



Македонско астрономско друштво

Астрономски алманах 2025

Скопје, 2025

Редакциски одбор на Астрономски алманах 2025

(број 22):

д-р Јана Богданоска - главен и одговорен уредник

д-р Елена Вчкова-Бебековска - член

д-р Олгица Кузмановска - член

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:

Астрофотографија од маглината Орион (M42), дифузна маглина која се наоѓа на околу 1344 светлосни години од Земјата. Оваа маглина, видлива со голо око како средишната "свезда" во "мечот" на соѕвездието Орион, претставува најблискиот регион до Земјата со толку голема брзина на формирање ѕвезди. Фотографијата е дело на Хана Али, студент на насоката астрономија и астрофизика при Институтот за физика, ПМФ-Скопје.

На задниот дел од корицата:

Горе лево: Расеаното јато M37, најбогатото и најсјајното расеано јато во соѕвездието Кочијаш (Auriga) со проценета старост од околу 500 милиони години и составено од стотици ѕвезди. Горе десно: Расеаното ѕвездено јато M45 – Плејадите, едно од најпознатите и најблиските расеани јата, на околу 444 светлосни години од Земјата. Јатото е исполнето со топли сини сјајни ѕвезди кои се создале во последните 100 милиони години. Долу: Астрофотографски приказ на млада Месечина, каде што јасно се истакнува границата меѓу осветлениот и затемнетиот дел. На фотографијата е видлив драматичниот релјеф на месечевата површина, прикажувајќи кратери, планински венци и рамнини во нагласен контраст. Сите фотографии се дело на Хана Али, студент на насоката астрономија и астрофизика при Институтот за физика, ПМФ-Скопје.

Компјутерска подготовка:

Киро Мавроски

Печати:

Дизајн и принт солушн студио „Мавроски“

Тираж:

90 примероци

СОДРЖИНА

Време во астрономијата _____	5
<i>Гордана Апостоловска</i>	
Супернови - свездени катастрофи _____	15
<i>Олгица Кузмановска</i>	
Откривање на работ на Вселенат _____	29
<i>Наце Стојанов</i>	
Првични резултати од гравитационите експерименти со антиматеријата и нивни импликации врз модерната космологија _____	41
<i>Александар Ѓурчиновски</i>	
Дали црвјите дупки се клучот за меѓусвезденото патување? ____	45
<i>Мила Билеска</i>	
Потрага за живот во атмосферите на егзопланетите _____	55
<i>Љубица Димова</i>	
Претвори го мигот во вечност: твојот прв водич за аматерска астрофотографија _____	63
<i>Хана Али</i>	
Вештачка интелигенција во астрономијата _____	77
<i>Јана Богданоска</i>	
Од сеизмологија до астеросеизмологија. Од земјотрес до свездотрес _____	87
<i>Љубчо Јованов</i>	
Климатска криза – поглед од вселената _____	97
<i>Драган Гелевски</i>	
Астрономски календар за 2025 година _____	109
<i>Јана Богданоска</i>	
Поимник _____	131

ВРЕМЕ ВО АСТРОНОМИЈАТА

Гордана Апостоловска

Една од главните причини за појавата на астрономијата е човековата потреба да го мери времето. Најраните траги се среќаваат уште во 30 век п.н.е. на ѕидовите на пештерите на кои Кромањонците ги обележувале и броеле фазите на Месечината. Од најраните цивилизации на Кина, Индија, Месопотамија, Египет, Грција, Маите и Ацтеките, биле следени движењата на небесата и пресметувани датумите. Многубројни се култовите со обожување на Сонцето и Месечината, поради што се јавила потребата за следење на нивното движење и броење на деновите.

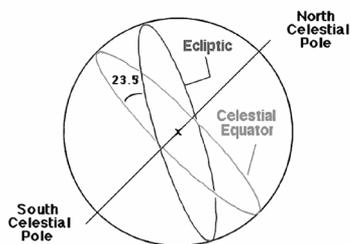
Вавилонците го мереле времето по движењето на небесните тела, пред сè на Сонцето и Месечината. Тие ги знаеле и другите планети видливи со голо око: Меркур, Венера, Марс, Јупитер и Сатурн, кои заедно со Сонцето и Месечината биле вкупно 7 тела. На секое тело му посветиле еден ден, со што се добил временскиот интервал седмица со имињата на деновите кои и ден денес во многу јазици потсетуваат на имињата дадени од Вавилонците. Така неделата била посветена на Сонцето (гер. Sonntag, англ. Sunday), понеделникот на Месечината (фра. Lundi, англ. Monday/Moonday), вторник на Марс (фра. Mardi), среда на Меркур (фра. Mercredi), четврток на Јупитер (фра. Jeudi), петок на Венера (фра. Vendredi) и сабота на Сатурн (англ. Saturday).

Во основата на различните системи за мерења на времето се перидочните појави како што е деноноќно вртење на небесната сфера и видливото годишно движење на Сонцето по еклиптиката.

Вистински и среден сончев ден

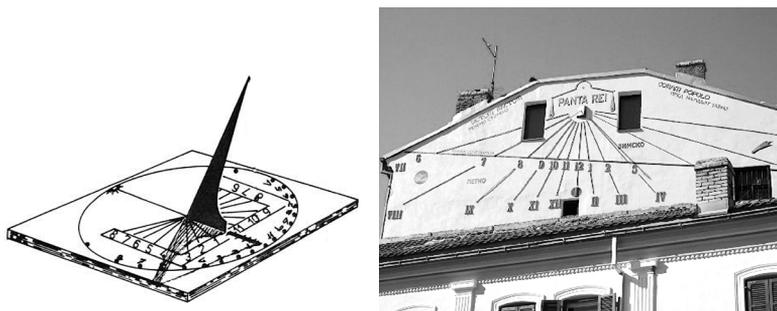
Најочигледна мерка за времето секогаш била појавата на промената на денот и ноќта. Вавилонците, Евреите и старите Грци за ден го сметале периодот меѓу два залеза на Сонцето. Моментот кога центарот на Сончевиот диск се наоѓа највисоко над хоризонтот (моментот на неговата горна кулминација) се нарекува *вистинско пладне*, а моментот на долна кулминација *вистински полноќ*. Временскиот интервал што поминува меѓу две горни (или долни) кулминации на центарот на сончевиот диск се нарекува **вистински Сончев ден**. Неговото времетраење не е еднакво во текот на целата

година. Причина за тоа, гледано од набљудувач на површината на Земјата е нерамномерното движење на Сонцето по еклиптиката и нејзиниот наклон во однос на небесниот екватор.



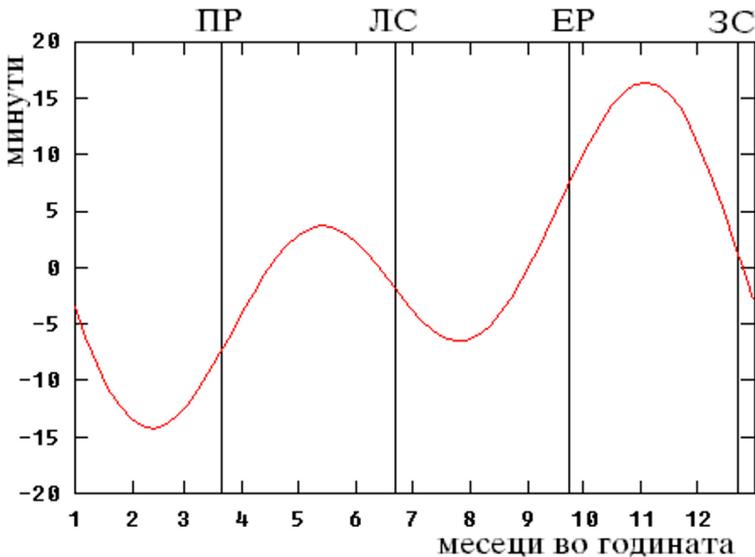
Сл. 1. Еклиптичката рамнина и светскиот небесен екватор се сечат под агол од 23.5 степени. Гледано од набљудувач на Земјата, Сонцето во текот на годината на небесниот свод се движи по еклиптиката.

Најстарите часовници се *сончевите часовници* и тие го мереле *вистинското Сончево време T*. Најпримитивен пример за сончев часовник е прачка забодена во песок. Овој инструмент кој се користел од многу одамна е познат под името *гномон*. Со следењето на положбата на неговата сенка на песочната подлога, се определува вистинското пладне (во моментот кога сенката е најкратка) и правецот север-југ за местото во кое се прави набљудувањето. Со секојдневно следење на должината на сенката може да се определи најкраткиот ден и најдолгиот ден во годината. Гномонот прераснал во сончев часовник кога на подлогата по која се движела сенката биле означувани часовите од денот. Прачката треба да биде насочена кон светскиот северен пол, односно паралелно на Земјината оска на ротација. Должината на овие часови не била еднаква, туку варирала со промената на годишните времиња. Должината на часот се менувала од 45 до 75 денешни минути.



Сл. 2. Лево: хоризонтален сончев часовник. Десно: вертикален сончев часовник на плоштадот во Битола поставен во 2004 година (на куќа блиску познатиот Широк сокак). Информации за конструкцијата: А. Шулевски, *Астрономски алманах*, 2005

Ниеден мајстор не би можел да направи механички часовник кој секојдневно би го покажувал времето според движењето на Сонцето. Нашите часовници не се регулираат по вистинското Сонце, туку по едно „замислено Сонце“, кое ниту свети ниту грее, туку има за цел да помогне во правилното мерење на времето. Тоа сонце се движи околу Земјата по небескиот екватор со еднаква брзина правејќи едно завртување за времето за кое вистинското Сонце привидно движејќи се по еклиптиката прави едно завртување околу Земјата. Астрономите тоа хипотетично сонце го нарекуваат *средно Сонце*, моментот на неговиот премин преку меридијанот се нарекува *средно пладне*, а временскиот интервал меѓу две средни пладниња се нарекува *среден Сончев ден* T_M . Според средното сончево време новиот ден започнува на пладне. Поради непријатностите што настанувале при промена на датумот во текот на еден ист работен ден (треба да одите во училиште или на работа на еден датум, а да се вратите дома наредниот ден!) Меѓународната астрономска унија (IAU) во 1925 година донесе одлука новиот ден (датум) да започнува точно на полноќ, односно во моментот кога средното сонце е во долна кулминација.



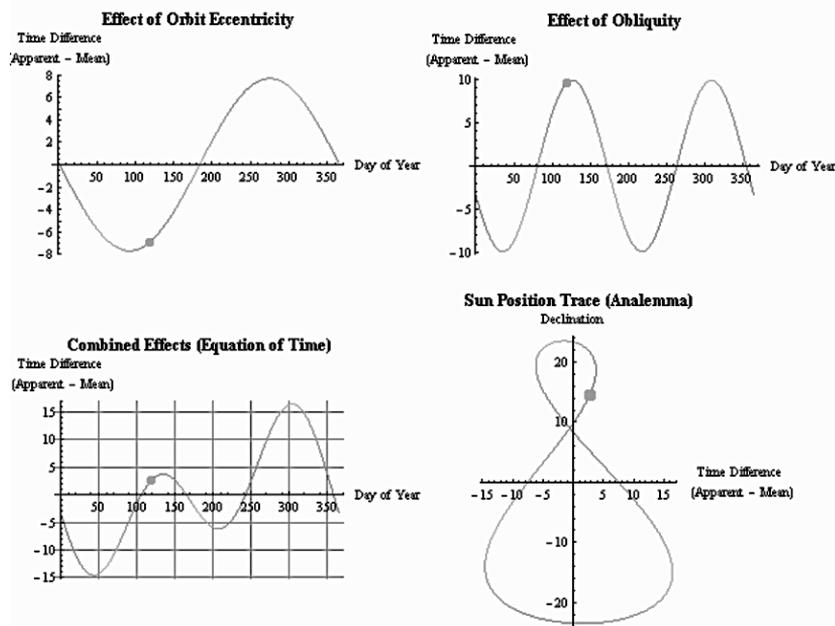
Сл. 3. Графички приказ на временската равенка. (ПР пролетна рамнодневица, ЕР есенска рамнодневица, ЗС зимски и ЛС летен солистициум). Само 4 пати во годината двете времиња се совпаѓаат: на 15 април, 14 јуни, 1 септември и 24 декември. Во деновите 11 февруари и 2 ноември разликата меѓу вистинското и средното сончево време е најголема и изнесува малку помалку од 17 минути.

Разликата меѓу средното сончево време T_M и вистинското T во текот на годината е дадена со *временската равенка*:

$$\eta = T - T_M$$

Временската равенка графички е прикажана на сл. 3, каде на ординатата е дадена временската корекција η во минути. Над апцисата, сончевиот часовник брза, а под апцисата сончевиот часовник заостанува во однос на секојдневниот часовникот кој го покажува средното сончево време. Во ист момент на времето разликата е еднаква за сите набљудувачи на Земјата.

Формата на кривата на временската равенка е сума на две синусоиди, едната со период од една година, а другата со период од половина година. Двете синусоиди се должат на два астрономски ефекти: првиот на постоењето на наклонот (инклинацијата) на Земјината оска на ротација во однос на нормалата на Земјината орбита околу Сонцето, а вториот на ексцентрицитетот на Земјината орбита околу Сонцето. Двата ефекта предизвикуваат нерамномерно движење на сончевиот диск на небеската сфера во текот на годината.



Сл. 4 Сончева аналема. Таа наликува на издолжена осумка и се добива кога се фотографира Сонцето на небесниот свод во исто време од исто место секој ден во текот на целата година. Издолженоста на осумката долж правецот север-југ е последица на инклинацијата, а потесниот дел во правец исток-запад е последица на ексцентрицитетот на Земјината патека околу Сонцето.

Местно или локално време

Кулминацијата на која било точка на небесната сфера настанува во различно време за разните меридијани на Земјата. Во дадено место на Земјата времето е сврзано со географската должина. Ако во даден момент на нултиот Гринички меридијан средното или универзалното време е T_0 тогаш во сите места кои лежат на меридијанот со географска должина λ *местното време* или *локалното време* T_λ ќе биде:

$$T_\lambda = T_0 + \lambda$$

Зонско време

До средината на 19 век секој одделен град во светот си го одржуваше своето локално време. Првиот час започнуваше точно на пладне (се определуваше според сончевиот часовник, кога сонцето фрла најмала сенка). Со изградбата на железницата луѓето беа во позиција да патуваат побрзо од движењето на сонцето по небескиот свод $15^\circ = 1\text{h}$, $1^\circ = 4\text{min}$. Па така распоредите на термините за поаѓање на возовите станале ноќна мора! Времето мерено со сончев часовник оди побрзо или побавно до максимум 16 минути во однос на часовник. Затоа во 1884 година со меѓународен договор, Земјата била поделена на 24 часовни зони, а датумот се менува на полноќ. За нулти меридијан бил одреден тој што поминува низ Кралската опсерваторија во Гринич. *Секоја зона е широка по 15° географска должина и во неа сите часовници покажуваат исто време.* Тоа време всушност е *граѓанско местно време* за жителите од меридијанот со географска должина 0° , 15° , 30° и.т.н. *Зонското време* T_z во зоната z ќе биде определено во однос на Универзалното време UT со релацијата

$$T_z = UT + z \text{ (*)}$$

Нашата држава, како и најголемиот број на држави во Европа спаѓа во првата зона $z = 1$ или во зоната на *Централното европско време* (Central European Time -CET). Нашите соседи Грција и Бугарија се во втората зона и имаат *Источно европско време*.

Обично зоните имаат свој назив за времето кое важи за нив. Најчесто употребувани се *Пацифичко* време за зоната -8, *Средноамериканско* за зоната -6, *Источноамериканско* за зоната -5, *Грендланско* за зоната -3, *Западноевропско* време за нултата зона, *Московско* време за третата зона, *Источноавстралиско* време за зоната 10.

<http://www.worldtimezone.com/>

Официјално време

Границите на зоните не се по права линија туку ги следат границите на државите или одделни области во самите држави. Тоа е направено со цел жителите во една држава или област да се раководат по исто време. Во европските држави е воведено т.к.н. *декретно време* (или уште се нарекува летно сметање на времето) со кое по наредба се поместуваат стрелките на часовникот за еден час во текот летото со цел да се заштеди електрична енергија.

Летното време започнува во 02:00 часот во последната недела во март кога стрелките на часовникот се поместуваат еден час напред, а *зимското време* во 02:00 часот во последната недела на октомври кога стрелките на часовникот се враќаат наназад.

Интернационална датумска граница

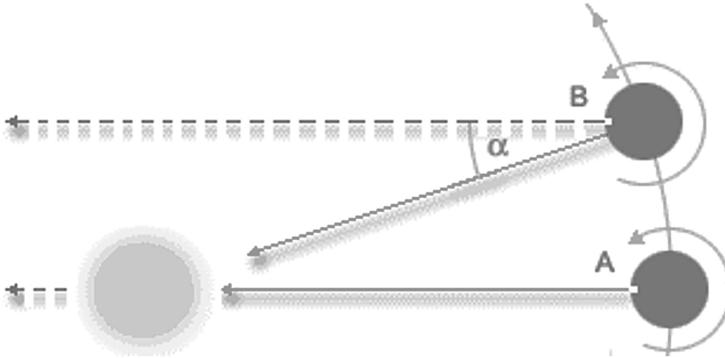
Насоката на Земјината ротација е кон исток, така што местата што се наоѓаат на исток мора да бидат временски понапред во однос на местата што се западно од нив. Ако некој патува кон исток во обиколка на Земјината топка тогаш во секоја зона ќе додава по 1 час. По враќањето дома патникот би бил понапред 24 часа или би добил еден календарски ден повеќе во однос на неговите сограѓани.

Со цел да биде решена оваа дилема е воведена *интернационалната датумска граница* која поминува приближно по меридијанот кој се наоѓа на 180° од Гриничкиот меридијан (антипод на Гриничкиот меридијан). Така, гореспоменатиот патник, кој патува од запад кон исток (во насоката на вртење на Земјата) и додава часови, при поминувањето на датумската граница ќе треба да ги „врати“ часовите на тој начин што ќе се врати во календарот за еден ден назад. На тој начин по враќањето дома ќе биде во согласност со датумот на своите сограѓани.

- *Новата календарска дата започнува на оваа линија и постепено се распространува на запад.* Така на запад од датумската линија се смета еден календарски датум, а источно од неа е датумот од претходниот ден.
- Во авијацијата и морепловството постои правило: кога се пресекува датумската линија од запад кон исток се повторува претходниот датум, а кога се пресекува од исток кон запад се додава еден ден. (Ако преминот е направен малку пред полноќ, во првиот случај следниот ден ќе се повтори, а во вториот случај ќе се прескокне еден датум. *Покажи го ова со релацијата (*).*)

Свездено (сидеричко) време

Свезденото време е наједноставниот систем за мерење на времето кој се заснова врз *рамномерното вртење на Земјата околу сопствената оска*. Временскиот интервал помеѓу две последователни горни кулминации на некаква избрана звезда на едно и исто набљудувачко место се нарекува *свездено деноноќие*. Тоа е еднакво на периодот на околуосната ротација на Земјата и се зема како единица за мерење на т.н. свездено време.



Сл. 5. Движењето на Земјата околу Сонцето.

На сл. 5 е прикажано движењето на Земјата околу Сонцето. Испрекинатите стрелки се насочени кон една иста звезда при две положби на Земјата. Полните стрелки се насочени кон Сонцето. Во моментот кога Земјата ќе направи едно завртување околу својата оска во однос на дадената звезда, таа сè уште не направила едно завртување околу својата оска во однос на Сонцето. За Земјата да направи едно завртување во однос на Сонцето треба да помине дополнителен аголен пат $\alpha = 1^\circ$.

Времето што е потребно за Земјата да направи едно завртување во однос на некоја звезда (времето што поминува меѓу две едноимени кулминации на звездата) се нарекува *сидерички* или *свезден ден* и се бележи со s . [lat. *sidereus* = свезден]. Како почетен момент на свездениот ден се зема преминот на пролетната γ точка низ меридијанот на местото во која се прави мерењето.

$$S = t_\gamma$$

Од релацијата $t_\gamma = t + \alpha = S$, каде што t и α се часовниот агол и ректасцензијата на произволна звезда, следува дека во моментот на горна кулминација на таа звезда ($t = 0$), свезденото време ќе биде $S = \alpha$

Средното Сонце во текот на еден ден по небото поминува пат од 360° . Ако се подели на 365 дена во годината се добива помалку од еден степен. Секоја точка од Земјата при нејзината ротација околу сопствената оска за 1 час поминува агол од 15° ($360^\circ: 24h = 15^\circ$), или поминува агол од 1° за време од 4 минути. ($60min: 15^\circ = 4min$). Средниот Сончев ден е подолг за 4 минути во однос на свездениот ден:

$$1c.c.d=1s.d.+4^m$$

Во текот на една година временската разлика меѓу средното сончево време и свезденото време станува еден свезден ден:
 $T=365,2422c.c.d.=366,2422s.d.$

Мерење на времето со часовници

Првиот начин на мерење на времето било со помош на сончеви часовници, во комбинација со песочни и водени часовници и се среќава уште во Древниот Египет 12 век п.н.е. При крајот на 13 век и почетокот на 14 век биле воведени механичките часовници. Во 17 век бил воведен часовник со нишало, кој го мерел времето со точност од 0,1 s.

Во 1927 година бил конструиран кварцниот часовник кој работи врз основа на пиезоелектричниот ефект. Кварцен кристал се става во електрично поле под чие дејство започнува да осцилира со голема фреквенција и константна брзина. Нивната голема точност, од 10^{-4} s овозможи откривање на успорувањето на Земијната ротација околу нејзината оска. Успорувањето изнесува 67ns секој ден или 0,0025s за време од еден век и се должи на плимното дејство од Месечината.

Најсовремени часовници се *атомските часовници*. Кај нив електромагнетното зрачење кое настанува при премин на електроните меѓу различните квантни нивоа во атомот овозможува мерење на времето со точност од 10^{-5} до $10^{-6}\mu s$. Во 1967 година, на конференцијата за тежини и мерки била воведена новата дефиниција за секундата која „е еднаква на временската должина на 9.192.631.770 периоди од зрачењето кое одговара на резонантната фреквенција на квантниот премин меѓу две хиперфини нивоа на основната состојба на атомот на цезиум 133“. Оваа секунда уште се нарекува и *атомска секунда*. Времето мерено во овој систем се нарекува *меѓународно атомско време* или TAI. Тоа е усреднето време кое се одржува со над 450 атомски часовници во над 80 национални лаборатории низ светот. Часовниците се споредуваат со GPS сигнали.

Денес е дојдено до една контрадикторност! Астрономските набљудувања може до го определат времето кое тече со точност од

околу 0,001s, а временскиот интервал може да се измери речиси со милијарда пати помала грешка.

e-mail: gordanaapostolovska@gmail.com

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

Литература

- [1] Г. Апостоловска, Општа астрономија (интерна скрипта)
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Sidereal_time
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Analemma>
- [4] <https://www.timeanddate.com/time/dateline.html>

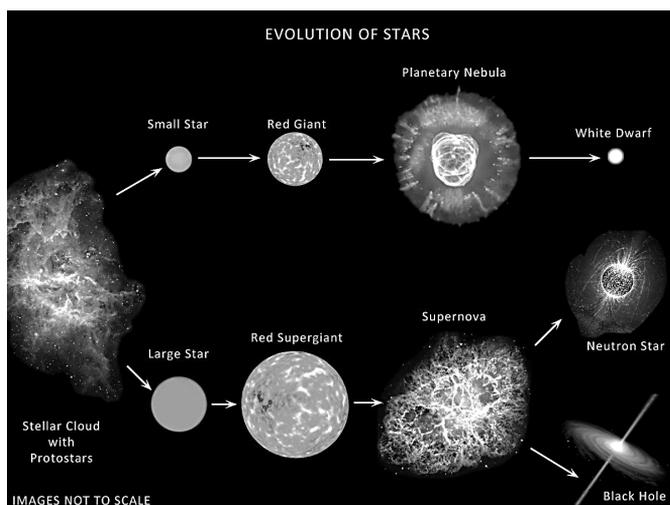
СУПЕРНОВИ - СВЕЗДЕНИ КАТАСТРОФИ

Олгица Кузмановска

Суперновите се ретки и крајно фасцинантни феномени. Во нив умираат најмасивните ѕвезди во вселената. Експлозијата на супернова очевидците ја опишуваат како ненадеен блесок на небото со огромен сјај, споредлив со сјајот на цела галаксија, кој може да се види и во текот на денот со голо око. За само неколку дена од експлозијата се ослободува енергија од околу 10^{41} до 10^{43} J и со огромни брзини (10^3 до 10^4 km/s) се исфрла материја која чини значаен дел од ѕвездената маса. Отфрлената гасна обвивка формира маглина која се шири и се нарекува *остаток на супернова* (SNR supernova remnant). Ако при експлозијата не е разорена целата ѕвезда, останува колабирачкото јадро од првобитната ѕвезда кое формира неутронска ѕвезда (или евентуално црна јама). Кандидати за супернови се ѕвездите со средни и големи маси ($8-30 M_{\odot}$, M_{\odot} – маса на Сонце).

Смрт на масивна ѕвезда

Според најновите сознанија на астрофизиката, со сигурност се знае дека суперновите се природен продукт на еволуцијата на најмасивните ѕвезди. Слично на живите организми и ѕвездите имаат конечен животен век, кој се нарекува *ѕвездена еволуција*. Во текот на еволуцијата, ѕвездата поминува низ неколку фази кои се потполно определени со нејзината почетна маса. По бурното раѓање во облаците на меѓуѕвездена материја (слика 1) најголем дел од својот живот ѕвездите поминуваат во т.н. стабилна фаза. Ова подразбира стабилност на димензиите и масата и се карактеризира со урамнотеженоста на гравитационата сила на ѕвездата, насочена кон центарот и притисокот на енергијата на нуклеарните реакции, насочен обратно, кон површината. Тоа значи дека во стабилната фаза во јадрото на ѕвездата се одвиваат нуклеарни реакции; трансформација на јадрата на полесните во потешки хемиски елементи во услови на огромни притисоци и температури од повеќе милиони степени. Енергијата ослободена како продукт на овие реакции создава притисок кој го компензира дејството на гравитацијата, односно нејзиното „настојување“ да ги намали димензиите на ѕвездата.



Сл. 1. Едноставна скица на еволуцијата на ѕвездите. Оние со помала маса формираат планетарни маглини во чии центри се остатоци на јадрата – бели џуџиња. Масивните ѕвезди умираат во експлозии на супернови, а нивните јадра се трансформираат во неутронски ѕвезди или црни јами.

По повеќе милиони или милијарди години и создавање на сè потешки елементи во јадрото, нуклеарните реакции запираат. Во следната фаза на еволуцијата веќе ништо не се спротивставува на неумоливото дејство на гравитацијата и ѕвездата почнува да се собира. За релативно кратко време таа ќе помине низ неколку нестабилни фази при кои доаѓа и до „палење“ на нуклеарни реакции во обвивката околу јадрото и зголемување на нејзините димензии (фаза на црвен џин, слика 1).

На крајот, сите ѕвезди ја исфрлаат својата обвивка (слоевите околу јадрото), додека нивните јадра гравитационо се собираат. Ѕвездите слични на Сонцето ја исфрлаат својата обвивка постепено и во текот на повеќе илјади години создаваат т.н. *планетарна маглина* (слика 1). Нивното јадро има маса помала од $1,4 M_{\odot}$ (**Чандрасекарова граница**) и колабира во густо, сјајно тело наречено бело џуџе. Со оглед на тоа дека масата на едно цело Сонце е збиена во тело со големина на Земјата, белите џуџиња имаат густина од 10^9kg/m^3 , што ги чини втори по ред најгусти објекти во вселената (од нив се погусти само неутронските ѕвезди). Остатоците на овие помали ѕвезди не содржат тешки елементи, а белите џуџиња се воглавно составени од јаглерод. Сепак, и белите џуџиња, како и неутронските ѕвезди се составени од екстремно густа материја која не може да се опише со класичните закони на термодинамиката, а која се нарекува **дегенерирана материја**.

