<b>завршува делумното затемнување</b>	05:15:38
<b>последен контакт на Месечината со Земјината полусенка</b>	06:47:27

*Од територијата на Македонија ова затемнување ќе може да се набљудува, освен последната етапа бидејќи Месечината ќе биде под хоризонтот во 6:25ч.*

#### 4. Прстенесто сончево затемнување на 2 октомври 2024 г.

Ова затемнување е бр 17 од серијата 144 на сарос, која содржи вкупно 70 затемнувања на Сонцето. Затемнувањето ќе биде делумно видливо од централниот и јужниот дел на Тихиот Океан, јужниот дел на Јужна Америка и југозападниот Атлантски Океан. Прстенестото затемнување ќе започне во централниот дел на Тихиот Океан, ќе го премине јужниот дел на Чиле и јужна Аргентина и ќе заврши во југозападниот дел на Атлантикот. Затемнувањето нема да биде бидливо од територијата на Македонија.

За време на затемнувањето, Сонцето и Месечината ќе бидат во созвездието Девица. Максималната фаза ќе се случи токму кога Месечината е во апогеј. Прстенестото затемнување на Сонцето се случува кога Месечината е најдалеку од набљудувачот (околу апогејот на нејзината орбита). Тогаш има помал видлив дијаметар и во текот на целосното затемнување не успева целосно да го покрие Сонцето. Затоа, периферијата на сончевиот диск останува видлива како светол прстен околу Месечината.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
<b>почнува делумното затемнување</b>	17:42:56
<b>почнува прстенестото затемнување</b>	18:50:34
<b>максимална фаза</b>	20:45:02
<b>завршува прстенестото затемнување</b>	22:39:15
<b>завршува делумното затемнување</b>	23:46:58

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

**VIII. Стеснет календар на метеорските роеви во 2024 г.**

<b>Метеорски рој</b>	<b>Период на активност</b>	<b>Максимум</b>	<b>ZHR</b>	<b>Родителско тело</b>
Квадрантиди	28.XII-12.I	3/4. I	100	2003EH (астероид)
Лириди	16 - 25. IV	21/22. IV	18	C/1861 G1Thatcher
η-Аквариди	19.IV - 28.V	5/6. V	40	1P/Halley
Персеиди	17.VII- 24.VIII	11/12. VIII	100	109P/Swift- Tuttle
Ориониди	2. X - 7. XI	20/21. X	20	1P/Halley
Леониди	06 - 30. XI	16/17. XI	15	55P/Tempel- Tuttle
Геминиди	4 - 17. XII	13/14. XII	150	3200 Phaeton

---