Од друга страна, масивните ѕвезди умираат во експлозиите на супернови. За кратко време доаѓа до распрснување на ѕвездената обвивка во вселенскиот простор и ослободување на огромно количество енергија. Од гравитациониот колапс на нивните јадра се формираат неутронски ѕвезди и црни јами.

Ако масата на јадрото на ѕвездата е во опсегот од $1,4M_{\odot}$ до приближно $2,5 M_{\odot}$ тоа ќе се трансформира во неутронска ѕвезда. Неутронските ѕвезди се едни од најнеобичните објекти во нашиот универзум. При огромниот гравитационен притисок, атомите на јадрото се распаѓаат на своите составни елементи: протони, неутрони и електрони, за да на крајот протоните и електроните се „стопат“ во неутрони. Густо збиената материја, претежно составена од неутрони, формира тело со радиус од десетина километри кое може да има маса и на три Сонца. Една лажичка за кафе од материјата на неутронската ѕвезда има маса од дури милијарда тони, за разлика од „само“ 15 тони кај белото цуце. Својствата на оваа егзотична (дегенерирана) материја се крајно уникатни и во доменот на физиката на гравитационите и електромагнетни интеракции, како и во доменот на слабите и јаки нуклеарни сили. Неутронските ѕвезди тешко се детектираат затоа што нивното зрачење е слабо. Исклучоци се оние од нив кои имаат јаки магнетни полиња и/или ротираат со огромни брзини околу сопствената оска (пулсари и магнетари).

Во случајот на гигантските ѕвезди кои во стабилната фаза имале маса на десетици Сонца, по експлозијата на супернова остануваат јадра со маса од 3 до $10 M_{\odot}$. Собирањето на овие најмасивни јадра не можат да го преживеат ниту неутроните. Гравитациониот колапс продолжува сè додека целокупната материја на јадрото на ѕвездата не се концентрира во точка без димензии (сингуларитет) на која класичните закони на физиката стануваат неприменливи. Околу таа точка привлечното дејство на гравитацијата е толку големо што ниту едно тело, па ниту светлината, не можат да се отргнат од нејзиното влијание и да „побегнат“. Со оглед на тоа што и светлината (зрачењето) е „вшмукана“ во сферата на дејство на сингуларитет, за настанатиот објект никогаш нема да добиеме информација. Тој станува црна јама.

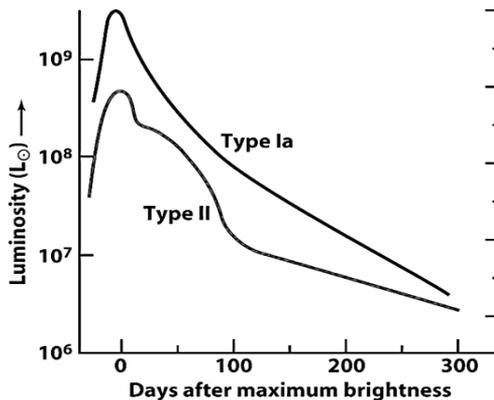
Својства и механизми на настанок на суперновите

По изгледот на електромагнетниот спектар, суперновите (SN) се делат на два основни типа: **SN од тип I** кои немаат линии на водород и **SN од тип II** кои имаат линии на водород во својот спектар. Тие јасно се разликуваат по обликот на кривите на сјај (слика 2). SN од

тип I имаат и потподелба, според линиите во спектарот на: **SN од тип Ia** (со јаки линии на силициум) и **SN од тип Ib** (со линии на хелиум).

SN од тип Ia се јавуваат почесто и многу подобро се проучени. Нивните оптички криви на сјај личат една на друга, а спектрите им се многу хомогени. Поради малите разлики во максимумот на сјај, земени се како „стандардни свеќи“, односно за определување на растојанијата до далечните галаксии во кои се појавуваат. Тоа се стари објекти кои потекнуваат од ѕвезди со средни маси. Ги има во елиптичните и спиралните галаксии. Притоа, сите SN од тип Ia потекнуваат од системи на тесно двојни ѕвезди, чии компоненти се толку близу што меѓусебно си влијаат и ја менуваат својата еволуција.

SN од тип II се јавуваат само во спиралните гранки на спиралните галаксии. Тие најверојатно потекнуваат од масивни ѕвезди ($\approx 20M_{\odot}$) со водородна обвивка, кои поради брзата еволуција не доживуваат длабока старост. Максимумот и обликот на кривата на сјај значително се разликуваат од една до друга супернова. Брзиот пад на сјајот после максимумот е следен со значително побавен пад, што образува степенаста крива (т.н. плато) (слика 2).



Сл. 2. Спектар на супернови од типовите I и II

Сè уште не е целосно комплетирана теоријата која ги објаснува различните типови на супернови. Резултатите го потврдуваат мислењето дека постојат два основни механизма кои можат да ја објаснат експлозијата на супернова. Едниот механизам е експлозивно палење на дегенерирано јадро на стара осамена ѕвезда ($>8M_{\odot}$), или експлозивно палење на бело џуџе, ако со пренос на маса од другата компонента во тесно двоен систем (ТДС) ја преминало Чандрасекаровата граница од $1,4M_{\odot}$. Вториот механизам е колапс на недегенерирано јадро на многу масивна ѕвезда. Ќе ги опишеме овие два механизми кои можат да предизвикаат катастрофални последици

и во кои ѕвездата губи голем дел од својата маса, а понекогаш и целата се разорува.

Термонуклеарните реакции во ѕвезденото јадро произведуваат неутрински флуks. Неутрината (ν_e) се елементарни честички кои се електронеутрални и немаат маса на мирување, односно не стапуваат во интеракција со материјата (поради што брзо ја напуштаат ѕвездата). Покрај овој механизам, неутрината настануваат и во други процеси, како што е закочното зрачење, каде закочените електрони e^- во судир со атомско јадро (ZA) емитираат пар од неутрино (ν_e) и антинеутрино ($\bar{\nu}_e$): $e^-(ZA) \rightarrow e^-(ZA) + \nu_e + \bar{\nu}_e$. Постојат и други теориски можности за произведување на неутрина во супернови: со анихилација ($e^- + e^+ \rightarrow \nu_e + \bar{\nu}_e$), фотонеутрино реакција ($e^- + \gamma \rightarrow e^- + \nu_e + \bar{\nu}_e$), итн.

Неутрината носат значително количество на енергија од јадрото. На тој начин, тие стануваат „машини за ладење“, обезбедувајќи постојано собирање и сè поголема густина на јадрото. Иако најчесто тие без препреки поминуваат низ материјата, при собирање на средно масивна ѕвезда, нејзиното јадро станува толку густо, што неутрината делумно се апсорбираат во него. Нивната енергија ја зголемува температурата на апсорбирачката материја, што сукцесивно доведува до сè побрзи термонуклеарни реакции, односно до фузија на сè потешки елементи на сè поголеми температури. На тој начин, во ѕвездата се произведуваат тешки елементи (C, Ne, O, Si). **Создавањето на тешки елементи е значаен настан кој во вселената, односно во природата, се случува само во јадрата и обвивките на најмасивните ѕвезди.** Затоа е сосема точна необичната констатација дека и ние, луѓето, сме составени од ѕвезди, со оглед на тоа дека металите во нашето тело милијарди години претходно се создале во утробата на масивните ѕвезди.

Кога во ѕвезденото јадро не може повеќе да се произведува енергија, доаѓа до негов колапс и до дегенерација на материјата во која се апсорбира неутрински флуks, што следствено доведува до брз скок на температурата. Во дегенерираната материја нема „сигурносен вентил“, односно притисокот и густината на материјата не зависат од температурата како во стандардните термодинамички релации. Затоа скокот на температурата доведува до нејзино експлозивно палење. При јаката експлозија се создава неутронското јадро, а обвивката се отфрла со голема брзина. Некои од експлозиите можат да ја разорат целата ѕвезда, без остаток.

Овој механизам може да се јави и во ТДС во кој едната ѕвезда еволуирала во бело џуце, а втората ѕвезда е раширена во фаза на црвен џин. Поради исклучителната близина на компонентите на системот, белото џуце гравитационо привлекува материја од црвениот џин. Овој трансфер на материја од следбеникот,

придонесува масата на белото џуџе да ја премине Чандрасекаровата граница од $1.4M_{\odot}$ (што не може да се случи кај осамено бело џуџе). Тогаш тоа колабира и неговата внатрешна температура брзо расте до моментот кога јаглеродот почнува да се фузира во потешки елементи. Фузијата почнува скоро истовремено во целата внатрешност и во целата ѕвезда настанува детонација на јаглерод. Имено, ако масата на белото џуџе, пред преносот на материја, е *помала* (значително помала од $1.4M_{\odot}$), тогаш и неговата гравитација е релативно мала, преточувањето на материјата од следбеникот е бавно, па при преминот на белото џуџе во неутронска ѕвезда се ослободува помала енергија и обично двојниот систем не се разорува. Меѓутоа, ако масата на белото џуџе е *близу* до Чандрасекаровата граница, тогаш поради поголемата гравитација, акрецијата на маса на белото џуџе е брза, неговиот колапс во неутронска ѕвезда ослободува огромна енергија и системот се распаѓа. Така веројатно настануваат најсјајните SN од тип Ia. Во алтернативно, и по мислење на многу астрономи, поверојатно сценарио, експлозијата на супернова во двоен систем може да настане со судир и соединување на две бели џуџиња во масивна нестабилна ѕвезда. Конечниот резултат е ист - детонација на јаглерод.

Вториот механизам е колапс на недегенерирано јадро на многу масивна ѕвезда. Тоа е имплозивно-експлозивен процес. Откако го истрошила горивото во јадрото сè до железо (Fe), како последен продукт на нуклеарните реакции, масивната ѕвезда станува нестабилна и се урива кон центарот. Со колапсот на ѕвезденото јадро температурата во него расте до околу $10 \cdot 10^9 \text{K}$. На така висока температура големото количество на γ фотони (зрачење) предизвикува фотодезинтеграција на железото: $\text{Fe} + \gamma \rightarrow 13\text{Ne} + 4\text{n}$ пропратена со нагло ладење на околината (ендотермна реакција). При овој колапс, кој трае помалку од секунда, се поништуваат сите процеси на фузија. Јадрото се состои само од електрони, протони и неутрони и понатаму се собира. Во услови на така големи густини и притисоци, електроните се забрзуваат до ултрарелативистички брзини произведувајќи ја реакцијата: $e + p \rightarrow n + \nu$.

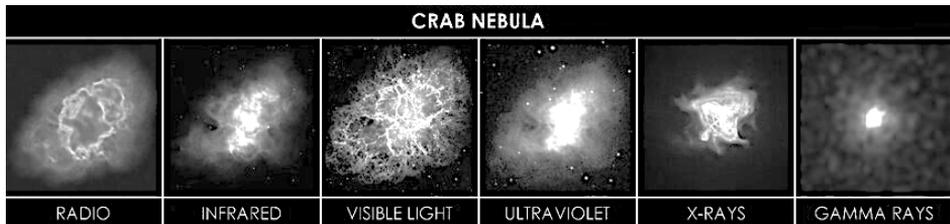
Неутрината ја напуштаат ѕвездата, а произведените неутрони се збиваат на уште помал волумен, формирајќи дегенерирано неутронско јадро со густина $\rho \geq 10^{12} \text{g/cm}^3$. Ваквата густина (и притисок) го забавуваат и на крајот го прекинуваат натамошното собирање на јадрото.

Повисоките слоеви, кои при падот наидуваат на јадрото како еластична препрека со голема густина, се одбиваат и образуваат бран на материја кој се движи од јадрото кон површината на ѕвездата. Поминувајќи низ сè поретка средина бранот се забрзува и станува

ударен. Тој ги загрева надворешните слоеви (во кои можат да почнат термонуклеарни реакции) и со стравотна експлозија ја разнесува ѕвездената обвивка. Оваа експлозија се нарекува супернова.

Не се јасни сите процеси кои ја опфаќаат експлозијата на супернова. На пример, не е јасна врската помеѓу имплозијата на јадрото и експлозијата на обвивката. Од јачината на експлозијата зависи дали ќе се разори целата ѕвезда без остаток, или од јадрото ќе остане релативистички објект (неутронска ѕвезда или црна јама), а од обвивката – маглина (SNR) која се шири.

При ширењето, SNR е извор на нетермално, поларизирано зрачење во видливата, X, UV и радио областа. Таквата маглина е богата со тешки елементи (метали) кои ги растура во околниот простор и од кои ќе се формираат наредните генерации на ѕвезди. **Се смета и дека сите метали на Сонцето, планетите, па и во човечкиот организам (K, Na, Mg, Ca..), се создале во јадрата на масивните ѕвезди и потекнуваат од експлозии на супернови кои ги расеале во меѓуѕвездениот простор.**



Сл. 3. Снимки во различни делови на електромагнетниот спектар на еден од најпознатите остатоци на супернови, т.н. маглина Рак (Crab nebula) во ѕвездетието Рак.

Набљудување и проучување на суперновите

Експлозиите на супернови се релативно ретки и краткотрајни (од неколку недели до неколку месеци). Тоа го отежнува нивното проучување, без оглед на посебното значење на овие настани во теоријата на ѕвездената еволуција и космологијата. Во последните илјада години во нашата Галаксија (Млечен Пат) се видени само пет од овие исклучителни настани. Сите пет супернови се набљудувани пред откритието на телескопот, со голо око. За нив се познати само положбите, деловите на кривата на сјај и остатоците од маглината. Тоа се суперновите набљудувани во:

- 1006 година, во ѕвездетието Lupus (забележана од калуѓери во Швајцарија и Италија);

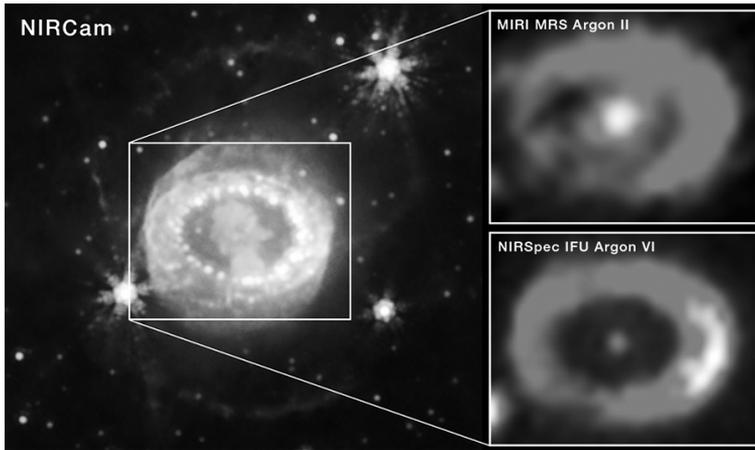
- 1054 година, во соѕвездието Taurus (забележана во јапонски и кинески анали). Оваа супернова најмногу придонела за нашето разбирање на појавата, затоа што на нејзино место сега се наоѓа маглината Рак (слика 3), во чиј центар е откриен пулсар во 1969 година.
- 1181 година, во соѕвездието Cassiopeia (забележана од арапски астрономи);
- 1572 година, во соѕвездието Cassiopeia (набљудувана од Тихо Брахе). Ова е ѕвездата која Брахе ја нарекол Stella Nuova, што за неколку дена станала посјајна од Венера, за да сјајот подоцна ѝ ослаби и по две години да исчезне. Маглината на местото на оваа експлозија претставува најсилен извор на радио-зрачење во нашата Галаксија (Cassiopeia A).
- 1604 година, во соѕвездието Serpens (набљудувана од Кеплер).

За разлика од маглината Рак, на местата на суперновите од 1572 година и 1604 година нема неутронски ѕвезди (пулсари), туку само влакнести структури како SNR. Последната супернова во нашата Галаксија била во 1604 година, а оние кои денес ги регистрираме во далечните галаксии слабо се гледаат. Во последните децении формиран е и посебен тим на истражувачи и развиена посебна техника за нивно регистрирање (Supernova Cosmology Project).

Затоа експлозијата на суперновата **SN 1987A**, во нам блиската галаксија Голем Магеланов Облак била вистинска сензација. На растојание од 160 000 светлосни години, таа била првата која можела да се набљудува со голо око на јужното небо, по онаа од 1604 година. Од моментот кога е забележана, во февруари 1987 година, настанот бил следен со целата расположива опрема на јужната хемисфера, како и со детекторите на UV и X зрачење вон атмосферата. Сателитите регистрирале јако X зрачење, а на Земјата е регистриран и ненадеен скок на неутринскиот флукс. За жал, тогашните користени техники не помогнале многу, бидејќи SN 1987A по многу карактеристики била атипична. Нејзиниот сјај во максимумот на експлозијата бил мал, на местото на експлозијата не бил регистриран пулсар, а ѕвездата - родител била син суперџин од спектралната класа B3.

Дури во последните години, со телескопот Џејмс Веб (James Webb), кој со најсовремени техники детектира инфрацрвено (IR) зрачење, е направен напредок во проучувањето на остатокот од SN 1987A. Џејмс Веб ги почнал набљудувањата на SN 1987A во јули 2022 година, а неговите инструменти истовремено со сликата, го регистрираат и спектарот на набљудуваниот објект. Токму спектралната анализа укажала на постоење на јак сигнал кој потекнува од јонизиран аргон (Ar) лоциран во центарот на

исфрлениот материјал кој ја опкружува првобитната локација на SN 1987 (слика 4). Подоцнежните набљудувања на IR бранови со помали бранови должини детектирале и повеќекратно јонизирани хемиски елементи. За создавањето на овие јони е нужно постоење на високоенергетски фотони, а таквите фотони мора да доаѓаат само од некој извор на високоенергетско зрачење во центарот на остатокот на SN 1987A. Астрофизичарите разгледуваат неколку опции и можни сценарија за природата на овој извор, но сите вклучуваат создавање на неутронска ѕвезда. Планирано е нејзиното присуство да се докаже со нови набљудувања во текот на 2025 година.



Сл. 4. Снимка на суперновата SN1987A, направена со James Webb телескопот во блиската IR област во 2023 година (лево). На снимката горе десно е прикажан еднаш јонизиран аргон (Ar), а долу десно повеќекратно јонизиран аргон во различни делови од IR спектар. (NASA, ESA, CSA, STScI, C. Fransson, M. Matsuura, M. Barlow, P. Kavanagh, J. Larsson)

Телескопот Џејмс Веб е десетина пати поголем од Хабловиот телескоп и детектира светлина со големи бранови должини, а мали енергии. Затоа со него се регистрирани и голем број супернови (дури 80 на само мал дел од небото). Меѓу нив се и некои од најдалечните, односно најстарите супернови во нашата вселена. Набљудувањето на далечна супернова подразбира и поглед во минатото на вселената. Веб може да детектира супернови благодарение на феноменот на т.н. космолошко црвено поместување. Имено, како што светлината се движи низ просторот, така и нејзината бранова должина се „развлекува“ кон подолги бранови и инфрацрвениот дел од спектарот, а енергијата ѝ се намалува. Инфрацрвеното зрачење не може да се види, но може да се детектира со соодветна опрема, односно телескоп. Различните црвени поместувања кореспондираат со различно време во историјата на универзумот (денешното

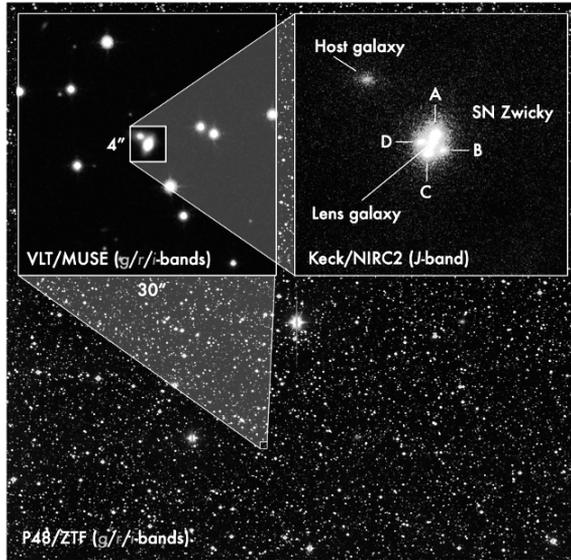
поместување е нула). Поголема бројна вредност на црвеното поместување значи и постара и подалечна супернова. Така, една од новооткриените супернови има поместување 3,6 што укажува дека била формирана во времето кога вселената била стара само 1,8 милијарди години (се смета дека вселената е стара околу 14 милијарди години). Ова е досега најстарата детектирана супернова, која овозможува да добиеме претстава како изгледал универзумот во своите почетоци, многу пред формирањето на Земјата и нашиот планетарен систем.

Со помош на Џејмс Веб и телескопите на планината Мауна Кеа на Хаваи неодамна беше детектирана и најблиската супернова во последните пет години. Беше лоцирана во спиралните гранки на Pinwheel галаксијата во соѕвездието Голема Мечка, на растојание од 21 милион светлосни години. Наречена **SN 2023ixf**, таа зрачи светлосина светлина. Се смета дека припаѓа на Тип II супернови, кои потекнуваат од колапсот на најмасивните осамени ѕвезди, оние кои имаат 8 до 50 пати поголема маса од нашето Сонце.

Во 1998 година, астрофизичарите дојдоа до неочекувано откритие дека вселената се шири со позитивно забрзување. Иако ширењето, односно оддалечувањето на галаксиите една од друга, беше познато и претходно, со децении преовладувало мислењето дека тоа ширење ќе се забавува поради гравитационото привлекување на материјата. Но, токму анализите на спектарот на повеќе супернови од специфичниот тип SN Ia, кои настануваат во тесно двојни ѕвездени системи, покажале дека ширењето на вселената е забрзано. Ова се припишува на постоењето на мистериозен ентитет наречен *темна енергија* (негативна гравитација), која чини 70% од материјата на вселената. Иако за теоријата на забрзаното ширење била доделена и Нобеловата награда за физика во 2011 година, а до денес, повеќе од две декади по оригиналното откритие, со проектот Dark Energy Survey се проучени повеќе од 1500 супернови, карактеристиките на темната енергија остануваат непознати. Затоа и заклучокот за забрзаната експанзија сè уште не е дефинитивен, а можеби иднината на нашата вселена ќе мора да се опише со покомплексен космолошки модел.

Многу од суперновите се откриени со помош на т.н. ефект на гравитациони леќи, при кој доаѓа до зголемување на сјајот на далечен објект (супернова) доколку во правецот помеѓу него и набљудувачот се наоѓа некое масивно тело (галаксија). Притоа, гравитацијата на масивното тело го закривува простор-времето околу себе, а со тоа ја закривува светлината (таа веќе не се движи праволиниски) на суперновата зад себе. Поради ефектот на гравитациона леќа суперновата станува не само видлива за набљудувачот, туку

нејзиниот сјај е повеќекратно зголемен, а се јавуваат и неколку нејзини ликови. Така, во 2023 година е откриена светлата супернова **SN Zwicky** (слика 5), лоцирана на 4 милијарди години оддалеченост, чиј сјај е дури 25 пати зголемен од галаксија која се наоѓа помеѓу неа и Земјата и игра улога на гравитациона леќа.



Сл. 5. Поради ефектот на гравитациони леќи од галаксијата пред неа, сјајот на SN Zwicky не е само зголемен, туку нејзиниот лик е копиран 4 пати од галаксијата позиционирана пред неа (A, B, C, D, горе десно). (J. Johansson, Stockholm University).

На крајот, да споменеме уште еден нов, трет тип на супернова, предвиден со теории кои датираат од 1980-тите. Овој **Тип III** на супернови настанува од ѕвезди со маси точно помеѓу 8 и 10 M_{\odot} , односно со гранична маса, на границата на двата можни исходи: нивните јадра да еволуираат во бели џуџиња или со експлозија на супернова да станат неутронски ѕвезди/црни јами. Механизмот од кој настанува супернова од Тип III се нарекува зафат на електрони (electron-capture supernova). При престанок на термонуклеарните реакции во ѕвезденото јадро, слободните електрони во него се зафатени од атомски јадра на тешки елементи како магнезиум и неон. Со ова припојување драстично се намалува бројот на слободни електрони кои инаку даваат значаен придонес кон притисокот кој се спротивставува на гравитацијата и е насочен нагоре, кон површината на ѕвездата. Така, недостигот на слободни електрони го намалува овој притисок и ѕвездата гравитационо имплодира (потполно колабира), создавајќи супернова.

Постоењето на овој трет механизам на настанок на супернови беше докажано во 2018 година, со откритието на **SN 2018zd** во галаксијата NGC 2146 на 31 милиони светлосни години од Земјата. Суперновата била набљудувана три часа по експлозијата, така што се познати карактеристиките на ѕвездата од која потекнува. Тие во голема мерка се совпаѓале со предвидувањата на теоријата: ѕвездата да е во фаза на раширен црвен џин кој изгубил (развеал) голем дел од својата маса пред експлозијата; развеаната материја да содржи претежно хелиум, јаглерод, азот, но да има малку кислород кој поради слоевитата структура на црвениот џин би се наоѓал во длабоките слоеви далеку под површината; експлозијата да е релативно послаба во однос на другите типови на супернови; суперновата да има помало количество на радиоактивни честички, продукти на нуклеарните реакции во јадрото, кои потоа се таложат како резултат на експлозијата; првобитната ѕвезда која експлодира како супернова од тип зафат на електрони да содржи обилно количество на елементи богати со неутрони во јадрото. Сите супернови од овој тип се многу посјајни од обичните супернови во првите моменти на експлозијата, но по неколку месеци сјајот драстично им се намалува. Се смета дека главната причина за ваквото нагло опаѓање на израчената енергија е во фактот што првобитната ѕвезда расипува значаен дел од својата маса уште пред експлозијата. Во текот на експлозијата, гасот кој брзо се шири се судира со оваа претходно изгубена маса и дополнително ја осветлува.



Сл. 6. Суперновата 2018zd се гледа како голема, светла точка на снимката на галаксијата – домаќин NGC 2146. Таа потполно одговара на теорискиот опис на третиот тип electron-capture супернови, по кои се трагало долго време. (NASA/STScI/ J. DePasquale/ Las Cumbres Observatory)

Секоја секунда некаде во Универзумот експлодираат повеќе супернови. Скоро сите се наоѓаат на огромни растојанија од нас

поради што нивната детекција е отежната. Дополнително, овие спектакуларни настани траат релативно кратко во однос на временската скала на настаните во вселената. Затоа не е воопшто едноставно да се набљудуваат сите процеси и да се добие спектарот на една супернова. Идентификацијата на хемиските елементи во него е отежната и поради тоа што спектралните линии се проширени и деформирани со големите брзини на истекување на материјата и со високата температура. Како и да е, изучувањето на суперновите е интересно не само како најспектакуларен астрономски феномен, туку е исклучително значајно за термонуклеарната синтеза, за еволуцијата на Галаксијата, настанокот на неутронските свезди и црните јами, настанокот на космичките зраци, иницирањето на процесот на формирање на свездите и за определување на галактичките растојанија. Моќната експлозија, ударните бранови, ослободената огромна радијативна енергија, космичките зраци, отфрлањето и растурањето на свездената обвивка, јакиот неутрински флуks, а понекогаш и создавање на пулсар – сè се тоа последици на свездената катастрофа која ја нарекуваме – супернова. Тие манифестации се слични кај трите механизми на настанок: експлозивното палење на дегенерирано јадро, колапс на недегенерирано јадро, како и кај типот зафат на електрони.

e-mail: olgicak@pmf.ukim.mk

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

Извори

- [1]<https://skyandtelescope.org/astronomy-news/gotcha-firm-evidence-for-a-neutron-star-in-supernova-1987a/>
- [2]<https://www.nationalgeographic.com/science/article/supernova-star-explosion-james-webb-space>
- [3]https://phys.org/news/2024-01-dark-energy-discovery-decade-supernova.html#google_vignette
- [4]<https://www.scientificamerican.com/article/astronomers-have-spotted-a-once-in-a-decade-supernova-and-you-can-too/>
- [5]<https://earthsky.org/space/electron-capture-supernova-identified-2018zd/>
- [6]<https://www.forbes.com/sites/jamiecartereurope/2023/06/12/curve-in-spacetime-reveals-new-supernova-say-scientists/>
- [7]<https://www.space.com/new-supernova-type-discovery>
- [8]<https://keckobservatory.org/sn-zwicky/>
- [9] <https://www.nature.com/articles/s41550-023-01981-3>

[10]<https://astronomynow.com/2023/06/19/supernova-magnified-25-times-and-split-into-multiple-images-by-galactic-lens/>

[11] М. Вукичевиќ- Карабин, О. Атанацковиќ-Вукмановиќ, Општа астрофизика, 2004, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд

ОТКРИВАЊЕ НА РАБОТ НА ВСЕЛЕНАТА

Наце Стојанов

Вселената е огромна, простирајќи се на растојанија што го збунуваат човечкиот ум. Со векови, човештвото се обидуvalo да ги измери и разбере нејзината големина, структура и потекло. Нашето разбирање за Вселената се развивало преку техники кои ни дозволуваат да истражуваме подлабоко во Вселената а со тоа и назад во времето. Меѓу овие техники, концептот на црвеното поместување z и неговата примена во мерењето на астрономските растојанија постанаа основа на модерната космологија.

Мерењето на огромните космички растојанија не е лесна задача. За разлика од мерењето на предмети на Земјата, каде што директните мерења со ласерите најчесто се доволни, астрономите користат индиректни методи. Техники како паралакса (за блиски ѕвезди), стандардни „свеќи“ како Цефеидите и суперновите од тип Ia и мерењата на црвеното поместување ни овозможуваат да ја мапираме Вселената во огромен обем. Црвеното поместување, особено е незаменливо во истражувањето на најоддалечените објекти во Вселената. Преку набљудување на тоа како „светлината се растегнува“ додека Вселената се шири, научниците можат не само да ги измерат растојанијата туку и да ја одредат релативната старост на небесните феномени.

Овој текст, меѓу другото, се фокусира на една од примените на црвеното поместување: лоцирање на работ на Вселената преку идентификација и анализа на најоддалечените галаксии. Овие објекти ни овозможуваат поглед кон најраните епохи на Вселената, дозволувајќи ни да го проучуваме потеклото на ѕвездите, галаксиите и големите структури на Вселената.

Временска скала на формирање на ѕвезди и галаксии

Нашата Вселена настанала пред приближно 13,8 милијарди години со Големата експлозија (Big Bang). Во нејзините најрани моменти, Вселената била неверојатно жежок и густ „океан“ од честички. Додека се ширел и се ладел, првите атоми се формирале по околу 380.000 години, за време на ерата позната како рекомбинација, создавајќи ја космичката микробранова позадина што ја набљудуваме денес.

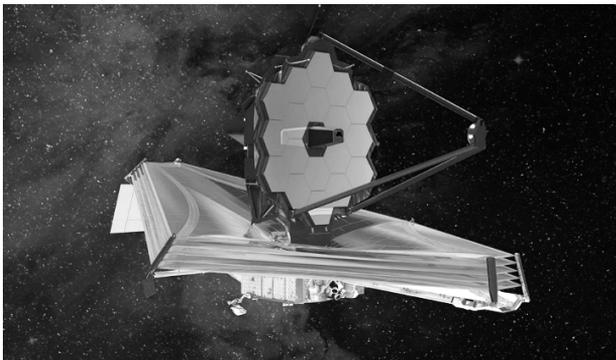
Меѓутоа, Вселената останала темна милиони години, период познат како „космичка темна доба“. Само по 100 до 200 милиони години првите ѕвезди се запалиле, означувајќи го почетокот на „космичката зора“. Овие рани ѕвезди, составени речиси целосно од водород и хелиум, се познати како Популација III ѕвезди. За разлика од ѕвездите што ги гледаме денес, овие немале потешки елементи (метали), бидејќи тие елементи сè уште не биле „произведени“ преку ѕвездените процеси.

Формирањето на првите галаксии следело наскоро потоа, бидејќи овие ѕвезди се групирале заедно под влијание на гравитацијата. До околу 500 милиони години по Големата експлозија, галаксиите се формирале забрзано, обликувајќи ја раната структура на Вселената. Овој брз раст на галаксиите играл клучна улога во процесот на космичка рејонизација, период кога ултравиолетовата светлина од ѕвезди и галаксии го јонизирала околниот водород, правејќи ја Вселената „просирна“ за светлината.

Црвеното поместување како прозорец во минатото

Разбирањето на овие рани фази на Вселената е возможно само благодарение на извонредната техника на црвено поместување. Како што е спомнато претходно, црвеното поместување им овозможува на астрономите да измерат колку далеку светлината од оддалечените објекти патувала и, следствено, колку долго е емитирана.

Галаксиите со големо црвено поместување, како оние набљудувани од Вселенскиот телескоп „Џејмс Веб“ (JWST), слика 1, се гледаат како што постоеле пред милијарди години, претворајќи ги телескопите во „временски машини“.



Сл. 1. Вселенскиот телескоп Џејмс Веб (JWST).

На пример:

- Галаксија со црвено поместување $z=1$ се гледа како што постоела пред приближно 7,7 милијарди години.

- Галаксија со $z=10$ се гледа како што постоела само 480 милиони години по Големата експлозија.
- Најоддалечената галаксија досега набљудувана, со $z \approx 14.3$, ги открива условите во Вселената само 280 милиони години по Големата експлозија.

Овие набљудувања ги предизвикуваат постоечките теории за брзото формирање на првите ѕвезди и галаксии, бидејќи сугерираат дека создавањето ѕвезди започнало порано отколку што се предвидувало. Истражувањата засновани на црвено поместување не само што го прецизираат нашето разбирање за временската еволуција на Вселената, туку и обезбедуваат клучни сознанија за стапката на ширење на Вселената, улогата на темната материја и влијанието на темната енергија.

Значењето на техниките за мерење растојанија

Можноста за прецизно мерење на огромни растојанија е од суштинско значење за разбирање на структурата на Вселената во голем размер. Техниките како мерењето на црвено поместување, комбинирани со други индикатори за растојание, им овозможуваат на астрономите да:

- Ја мапираат распределбата на галаксиите низ просторот и времето.
- Го одредат времето на формирање на објектите во Вселената.
- Ги проучуваат процесите што го регулираат формирањето на ѕвезди, еволуцијата на галаксиите и Вселенската рејонизација.

Напредокот во телескопската технологија, вклучувајќи ги Вселенските телескопи „Хабл“ и „Џејмс Веб“, овозможи откривање на објекти на екстремно големи растојанија. Овие откритија не се само рекорди – тие помагаат да се состави историјата на Вселената, обезбедувајќи траги за нејзиното потекло и нејзината судбина.

Истражувањето на најоддалечените објекти во Вселената, овозможило да се уточни приказната за тоа како Вселената се развила од густа почетна состојба, без форма, до неверојатно сложената структура што ја набљудуваме денес.

Разбирање на црвеното поместување

Концептот на црвеното поместување е основен во модерната астрономија, дозволувајќи им на научниците да измерат огромни растојанија низ Вселената и да го разберат нејзиното ширење. Црвеното поместување се однесува на феноменот кога светлината од

оддалечените објекти се „растегнува“ кон подолгите бранови должини додека патува низ растечкиот простор на Вселената. Ова растегнување ја поместува светлината кон црвениот дел од спектарот, па оттаму доаѓа и терминот „црвено поместување.“

Што го предизвикува црвеното поместување?

Поточно, црвеното поместување се јавува како резултат на ефектот на Доплер, феномен при кој фреквенцијата на брановите се менува во зависност од релативното движење на изворот и набљудувачот. Кај светлината, ако изворот се оддалечува од набљудувачот, светлинските бранови се растегнуваат, зголемувајќи ја нивната бранова должина а со тоа намалувајќи ја нивната фреквенција.

Црвеното поместување на објектите во Вселената директно се поврзува со нивната брзина а со тоа и со нивното растојание од нас. Овие величини се поврзани со **Хабловиот Закон**:

$$v = H_0 d,$$

каде:

v : Брзината на галаксијата што се оддалечува.

H_0 : Хабловата константа, која ја опишува стапката на ширење на Вселената (моментално проценета на приближно 70 km/s/Mpc).

d : Растојанието на галаксијата од Земјата.

Мерење на црвеното поместување

За да се илустрира црвеното поместување, замислете ја следната аналогија: балон со точки што ги претставуваат галаксиите. Додека балонот се надувува, точките се оддалечуваат една од друга, а секоја светлина што патува меѓу нив се растегнува заедно со балонот. Овој едноставен модел го отсликува космолошкото црвено поместување.

Во практика, астрономите користат спектроскопски техники за прецизно мерење на црвеното поместување. Преку анализа на светлината од галаксија, тие идентификуваат карактеристични линии во нејзиниот спектар кои одговараат на познати елементи како водород и хелиум. Поместувањето на овие линии ја открива и брзината и растојанието на објектот.

На пример, на слика 2, прикажана е Балмеровата серија на водород, која се појавува во видливиот спектар, која често се користи за мерење на црвеното поместување кај далечни галаксии.

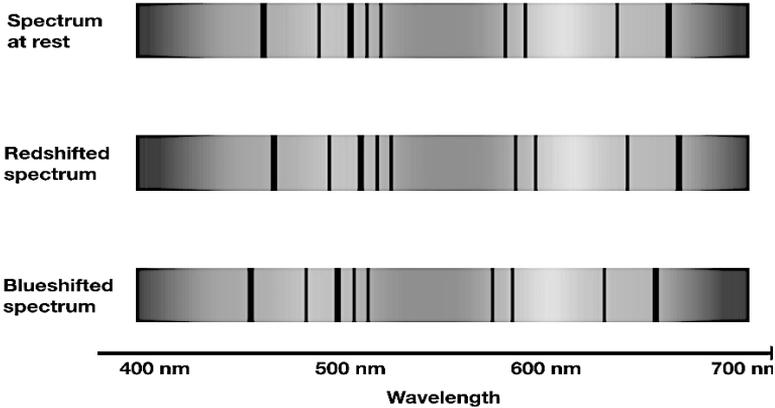
Црвеното поместување, генерално, се изразува преку бездимензионалниот параметар z , кој го претставува менувањето на брановата должина. Се пресметува со следната формула:

$$z = \frac{\lambda_{ob} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}},$$

каде:

- λ_{ob} : Брановата должина на светлината измерена од набљудувачот.
- λ_{em} : Брановата должина на светлината емитирана од изворот.

Доколку $z > 0$, светлината е црвено поместена, што укажува дека изворот се оддалечува. Ако $z < 0$, светлината е сино поместена, што значи дека изворот се приближува.



Сл. 2. Сликвит приказ на поместувањата на брановите должини.

Типови на црвено поместување

Постојат три основни типови или механизми на црвено поместување во астрономијата:

1. Космолошко црвено поместување: Космолошкото црвено поместување е резултат на ширењето на Вселената. Бидејќи Вселената се шири, просторот помеѓу галаксиите се зголемува, што предизвикува светлината што патува низ тој простор да се растегнува. Ова значи дека колку подалечен е објектот, толку поголемо е црвеното поместување што го доживува неговата светлина. Космолошкото црвено поместување се пресметува со помош на следната формула:

$$1 + z = \frac{a_t}{a_0},$$

каде:

- a_t : Фактор на ширење на Вселената сега.
- a_0 : Фактор на ширење на Вселената кога светлината била емитирана.

Во принцип, ова црвено поместување се користи при набљудување на сите галаксии, квазари и други далечни објекти.

2. Доплерово црвено поместување: Се јавува кога изворот на светлина се оддалечува од набљудувачот. Овој ефект е аналоген на Доплеровиот ефект кај звукот, каде што звукот од сирена на возило што се оддалечува станува подлабок.

Формулата за Доплеровото црвено поместување (во класичен случај) е:

$$z = \frac{v}{c},$$

каде

- v : Брзина на објектот што се оддалечува.
- c : Брзина на светлината.

Ова црвено поместување е доминантно при набљудување на објекти во рамките на нашата галаксија и при определување на ротациските профили на галаксиите со што се мапира распределбата на темната материја. Кај екстремно високи црвени поместувања, каде што релативистичките ефекти стануваат значајни, формулата за црвено поместување гласи:

$$1 + z = \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

3. Гравитациско црвено поместување: Настанува кога светлината избегнува од силно гравитационо поле. Според Општата релативност, гравитацијата го искривува просторот-времето, а светлината губи енергија (се растегнува) додека излегува од гравитационото поле. Формулата за гравитациското црвено поместување е:

$$z = \frac{GM}{Rc^2},$$

каде:

- G : Гравитациона константа.
- M : Маса на објектот што предизвикува гравитационо поместување.
- R : Радиус од позицијата каде се емитира светлината.

Ова црвено поместување е доминантно при набљудување на црни јами, неутронски ѕвезди, галактички јадра и други масивни објекти.

Црвено поместување и ширењето на Вселената

Во овој контекст, од посебно значење е космолошкото црвено поместување затоа што тоа оди подалеку од мерењето на растојанија според Хабловиот закон. Тоа е директен доказ за ширењето на Вселената. Како што светлината од далечните објекти патува низ

просторот, Вселената се растегнува, влечејќи ја светлината истовремено. Ова ширење значи дека набљудувањето на високо црвено поместени објекти, како галаксијата GN-z11, ни дозволува да гледаме наназад низ времето. Оваа галаксија има црвено поместување од $z \approx 11$, што значи дека нејзината светлина патувала повеќе од 13 милијарди години, покажувајќи ни ја Вселената како што изгледала само 400 милиони години по Големата експлозија.

Исто така, важно е да спомнеме дека според постоечките сознанија, степенот на ширење на Вселената не е константен туку се зголемува како се зголемува црвеното поместување. Причина за тоа се смета дека е темната енергија, чие влијание врз објектите со големо z е поголемо отколку врз објектите со помало z .

Откривање на најоддалечените објекти

Вселенскиот телескоп „Џејмс Веб“ (JWST) целосно го револуционизира нашето разбирање за раната историја на Вселената, откривајќи галаксии на невидени растојанија. Додека GN-z11 (со црвено поместување $z \approx 11$) го држеше рекордот како најоддалечената галаксија неколку години, способностите на JWST ги урнаа овие граници, идентификувајќи галаксии со црвено поместување $z \geq 12$. Овие откритија не се само бројки – тие претставуваат поглед во Вселената каква што била многу помалку од 400 милиони години по Големата експлозија.

Како Џејмс Веб го револуционизира набљудувањето на длабоката Вселена

JWST ги надминува своите претходници, како што е Вселенскиот телескоп „Хабл“, во идентификацијата на далечни објекти преку:

- **Сензитивност на инфрацрвените бранови:** Екстремното црвено поместување на светлината од раните галаксии ја поместува нивната емисија во инфрацрвената спектрална област, каде што JWST е најчувствителен. Со тоа се овозможува не само да гледа подалеку туку да „гледа и во темница“, односно во областите кои за Хабл се невидливи.
- **Голема апертура:** Со дијаметар на огледалото од 6,5 метри, JWST собира значително повеќе светлина од претходните телескопи, овозможувајќи откривање на објекти кои зрачат светлина многу слабо.
- **Напредна спектроскопија:** Инструменти како NIRSpec (Near Infrared Spectrograph) се минијатурна автоматизирана лабораторија што го мери црвеното поместување и даваат

информации за составот, староста и стапката на формирање ѕвезди на далечните галаксии.

JWST – направен за рушење на рекорди

Вселенскиот телескоп „Џејмс Веб“, лансиран во декември 2021 година, е специјално дизајниран да ја набљудува Вселената во инфрацрвените бранови должини – област за изучување на светлина што е многу црвено поместена. Од неговото пуштање во работа, телескопот идентификува неколку кандидат-галаксии со црвено поместување што го надминува $z=12$. Овие откритија ги прошириле границите на „космичката зора“, односно ерата кога првите ѕвезди и галаксии се формирале.

Во тој контекст, досега, значајни се откритијата прикажани на слика 3:

- **JADES-GS-z14-0:** За сега оваа галаксија го држи рекордот за најдалечно откриена галаксија со $z\approx 14.32$ што соодветствува на приближно 290 милиони години по Големата експлозија.
- **JADES-GS-z13-0:** Оваа галаксија има црвено поместување $z\approx 13.2$ што соодветствува на приближно 330 милиони години по Големата експлозија.
- **GLASS-z13 и GLASS-z12:** Идентификувани во истражувањето Grism Lens-Amplified Survey from Space (GLASS), овие галаксии имаат црвено поместување од $z\approx 13.1$ и $z\approx 12.4$, соодветно.

Овие откритија покажуваат дека формирањето на галаксиите започнало порано од предвидувањата, што значи дека постоечките космолошки теории треба да се модифицираат а какви сè „потреси“ тоа ќе предизвика останува да се види.

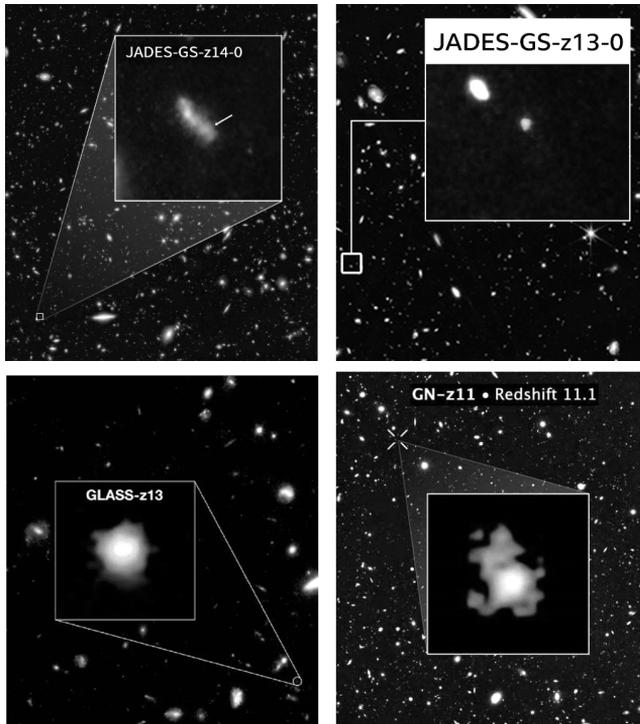
Разбирање на галаксиите со високо црвено поместување

Галаксиите со црвено поместување поголемо од $z=12$ се специфични по следните карактеристики:

- **Мали димензии:** Галаксиите со високо црвено поместување се со многу помали димензии, до 2 kPc, во однос на оние со помало црвено поместување, на пример нашата галаксија е со димензија до 15kPc. Причина за тоа може да биде малото време што го имале на располагање за да формираат поголеми структури.
- **Брз раст:** Овие галаксии поседуваат значително, и до 100 пати помал број на ѕвезди, во однос на подоцнежни галаксии, но затоа процесите на формирање на ѕвезди и галаксии биле многу ефикасни. Причина за тоа може да биде големата

количина на гас, јаката гравитација и големото влијание на темната материја.

- **Металност:** Овие галаксии често имаат ниска металност, што е конзистентно со фактот дека потешките елементи сè уште не биле широко произведени преку ѕвездените процеси. Под металност се мисли на присуството на сите елементи што се потешки од Хелиумот.
- **Улогата во рејонизацијата:** Галаксиите со високо црвено поместување придонесуваат за процесот на космичка рејонизација. Причина за тоа е ултравиолетовата светлина што го јонизирала околниот (неутрален) водород, правејќи ја Вселената просирна за светлината. Поточно, неутралниот водород е склон кон апсорпција на фотони со што го спречува нивното ширење низ Вселената, додека јонизираниот водород тоа не го прави, па светлината слободно патува и ја осветлува Вселената.



Сл. 3. Најдалечните галаксии, откриени со JWST.

Космички импликации на галаксиите со $z > 12$

Откритието на овие ултра оддалечени објекти ги предизвикува постоечките модели на формирање и еволуција на галаксиите:

Модели на формирање на галаксиите: Традиционалните симулации „се мачеа“ да ја предвидат присутноста на галаксии во толку рани времиња. Овие нови набљудувања сугерираат дека создавањето на ѕвезди и собирањето на галаксиите се случиле со забрзано темпо по Големата експлозија.

Улогата на темната материја: Галаксиите со високо црвено поместување ја истакнуваат важноста на темната материја во создавањето гравитациски јами што го олеснуваат раното формирање на ѕвезди.

Тестирање на космолошките теории: Откритијата со $z > 12$ обезбедуваат природна лабораторија за тестирање и усовршување на теориите за темната енергија, инфлацијата и еволуцијата на Вселената.

Иако JWST нуди одговори на многу прашања, тој отвори и нови:

Рани ѕвездени популации: Дали овие галаксии се формирани од ѕвезди од Популацијата III – првите ѕвезди составени целосно од водород и хелиум? Ако да, нивните својства остануваат слабо разбрани.

Масивни црни јами: Некои галаксии со високо црвено поместување можеби содржат црни јами што се формирале зачудувачки брзо после Големата експлозија. Разбирањето на нивното потекло останува голем предизвик.

Космичка варијабилност: Дали овие откритија претставуваат универзален тренд или се исклучителни случаи? Дополнителни истражувања и набљудувања ќе ја разјаснат нивната важност.

Како понатаму?

Откритието на галаксиите $z > 12$ е само почеток. Идните мисии и технологии ветуваат дека ќе се навлезе уште подлабоко во „детството“ на Вселената. За тоа веќе се градат нови опсерватории а други се планираат. На пример:

Земјени опсерватории: Телескопите како Extremely Large Telescope (ELT) треба да се стави во употреба околу 2028 година и Thirty Meter Telescope (TMT) кој нема прецизен рок, ќе го дополнат JWST преку обезбедување висока резолуција на набљудувањата на бледи објекти.

Вселенски телескопи од следната генерација: Концепти како Habitable Worlds Observatory (HWO) имаат за цел да навлезат подалеку од способностите на JWST посебно во откривање на планети слични на Земјата.

Заклучок

Истражувањето на најоддалечените објекти во Вселената нуди увид во потеклото и еволуцијата на Вселената. Преку користење на концептот на црвено поместување, астрономите развиле непроценлива алатка за мерење на огромните космички растојанија и за поглед назад во раната историја на Вселената. Црвеното поместување не само што ни овозможува да го мапираме ширењето на Вселената, туку и да набљудуваме низ времето, откривајќи ја Вселената каква што била пред милијарди години. Техники како спектроскопија и анализа на Балмеровата серија обезбедуваат прецизни методи за мерење на црвеното поместување, овозможувајќи им на научниците да ги откријат својствата на најстарите галаксии и да го прецизираат нашето разбирање за структурата на Вселената.

Революционерното откритие на далечни галаксии како GLASS-z13 и JADES-GS-z14-0, сите набљудувани преку напредни инструменти како Вселенскиот телескоп „Џејмс Веб“, со црвено поместување што надминува $z=12$, ни нудат поглед на Вселената каков што бил само неколку стотици милиони години по Големата експлозија. Нивната детекција ги предизвикува постоечките модели за формирање на ѕвезди и галаксии, откривајќи дека создавањето на ѕвезди и собирањето на галаксиите започнало многу порано и се случувало многу побрзо од претходно предвиденото. Овие древни галаксии исто така фрлаат светлина на космички феномени како што се рејонизацијата, улогата на темната материја и еволуцијата на големите структури.

Заедно, сознанијата од мерењето на црвеното поместување и проучувањето на далечните галаксии ја истакнуваат важноста на технолошките напредоци во астрономијата. Тие нè потсетуваат дека Вселената не е статична туку динамична и постојано се шири, исполнета со мистерии кои чекаат да бидат откриени. Секое откритие не само што го продлабочува нашето научно разбирање, туку и поттикнува нови прашања за природата на времето, просторот и нашето место во Вселената. Како што телескопите ги прошируваат границите на набљудувањето, потенцијалот за револуционерни откритија постанува неограничен, ветувајќи да ги осветли најтемните агли на Вселената и најраните моменти на нејзината историја.

e-mail: nacestoj@gmail.com

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

Извори

- [1]<https://www.youtube.com/watch?v=12rauRiztf8&list=WL&index=19>
- [2]<https://www.youtube.com/watch?v=OtVRGcvRCWM&list=WL&index=18>
- [3]https://www.youtube.com/watch?v=ldr_mC_GY1c&list=WL&index=16&t=636s

ПРВИЧНИ РЕЗУЛТАТИ ОД ГРАВИТАЦИОНИТЕ ЕКСПЕРИМЕНТИ СО АНТИМАТЕРИЈАТА И НИВНИ ИМПЛИКАЦИИ ВРЗ МОДЕРНАТА КОСМОЛОГИЈА

Александар Ѓурчиновски

Испитувањата за тоа како гравитацијата делува на антиматеријата е долга, сложена и фасцинантна приказна која ги испреплетува теоретските предвидувања со експерименталната генијалност. Тоа е наратив кој опфаќа речиси еден век - од теоретското предвидување на Дирак за античестичките во 1928 година до софистицираните експериментални постановки за антиматерија и гравитационите мерења во ЦЕРН во последниве години.

Идејата за антиматерија датира од доцните 1920-ти кога квантномеханичкиот приод на Пол Дирак сугерирал дека секоја честичка треба да има своја таканаречена „огледална слика“ со идентична маса но спротивен полнеж. Ова предвидување било спектакуларно потврдено кога Карл Андерсон го открива позитронот во 1932 година. Додека теоретските модели предвидуваат дека антиматеријата треба да се однесува гравитациски на ист начин како и обичната материја, неодамнешните експериментални резултати ја оспоруваат оваа претпоставка.

Директните гравитациски мерења врз антиматеријата на почетокот на нејзиното експериментално истражување биле изведувани само врз електрично неутрална антиматерија во чиј случај не постојат електромагнетни сили кои би преовладувале врз гравитациските. Така, неутралниот антиводород станал идеален кандидат за проучување на влијанието на гравитацијата врз антиматеријата. Во 1996 година во ЦЕРН биле произведени првите атоми на антиводород со судир на антипротони со атоми на ксенон. Иако овие атоми на антиматерија постоеле само краток момент пред да анихилираат, ваквите првични експерименти го трасирале патот за прецизни техники на истражување.

Во периодот на раните 2000-ти години, експериментите како ATHENA (AnTiHydrogEN Apparatus) и ATRAP (Antihydrogen trap) во антипротонскиот забавувач на ЦЕРН успеаја да произведат значителен број на ладни (спори) антиводородни атоми. „Ладењето“ тука е од суштинско значење бидејќи пониските кинетички енергии значат дека атомите на антиводородот може да се манипулираат и, што е најважно, да се „заробат“.

Со експериментот ALPHA (Antihydrogen Laser Physics Apparatus) во 2010 година се успеа да се држат заробени значителен број на атоми на антиводород со помош на магнетни полиња дури околу 1000 секунди, што претставува рекорд којшто им овозможи на научниците да започнат со испитување на својствата на антиводородот со невидена прецизност. Во текот на следните години, ALPHA не само што се фокусираше на прецизна спектроскопија, на пример споредувајќи ги спектралните линии на водород и антиводород за тестирање на CPT (Charge, Parity, Time-reversal – полнеж, парност, временска инверзија) симетријата, туку исто така започна да ја поставува сцената за експерименти со гравитација.

Едно од главните прашања беше дали антиматеријата ја доживува гравитацијата на ист начин како и нормалната материја. Директното мерење е незгодно: кога антиматеријата ја допира материјата, доаѓа до уништување (аниhilација), па процесот на заробување и ослободување на неутралните атоми на антиводород треба да биде изведен мошне внимателно.

Неколку години подоцна оригиналниот ALPHA експеримент бил модифициран и специјално адаптиран за мерења на гравитацијата врз антиматеријата. Така со ориентирање на стапицата на оригиналниот апарат во вертикална насока настанала ALPHA-g експерименталната поставка. Целта на експериментот е да го измери гравитациското однесување на атомите на антиводород со нивно ослободување во контролирана средина и набљудување на нивното движење при слободен пад. ALPHA-g апаратурата им овозможила на истражувачите да измерат каде настанува аниhilација на атомите на антиводород откако магнетните полиња полека се исклучат. Просторната распределба на овие точки на аниhilација потоа се споредува со онаа што би се очекувала кога вредноста на гравитационото забрзување би била вообичаената. Ако антиводородот покаже забрзување различно од она на нормалната материја, тоа би било директно во спротивност со Слабиот принцип на еквиваленција на Ајнштајновата теорија на гравитација, и би имплицирало потреба за алтернативни гравитациски модели.

Кон крајот на 2023 година, експериментите со ALPHA-g дале директен доказ дека атомите на антиводород „паѓаат“ во гравитационото поле на Земјата, во согласност со општата теорија релативност. Меѓутоа, првичните резултати од експериментите покажуваат дека атомите и антиатомите имаат различни гравитациски полнежи. Според мерењата, гравитациското забрзување на анти-атомите е 0,75 пати од она на обичната материја. Доколку ваквиот резултат се потврди со попрецизни мерења, тоа во голема мера ќе ја зголеми веродостојноста на новопредложените

алтернативни космолошки модели. Еден од нив е таканаречениот космолошки модел на “Квантен вакуум”, кој се заснова на работната хипотеза дека квантните вакуумски флукутации се виртуелни гравитациски диполи - хипотеза која ја отвора можноста дека квантниот вакуум е главен извор на гравитација во универзумот. Со ова евентуално би можело да се елиминира потребата од постоење на хипотетичките темна материја и темна енергија, два неразјаснети концепти во теориската физика чиешто постоење сеуште не е експериментално утврдено.



Сл. 1. Експериментот ALPHA-g

Според ваквата хипотеза, квантниот вакуум е составен од виртуелни гравитациски диполи формирани од парови честички-античестички. Оваа идеја се надоврзува на воспоставениот концепт во Квантната теорија на полето дека вакуумот не е обичен празен простор, туку дека е преполн со виртуелни честички кои во секој момент се формираат и моментално анигилираат. Ако овие виртуелни парови се однесуваат како гравитациски диполи, тогаш нивната поларизација во присуство на масивни тела може да доведе до забележливи гравитациски ефекти. Суштината на ваквиот алтернативен модел е дека антиматеријата не ја доживува гравитацијата на ист начин како и обичната материја.

Ефектите на поларизација на квантниот вакуум, предизвикани од виртуелните гравитациски диполи, би можеле да ги имитираат ефектите на темната материја без да се воведуваат нови фундаментални честички. Ако се потврди, оваа хипотеза би можела да го реши проблемот на исчезнатата маса во астрофизиката, а

истовремено да даде унифицирано објаснување за гравитационите заемнодејства и на локални и на космички размери.

Во 1998 година, набљудувањата на супернови од типот Ia открија дека ширењето на универзумот е забрзано. Овој експериментален резултат довел до воведување на концептот на темна енергија во теоријата за да се објасни ширењето на вселената. Стандардниот модел Λ CDM (Λ Cold Dark Matter – Ламбда ладна темна материја) го објаснува ова забрзување преку воведување на космолошката константа Λ , којашто претставува константна густина на енергијата на вакуумот. Меѓутоа, хипотезата на квантни флукуации дава алтернативно толкување. Ако вакуумските флукуации се гравитациски поларизирани, тие би можеле да генерираат одбивна гравитациска сила која предизвикува забрзано ширење на вселената без воведување на космолошка константа. Овој пристап е поддржан и од набљудувањата на флукуациите на космичкото микробраново позадинско зрачење, што сугерира дека ефектите на квантниот вакуум би можеле да бидат одговорни за забрзаното ширење на универзумот.

Квантните вакуумски ефекти би можеле фундаментално да го променат нашето разбирање за гравитацијата, темната материја и космичкото забрзување. Како што експериментите во ЦЕРН и другите лаборатории продолжуваат да ја усовршуваат прецизноста на нивните мерења, следните години може да донесат револуционерни откритија кои ќе ги преобликуваат основите на теоретската физика и нашето разбирање за универзумот. Доколку се потврдат, овие наоди би можеле да доведат до промена на парадигмата во тоа како ја разбираме една од најфундаменталните сили на природата – гравитацијата.

e-mail: agjurcin@pmf.ukim.mk

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

Литература

- [1]. Anderson, E. K. *et al.*, Observation of the effect of gravity on the motion of antimatter. *Nature* **621**, 716–722 (2023).
- [2] Lopes, A., "New antimatter gravity experiments begin at CERN", *CERN Accelerating Science Press Release* (2018)
- [3] Chardin, G., "Experimental and observational tests of antigravity", *arXiv:2210.03445* (2022)

ДАЛИ ЦРВЈИТЕ ДУПКИ СЕ КЛУЧОТ ЗА МЕЃУСВЕЗДЕНОТО ПАТУВАЊЕ?

Мила Билеска

Во нашиот универзум, кој е оформен врз ткаенината на време-просторот, црвјите дупки се многу повеќе од научна фантастика. Тие се ригорозни решенија на Ајнштајновите равенки-хипотетички мостови кои би можеле да ги поврзат далечните региони на космосот. Додека популарната култура ги прикажува само како моментални кратенки низ ѕвездите, нивното научно изучување доведе до длабоко разбирање за гравитацијата, каузалноста и квантните феномени.

Вовед

Во Ајнштајновата Општа теорија за релативноста, гравитацијата е претставена како тополошко искривување на четиридизензионално многуобразие, \mathcal{M} , чија геометрија е управувана од следниве равенки:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu} \quad (1)$$

Во Равенка (1), $R_{\mu\nu}$ е симбол за тензорот на Ричи (Gregorio Ricci-Curbastro) со скаларен траг R , $g_{\mu\nu}$ е метричкиот тензор и $T_{\mu\nu}$ е тензорот на енергија-импулс кој ја опишува дистрибуцијата на материја и енергија.

Црвјите дупки се појавуваат во одредени решенија на Равенка (1) во кои простор-временското многуобразие има нетривијална топологија. Всушност, ова се решенија во кои се појавува геометрија која овозможува формирање на мост помеѓу оддалечени региони (просторно, но и временски).

Историски гледано, идејата за црвји дупки се појавила набргу откако биле формулирани равенките на Ајнштајн. Истовремено се појавиле и решенијата за црните дупки, кои денеска се докажани и набљудувани. Првото решение е пронајдено од страна на Карл Шварцшилд (Karl Schwarzschild) [1] кое опишува

статично сферно-симетрично гравитационо поле околу точкеста маса. Ова е познато како решението на Шварцшилд и покажува како присуството на маса го закривува простор-времето на начин што влијае на патеките на блиските објекти, па дури и на светлината.

Подоцна, Лудвиг Флам (Ludwig Flamm) [2] подетално го погледнал ова решение и забележал нешто неочекувано: ако закривениот простор опишан од Шварцшилдовото решение се претстави како дводимензионална површина, тоа изгледа како две инки поврзани на нивните тесни краеви. Со други зборови, она што изгледаше како ќорсокак или единствена точка всушност може да биде мост што поврзува два одделни региони на вселената.

Надоврзувајќи се на оваа идеја, Алберт Ајнштајн и Натан Розен (Nathan Rosen) [3] формално го воведоа она што сега се нарекува мостот на Ајнштајн-Розен. Нивната работа сугерираше дека решението може да се замисли како тунел што поврзува два различни региони на простор-времето - дури и ако оваа врска е многу теоретска. Подоцна, Џон Вилер (John Wheeler) и неговите соработници [4,5] ги унапредиле овие идеи со истражување на целосните импликации на таквите „мостови“ во простор-времето, покажувајќи како геометријата, теоретски, може да ги поврзе далечните делови на универзумот.

Во суштина, овие рани дела постепено открија дека математиката на општата релативност може да дозволи кратенки низ ткаенината на вселената - концепт кој подоцна ќе еволуира во модерната идеја за црвји дупки.

Подоцна, Мајкл Морис (Michael S. Morris) и Кип Торн (Kip Thorne) [6] покажаа дека за црвјата дупка да може безбедно да се помине, нејзиното грло мора да остане отворено користејќи егзотична материја со негативна густина на енергија - услов што ги нарушува класичните енергетски закони. Овие откритија покренаа длабоки прашања за каузалноста и патување низ времето кои се дискутирани во Хокинговата хипотеза за заштита на хронологијата [7] и принципот на космичка цензура на Пенроуз (Roger Penrose) [8]. Исто така, модерната ER=EPR претпоставка на Малдацена (Juan Maldacena) и Саскинд (Leonard Susskind) [9] сугерира длабока врска помеѓу геометријата на црвјите дупки и квантното заплеткување, навестувајќи го фундаменталното единство помеѓу гравитацијата и квантната механика.

Проодни решенија за црвја дупка: Моделот Морис-Торн

Проодните црвји дупки бараат два различни региони - наречени Регион А и Регион Б - да бидат поврзани со „грло“ чија геометрија не се урива моментално. Во стандардни координати, решение за црвја дупка може да се претстави со следната метрика:

$$ds^2 = -e^{2\Phi(r)} dt^2 + \frac{dr^2}{1 - \frac{b(r)}{r}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \quad (2)$$

каде што $\Phi(r)$ често се нарекува функција на црвено поместување (поврзано со гравитациското црвено поместување на грлото), а $b(r)$ е функцијата за обликот, што ја опишува геометријата на тунелот на црвјата дупка. За да постои вистинско грло, обично се бара:

- $b(r = R) = R$ за грло со радиус R ,
- да нема хоризонт на настани, така што членот $e^{2\Phi(r)}$ не е нула и е конечен секаде

Кога оваа метрика ќе се внесе во Ајнштајновите равенки се открива дека стрес-енергијата неопходна за да се одржи отворено грлото на црвјата дупка мора да прекрши одредени класични енергетски услови. Имено, се прекршува условот на нулта енергија (NEC - Null Energy Condition), која пропишува дека енергетските густини измерени по светлински траектории треба да бидат позитивни. Традиционалната материја (свезди, гас, течна вода, дури и радијација) ги задоволува овие енергетски услови, што значи дека не може да го одржи отворено грлото на црвјата дупка. Наместо тоа, потребна е „негативна густина на енергија“ или други форми на стрес-енергија што ги кршат овие класични правила.

Егзотична Материја

Како што беше наведено, стрес-енергијата потребна за да се одржи црвја дупка мора да има негативна густина на енергија. Секојдневната аналогија може да биде „негативна маса“, но идејата е посуптилна во теоријата на квантното поле. Најпознат пример за густина на негативна енергија е ефектот Казимир (Hendrik Casimir): ако две паралелни, спроводливи плочи се поставени многу блиску една до друга, одредени вакуумски флуктуации на електромагнетното поле се исклучени помеѓу плочите во споредба со просторот надвор, што резултира со мерлива сила која може да се толкува како густина на негативна енергија помеѓу плочите [11].

Иако експериментите на Казимир ја потврдуваат негативната енергетска густина на мали размери, ефектот е исклучително слаб и тешко се изолира. Самите „плочки“ имаат маса и позитивна енергија, засенувајќи го секој вкупен негативен енергетски ефект ако се погледне целиот систем. За инженерско остварување на црвја дупка, би бил потребен огромен негативен енергетски ефект кој доминира над целата позитивна енергија (вклучувајќи ја масата на која било потпорна структура). До денес, ниту една технологија - ниту некој познат природен процес - не го постигнува ова.

Ефектот Казимир е само еден пример. Поопшти размислувања за квантното поле покажуваат дека класичните енергетски услови може да се нарушат локално во мали, минливи настани. Некои теории за квантната гравитација и инфлаторната космологија, исто така, навестуваат дека вакуумските состојби со ефективно негативни притисоци или енергии може да се појават под специфични услови (темната енергија е пример за негативен притисок, иако тоа не е негативна густина на енергија во едноставна смисла потребна за црвја дупка).

И покрај овие навестувања, големата (макроскопска) акумулација на негативна енергија потребна за создавање црвја дупка останува чисто хипотетичка. Истражувачи како Мет Висер (Matt Visser) [10] ги проучуваат минималните количини на густина на негативна енергија неопходна за одредени геометриски форми (на пр., „кубни“ црвји дупки). Дури и тогаш, барањата се извонредно високи - далеку над сите сегашни експериментални способности.

Каузалност, хронолошка заштита и космичка цензура

Проодна црвја дупка, во принцип, може да се трансформира во временска машина. На пример, ако едната уста на црвја дупка (Уста А) остане на Земјата додека другата уста (Уста Б) се носи со брзина приближна на светлината на вселенски брод, а потоа се врати на Земјата, устата што патува ќе старее помалку (поради релативистичката дилатација на време) во споредба со устата што останува дома. Како резултат на тоа, преминувањето низ устата А до устата Б може да го испрати патникот „назад во времето“ во однос на референтната рамка на А, создавајќи затворена временска крива (СТС - closed timelike curve). Таквите јамки се закануваат да ја нарушат каузалноста и да произведат парадокси (на пример,

„парадоксот на дедо“, во кој теоретски може да се спречи сопственото раѓање).

Во 1992 година, Стивен Хокинг ја постави идејата за заштита на хронологијата, наведувајќи дека законите на физиката мора да можат да го спречат патувањето низ времето [7]. Тој шпекулираше дека вакуумските флукуации, квантните повратни циклуси или други ефекти може да ја дестабилизираат секоја црвја дупка што може да се користи како временска машина. Иако не е докажана, оваа претпоставка одразува широко очекување кај многу физичари дека природата не дозволува макроскопски каузални прекршувања.

Друг значаен принцип е претпоставката за космичка цензура на Роџер Пенроуз [8]. Во него се наведува дека „голите“ сингуларитети - региони каде што закривеноста на просторот станува бесконечна и е изложена на надворешниот универзум - не можат да се формираат под реални услови и секој сингуларитет мора да биде скриен зад хоризонтот на настани. Овој принцип сугерира дека грубите тополошки промени во простор-времето (како градење црвја дупка што поврзува далечни региони) мора да бидат забранети без хоризонти или сингуларитети што ги прават незабележливи или ефективно „нефизички“. Иако космичката цензура исто така не е докажана, таа останува моќен водечки принцип во гравитациската теорија.

Земени заедно, овие претпоставки нагласуваат дека стабилните, природни црвји дупки доволно големи за луѓето, вселенските летала или цели планети би можеле да бидат исклучени со подлабоките закони на физиката - особено ако ризикуваат да овозможат патување низ времето.

Црвји дупки и модерни квантни теории

Џон А. Вилер предложил дека на Планковата скала квантните флукуации би можеле да предизвикаат простор-времето да стане „пена“, формирајќи и уништувајќи ситни црвени дупки на незамисливо кратки временски размери [4]. Прашањето кое произлегува од оваа теорија е дали напредна цивилизација може да „фати“ бебешка црвлива дупка од оваа пена и да ја зголеми во макроскопски тунел? Математиката за таков процес, ако е воопштовозможен, останува неразвиена. Сè уште би биле потребни огромни количини негативна или егзотична енергија за да се стабилизира црвјата дупка. Идејата за пена, иако е фасцинантна, не дава никакви директни докази или блиска технолошка примена.

Во 2013 година, Хуан Малдацена и Леонард Саскинд [9] ја предложија смелата хипотеза дека мостовите на Ајнштајн-Розен (црвјите дупки) може да бидат тесно поврзани - па дури и еквивалентни - со паровите Ајнштајн-Подолски-Розен (EPR), кои ја опишуваат квантната заплетеност. Ако „ER = EPR“, тогаш заплетканите честички ефективно се поврзувани преку микроскопски црвји дупки. Иако оваа теорија не кажува ништо за можноста да се патува низ црвјите дупки, таа сугерира изненадувачко единство помеѓу квантната механика и општата релативност. Со други зборови, скалирањето на овие „мали црвени дупки“ до планетарна големина останува шпекулативно; механизмите вклучени во ER = EPR се чини дека забрануваат испраќање на материја или информации низ такви црвји дупки во класична смисла.

Изводливост на планетарно патување преку црвји дупки

За да го анализираме овој аспект, треба да се замисли хипотетичко сценарио:

- Устата А е поставена во близина на Земјата.
- Устата Б е поставена во близина на Марс (или дури и подалечна планета).
- Двете усти се стабилизираат со користење на голема количина на егзотична материја, при што негативната енергетска густина формира „прстен“ или „школка“ околу грлото на црвјата дупка.
- Геометријата на црвата дупка мора да остане стабилна дури и кога планетите орбитираат околу Сонцето со различни брзини и по различни траектории. Устата во близина на Марс би морала да ја „следи“ орбитата на Марс или да остане на синхрона точка на орбитата.

Доколку постои таква конфигурација, може едноставно да се влезе во устата А и да се излезе од устата Б, ефективно заобиколувајќи го нормалното време на патување кое инаку би било ограничено од хемиски ракети, нуклеарен погон или дури и напредни јонски погони. Времето потребно за преминување на црвјата дупка може да биде занемарливо - секунди или минути - во споредба со месеци или години на траекторија на вселенски брод. Колку и да е волшебна оваа идеја, основниот предизвик е како да се стекне и одржи дистрибуцијата на егзотичната материја.

За да се држи отворено грлото од црвја дупка за кое било подолго времетраење, егзотичната материја мора да има ефективно одбивен гравитациски ефект (во смисла на прекршување на стандардните енергетски услови). Клучните импликации вклучуваат:

- Волумен и густина на егзотичната материја: Регионот на грлото може да биде доволно голем за да минуваат вселенски летала - па дури и цели товарни модули. Радиусот на напречниот пресек на ова грло би требало да надмине неколку метри (по можност десетици или стотици метри за удобно, безбедно поминување). Густината на егзотичната материја која е потребна се зголемува со обемот на грлото и посакуваното време на стабилност.
- Инженерски ограничувања: Дури и ако егзотичната материја е теоретски дозволена, нејзиното производството останува далеку од денешната наука и можности. Ефектот на Казимир, иако демонстративно обезбедува негативна енергија во мали региони, дава ефект премногу мал за да ја надомести обичната маса на какви било структурни потпори или машини.
- Структурни грижи: на самите усти може да им требаат дополнителни потпорни рамки - композитни материјали или системи за прицврстување на гравитацијата - способни да се справат со интензивни гравитациони сили. Овие структури за возврат додаваат позитивна маса/енергија, работејќи против потребната негативна енергија. Балансирањето на овие фактори е огромен технички предизвик.

Доколку сето ова е возможно, има размислувања кои и понатаму го комплицираат ваквиот начин на патување:

- Градиенти на гравитацијата: Влегувањето во устата на црвјата дупка може да вклучи преминување на стрмни гравитациски градиенти или „шила“ на локална закривеност. Патниците и товарот мора да бидат заштитени од непријатно високи сили, кои можат опасно да истегнат или компресираат материја.
- Изложеност на радијација: Црвјите дупки може да фокусираат или дефокусираат различни квантни и класични полиња. Регионот околу грлото може да акумулира високоенергетски честички или зрачење. Заштитивањето би било од суштинско значење за заштита на живите организми.

- Навигација и комуникација: ако околината на црвата дупка ги искривува сигналите, ќе бидат потребни специјализирани протоколи за навигација. Пилотите (или автоматските системи) мора да потврдат дека устата на црвата дупка е отворена и стабилна пред да влезат. Линиите за комуникација помеѓу устата А (Земјата) и устата Б (Марс) може да доживеат временски доцнења или изобличувања различни од нормалните вселенски сигнали.
- Масовен проток и стабилизација: како што материјата поминува низ црвата дупка, таа може да пренесе флуks на стрес-енергија што може да ја смени потребната дистрибуција на егзотичната материја. Транспортот од големи размери - особено нешто како транспорт на градежни материјали или цели колонии - ќе бара континуирани прилагодувања за да се осигура дека грлото останува отворено.

Завршни коментари

Кога размислуваме дали црвите дупки можат да дозволат меѓупланетарно патување, се наоѓаме себеси во првите редови на богатата интеракција помеѓу теоретската физика, космолошките спекулации и чистата имагинација. Концептот на црва дупка е закотвена во равенките на полето на Ајнштајн, но бара егзотична материја. Сите овие идеи се туркаат против границите на она што го знаеме за гравитацијата, квантните полиња и самата структура на време-просторот.

Од практичната страна, обемот на негативна енергија потребна за одржување на стабилна црва дупка доволно голема за вселенски летала (или цели планети) е запрепастувачка. Ниту еден познат физички феномен моментално не ја произведува или одржува потребната егзотична материја во толку огромни количини, а фундаменталните принципи - како што е хронолошката заштита на Хокинг или космичката цензура на Пенроуз - сугерираат дека природата може активно да го спречи формирањето на макроскопски проодни црви дупки. Покрај тоа, мноштво технички предизвици - стабилизирање на грлото, спречување на гравитационите сили кои можат да ги уништат патниците и избегнување парадоксални временски рокови - додаваат дополнителни причини за претпазливост.

Ова не значи дека црвите дупки дефинитивно не можат да постојат, само дека сегашните докази и теорија не нудат јасен пат за создавање или откривање на целосно проодни објекти.

Навистина, физиката категорично не го исклучила постоењето на црвји дупки; само покажа дека доколку постојат и се проодни, тие мора да вклучуваат сфери на геометрија на простор-времето и енергетска дистрибуција многу надвор од секојдневното искуство.

Во текот на историјата, феномените кои првично се сметаа за „невозможни“, во некои случаи, беа оправдани со нови теоретски откритија и експериментални докази. Размислете за случајот со црните дупки: многумина со децении ги сметаа за обична математичка љубопитност. Некои рани теоретичари тврдеа дека физичките процеси ќе спречат која било звезда да се распадне до точка каде што втората космичка брзина ја надминува брзината на светлината. Сепак, зголемените набљудувачки докази, кои кулминираа со откривање на директни гравитациски бранови (LIGO, 2015) и сликање на црните дупки (Телескоп Хоризонт на настани, 2019), покажаа дека црните дупки се многу реални астрофизички објекти.

Како научници, наша задача е да ги испитаме дури и најневозможните феномени, под услов да го правиме тоа со интелектуална строгост. Истражувањето на црвјите дупки нè принудува да ги анализираме основите на општата релативност, теоријата на квантното поле и космологијата. Во борбата со густината на негативната енергија, на пример, дознавме повеќе за тоа како се однесуваат квантните состојби во екстремни услови. Обидот да се дизајнира „метрика на црвја дупка“ го изостри нашето разбирање за топологијата на простор-времето. Дури и ако проодните црвји дупки никогаш не се материјализираат, теоретските алатки и математичките рамки развиени во овие студии можат да дадат увид во други области од физиката.

Напомена: Авторот е докторант на катедрата за физика при Универзитетот Принстон во САД.

Контакт на авторот: mbileska@princeton.edu

Литература

[1] K. Schwarzschild, “Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie,” *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften*, 189–196 (1916).

[2] L. Flamm, “Comments on Einstein’s Theory of Gravity,” *Physikalische Zeitschrift*, 17, 448–454 (1916).

- [3] A. Einstein and N. Rosen, "The Particle Problem in the General Theory of Relativity," *Phys. Rev.*, 48, 73–77 (1935).
- [4] J. A. Wheeler, "Geons," *Phys. Rev.*, 97, 511–536 (1955).
- [5] R. W. Fuller and J. A. Wheeler, "Causality and Multiply Connected Space-Time," *Phys. Rev.*, 128, 919–929 (1962).
- [6] M. S. Morris, K. S. Thorne, and U. Yurtsever, "Wormholes, Time Machines, and the Weak Energy Condition," *Phys. Rev. Lett.* 61, 1446–1449 (1988).
- [7] S. W. Hawking, "Chronology Protection Conjecture," *Phys. Rev. D*, 46, 603–611 (1992).
- [8] R. Penrose, "Gravitational Collapse and Space-Time Singularities," *Phys. Rev. Lett.*, 14, 57–59 (1965).
- [9] J. Maldacena and L. Susskind, "Cool Horizons for Entangled Black Holes," *Fortschr. Phys.*, 61, 781–811 (2013).
- [10] M. Visser, *Lorentzian Wormholes: From Einstein to Hawking*, AIP Press (1995).
- [11] H. B. G. Casimir, "On the Attraction Between Two Perfectly Conducting Plates," *Proc. K. Ned. Akad. Wet.*, 51, 793–795 (1948).

ПОТРАГА ПО ЖИВОТ ВО АТМОСФЕРИТЕ НА ЕГЗОПЛАНЕТИТЕ

Љубица Димова

Потрагата по живот надвор од Земјата е еден од најсложените и најзначајните потфати на човештвото. За да пронајдеме вонземски живот, треба да го разбереме неговиот состав и изглед. Бидејќи не можеме директно да го набљудуваме, можеме само да бараме знаци што укажуваат на негово постоење. Животот на Земјата оставил свој отпечаток во составот на атмосферата, па така, анализирајќи ја биосферата на нашата планета, можеме да препознаеме знаци кои би помогнале во потрагата по живот надвор од неа.

Прашањето како да го откриеме животот, доколку постои, долго време останува без конкретен одговор. Најголемиот предизвик е дефинирањето на сигурен хемиски потпис на животот. Кои молекули недвосмислено би укажувале на биолошка активност, а кои може да бидат резултат на небиолошки процеси? Ова останува едно од клучните прашања во астробиологијата и потрагата по вонземски живот.

Што е потребно за живот?

Иако има претпоставки за условите неопходни за живот, сè уште не знаеме со сигурност на кои хемиски елементи би можел да биде заснован. Нашето понавање за животот е ограничено од единствениот познат пример – животот на Земјата. Ова значи дека немаме прецизна методологија за откривање на живот кој би бил заснован на поинаква хемија. Поради тоа, најразумно е да се фокусираме на критериумите што ги познаваме и да ги бараме оние знаци што веќе ги знаеме.

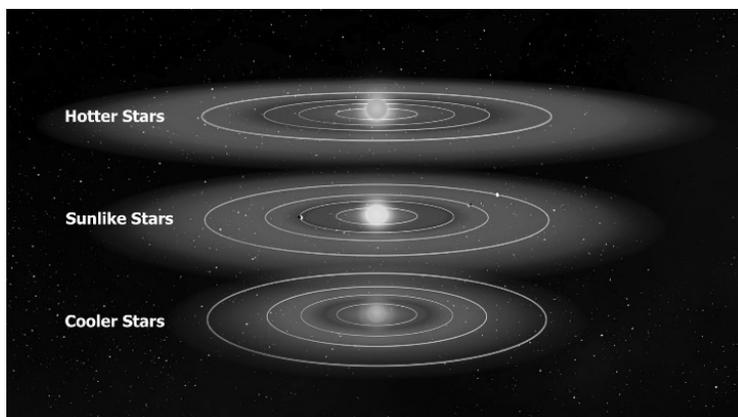
Трите клучни елементи за живот се:

- **Извор на енергија** - за поттикнување на метаболички реакции. Како најверојатен извор на енергија можеме да ги земеме ѕвездите околу кои орбитираат егзопланетите, но покрај ова, енергијата може да потекнува и од геотермални процеси, како на Земјата.

- **Течен растворувач** - како посредувач во реакциите. За најсоодветен течен растворувач се смета водата, поради нејзиното големо космичко изобилство, како и нејзините уникатни хемиски и физички својства.
- **Хранливи материи** - за градење на биомаса. Најфаворизираната основа за биомаса е јаглеродот, бидејќи е широко распространет во Вселената и има способност да формира голем број на сложени молекули. Иако постојат хипотези за живот заснован на други хемиски елементи, како што е силициумот, како поддршка на оваа фаворизација може да го земеме тоа што на Земјата има поголема концентрација на силициум од јаглерод [1], но сепак животот е заснован на јаглерод.

Покрај ова, за процена на погодноста на егзопланета за живот, се користи и концептот на зона погодна за живот, дефинира како интервал од растојанија околу ѕвезда за кои на површината на планета со дадена атмосфера, може да има течна вода. Фактори како што се големината на ѕвездата, стабилноста на зрачењето и животниот век на ѕвездата директно влијаат врз одржливоста на животот.

За помали ѕвезди, како црвените џуџиња кои произведуваат помалку енергија и имаат пониска температура во споредба со поголемите ѕвезди, зоната погодна за живот е многу близу до ѕвездата. Од друга страна, поголемите и пожешки ѕвезди имаат широка зона погодна за живот која се протега подалеку.



Сл. 2. Зона погодна за живот во зависност од големината на ѕвездата

Високиот интензитет на зрачење може да го намали времето за одржување на стабилни услови за живот. Активноста на ѕвездата (исфрлањето ѕвездена маса), може да има големо влијание врз

биосферата на планетата. Интензивното зрачење може да создаде сериозни пречки за животот, нарушувајќи ја атмосферата на планетата или уништувајќи ја потенцијалната вода.

Кога станува збор за животниот век на ѕвездите, доколку ѕвездата има пократок животен век, веројатноста дека околните планети ќе имаат доволно време за развој на живот е мала. Се смета дека на биосферите слични на Земјината им се потребни стотици милиони до милијарди години за да се развијат [2].

Биопотписи во атмосферите

Составот на атмосферата на егзопланетите е клучен фактор во потрагата по вонземски живот. За таа цел, научниците го користат концептот на биопотписи – супстанции или шеми (patterns) чие потекло може да се припише на биолошки агенци. Има различни видови на биопотписи, но бидејќи разгледуваме атмосфери на егзопланети, најзначајни за нас се гасните биопотписи [3].

Гасните биопотписи можат да имаат биолошко потекло, како директни или индиректни производи на метаболизмот, но и небиолошко потекло, од геолошки или фотохемиски процеси. Предизвикот е да се направи разлика меѓу овие извори и да се утврди дали некој гас навистина е резултат на живот.

Едно од највозбудливите откритија во атмосферата на егзопланета би било присуството на кислород. На Земјата, кислородот се јавува како резултат на фотосинтеза, но бидејќи е многу реактивен, на почетокот од историјата на Земјата стапувал во голем број на процеси со што неговата концентрација не се зголемувала. Дури откако производството на кислород ги надминало овие процеси, кислородот почнал да се акумулира во атмосферата. Поради тоа, атмосфера богата со кислород се смета за потенцијален индикатор за живот. Сепак, кислородот може да се создаде и од небиолошки процеси, како што е фотолизата на водата. Затоа, наместо да се третира како самостоен биопотпис, научниците денес го разгледуваат во контекст со други молекули, како што се:

- **Метан (CH₄)** – може да биде производ на биолошки процеси, но и на вулканска активност.
- **Озон (O₃)** – формиран од кислород, неговото присуство е силен индикатор за фотосинтеза.
- **Јаглерод диоксид (CO₂)** – може да помогне да се идентификува дали кислородот има абиотско потекло.
- **Јаглерод моноксид (CO)** – може да помогне да се разликуваат абиотските процеси кои произведуваат кислород.

- **Водена пара (H_2O)** – укажува дека на планетата има потенцијални услови за живот.

Особено важни се комбинациите на гасови. На пример, ако на егзопланета заедно се откријат кислород и метан, тоа би бил многу веродостоен доказ за живот, бидејќи е речиси невозможно оваа комбинација да се создаде без него. Дополнително, односот меѓу метанот, јаглерод диоксидот и кислородот може да помогне во разликување на биолошките од абиотските процеси. Ако на пример постои јаглерод диоксид без метан, тоа може да укаже на небиолошки процеси. Слично, присуството на јаглерод моноксид може да помогне во разликувањето на кислородот создаден преку фотолита на јаглерод диоксид од кислородот создаден како последица на живот.

Метод на набљудување егзопланети

Во последните децении, потврдено е постоењето на илјадници егзопланети [4], а некои од нив се наоѓаат и во зоните погодни за живот на своите ѕвезди. Тие претставуваат идеални кандидати за истражување со вселенскиот телескоп Џејмс Веб, кој може да детектира хемиски соединенија кои се поврзуваат со животот.

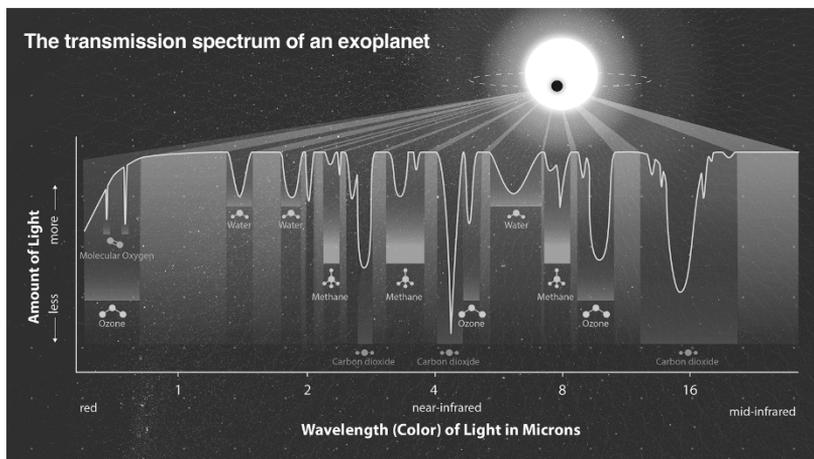
Џејмс Веб има напредна спектроскопска опрема со која може да се анализа атмосферата на егзопланетите, но има и ограничувања во откривањето на кислород и озон. Во оваа детекција можат да ја потпомогнат копнените телескопи, а со комбинација на податоците од вселенските и копнените телескопи може да се овозможи подобро разбирање на составот на егзопланетарните атмосфери.

Телескопите ретко вршат директно набљудување на егзопланетите. Наместо тоа, астрономите ја следат промената во сјајот на ѕвездите. Кога планета поминува пред својата ѕвезда делумно ја блокира нејзината светлина. Дел од зрачењето на ѕвездата се апсорбира од страна на атмосферата на планетата со што таа остава своја трага во спектарот. Овој метод, познат како транзитна спектроскопија, овозможува анализа на атмосферата на егзопланетата преку спектарот на светлината што поминува низ неа.

Меѓутоа управувањето со Џејмс Веб претставува голем трошок, па за поголема економичност, за наоѓањето на кандидати за набљудување се користат други телескопи како што е TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite).

TESS, кој е лансиран во 2018 година, е дизајниран за откривање на егзопланети околу џуцести ѕвезди. Во својата примарна мисија, тој идентификувал 66 егзопланети и над 2 100 потенцијални кандидати. TESS е насочен кон егзопланети што орбитираат околу ладни, црвени

џуести ѕвезди од М-класа. Овие ѕвезди зрачат помалку ултравиолетова светлина, што овозможува гасовите во атмосферите на егзопланетите да се акумулираат до нивоа што може да се детектира.

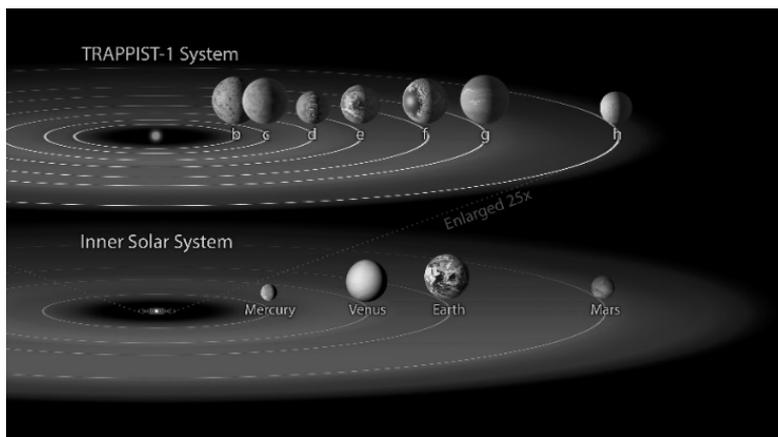


Сл. 2. Транзитен спектар на егзопланета

Системот на TRAPPIST-1

Вселенскиот телескоп Spitzer (Спицер) на NASA го откри првиот познат систем од седум планети со големини слични на Земјата, кои орбитираат околу мала, ладна џуеста ѕвезда наречена TRAPPIST-1. Три од овие планети се наоѓаат во населивата зона, каде што може да постои течна вода, што ги прави потенцијални кандидати за развој на живот. Системот на TRAPPIST-1 се наоѓа на околу 40 светлосни години од Земјата, во соѕвездието Водолија. Првично, три планети биле откриени со телескопот TRAPPIST во Чиле, во 2015 година, а подоцна, со набљудувања од Спицер и други копнени телескопи, биле откриени уште пет егзопланети, зголемувајќи го бројот на познати планети на седум.

Ѕвездата TRAPPIST-1 е ултра-ладно црвено џуце, значително постудено од Сонцето што ѝ овозможува на водата да остане течна дури и на планетите што орбитираат многу близу до неа. Всушност, сите седум планети се поблиску до ѕвездата отколку што е Меркур до Сонцето. Овој систем претставува една од највозбудливите цели за идните телескопски мисии.



Сл. 1. Системот TRAPPIST-1 и Сончевиот систем

Планетата K2 - 18b

Иако Земјата има обемни океани, таа не е вистинска океанска планета. Вистинските океански планети немаат континенти, туку бескрајни, длабоки, топли океани и густа атмосфера богата со водород и водена пара. Океанските планети се поголеми од Земјата, но помали од Нептун. Тие најчесто орбитираат околу црвени џуести ѕвезди, кои имаат чести изливи на ѕвезден материјал во околината. Поради својата голема маса, можат да ја задржат атмосферата, а можеби дури поседуваат и силно магнетно поле што ги штити од радијација. Топлите океани, богати со минерали и геотермални извори би можеле да обезбедат поволни услови за развој на живот. Долго време се претпоставува дека постојат, а сега, со вселенскиот телескоп Џејмс Веб, можно е да имаме најдено таква планета.

Планетата K2-18 b, која се наоѓа на 120 светлосни години од Земјата, орбитира околу црвено џуце и има маса 8,6 пати поголема од Земјината и радиус 2,6 пати поголем од Земјиниот. Додека транзитирала пред својата ѕвезда, Џејмс Веб ја анализираше нејзината атмосфера и открил знаци на метан и јаглерод диоксид, што сугерира дека нејзината атмосфера е богата со водород, како што се очекува за океанска планета. Највзбудливото откритие е можното присуство на диметил сулфид - молекул кој на Земјата речиси целосно се произведува од микроскопски морски организми, како фитопланктоните. Доколку ова се потврди, K2-18 b би можела да биде првата егзопланета каде што е пронајден потенцијален биопотпис. Сепак, податоците сè уште се недоволни за конечен заклучок. Со идни набљудувања, Џејмс Веб и другите телескопи би можеле да дадат поконкретни докази за тоа дали оваа планета е погодна за живот.

Заклучок

Во иднина, со подобрувањето на техниките за анализирање на егзопланетарните атмосфери и развојот на нови, уште помоќни телескопи, научниците ќе имаат сè поголеми можности да идентификуваат потенцијални знаци на живот. Иако откривањето на егзопланета во зоната погодна за живот е важен прв чекор, тоа не е доволно за да се потврди присуството на живот. Потребни се подлабоки истражувања на атмосферските својства и хемискиот состав. Потрагата по вонземски живот останува сложен предизвик, но секоја ново откриена егзопланета и секоја нова анализирана атмосфера нè носи чекор поблизу до одговорите што ги бараме. Со секое ново истражување, човештвото го проширува своето разбирање за универзумот, а надежта дека еден ден ќе откриеме конкретни докази за живот надвор од Земјата останува посилна од кога било.

e-mail: ljubicadimova@pmf.ukim.mk

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

Литература

- [1] M. Fleischer, The abundance and distribution of the chemical elements in the earth's crust, *Journal of Chemical Education* 39 (9), 1954.
- [2] V.R. Oberbeck, G. Fogleman, Estimates of the maximum time required to originate life, *Origins Life Evol Biosphere* 19, pp. 549–560 1989.
- [3] E. W. Schwieterman, N. Y. Kiang, M. N. Parenteau, C. E. Harman, S. DasSarma, T. M. Fisher, G. N. Arney, H. E. Hartnett, C. T. Reinhard, S. L. Olson, V. S. Meadows, C. S. Cockell, S. I. Walker, J. L. Grenfell, S. Hegde, S. Rugheimer, R. Hu and T. W. Lyons, Exoplanet Biosignatures: A Review of Remotely Detectable Signs of Life, *ASTROBIOLOGY* 18 (6), 2018.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Discoveries_of_exoplanets

ПРЕТВОРИ ГО МИГОТ ВО ВЕЧНОСТ: ТВОЈОТ ПРВ ВОДИЧ ЗА АМАТЕРСКА АСТРОФОТОГРАФИЈА

Хана Али

Космичката претстава која ни ја нуди ноќното небо, знае да ги фасцинира не само професионалните астрономи и љубителите на Вселената, туку и секој што барем еднаш се загледал во темното платно.

И, додека погледот ни е заробен од убавината на свездените формации, планетите, месечевиот зрак, свездите што паѓаат, често посакуваме да го замрзнеме времето, за мигот да трае засекогаш. Но, за жал во реалноста тоа не е возможно. Од друга страна, добрата вест е дека астрофотографијата нуди решение за да го овековечи тој извонредно убав момент.

Астрофотографијата е сплет на науката, технологијата и уметноста. Благодарение на неа, го продлабочуваме нашиот интерес за изучување на астрономијата, но, истовремено ја развиваме и нашата креативна страна. Со секој фатен кадар може да се доловат деталите на семирните тела, нивното движење во текот на ноќта и длабочините на небото.

Но, како да го „уловиме“ патникот со брзина c за да ја документираме вселенската ризница?¹ Понатамошниот текст ќе ви ги одговори прашањата околу аматерското астрофотографирање, а на вас останува да се впуштите во неверојатниот свет на ноќното сликање.

Почетничка опрема за астрофотографија

Кај многумина, астрофотографиите предизвикуваат огромна возбуда и радост. Како за почеток, доволна е основната опрема која вклучува:

- Астрономски апликации (SkyTracker, Stellarium, SkySafari...)
- Фотоапарат
- Телескоп
- Телефон

¹ Со c се бележи брзината на светлината.

Астрономските апликации, како што се SkySafari, SkyTracker, Stellarium, StarGazer, се прилично корисни алатки за сите кои започнуваат со астрофотографирање, но и за оние кои се професионално ангажирани во ова поле. Овие софтвери помагаат при ноќното набљудување, овозможувајќи ни интерактивно истражување на небото и лесно препознавање на ѕвездите, соѕвездијата и планетите. Покрај тоа, со нивна помош ја усовршуваме и нашата ориентација при гледање на небесниот свод, ишаран со „блескавите светулки“.

За фотографирање на небесните објекти, неопходно е користењето на телефон (рачен режим Pro или Night Mode) или фотоапарат, кои дозволуваат експериментирање со експозицијата, ISO, отворот на блендата, сè со цел да се добие посакуваната фотографија.

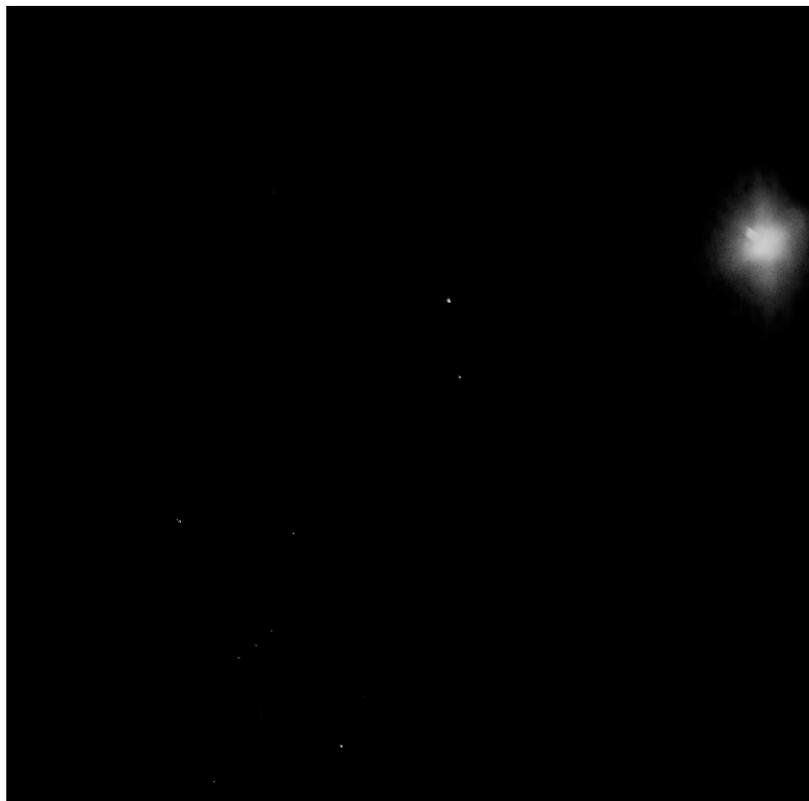
1. Експозицијата игра улога во тоа колку светлина ќе достигне до сензорот на камерата. Поголемо време на експозиција значи собирање повеќе светлина. Тоа е идеално при фотографирање на слабо осветлени објекти, како што се Млечниот пат, галаксиите, маглините или ѕвездите. Во спортивност, кога се работи за посветли објекти, како на пример Месечината, се користат кратки експозиции.

При користење на долги експозиции, поради Земјината ротација се добиваат ѕвездени патеки, кои не секогаш се посакувани. За да се одбегне тоа, експозицијата се намалува.

2. ISO е мерка за осетливоста на светлина на сензорот на камерата. При ниски ISO вредности, сензорот на камерата е помалку осетлив и се добиваат потемни, но почисти фотографии. Во спротивни услови, се добиваат посветли фотографии, но со поголем шум во нив. Високите ISO вредности се користат за темни објекти, додека ниските за светли.
3. Отворот на блендата има слична улога како црнката на окото. Тој може да се дефинира преку дијаметарот на отворот кој ограничува колку светлина ќе достигне до сензорот на камерата. Вредноста со која се мери отворот на блендата се нарекува f-број и тој зависи од фокусната должина на објективот и дијаметарот на отворањето на блендата.

Широкиот отвор, кој се постигнува со ниски f-бројеви, овозможува повеќе светлина да влезе во сензорот, така што е идеален за фотографирање на Млечниот Пат, галаксиите, маглините и ѕвездите. Во спортивност, за посветли објекти, се користи тесен отвор на блендата.

При користење на овие параметри, доста е важно телефонот/фотоапаратот да биде стабилен, односно да биде поставен на стабилна подлога или статив, за да нема движења кои ќе ја уништат фотографијата.



Сл. 1. Cosвездие Орион, Месечина, Јупитер, Алдебаран од Бик

Телескопот е одличен начин за да се подигне авантурата на едно повисоко ниво. Тие се оптички инструменти кои се користат за набљудување на далечни објекти.

Телескопите можат да бидат:

1. рефрактори – користат леќи
2. рефлектори – користат огледала
3. катадиоптрички/мешовити – користат леќи и огледала

Деловите на еден телескоп се:

1. статив – овозможува стабилност на телескопот
2. монтажа – овозможува стабилност и движење на телескопот
3. цевка на телескопот – простор каде е сместен оптичкиот дел од телескопот

4. мал телескоп за насочување – помага за полесно наоѓање на објектите
5. фокусер – помага за добивање на јасна слика, така што се поместува окуларот во однос на објективот
6. објектив – примарна леќа кај рефракторите или примарно огледало кај рефлекторите кое собира и фокусира светлина
7. секундарно огледало – служи за пренасочување на светлината кон окуларот
8. окулар – дел од телескопот кој ја зголемува сликата од објективот
9. филтри – служат за подобро набљудување на небесните објекти, при што намалуваат некои бранови должини



Сл. 2. Телескопи, рефрактор (лево) и рефлектор (десно)

Прво, телескопот се монтира, внимавајќи секој дел правилно да биде поставен. Го ориентираме кон небото и приближно го насочуваме кон посакуваниот објект. Со помош на малиот телескоп тоа се прави попрецизно. Откога ќе се пронајде објектот, светлината од него стигнува до објективот.

- Кај рефлекторите, тоа е примарното огледало, кое ја рефлектира светлината кон фокусната точка. Потоа секундарното огледало ја пренасочува светлината кон окуларот.

- Кај рефракторите објективот го претставува примарната леќа, која ја прекршува светлината и ја фокусира кон окуларот.



Сл. 3. H20mm – Huygens-ов окулар со фокусна должина 20mm; H12,5mm - Huygens-ов окулар со фокусна должина 12,5mm; H6mm - Huygens-ов окулар со фокусна должина 6mm; SR4mm - Symmetric Ramsden-ов окулар со фокусна должина 4mm; 68° UW 15mm – широкоаголен окулар со фокусна должина 15mm и видно поле од 68°; 2x barlow – служи за удвојување на зголемувањето на окуларот; 1,5x Erecting eyepiece – служи за зголемување на окуларот за 1,5 пати и за набљудување на реалната слика; 7-21mm zoom – окулар чија фокусна должина се прилагодува од 7 до 21mm. Поголема фокусната должина на окуларот резултира со помало зголемување, но пошироко видно поле и појасна слика.

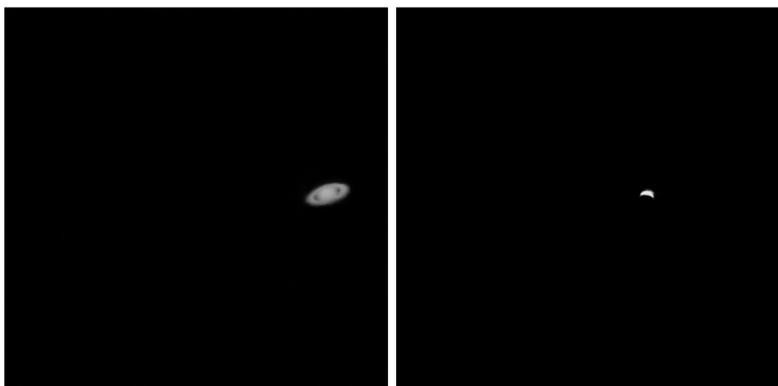
Сè со цел сликата која се гледа од окуларот да биде поквалитетна (да се намали отсјајот на објектите), се користат различни филтри за Месечината, светлинското загадување итн.

За правење на астрофотографии, потребно е телефонот/фотоапаратот да се прикачи за окуларот со посебен држач. Препорачливо е да се користи тајмер/далечинско, за да се одбегнат движењата на камерата при притискање на копчето.

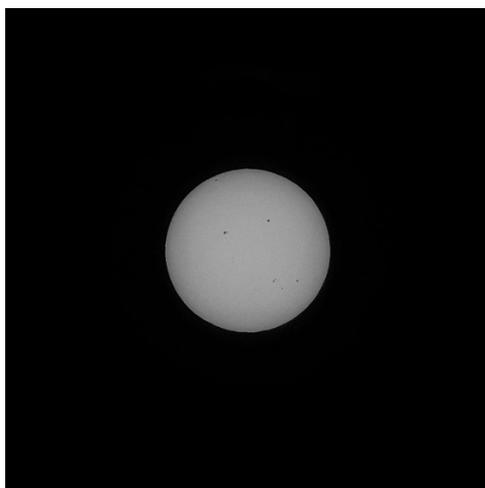
Воедно, мора да се напомене дека при фотографирање на Сонцето потребно е да се користат филтри за Сонце, бидејќи во нивно отсуство доаѓа до сериозни оштетувања на очите.



Сл. 4. Филтер за Сонце и филтер за светлинско загадување



Сл. 5. Астрофотографии од Сатурн (лево) и Венера (десно).



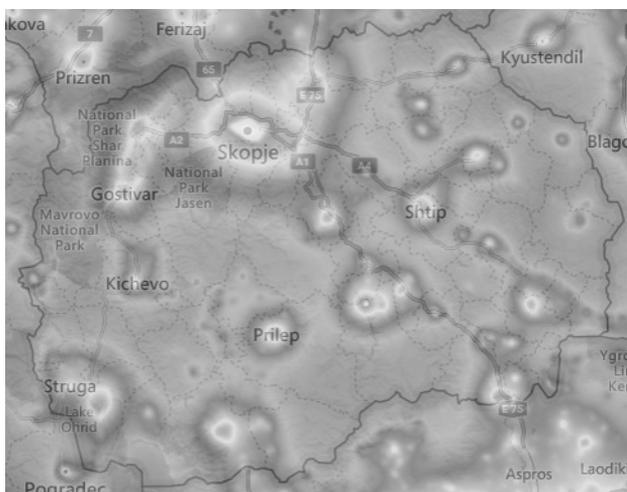
Сл. 6. Астрофотографија на Сонцето.

Најдобрата локација за ноќно фотографирање

Телефонот е в рака, фотоапаратот е тука, телескопот е насочен кон бескрајното небо – опремата е спремна. Што понатаму?

Вистинската магија на астрофотографијата не е единствено во алатите што ги поседувате и сликите што ќе ги направите, туку повеќе во местото од каде набљудувате и искуството кое ќе го добиете. Но, какво место би било тоа, се прашувате.

Сега, сè што е потребно е да најдете идеална локација. Изборот на вистинските координати е важен фактор за успешно набљудување на небото и убави фотографии. Побегнете што е можно повеќе од така нареченото светлинско загадување. Светлинското загадување е проблем што се јавува поради прекумерната вештачка светлина. Тука спаѓаат уличните светилки, билбордите, осветлените спортски терени и други објекти. Светлината што доаѓа од нив се расејува во атмосферата, при што се создава позадинска осветленост, која го намалуваат контрастот на небото.



Сл. 7. Мапа на светлинско загадување [1].

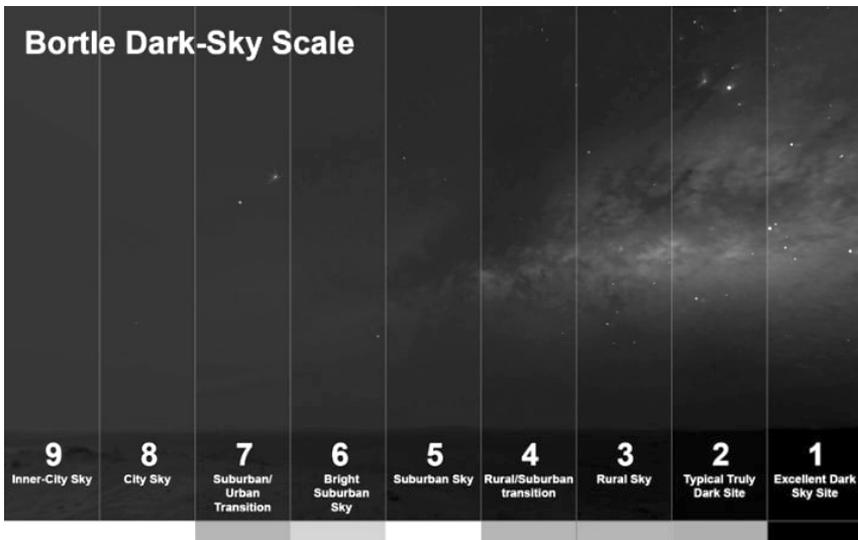
Во зависност од тоа колкаво е светлинското загадување во местото што ќе го одберете, толку ѕвезди ќе бидат видливи во текот на ноќта.

Еден начин за да се измери квалитетот на ноќното небо за одредена локација е Бортловата скала на темното небо (Bortle scale), сочинета од 9 нивоа.

Табела 1. Видливост на објектите во зависност од светлинското загадување според Бортловата скалата

Ниво	Назив	Гранична магнитуда видлива со голо око	Видливи објекти
1	Одлична локација со темно небо	7,6-8	Зодијакална светлина, зодијакална лента, гегеншајн Млечен Пат, М33, глобуларни јата на Месие, многу соѕвездија, ѕвезди со мала сјајност
2	Типична навистина мрачна локација	7,1-7,5	Зодијакална светлина (жолтеникава боја), гегеншајн Млечен Пат (сино-бела боја), М33, глобуларни јата на Месие, кон хоризонтот слабо видлив е атмосферскиот сјај
3	Рурално небо	6,6-7	Зодијакална светлина (впечатлива на пролет и есен), Млечен Пат е помалку видлив, М33 се забележува кога е високо на небото, се гледаат и некои глобуларни јата на Месие, светлинското загадување е позабележливо кон хоризонтот
4	Рурално-приградски премини	6,1-6,5	Зодијакална светлина, Млечен Пат, М33 е тешко видлив објект, светлинското загадување е позабележително
5	Приградско небо	5,6-6	Зодијакална светлина се гледа во најдобрите есенски и пролетни ноќи, Млечен Пат е слабо видлив, поголемо светлинско загадување
6	Светло приградско небо	5,1-5	Зодијакалната светлина не е видлива, М33 не е видлив, Млечниот Пат е видлив во близина на зенитот, се забележува и М31, небото има сиво-бела боја, која е предизвикана од светлинското загадување

7	Приградско-урбан премин	4,6-5	За Млечниот Пат може да се каже дека е скоро невидлив, а истото важи и за М31, глобуларни јата на Месие се видливи со телескоп, светлинското загадување предизвикува светлосива боја на небото
8	Градско небо	4,1-4,5	М31 речиси не може да се види, глобуларни јата на Месие се видливи со телескоп, повеќето ѕвезди не се гледаат, небото е светло сиво
9	Внатрешно градско небо	4	Видливи се само најсјајните ѕвезди, Месечината и планетите, светлинско загадување го достигнува својот максимум



Сл. 8. Бортлова скала на темно небо [2]

На пример, на 24.01.2025 (координти: 41.983182 , 21.456715) се вршеше набљудување на нокното небо над Скопје (Сл. 9). Видлива беше Капела од Кочијаш, а другите ѕвезди од ова созвездие се гледаа со напор и по претходно прилагодување на очите на темнина. Понатаму, беа видливи Кастор и Полукс од Близнаци, Сириус од Големо Куче, ѕвездите кои го сочинуваат Орион, како што се Ригел и Бетелгез и Алдебаран од Бик. Споменатите ѕвезди имаат магнитуди кои што се движат помеѓу -1,46 и 1,58, што значи имаат прилично голем сјај. Бојата на небото беше темно сива со забележителен

градски отсјај кон хоризонтот. Според опишаните податоци, небото може да се оцени помеѓу ниво 9 и ниво 8 од скалата на темното небо.

На 10.08.2023 случајно се поминуваше низ Ресенските улички оддалечени околу половина километар од центарот (координати: 41.091396, 21.018610), каде има отсуство од улична светлина. Со голо око, на зенитот беше забележан Млечниот Пат како магличеста бела лента. Бојата на небото беше темно сина кон црна боја. Светлинското загадување беше минимално, што овозможи одлична видливост на послабите ѕвезди. Според опишаните податоци, небото може да се оцени помеѓу ниво 6 и ниво 5 од скалата на темното небо.

Покрај соодветната локација, која е минимално загадена од уличните светилки, многу е важно да се внимава на временските и атмосферските услови. Небото треба да биде чисто, ведро и со што е можно помала облачност. Исто така, деновите кога има атмосферско загадување и атмосферски турбуленции треба да се одбегнуваат. Влажноста предизвикува дополнително расејување на светлината, така што оптимални услови за астрофотографија се при ниска влажност. Воедно, и температурата има значително влијание врз астрофотографијата. Ниските температури можат да ги замаглат леќите, а од друга страна, високите температури можат да предизвикаат термички шум, што ја намалува јасноста и квалитетот на сликите.



Сл. 9. Ноќно небо над Скопје на 24.01.2025

Месечината во фокус

Кога небото почнува да се затемнува, станува видлива кралицата на ноќта, нејзиното височество – Месечината.



Сл. 10. Фотографија на Месечината.

Иако оваа ноќна божица на светлината претставува единствена надеж на темното небо, пријателка во ноќите кога размислуваме и муза на уметниците, често не е посакувана од страна на астрономите и астрофотографите, токму поради силниот месечев сјај, кој ја потиснува видливоста на другите небесни тела. Но, за сите оние кои се фасцинираат на нејзината уникатност – кратерите, морињата, фазите низ кои поминува, таа претставува незаменливо небесно тело за фотограмирање.

Месечината е одличен избор за оние кои ја започнуваат својата авантура во светот на астрофотографијата. Без разлика на светлинското загадување, урбаните цинови и расеаните облаци на небото, може да се направат импресивни фотографии. На пример, со користење на телефон може да се добијат одлични пејзажи, доловувајќи го сплетот на Месечината и природната убавина на околината. Со фотоапарат може да се добијат поквалитетни слики, на кои може да се видат деталите кои обично не се видливи со голо око. А, доколку сакате да ја истакнете цела префинета површина на Месечината, тогаш искористете телескоп.

Секако, креативноста е клучна за уметничкото изразување. Манипулацијата со различни поставки на камерата, користењето на различни агли при доловување на моментот, светлинските ефекти,

комбинирањето на слики, овозможуваат создавање на привлечни фотографии.



Сл. 11. Фази на Месечината.

Уредување: Финален допир на астрофотографијата

Ако ги направивте првите фотографии од ноќното небо, тука може да застанете, или пак, можете да продолжите да патувате во светот на уредувањето на вашите производи. Овој процес овозможува да се истакнат деталите и боите, односно да се извлече целосната убавина на една фотографија.

Прво, потребно е да се изврши селекција на најдобрите фотографии, односно оние со најдобар квалитет во севкупност. Потоа, се одбира софтверска апликација специјализирана за уредување на фотографии, како на пример Snapseed или Lightroom. Тие имаат широк спектар на алатки кои овозможуваат да експериментирате за да дојдете до финалниот продукт. Во суштина, сè е сведено на личниот вкус.



Сл. 12. Фотографија пред уредување (лево) и по уредување (десно).

За почетниците, некои подесувања се од суштинско значење за постигнување на најдобри резултати:

1. Осветленост – оваа алатка се користи при осветлување или затемнување на една фотографија
2. Експозиција – алатка за исправка на премногу темните или премногу светлите фотографии
3. Контраст – се користи за да се зголеми или за да се намали разликата помеѓу најсветлите и најтемните делови на фотографијата
4. Сатурација/заситеност – се однесува на впечатливоста на боите
5. Вибрантност – ги засилува побледите бои
6. Осветлување на сенки – ги осветлува потемните делови на фотографијата
7. Затемнување на светли делови – ја намалува осветленоста во најсветлите делови на фотографијата, спречувајќи го „изгорениот“ изглед на фотографијата.
8. Баланс на бела боја – придонесува кон тоа да фотографијата изгледа поладна или потопла.
9. Заострување – се користи за да се дефинираат деталите, правејќи ја фотографијата појасна
10. Намалување на шум – служи за намалување на зрнестиот ефект (шумот)

Во понатамошниот развој на вашите вештини ќе откриете и нови техники за уредување на фотографиите и создавање на композитни слики.

Како за крај...

...запомнете дека најважното нешто што треба да го понесете со себе под небесниот свод, е огромната љубов кон Вселената, трпението и желбата за истражување.

Напомена: Авторот е студент на насоката Астрономија и астрофизика при Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје. Фотографиите во овој текст се направени од авторот, освен ако не е нагласено поинаку.

Литература и извори

Линковите се пристапени на 26.2.2025г.

- [1]<https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=7.35&lat=41.6376&lon=21.6175&state=eyJiYXNlbWFWIjoiTGZlZlJCaW5nUm9hZCIsIm92ZXJsYXkiOiJ3YV8yMDE1Iiwib3ZlcmxheWNvbG9yIjpmYWxzZSwib3ZlcmxheW9wYWNpdHkiOiJYwLCJmZWFOdXJlc29wYWNpdHkiOjg1fQ==>
- [2]<https://sfct.org/dark-skies/>
- [3]<https://astronomija.mk/astrofotografija-so-mobilni/>
- [4]<https://astronomija.mk/astrofotografija-za-pochetniczi/>
- [5]<https://astronomija.mk/teleskopi/>
- [6]<https://www.meghanmaloneyphotography.co.nz/post/a-beginners-guide-to-shooting-the-stars-astrophotography/>
- [7]<https://www.adobe.com/creativecloud/photography/discover/astrophotography.html/>
- [8] <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/>
- [10]<https://astrobackyard.com/seeing-conditions/>
- [12]<https://astronomija.mk/skalata-na-temnoto-nebo/>
- [13]<https://wapps.umd.edu/winapps/media2/wilderness/toolboxes/documents/night/Bortle%20Dark-Sky%20Scale.pdf/>
- [14]<https://spacemath.gsfc.nasa.gov/SMBooks/AstrophotographyV1.pdf>
- [15]<https://unscriptedphotographers.com/blog/the-basics-of-iso-perature-exposure-white-balance>
- [16]<https://www.exposureguide.com/exposure/>
- [17]<https://www.seben.com/manuals/English/Telescopes/700-76.pdf>
- [18]<https://pixelphant.com/blog/basic-photo-editing-terms-explained>
- [19] <https://www.vedantu.com/evs/telescopes>

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА ВО АСТРОНОМИЈАТА

Јана Богданоска

Во минатава 2024 година, вештачката интелигенција (ВИ) со сите нејзини примени стана една од најпопуларните теми во светот. Многумина ја искусија ВИ секојдневно – од алгоритми што препорачуваат филмови и музика, до алатки како ChatGPT за текст и апликации за обработка на слики и видеа. ВИ продре и во работниот тек на многу професионални сфери, како алатка која го подобрува работењето на многу фирми, го насочува нивниот маркетинг, помага во носењето одлуки, олеснува контакт со клиенти и безброј други примени.

Но, ВИ не е само алатка за удобност, заштедување време и забава – таа има длабоко влијание и врз сите науки. Впечатлив показател е тоа што и двете Нобелови награди за физика и хемија во 2024г. се поврзани со вештачка интелигенција!



Сл. 1. Вештачка интелигенција во астрономијата. Слика генерирана со ВИ, која го симболизира преплетувањето на науката, технологијата и интелигенцијата.

Во областа на физиката, Џон Хопфилд (John Hopfield) и Џефри Хинтон (Geoffrey Hinton) беа наградени за нивните пионерски дела во развојот на вештачките невронски мрежи. Тие во 1982г. ја поставиле теориската основа за оваа алатка која денес се користи насекаде. Со

Нобеловата награда по хемија, Демис Хасабис (Demis Hassabis) и Џон Џампер (John Jumper) од DeepMind, заедно со Дејвид Бејкер (David Baker), беа признати за развојот на алатката AlphaFold, која реши долгогодишен научен предизвик: предвидување на тродимензионалната структура на протеини врз основа на распоредот на нивните аминокиселини.

ВИ се дефинира како способност на компјутерите да учат од искуство и да извршуваат задачи што традиционално барале човечка интелигенција, како што се препознавање слики, анализирање податоци и донесување одлуки. Подгранка на ВИ е машинското учење (МУ), кое содржи алгоритми без однапред програмирани правила, така што компјутерот го одредува текот на алгоритмот според внесените податоци.

Постојат разни видови алгоритми кои спаѓаат во МУ, а едни од позначајните се вештачките невронски мрежи. Овој вид на ВИ е инспириран од начинот на функционирање на човечкиот мозок. Податоците се обработуваат структурирано, во слоеви, така што во секој слој постојат процесирачки единици наречени неврони. Секој од овие „неврони“ одлучува до кој следен неврон од наредниот слој ќе ја испрати информацијата. Информацијата се пренесува како во човечкиот мозок – низ испреплетени неврони што обработуваат податоци.

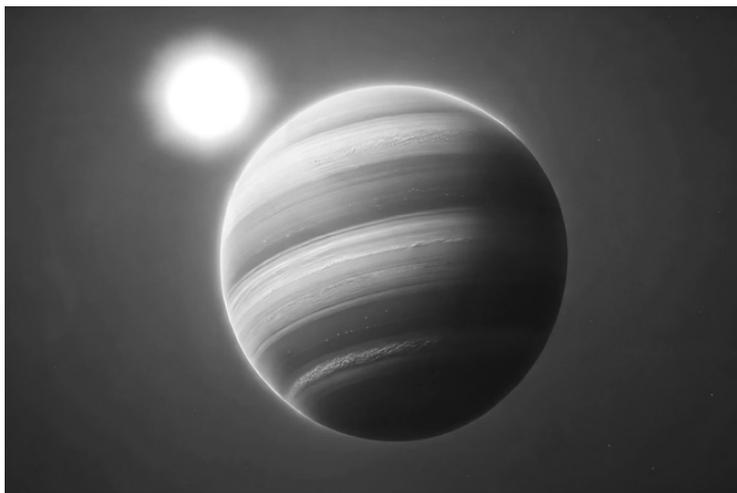
МУ како алатка потекнува уште од 1940тите години, а исто така одамна се користи и во астрономијата, со некои примери објавени во 1980тите години. Сепак, во последните три децении е забележан огромен раст, кој кулминира во последните неколку години, кога во речиси сите теми од астрономијата може да се сретне некаков вид на ВИ. Преку анализирање и проучување бројни податоци за егзопланети, ѕвезди, галаксии, како и Универзумот како целина, астрономите ја користат оваа современа алатка за да дојдат до револуционерни сознанија. Во овој текст, ќе истражиме само мал дел од актуелните теми во астрономијата кои напредуваат благодарение на ВИ.

Егзопланети

Во последниве години, откривањето и проучувањето на егзопланетите – планети надвор од нашиот Сончев систем – стана една од најпопуларните теми во астрономијата. За овие истражувања, клучна е анализата на атмосферите на овие далечни светови. Кога егзопланета поминува пред својата ѕвезда, појава наречена транзит, дел од ѕвездената светлина поминува низ атмосферата на планетата. При тоа, планетарната атмосфера остава свој печат врз спектарот на

свездената светлина. Од тоа може да се извлечат информации за составот, температурата и присуството на облаци во атмосферата.

Заради комплексноста на овие процеси, традиционалните модели не се доволно прецизни. Затоа, истражувачите се насочиле кон напредни методи, особено кога во ерата на вселенскиот телескоп Џејмс Веб добиваме масивно количество податоци. Овие големи количини податоци бараат напредни софтверски техники за анализа и извлекување на заклучоци.



Сл. 2. Уметнички приказ на егзоплана пред нејзината централна ѕвезда, создаден од авторите на трудот со поддршка од DALL-E. | © Erstellt mit DallE

Тим од истражувачи од Универзитетот Лудвиг-Максимилијан во Минхен, во соработка со ORIGINS Excellence Cluster и Институтот Макс Планк за вонземска физика, направил значаен напредок во оваа област. Тие развиле физички информирани невронски мрежи (PINNs), кои во комбинација на физичките закони со МУ се обучени да ги решаваат сложените равенки што го опишуваат расејувањето на светлината. Научниците ги искористиле за да предвидат како светлината се расејува кога поминува низ атмосферата на егзопланетите. Овој процес е познат како Рејлиево расејување, **и е** истиот ефект што го прави небото на Земјата сино.

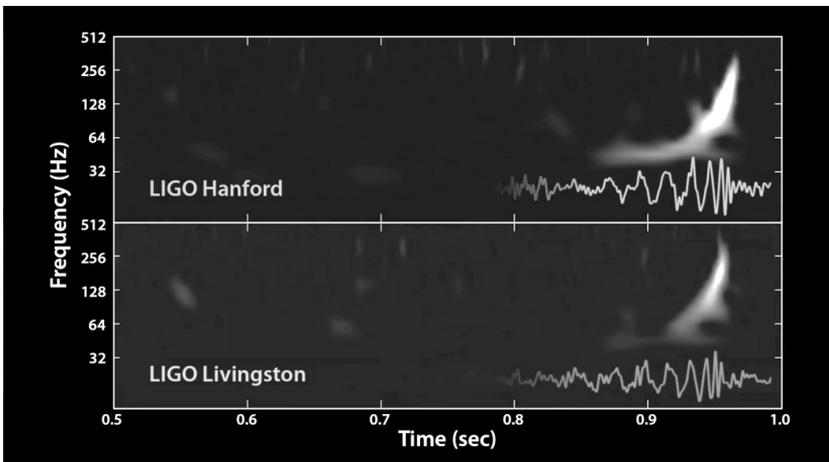
Заради комплексноста на овие процеси, традиционалните модели не се доволно прецизни. Затоа, за да се справат со огромните количини податоци, истражувачите се насочија кон напредни техники како PINNs. Со примена на овие техники, истражувачите постигнале повисока точност, во некои случаи дури со релативни грешки помали од еден процент. Овој пристап не само што овозможува полесно да се анализираат податоците кои доаѓаат од

егзопланетите, туку и отвора нови можности за проучување на влијанието на облаците врз атмосферата на егзопланетите, нешто што до сега било незамисливо. Со примена на овие напредни невронски мрежи, научниците не само што постигнуваат поголема точност, туку и отвораат пат кон нови откритија за атмосферските услови на егзопланетите.

Детекција на гравитациони бранови

Гравитационите бранови претставуваат пренос на осцилациите на простор-времето, создадени од космички настани кои силно влијаат на гравитационото поле. Примери за вакви настани се спојувањето на црни јами или неутронски ѕвезди. Иако теориски се предвидени уште при поставувањето на Општата теорија на релативност од Ајнштајн, нивното експериментално откривање е значаен предизвик. Дури ни Ајнштајн не бил сигурен дека технологијата ќе напредува до тој степен што ќе се детектираат толку минијатурни бранувања.

На 14 септември 2015 година, двете LIGO станици во Ливингстон, Луизијана и Ханфорд, Вашингтон, ги измериле првите гравитациони бранови. Овие бранови потекнуваат од судир на две црни јами кој се случил пред околу 1,3 милијарди години и траел помалку од една секунда. Овој настан е историски значаен за астрономијата, бидејќи дотогашните информации за Универзумот се базирале исклучиво на мерење на светлина од небесните тела.



Сл. 3. Мерењето преку кое се детектирани првите гравитациони бранови на 14 септември 2015г. со помош на двете станици на LIGO во Ливингстон, Луизијана и Ханфорд, Вашингтон. Потеклото на овие бранови е судир на две црни јами пред 1,3 милијарди години.

Во почетокот, за анализа на податоците од ваквите детектори на гравитациони бранови се користела традиционална метода наречена филтрирање со совпаѓање (matched-filtering). Во оваа техника, се пресметуваат теоретски модели на гравитациони бранови за бројни можни комбинации на извори. Потоа, овие модели се споредуваат со измерените податоци. Моделот кој најдобро ќе се совпадне со мерењата ги дава податоците за изворите. Овој процес бара значителни компјутерски ресурси, бидејќи пресметувањето на бројните можни комбинации дури и со најмоќните компјутери бара многу време. Затоа, неопходно е да се најдат поефикасни методи за решавање на овој проблем.

Во оваа насока, истражување на научници од Универзитетот во Илиноис довело до нов пристап кој се базира на длабоко учење, гранка на МУ. Овој метод не ги испитува сите модели поединечно, туку користи невронски мрежи за побрзо и поточно да го најде оној што најдобро се совпаѓа со мерењата. Овој пристап овозможува поефикасно откривање, така што гравитационите бранови може да се следат во реално време веднаш по нивното детектирање. Испитувањата покажале дека пристапот со ВИ постигнува исто ниво на точност како класичните методи, но со значително пократко време на компјутерска обработка.

Уште една предност на овој метод е што шумот што доаѓа од други настани во Вселената не му пречи толку многу како кај класичните компјутерски методи. Тоа значи дека е возможно да се детектираат и нови видови гравитациони бранови, кои претходно биле целосно недостапни за научниците. Затоа, во оваа област, ВИ овозможува не само побрза обработка на податоци, туку и примена на гравитационите бранови за подобро разбирање на најенергетските настани во Вселената.

Својства на галаксиите

Во астрономијата, испитувањето на својствата на галаксиите, како што се нивната големина, состав, облик и распределба на светлината, е клучно за разбирање на нивната еволуција и структура. За да добиеме сеопфатна слика за галаксиите во универзумот, потребно е да набљудуваме голем број галаксии на разни растојанија. За појасно согледување на овие својства, се користат слики со висока резолуција и спектроскопски анализи, кои овозможуваат одредување на хемискиот состав, температурата и движењето на материјата во галаксиите. Традиционалните методи за анализа на ваквите набљудувања често се бавни и бараат значителни компјутерски ресурси, што претставува макотрпна работа за нивна обработка.

Еден од клучните аспекти во проучувањето на галаксиите е нивната способност да создаваат нови ѕвезди, параметар познат како *брзина на формирање ѕвезди*. Таа претставува мерка за тоа со која брзина масата на гасот што се наоѓа во меѓусвездениот простор се преобликува во ѕвезди. Овој параметар се изразува во сончеви маси во година (M_{\odot}/yr), што ни дава мерка за активноста на галаксијата.

За да ја определиме оваа брзина, треба да ја проучиме целокупната светлина која доаѓа од галаксијата во сите бранови должини и да направиме некои претпоставки за нејзината историја. Потоа, се користат софтверски пакети кои ги вклучуваат законите од физиката да се предвидат својствата на галаксијата. Сè ова бара моќно и скапо компјутерско процесирање.



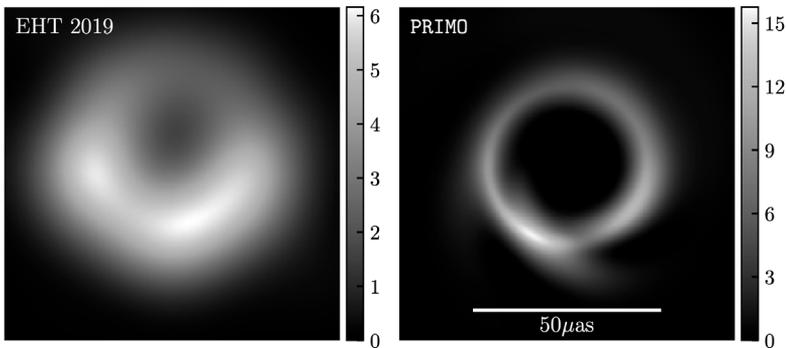
Сл. 4. Фотографија од Џејмс Веб со долга експозиција, во која се гледаат илјадници галаксии. Како ли ќе ја истражине секоја од нив? Фотографија: НАСА

Но, тим од истражувачи од неколку институции од Јужна Кореја и САД развива вештачки невронски мрежи кои ја пресметуваат брзината на формирање ѕвезди во група на галаксии. Истражувачите користат каталог од добро познати галаксии за да ги споредат добиените резултати со постоечките, со цел да го тестираат методот. Наместо да се потпираат на традиционалните методи кои бараат комплексна спектроскопија, тимот користел фотографски податоци од различни бранови должини, како што се оптички, инфрацрвени и ултравиолетови набљудувања. ВИ, обучена со податоци од различни

типови на галаксии, била способна со висока точност да ја предвиди брзината на формирање ѕвезди.

Главната предност на овој метод е неговата ефикасност. Со користење на МУ, процесот на предвидување на брзината на формирање ѕвезди може да стане многу побрз и да се примени на голем број податоци, кои традиционалните методи не би можеле да ги обработат. Со развивање на оваа нова техника, истражувачите ќе можат да анализираат поголем број галаксии за пократко време, па заклучоците за формирањето и еволуцијата на галаксиите ќе бидат поверодостојни. Ова станува неопходно во последниве неколку години, поради напливот на огромни количества податоци од разните вселенски и копнени опсерватории. Затоа, развивањето на овие методи дава надеж дека астрономијата во наредниот период ќе вроди нови и возбудливи откритија.

Реконструкција и подобрување слики



Сл. 5. Првата директна фотографија на супермасивна црна јама од 2019г. (лево), споредена со реконструираната фотографија со помош на софтверскиот пакет PRIMO во 2023г. (десно). [8]

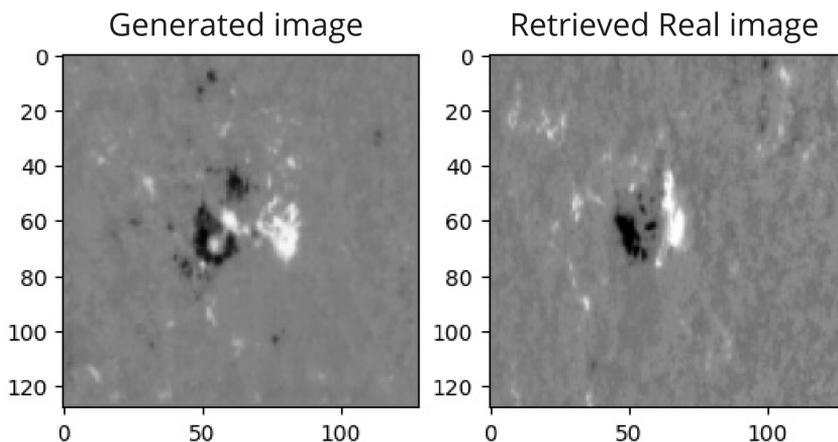
Добивањето јасни и детални слики од далечни објекти во вселената иако е клучно за напредокот на астрономијата, воопшто не е едноставно. Атмосферата на Земјата и ограничената резолуција на телескопите се само дел од проблемите со кои се соочуваме. Еден метод за реконструкција на слики користејќи ВИ е PRIMO (Phase Retrieval via Iterative Maximization of Observables). Овој софтвер има за цел да ги реконструира сликите на далечни објекти како црни јами или галаксии, за од нив да се извлечат појасни заклучоци.

Често не е познато што точно ги предизвикало изобличувањата на фотографиите, па затоа класичните методи не можат да ги поправат. ВИ може да се справи со овој проблем користејќи ги

постоечките податоци за да создаде алгоритам кој овозможува да се добијат повеќе детали на сликите. Овој процес е многу поефикасен од класичните, а се добиваат и подобри резултати во одредени случаи, па затоа им помага на научниците да го подобрат разбирањето за универзумот.

Проучување на сончевата активност преку генерирани податоци

Денес се популарни разни алатки за генерирање слики, како DALL-E, Leonardo ai, Microsoft Designer и безброј други. Тим на истражувачи искористи сличен софтвер за да генерира „набљудувања“ на магнетни сончеви области според реални набљудувања на сончевата површина. Ваквите области претставуваат места на сончевата површина кај кои постои силно и концентрирано магнетно поле. Проучувањето на ваквите сончеви области е од суштинско значење за разбирањето на сончевиот циклус и неговото влијание врз Земјата.



Сл. 6. Слика генерирана со ВИ (лево), споредена со нејзиниот **најблизок пар?** од набљудувањата (десно). Иако можеби самата форма на магнетниот сончев регион претставен тука не е идентична, детална анализа на нивните својства покажала дека овие две слики се најблизок пар од достапните податоци.

Генерираните слики не се само апстрактни податоци туку можат да бидат физички интерпретирани. Всушност, за едно вакво истражување да биде сфатено сериозно, потребно е да се искористат повеќе различни техники на ВИ во нов посоефицициран модел, кој ќе ги има предвид потребните физички закони. Потоа, задолжително е да се искористат постоечки податоци од набљудувања за овој модел

да се истренира. Гореспоменатите софтверски пакети за генерирање слики функционираат на сличен начин, со тоа што тие се тренирани на разни уметнички слики и фотографии, наместо астрономски податоци како што е случајот тука.

Последниот чекор во ваквите истражувања е да се искористат овие генерирани податоци за научни цели. За таа цел, секоја генерирана слика се спарува со соодветна слика од набљудуваните. Со ваквата споредба се овозможува детално проучување на магнетните сончеви региони и извлекување информации кои не би биле достапни на друг начин.

Значењето на ВИ во науката

Како што стоиме на прагот на брзо напредувачкиот свет на ВИ, јасно е дека длабокото влијание што ВИ го има на нашите секојдневни животи е огледало на нејзиниот трансформативен ефект во науката. Од олеснување на анализата на податоци до решавање на долгогодишни научни мистерији, ВИ стана незаменлив алатка во областите како астрономијата, каде сложеноста на Универзумот бара иновативни решенија. Но, важно е да се запамети дека науката е таа што го поттикнува развојот и ширењето на овие технологии. Науката е плод на нашата вродена љубопитност која нè тера да истражуваме, да поставуваме прашања и да бараме одговори кои можат да ја обликуваат иднината, а технологијата е онаа која ни дозволува да навлеземе сè подлабоко во мистериите на Универзумот.

За да напредува науката, а со неа и технологијата, неопходни се индивидуалци кои преку критичко размислување доаѓаат до нови идеи. Важно е да не дозволиме технологијата да размислува за нас, иако навистина, некои задачи може да ги заврши побрзо и подобро од нас. Но, поставувањето на вистинските прашања заедно со копнежот по подлабоко знаење и разбирање не можат да бидат заменети. За да бидеме продуктивни членови на општеството мора да сме свесни дека технологијата е само алатка, а не одговор на сите проблеми, па да ја користиме свесно, совесно и конструктивно, за да не дозволиме таа да владее со нас наместо ние со неа.

e-mail: janabogdanoska@pmf.ukim.mk

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

Литература и извори

- [1] Нобеловите награди за 2024. Достапно на: nobelprize.org/all-nobel-prizes-2024/ (пристапено на: 19.2.2025)
- [2] ScienceDaily, "AI brings new insights to exoplanet research," (2024). Достапно на: sciencedaily.com/releases/2024/09/240906141700.htm (пристапено на: 19.2.2025)
- [3] N. Sahakyan, AI in the Cosmos, *International Journal of Modern Physics D* (2024).
- [5] D. George and E. A. Huerta, "Deep Learning for Real-time Gravitational Wave Detection and Parameter Estimation: Results with Advanced LIGO Data," *Physics Letters B*, vol. 778, pp. 64–70, 2018.
- [6] Phys.org, "AI predicts star formation in galaxies with unprecedented accuracy," (2024). Достапно на: phys.org/news/2024-ai-star-formation (пристапено на: 19.2.2025).
- [7] A. Ayubinia et al., "Prediction of Star Formation Rates Using an Artificial Neural Network," *Astrophysical Journal*, vol. 912, no. 1, 2021.
- [8] Noirlab, "A Sharper Look at the First Image of a Black Hole," (2023). Достапно на: noirlab.edu/public/news/noirlab2310/ (пристапено на: 19.2.2025).
- [9] S. Chatterjee et al. "Deep Generative model that uses physical quantities to generate and retrieve solar magnetic active regions," arXiv preprint, (2025).

ОД СЕИЗМОЛОГИЈА ДО АСТЕРОСЕИЗМОЛОГИЈА. ОД ЗЕМЈОТРЕС ДО СВЕЗДОТРЕС

Љубчо Јованов

Сеизмологија – од мит до наука

Стравот и вознемиреноста на луѓето предизвикана од ненадејно затресување на површината на Земјата не е нова појава. Докази за постоење на ненадејни тресења кои може да имаат и деструктивен карактер и да предизвикаат огромни материјални, но и човечки жртви постојат уште од пред 2000 години п.н.е., кога луѓето објаснувањето за причината на појава на овие тресења познати како земјотреси, ја опишувале како казна од некој од боговите кого луѓето не го испочитувале. Покрај оваа, античките филозофи постојано наметнувале хипотеза дека постои нешто внатре во Земјата што резултира со ненадејни, краткотрајни потреси, но што точно е тоа не можеле да одговорат.

Сè до втората половина на XIX век, сите податоци за случени катастрофи се усно опишувани, без записи и реални научни анализи. Со појавата на првиот сеизмограф во 1875 год., развојот на сеизмологијата како наука која ги проучува земјотресите и сите процеси поврзани со нив, претрпува пресврт и доживува своевиден бум во развојот. Во периодот кој следи со забрзаниот развој на физиката, математиката, технологијата, но и инженерството, постојано се работело на усовршување на инструментите за регистрирање на земјотреси како основна алатка за истражување, кои од механички сеизмографи преминале во сеизмометри со аналоген, а подоцна и со дигитален запис на земјотрес.

Денес, со примена на резултатите добиени од современите сеизмометри на густите сеизмолошки мрежи и правилното научно толкување на резултатите, во голема мера се решаваат главните проблематики со кои се занимава современата сеизмологија како наука.

Но, ова не значи дека сеизмологијата ги исполнила очекувањата и дека нема потреба од понатамошно вложување и истражување, бидејќи планетата Земја е сè уште жива, со активни процеси во неа што последично е поврзано е со промена во начинот на појава и текот на процесите на самата површина.



Сл. 1. Првиот сеизмограф од 1875 год. (лево), современа три компонентна сеизмолошка станица (десно)

Откривање на таинственоста на универзумот

Сеизмологијата како научна дисциплина од геофизика, доживува огромни достигнувања со разјаснувањето на внатрешната градба на Земјата и причините за појава на големите катастрофи – земјотреси и цунами. Во истиот период и другите области од физиката како наука доспеваат до достигнувања дотогаш незамисливи за човекот. Една од овие области е и астрономијата. Сè до XIX – от век, поради техничко – технолошките ограничувања, истражувањата на астрономијата биле насочени кон блиските планети од нашиот Сончев систем. Со конструирањето на усовершените телескопи со поголеми огледала, истражувањата се свртеле кон помалку сјајните блиски ѕвезди, како и далечните галаксии и карактеристични ѕвезди внатре во нив. Во истиот период на научниците им стануваат достапни и спектроскопи и фотометри со чија помош се регистрираат спектар и интензитет на различни зрачења, по бранова должина, на различни извори во вселената. Со ова се формира една подетална слика за она што се наоѓа надвор од Сончевиот систем, но и се исполнува децениската желба на плејада научници за потврдување на важноста на астрономијата како научна област.

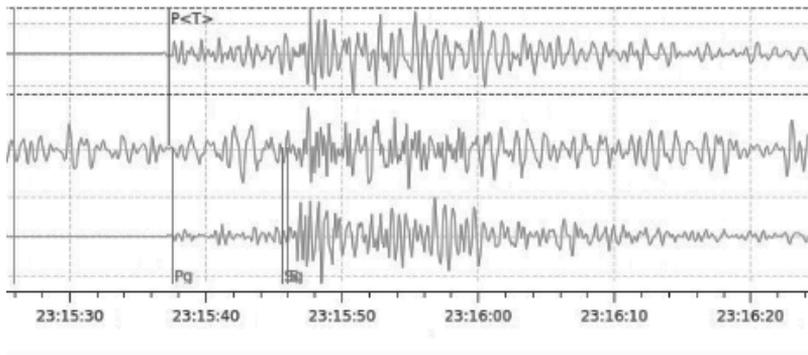
Астеросеизмологија и потреси на компактни ѕвезди

Уште во 1926 год., во воведниот дел од својата книга „Меѓународен Устав на Свездите“ (“The International Constitution of the Stars”), Артур Едингтон (Arthur Eddington) жалејќи го поставил прашањето:

„ ... Што е тоа што можеме да го примениме на површината, а да продре низ површинските слоеви на ѕвездата и да ги тестира условите внатре во неа?...“ [1]

Одговорот на ова прашање е даден и се применува последниве две децении. Иако одговорот постојано бил пред очите на научниците, било потребно време за да се разбере неговиот потенцијал и практично да се примени во астрономските истражувања.

Имено, станува збор за осцилации на ѕвездите кои настануваат како резултат на големи промени во рамнотежните состојби на внатрешниот материјал. Полезноста на овие осцилации е докажана прво на пример на планетата Земја, преку регистрирање и анализа на записите на силните земјотреси (сеизмограми), кои регистрираат промена на брзината на движење на тлото во однос на времето. Овие промени се претставени преку различни бранови фази – за локални промени, или различни модови на осцилирање – за глобални промени на формата на телото. Регистрациите на сигнали од иста појава, на различни делови од Земјината површина, овозможиле прецизно дефинирање на внатрешноста на Земјата како слоевит модел, со различен градбен материјал и физичко - хемиски својства.



Сл. 2. Дигитален сеизмограм - запис на поместувањето на површината на Земјата за време на земјотрес

Со осовременување на спектроскопите и фотометрите и со зголемување на нивните способности, осцилации кои доаѓаат од внатрешноста на дадено тело, денес, може да се регистрираат и на далечина, секако не преку промена на брзина на тлото, туку преку други параметри како промена во аголната брзина на движење или енергија на зрачење кое потекнува од соодветна ѕвезда.

Со ова всушност се даваат и основите на современата интердисциплинарна наука која со помош на осцилации ги проучува составот и однесувањето на далечните ѕвезди наречена

астеросеизмологија. Како млада научна област, астеросеизмологијата има голем број ограничувања во можностите за примена, поради ограничени способности за детектирање и сè уште недокажаните функционални закономерности на проучуваните тела.

Главното ограничување со кое денес се соочува астеросеизмологијата е неможноста за детекција на осцилации на ѕвезди во рана фаза од еволуцијата. Имено, она што досега го знае науката е дека осцилации корисни за астеросеизмологијата, денес стигнуваат само од неутронски ѕвезди – ѕвезди со компактно поврзан материјал во мал волумен (пречник од околу 20 км), со огромна густина, енормно голема гравитација на нејзината површина и голема брзина на ротација (околу 700 пати во секунда).

Младите неутронски ѕвезди имаат и екстремно силно магнетно поле, што е стотици милијарди пати посилено од она на Земјата, поради што се нарекуваат и магнетари. Околу магнетните полови, магнетарите условуваат забрзување на атомските честички формирајќи силно зрачење кое кружи околу магнетарот како што тој ротира. Овие зраци од магнетизирани честички од атмосферата на ѕвездата, повремено можат да бидат забележани од површината на Земјата, кога магнетните полови на магнетарот се наклонети кон видното поле на Земјата. При големи зрачења, неутронската ѕвезда емитура насочени пулсови на зрачења во редовни интервали, проследени со пулсација или осцилација на целата ѕвезда, поради што овие ѕвезди добиваат уште едно име - пулсари. Неутронските ѕвезди кои припаѓаат во групата магнетари, кај кои се регистрирани пулсирања (осцилации) со различно времетраење, се главниот елемент на проучување на астеросеизмологијата, а осцилациите кои се регистрирани се познати како **ѕвездотреси**.

Дополнителен услов за одделување на ѕвездите предмет на проучување на астеросеизмологијата од останатите е кај ѕвездата да постојат најмалку два (2) различни мода на осцилирање, од кој еден е различен од нормалното пулсирање на ѕвездата [1].

Осцилации на површината повеќе пати се забележани и на планетата Земја, особено после силен земјотрес, чија ослободена енергија предизвикува промени во вкупниот систем на Земјата. Овие осцилации во сеизмологијата се поделени во две главни групи наречени сфероидални и тороидални осцилации. За време на сфероидалните осцилации доаѓа и до вертикална и до хоризонтална промена на формата, додека при тороидални осцилации се забележуваат само хоризонтални поместувања. Слично на ова и за пулсарите во астеросеизмологијата се дефинираат две групи на модови на пулсирање: p модови и g модови – решенија на равенката за движење на пулсарот. Кај p модовите познати и како модови на

притисок, примарна причина за враќање на пулсарот во рамнотежа е притисокот поради сопствената тежина на ѕвездата. Овие модови имаат карактеристика на звучен бран и движење на гасните честички примарно во вертикална насока. Спротивно на ова, за g модовите примарна повратна сила е силата на потисок, а движењето на честичките е главно хоризонтално. Времетраењето на различните модови на осцилирање е различно, почнувајќи од неколку секунди, па сè до повеќе десетици минути, зависно од редот и видот на модот. Други важни карактеристики за модовите на пулсирање се и тоа дека:

- како радијалните над - тонови се зголемуваат, така и фреквенцијата на p модот се зголемува, но фреквенцијата на g модот се намалува;

- p модовите се чувствителни на условите кои владеат во надворешниот дел од ѕвездата, додека g модовите се најчесто чувствителни на јадрените услови во ѕвездата.

- p модовите даваат информација за големината, составот и масата на ѕвездата, а со моделирање и нејзина приближна старост. [2]

- g модовите иако сеуште недоволно проучени, познато е дека даваат информација за ротацијата на ѕвездените јадра и староста на супер масивни ѕвезди. [2]

Овие тврдења помогнале во откривање на g модови и кај нашето Сонце. [1]

Аналогија помеѓу земјотрес и ѕвездотрес

- **Слоевита градба**

Првата аналогија што може да се пронајде помеѓу земјотресите и ѕвездотресите е тоа што настануваат на тела со слоевита внатрешна градба. Иако различна по состав и услови кои владеат во материјата, градбата на Земјата и неутронските ѕвезди е многу слична.

Кај Земјата централниот внатрешен дел е познат како внатрешно јадро кое се претпоставува дека е во цврста агрегатна состојба, богат со метали. Кај неутронските ѕвезди исто така може да се дефинира внатрешно јадро за кое до сега нема податок за составот, освен што се знае дека е ултра - густа материја во која може да се пронајдат неутрони и протони, но може да се пронајдат и помали градбени елементи – кваркови. Внатрешните јадра и кај двете тела се обвиткани со надворешно јадро кое е во течна состојба. Кај Земјата надворешното јадро е повторно богато со метали и е одговорно за постоењето на нејзиното магнетно поле, додека кај неутронските ѕвезди материјата е во форма на „квантна супа“ каде протоните, неутроните и електроните слободно пливаат. Во надворешното јадро на ѕвездите може да се сретнат и до 10^{15} различни видови гасови,

наспроти 25 кај Земјата. Под површинскиот слој на Земјата е познат под името обвивка или мантија. Овој слој е најширок, се карактеризира како вискозна средина во полутечна „желе“ состојба, чие движење предизвикува поместување на површинските слоеви. Кај неутронските ѕвезди еквивалент на мантијата е внатрешната кора, која поради компактоста на градбениот материјал е значително потенка, а во неа може да се сретнат слободни неутрони и електрони, но и понекое потешко јадро. Површинските слоеви познати како Земјина кора на Земјата и надворешна кора кај ѕвездите, се карактеризираат со цврста форма на материјата. Кај Земјата таа е поотпорна на напрегања споредено со кората на неутронските ѕвезди, која претставува цврст слој од метални кристали.

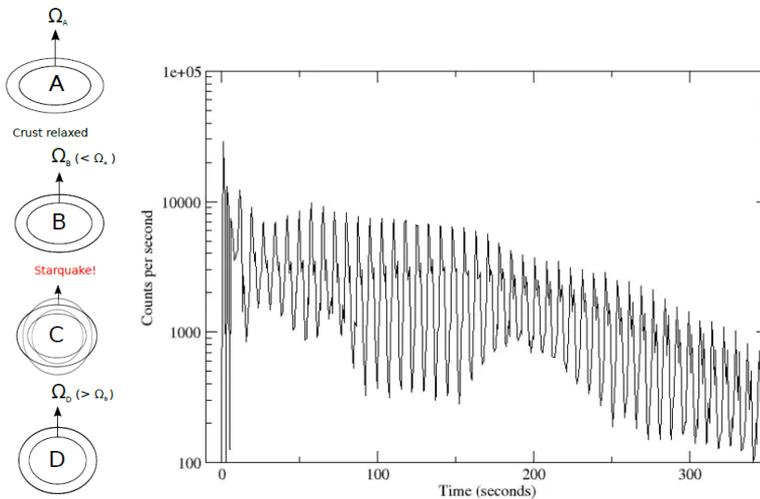
Секако и овие сознанија за слоевитата внатрешна структура на Земјата и неутронските ѕвезди е добиена со анализа на осцилаторни сигнали, што ја оправдува употребата на сеизмологијата и астеросеизмологијата во научните истражувања.

- **Начин на настанување на земјотрес и ѕвездотрес**

Причина за настанување на земјотресите на Земјата е одделеноста на Земјината кора на повеќе крупни и ситни делови. Оваа поделеност е дефинирана со теоријата на тектонски плочи. Под дејство на силните притисоци и температури кои владеат во Земјината обвивка (мантија), се јавуваат насочени движења на полутечниот материјал познати како конвективни струења. Овие струења резултираат со ослободување на енергија во форма на топлина, но и придвижување на тектонските плочи една во однос на друга. На овој начин доаѓа до зголемување на вкупното ниво на напрегања во цврстиот материјал на Земјината кора. Во моментот кога овие напрегања ќе ја поминат границата на еластичност на материјалот доаѓа до негово пластично однесување т.е. кршење и нагло поместување. За кратко време настанува пукнатина и/или поместување долж постоечка пукнатина, а најголем дел од енергијата се ослободува во форма на механички бранови. Ова значи дека се формирале земјотресни бранови кои предизвикуваат тресење. Доколку енергијата е доволно голема, односно земјотресот бил доволно силен, оваа енергија може да предизвика и осцилација на целата Земја.

Кај пулсарите се дефинира различен механизам за настанување на ѕвездотрес. Имено секој пулсар започнува со релаксирана состојба, со определена почетна аголна брзина на движење Ω_A . Како нивото на енергија во ѕвездата се намалува, така и моментот на импулс се намалува, а формата на ѕвездата станува малку сплескана на

половите. Оваа состојба претставува поместување од рамнотежната состојба на свездата кое се отстранува со појава на свездотрес. Условот за појава на свездотрес е достигнување на критично ниво на аголна брзина Ω_B на свездата, по што доаѓа до пукање на надворешната кора и ослободување на напрегањата преку емисија на високо енергетски снопови на честички од свездената атмосфера. Со самото исфрлање на пулсовите од честички доаѓа до намалување на моментот на инерција што соодветствува со зголемување на аголната брзина. Овие снопови на високо енергетски честички се промена што ние ја регистрираме од Земјата. По ослободувањето на напрегањата, свездата останува во нестабилна состојба во која се очекува да се побудат осцилации на целото тело кои брзо ќе се придушат и пулсарот ќе постигне нова рамнотежна состојба, со нова, поголема аголна брзина. [3]



Сл. 3. Шема на фазите на настанување на свездотрес [3] (лево); График на јачина на X зрачење кое потекнува од свездотрес. Брзите сеизмички осцилации на свездата, поради ограничување на инструментот, не може да се забележат. [4] (десно)

- **Ослободена енергија**

Физички, јачината на земјотрес или свездотрес може да се одреди со одредување на количеството ослободена енергија во моментот на настанување на тресењето. За споредба, досега најсилниот регистриран земјотрес на планетата Земја е земјотресот случен на 22 мај 1960 год., чиј епицентар е лоциран во Валвидија, Чиле, а чија јачина е проценета на 9,5 степени според Рихтеровата магнитудна скала. За оваа вредност се вели „проценета“ бидејќи Рихтеровата скала има логаритамски карактер, поради што за

земјотреси околу 9 и над 9 степени доаѓа до заситување на скалата и отстапување од вистинското количество на ослободена енергија. Но, сите досегашни истражувања и докази за ефекти на животната средина ја потврдуваат огромната јачина на земјотресот. Доколку оваа вредност на степени по Рихтер се претвори во ослободена енергија во џули (J), тогаш за време на овој земјотрес се ослободени над 8×10^{17} J енергија во сите познати форми. Покрај овој земјотрес, сеизмичноста на Земјата памети и други слични по големина земјотреси, за кои овде нема да стане збор.

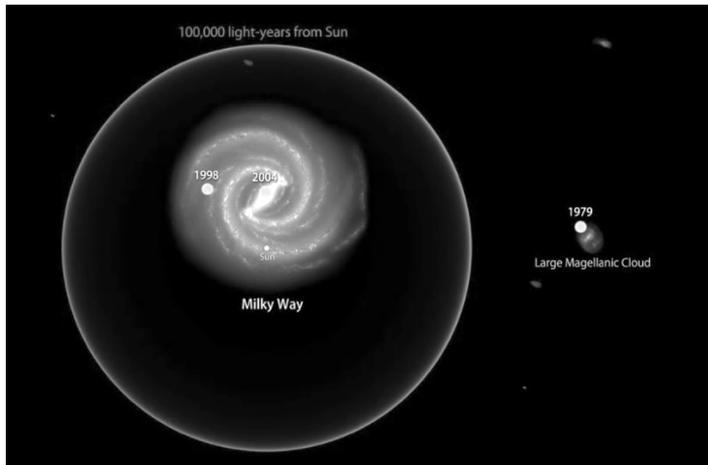
Спротивно на ова, согласно сите достапни податоци, историски гледано, од страна на инструментите на сателитите и опсерваториите на Земјата, регистрирани се три свездотреси, на ѕвезди со различна оддалеченост од Земјата и тоа во 1979, 1998 и 2004 година. Најмногу податоци денес се достапни за свездотресот од 27 декември 2004 год., регистриран на ѕвездата SGR 1806-20 на оддалеченост од 50 000 светлосни години од нашиот Сончев систем. Всушност, овој настан се случил 42 000 години претходно, но сигналот на сателитите на Земјата е регистриран на 27 декември 2004. Ова силно зрачење предизвикало моментно исклучување на сите сателити, кои после неколку секунди се вратиле во функција. Според податоците од сите регистрации на овој настан, 3 минути по свездотресот се ослободило зрачење кое со себе понело $1,85 \times 10^{39}$ J енергија, што соодветствува на ослободена енергија од Сонцето за 150 000 години. Споредбено, доколку оваа енергија се претвори во магнитудни степени на земјотрес, ова зрачење би соодветствувало на земјотрес со магнитуда од 32 степени и би предизвикало целосно уништување на Земјата.

Како резултат на овој свездотрес забележана е промена на јачината на магнетното поле на ѕвездата. При свездотресот настанале и глобални торзиони осцилации на ѕвездата, кои се еквивалент на S брановите на земјотресите и имаат карактеристики на трансверзални бранови. Во различни моменти по свездотресот, во регистрираното зрачење од сателитите на Земјата, доминантни биле различни фреквенции, што укажува на ширење на брановите низ различни средини, со различни брзини.

На овој начин со реални параметри се докажале приближно еднакви вредности со теориски очекуваните вредности за внатрешната градба на ѕвездата.

Иако доволно силен за ѕвездата, послабите зрачења регистрирани од свездотресот од 1998 година со себе не понеле доволно податоци за одредување на внатрешната градба на таа ѕвезда. Овој неуспех може да се припише на повеќе причини и тоа: технички и оперативни можности на инструментите, староста на ѕвездата која доколку е поголема, го намалува бројот на свездотреси,

но и побарува исполнување на повеќе услови за јачината и геометријата на магнетното поле на ѕвездата.



Сл. 4. Просторна поставеност во однос на Сонцето на досега регистрираните ѕвездотреси. [6]

Иднината на астеросеизмологијата

Иако последните две децении астеросеизмологијата доживува невидени достигнувања и дава одговори на многу прашања поврзани со егзопланетите и процесите што во нив се случуваат, пред неа стојат уште многу истражувања. Најавено е испраќање на сателити и експедиции со подобри инструменти (телескопи, спектрометри и фотометри) за прибирање на повеќе податоци, но сепак дел од истражувањата мора да почекаат дополнителни техничко-технолошки достигнувања.

Набљудувачката астрономија во своите резултати покажува дека засега нема опасност по Земјата од уништување на живиот свет како резултат на силното зрачење кое се ослободува при ѕвездотрес, бидејќи најблиската неутронска ѕвезда (GR 0418+5729) на која може да се случи таков настан е на оддалеченост од 6500 светлосни години, што е многукратно поголема оддалеченост од критичните 10 светлосни години.

Но, имајќи предвид дека Сонцето како главна ѕвезда во нашиот сончев систем старее, истражувањата од областа на астеросеизмологијата и на блиските ѕвезди е од особено значење, заради откривање на можноста за појава на ѕвездотреси и на „мали“ ѕвезди како Сонцето. Засега мноштвото сеизмолошки податоци за проучување на магнетното поле на далечни ѕвезди доаѓаат од телескопот на мисијата COROT.

Со ова астросеизмологијата го потврдува своето место во значајните научни дисциплини на современото живеење, а го докажува и значењето на интердисциплинарниот пристап во различни истражувања, во насока на дополнување на заемно споделување на можностите и ограничувањата на елементите и системите од интерес.

e-mail: ljubco.jovanov@hotmail.com

Напомена: Авторот е виш лаборант во Сеизмолошката опсерваторија на Природно-математичкиот факултет во Скопје.

Литература

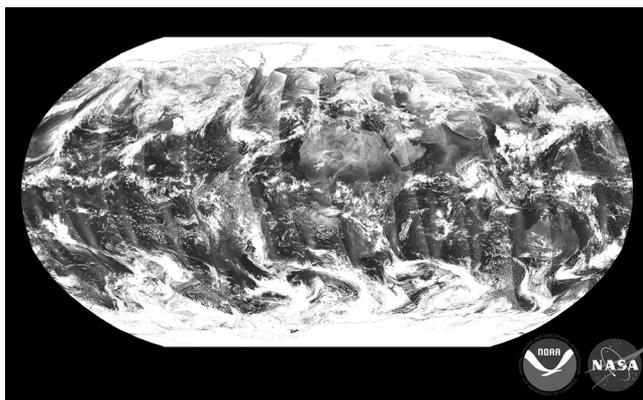
- [1] Kurtz. D. W., Asteroseismology: Past, Present and Future, Journal of Astrophysics and Astronomy, no. 26, pp. 123-138, 2005.
- [2] https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Plato/Asteroseismology_the_music_of_the_stars#:~:text=One%20set%20is%20called%20the,displacements%20of%20the%20stellar%20gas . (11.2.2025)
- [3] Keer L., Neutron star oscillations from starquakes, PhD thesis, UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON, FACULTY OF SOCIAL AND HUMAN SCIENCES, 2014.
- [4] <https://www.mpg.de/529944/pressRelease200604202> (11.2.2025)
- [5] Watts A.L., Strohmayer T.E., Detection with RHESSI of high frequency X-ray oscillations in the tail of the 2004 hyperflare from SGR 1806-20, Astrophysical Journal, 637, L117
- [6] <https://www.space.com/1321-biggest-starquake.html> (11.2.2025)
- [7] Lu R., Yue H., Lai X., Wang W., Zhang S., Xu R., Quakes of compact stars, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, no. 520, 4289-4300, 2023.
- [8] Ben-Menahem A., A Concise History of Mainstream Seismology: Origins, Legacy and Perspectives, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 4, pp. 1202-1225, 1995.
- [9] Baym G., Pines D., 1971, Ann. Phys., NY, 66, 816
- [10] Naserieh S., Karkooti E., Dezvareh M., Rahmati M., Analysis of artifacts and systematic errors of the Iranian Seismological Center's earthquake catalog, Journal of seismology, Vol. 23, pp. 665 – 682, 2019.
- [11] <https://skyandtelescope.org/astronomy-news/whats-inside-neutron-stars/> (11.2.2025)
- [13] <https://www.brownspace.com/what-is-a-starquake/> (11.2.2025)

КЛИМАТСКАТА КРИЗА – ПОГЛЕД ОД ВСЕЛЕНАТА

Драган Гелевски

Светот е голема мистерија. Мистеријата е толку поинтересна, колку што е поголема нашата способност да ги истражине неговите тајни. Почнувајќи од едноставните приказни за околината што се пренесувале од генерација на генерација, преку цртежи, пиктографија, картографија и алати како римската грома, па сè до метеоролошките балони и апарати за фотографирање, човекот никогаш не запрел во настојувањето да ги разоткрие тајните на нашата планета.

Но, да се добие брза, точна и прецизна слика за конкретен регион или локација долго време претставувало речиси невозможна мисија. Денес, благодарение на развојот на технологијата, брзиот пристап до прецизни набљудувања на нашата планета се сведува на само неколку клика на компјутерското глумче. Најголемиот придонес за ваквиот скок во осознавањето на Земјата им припаѓа на подемот на неколку технологии, а една од најзначајните е развивањето на вештачкиот сателит. Употребата на сателитите не само што направи континуираното набљудување на планетата да биде возможно и лесно достапно, туку разви и цел „екосистем“ на организации и компании, кои овие „супер-моќи“ ги користат за справување со најразлични проблеми, како климатската криза и екстремните временски појави.



Сл. 1. Сателитски слики (мозаик) од планетата земја, снимена од сателитот NOAA-21 помеѓу 5 и 6 Декември 2022.

Во овој текст ќе го демистифицираме процесот на кој сателитите функционираат, покажувајќи дека тие не се исклучиво алатка за големите научни истражувања и државни организации, туку дека нивната технологија има директно влијание врз нашиот секојдневен живот. Откако ќе ја разбереме нивната улога и различните фактори кои влијаат врз нивното непречено работење, ќе објаснаме како секој човек, без разлика дали е научник, истражувач или обичен граѓанин – може да ги користи сателитските податоци за решавање на секојдневните проблеми, од детектирањето на промените во животната средина, па сè до климатските промени и загадувањето.

Сатели и нивната намена

Кога ќе помислиме на сателит, обично си замислуваме кутија што лебди во вселената и прави фотографии од Земјата, кои потоа се обработуваат. Иако оваа слика не е погрешна, таа покрива само еден мал дел од пошироката намена што ја имаат сателитите. Огромен број индустрии зависат од сигналите што секојдневно се испраќаат и примаат преку ваквите уреди. Всушност, тие се толку многу распространети и толку често се употребуваат што:

- Во моментот има околу 10.000 активни сателити во орбитата околу Земјата [1].
- Секоја година се лансираат околу 2800 нови сателити [2].
- Дури 105 државни и мултинационални организации се регистрирани како официјални оператори на сателити во орбитата [1].

За да можеме да разбереме зошто овие сателити се толку потребни, најдобро е да ги поделиме и групираме во следниве категории, раководејќи се според нивната намена:

- **Комуникациски сателити:** Испраќаат и примаат сигнали до Земјата, овозможувајќи непречена глобална комуникација. Тука спаѓаат и сателитите за телекомуникациите, радио, ТВ и интернет.
- **Навигациски сателити:** Обезбедуваат сигнал за определување на локација и на време за бројни уреди на Земјата. Најпознат пример е „Глобалниот позиционен систем“ (попознат како GPS), кој го користиме секојдневно.
- **Астрономски сателити:** Огромни вселенски инструменти за проучување на вселената и вселенските тела, какви што се телескопите што фотографираат далечни планети, галаксии и црни дупки.

- **Климатски и метеоролошки сателити:** Сателити со вградени инструменти коишто имаат специјални сензори за директно мерење на временските услови на Земјата.
- **Опсервациски сателити:** Постојано ја снимаат планетата и ги следат промените на кои таа е подложна низ времето. Понатамошната споредба на овие снимки е клучна за брза анализа и лесно следење на промени како снежна покривка, изливање на реки или зелена површина.

Научниците и истражувачите повеќе не се единствените кои уживаат во моќта и способностите што ги нудат сателитите. Едноставно кажано, сателитите се одамна дел од нашето секојдневие. Дали додека гледаме телевизија или патуваме до непозната дестинација, ние постојано ја користиме оваа извонредна технологија.

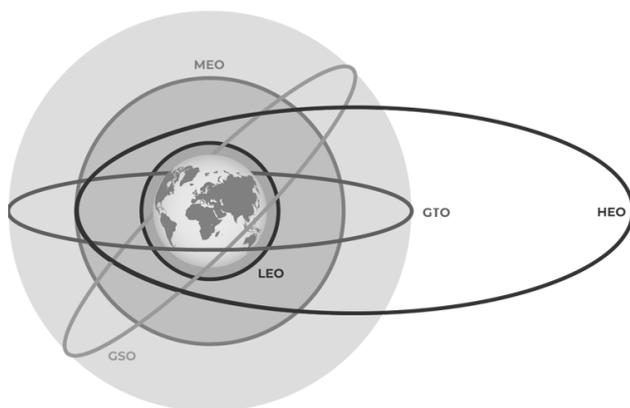
Што се сателитски орбити и зошто се важни

Ако некогаш сте биле на планина и сте погледнале во ѕвездите, можеби сте забележале светла точка којашто со константна брзина бавно се движи по праволиниски линија. Тоа не е ниту ѕвезда, ниту авион, туку сателит, кој се движи по прецизна и добро дефинирана патека. Оваа патека се нарекува орбита и е најважен елемент за непреченото и ефикасно работење на еден сателит. Пред воопшто да се лансира еден сателит, внимателно се одбира соодветна орбитата по која тој ќе се движи. За ваквиот избор, постојат практични причини а главните се:

- **Оддалеченоста од Земјата** (која влијае врз резолуцијата на снимките или мерењата).
- **Фреквенцијата на обиколување** (колку често сателитот ќе „поминува“ над одредена точка).
- **Очекуваниот оперативен век** (конзервација на гориво, намалување на атмосферското влијание итн.).

Различните мисии и различните сателити функционираат во различни орбити. Табелата подолу [3], служи за да ги споредиме главните орбити по кои сателитите може да патуваат:

Орбита	Висина (км)	Погодна за	Предност	Мисии
Ниска Земјина Орбита (LEO)	180 - 2000 км	Земјино набљудување, метеорологија, интернет, истражување	Висока резолуција за слики, ниско доцнење на сигнал (Latency) за комуникација	ISS, Starlink, Sentinel, Landsat
Средна Земјина Орбита (MEO)	2,000 - 35786 км	GPS, навигација, комуникација	Рамнотежа помеѓу покриеност и доцнење на сигнал (Latency), идеална за навигациски системи	GPS, Galileo, GLONASS
Геостационарна Орбита (GEO)	~35786 км	Временска прогноза, телекомуникација, ТВ прием, воени потреби	Фиксирана позиција над Земјата за континуирано покривање	GOES, Intelsat, Himawari
Геосинхрона Орбита (GTO)	~35786 км, наклонета	Специфични телекомуникација и временска прогноза	Слична на GEO, но со наклонета орбита – сателитите не се фиксни над истата точка	COMS-1, INSAT
Високо Елиптична Орбита (HEO)	500 - 100000 км	Мисија за вселенско истражување	Долги периоди набљудување на една област во вселената и на земјата (Арктички области)	Molniya, X-ray телескоп



Сл. 2. Визуелна репрезентација на орбитите по кои најчесто се движат сателитите.

Сателити за опсервација на зејмата

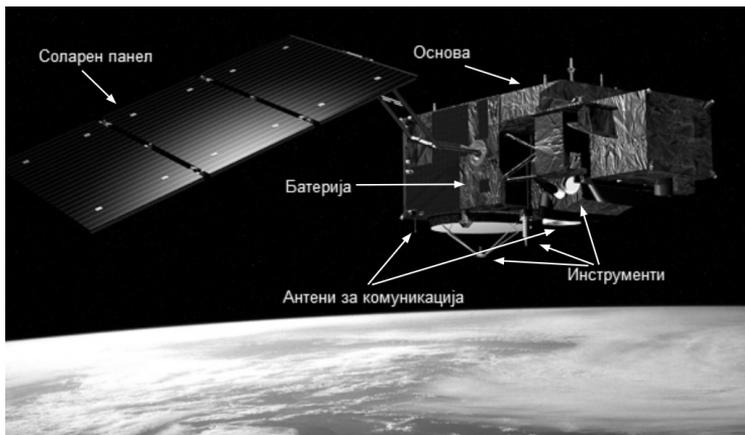
Во еколот на климатската криза, кога мисиите за проучување на климатските промени стануваат сè поважна тема, употребата на сателитите за набљудување на Земјата доаѓа во прв план. Иако звучи футуристички, вакви уреди постојат уште од доцните 1950-ти и почетокот на 1960-тите, кога биле лансирани Explorer 6 и TIROS-1. Тие имале задача да фотографираат делови од Земјата, а TIROS-1 послужил и за метеоролошки предвидувања. Вистинската револуција, сепак, започнува во 1972 година, со лансирањето на Landsat-1 – настан што претставува почеток на најдолгата оперативна мисија за набљудување на Земјата од вселената, мисија која и денес е активна. Во моментов, Landsat-8 и Landsat-9, се оперативни сателити на таа програма. Покрај овие мисии мора да се спомнат и Sentinel сателитите од програмата Copernicus, коишто се едни од нај корисените сателити за опсервација на планетата и за следење на временските непогоди.

Како изгледа структурата на еден сателит?

За да опстои еден сателит во вселената, потребно е тој да биде самоодржлив. Затоа, сателитите се смислени со компоненти кои не само што генерираат струја, туку имаат и батерии за стабилно напојување. Останатите компоненти се користат за комуникација, одржување на сателитот во орбитата и за извршување на различни мерења и фотографирање [4].

- **Соларни панели:** главен извор на енергија на сателитот.

- **Батерија:** складира енергија кога сателитот е во сенка или кога соларните панели не се во можност да ја обезбедат потребната моќност.
- **Основа (Bus):** Телото на сателитот на кое се прикачени инструменти и други витални компоненти.
- **Инструменти и сензори (Payload):** клучните елементи што ја извршуваат мисијата, без разлика дали станува збор за фотографирање, скенирање, мерење и слично.
- **Антиена:** комуникациска врска помеѓу сателитот и контролниот центар на Земјата.



Сл. 3. Сателитот Sentinel-3а и позицијата на неговите главни компоненти.

Пренос на податоци и мерења

Континуираното мерење и сликање на планетата генерира огромна количина на податоци кои мораат да се пренесат во центрите за комуникација. За таа цел се користат различни радио, микробранови или ласерски системи, сè со цел податоците да стигнат брзо и стабилно до Земјата (процес кој се нарекува downlink). Преку истите системи се испраќаат и команди за калибрирање, одржување или итни интервенции на сателитот (uplink).

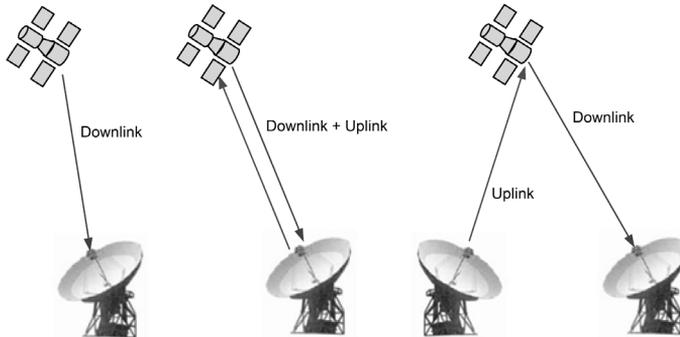
Но, за добиените снимки и мерења да станат навистина корисни за поширокиот круг на корисници, потребно е да се преземат неколку важни чекори по нивниот downlink:

1. **Примање на необработени податоци** – Примање и складирање на необработените податоците во комуникациските центри.

2. **Категоризација и обработка** – прочистување на сликите и структурирање на мерењата.

3. **Зачувување во податочен центар** – податоците стануваат дел од внимателно категоризиран податочен сет што може да се користи од различни научници, институции или апликации.

4. **Јавни дигитални сервис** – многу од овие податоци се достапни бесплатно (пример, Copernicus програмата на ЕСА, Landsat програмата на НАСА).



Сл. 4. Различни методи на комуникација помеѓу еден сателит и антена на земјата (примање и праќање сигнали).

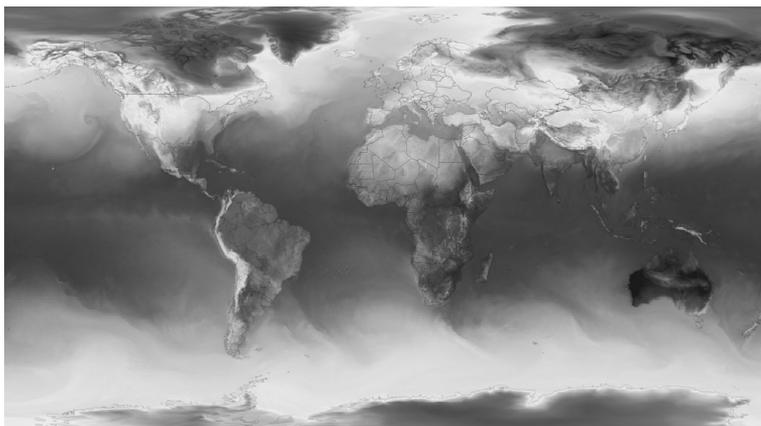
Иднината на метеорологијата - Сателитски податоци или Метеоролошки станици?

Бројот на сателити во атмосферата сè повеќе се зголемува, а технологијата и сензорите во овие сателити станува сè посоефицицирана. Токму затоа, прашањето што често се поставува е следното: **дали ова е иднината на метеорологијата?** Дали метеоролошките сателитите, како и оние за опсервација на земјата, можат да ги заменат метеоролошките станици и сензори кои одамна се користат како веродостоен извор на податоци во метеорологијата? Поради постојаните иновации и технолошки напредоци, тешко е да се дојде до конкретен одговор со моќ за предвидување. Нешто што можеме со сигурност да заклучиме е дека во овој момент искуството вели дека и двата системи се многу важни, не само за метеорологија, туку и за предвидувањето на ризици од екстремни временски појави и справувањето со катастрофи. Тоа е така, затоа што сателитите и метеоролошките станици и сензори нудат многу различен вид на податоци.

Сателитите нудат податоци кои имаат **просторна и временска резолуција**. Просторната резолуција ни укажува колкаво е најмалото делче што сателитот може да го детектира и да го измери. Ова може да биде претставено во метри (понови сателити со добра резолуција), или во километри (сателити кои се постари или

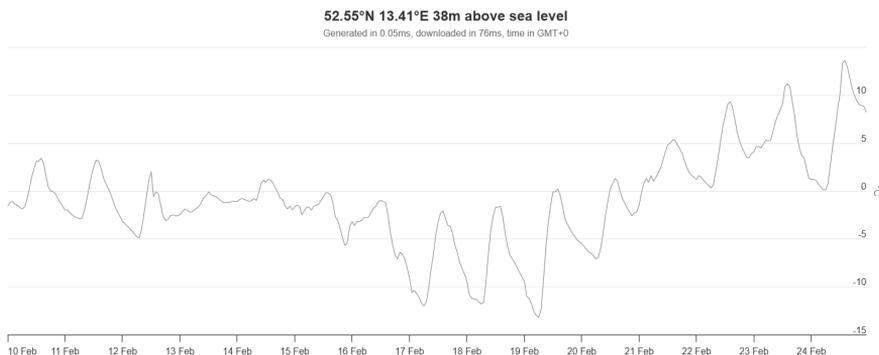
имаат помала резолуција). Временската резолуција, пак, ни укажува на колкав временски интервал добиваме нови податоци за една иста локација – што може да е на дневно ниво, или на повеќедневно ниво.

Овие две единици, заедно со ризикот од атмосферски пречки (како присуството на облаци), ги прави сателитските податоци помалку прецизни и со помала конзистентност. Но, и покрај овие неповолности, сателитите се незаменливи бидејќи ја покриваат целата Земја, и со тоа нудат податоци дури и за најнедостапните места на нашата планета. Сателитите исто така можат да мерат атмосферски појави кои станиците не можат да ги следат.



Сл. 5. Визуелизација на глобални сателитски податоци за температура.

Метеоролошките станици, од друга страна, нудат **директни мерења на непосредната локацијата** каде се наоѓа самиот сензор. Тоа значи дека овие податоци се многу прецизни и нудат многу појасна слика за специфичната геолокациска точка. Временска резолуција постои и кај овие податоци, но за разлика од сателитите таа се мери во минути или часови. Прецизноста и конзистентноста се главните придобивки на овој тип на мерења. Но, доколку сакаме да покриеме голема површина со ваквите станици, нивното поставување, заедно со оперативните и инфраструктурните трошоци, како и одржувањето, стануваат многу скапа опција. Дополнителен проблем е теренот на кој се поставува станицата. Имено, не секогаш е возможно да се изведе соодветно и безбедно поставување. Затоа ваквите станици се во помал број и се поставуваат само на места од висока важност.



Сл. 6. Визуелизација на податоци за температура измерени од метеоролошка станица.

За пример може да ја земеме мрежата на метеоролошки мерни станици во Македонија. Бројот на ваквите станици во нашата земја е 65. Овие станици можат да ни дадат релевантни податоци во радиус до 40 километри. Тоа значи дека ќе ни требаат повеќе од 600 станици за да ја покриеме целата држава [5].

Искусството покажува дека најдобри резултати се добиваат со комбинирање на двата извора: сателитите ја овозможуваат „широката слика“ (глобално покривање), додека метеоролошките станици даваат детален и прецизен увид за конкретни локации. [6]

Следење на геолокација преку јавен и бесплатен сервис

Денес е многу лесно (и брзо) да се дојде до некаква сателитска слика или податок. Националните и интернационалните вселенски организации како НАСА и ЕСА нудат јавни алатки и сервиси преку кои можеме директно да пристапиме до сателитски слики и мерења, но и до алатки за нивна визуализација или споредба. Во случај да ни треба директен пристап до податоците, има и комплетно обработени и категоризирани податочни сетови кои земаат податоци не само од сателитските слики и мерења, туку и од сензори на земјата, или пак нудат резултати од климатски и временски модели. Добри примери за вакви сервиси се ESA Copernicus Browser [7] и NASA World View [8].

Ваквите јавни сервиси овозможуваат и обични корисници кои не се дел од научни проекти или владини организации, да работат на сложени проблеми како што се визуализација на климатските промени, откривање на промени во океаните и следење на уништување на шумите, користејќи ги само овие јавно достапни сателитски податоци и алатки.

Водич до користење сателитски податоци

Опсервација на градот Скопје

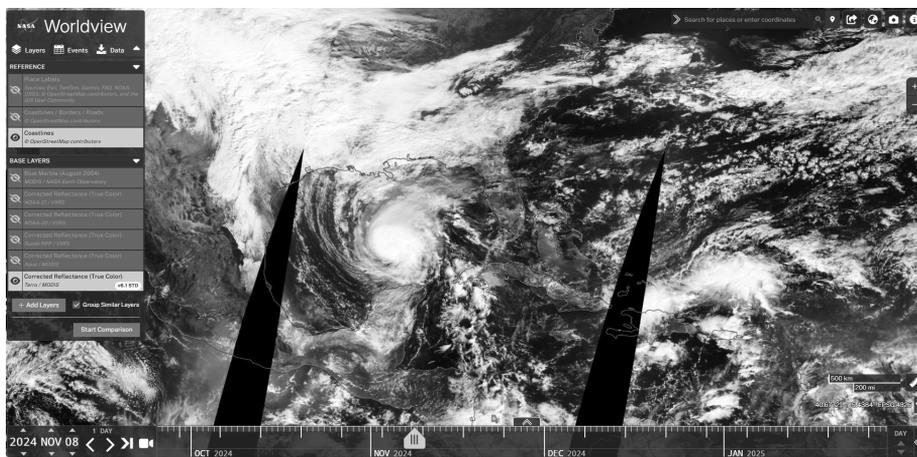
За да ја видиме последната слика која е јавно достапна од некаква локација на планетата доволно е да се отвори веб алатката Copernicus Browser. За разлика од NASA World View, квалитетот на снимките е повисок и може директно да се види на кој ден кој дел од планетата бил покриен. Оваа алатка може да се користи со креирање на корисничка сметка, која ни дозволува да имаме директен пристап до одредени податоци. Исто така, може да се користи и анонимно, без корисничка сметка, ако не ја користиме алатката често. На алатката може да ја искористиме “zoom” опцијата и да ја најдеме локацијата или да го ја побараме преку полето за пребарување. Кога ќе сме поставени на локацијата која ја бараме, кликуваме на опцијата “Show latest date”, со што ни се појавува последната снимка. Ако кликнеме на датумот, ќе видиме дека се појавува календар на којшто се обележани деновите каде има снимка. Доколку има само неколку денови може да поставите поголем процент на максимум покриеност од облаци (Иконата со облак и број во проценти до него), со што се појавува поголем избор на денови, поради тоа што се прикажуваат и деновите каде локацијата е покриена со облаци. Во делот на “Layers” може и да одберете различни типови на снимки од различни инструменти, како на пример “NDVI” која покажува индекс на вегетација (Мерило за зеленило).



Сл. 7. Скопје на 06 Февруари 2025, пристапено преку алатката Copernicus Browser.

Опсервација на природна катастрофа

Природна катастрофа како на пример ураганот Милтон, може да го видиме од вселената и тоа преку веб алатката NASA World View. Оваа алатка, иако не е толку детална како Copernicus Browser за слики од близу, има многу подобра слика за светот, ако гледаме од повисоко. Тоа значи дека големи природни катастрофи многу полесно може да ги видиме со оваа алатка. Исто така – што не е за занемарување – алатката е многу лесна за користење. Ако навигираме до NASA World View веб страната, ќе ни се појави целата планета. Во левиот долен агол на алатката може да најдеме поле за внес на датум. Тука може да менуваме и да гледаме како изгледала планетата денови, месеци и години наназад. Ако ја смениме датата во 8 Ноември 2024 и навигираме до Флорида, САД, ќе видиме како ураганот Милтон се движи кон копното.



Сл. 8. Сателитска снимка од Ураганот Милтон близу Флорида, на 08 Ноември 2024, пристапено преку алатката NASA Worldview.

Заклучок

Сателитите направија револуција во набљудувањето на Земјата. Со помош на оваа револуција, многу појави и процеси кои речиси и не можеле да се следат во минатото, сега стануваат видливи, дури и во реално време (*real time*). Во комбинација со метеоролошките станици, тие обезбедуваат моќен „прозорец“ кој ни овозможува јасно да ја согледаме состојбата на нашата планета – што потоа ни дава навремени предупредувања за екстремните временски и климатски настани кои претставуваат закана за целата планета. Овој тренд ќе биде уште посилен во иднина, а со тоа, се надеваме, ќе

стане посилна и нашата способност да ги разбереме, да ги предвидиме и да ги ублажиме последиците од климатските промени.

e-mail: dragan@earthcare.ai

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

Извори

- [1] <https://nanoavionics.com/blog/how-many-satellites-are-in-space/>
- [2] <https://www.spacefoundation.org/2024/01/23/the-space-report-2023-q4/>
- [3] https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits
- [4] <https://www.eoportal.org/satellite-missions/copernicus-sentinel-3>
- [5] <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/how-forecasts-are-made/observations/weather-stations>
- [6] https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/2015_pvmrw_160_kankiewicz.pdf
- [7] <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
- [8] <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Астрономски календар за 2025 година

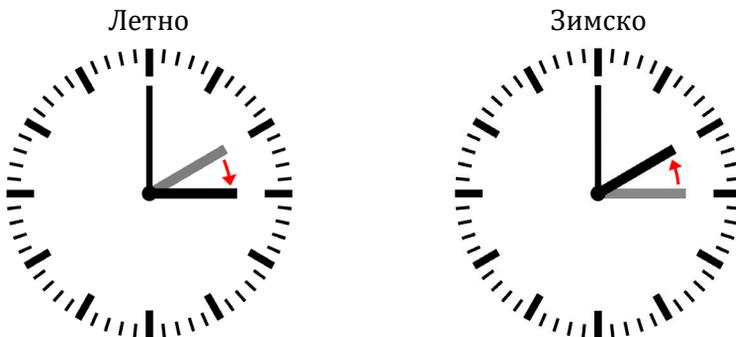
Јана Богданоска

Во овој Астрономски календар, астрономските појави се прикажани во официјалното време што се користи во Република Македонија, пресметани за набљудувач во Скопје со следните координати:

$$\varphi = 42^{\circ}06' , \lambda = 21^{\circ}26' 2'' , h = 259 \text{ m.}$$

Во Македонија во зимскиот период се користи Централното европско време (CET), а во летниот период Централното европско летно време (CEST). Во зимскиот период официјалното време во државава ќе биде за еден час поголемо од Средното Гриничко време (GMT), 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).

Во 2025 г. *летното мерење* на времето во Македонија ќе започне на **30 март** во **02:00** часот официјално време (кога ќе се додаде еден час). *Зимското мерење* на времето ќе започне на **26 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 2025 г.

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...) вистинскиот 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 2025 г.

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

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

V. Основни фази на Месечината во 2025 г.

VI. Видливост на планетите во 2025 г.

VII. Затемнување на Сонцето и Месечината во 2025 г.

VIII. Стеснет календар за метоерските роеви во 2025 г.

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 2025

ДЕН	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	07:02	11:37	16:13	9:11:21	07:51	12:08	17:41
2	07:02	11:38	16:14	9:12:09	08:34	13:04	18:56
3	07:02	11:38	16:15	9:13:02	09:08	13:58	20:11
4	07:02	11:38	16:16	9:13:59	09:37	14:49	21:25
5	07:02	11:39	16:17	9:14:59	10:01	15:37	22:39
6	07:02	11:39	16:18	9:16:04	10:24	16:25	23:52
7	07:02	11:40	16:19	9:17:12	10:45	17:12	01:08
8	07:02	11:40	16:20	9:18:24	11:08	18:01	01:08
9	07:01	11:41	16:21	9:19:39	11:34	18:52	02:25
10	07:01	11:41	16:22	9:20:58	12:05	19:47	03:43
11	07:01	11:41	16:23	9:22:21	12:43	20:46	04:58
12	07:01	11:42	16:24	9:23:47	13:33	21:47	06:05
13	07:00	11:42	16:25	9:25:16	14:33	22:49	07:00
14	07:00	11:43	16:27	9:26:48	15:41	23:47	07:43
15	06:59	11:43	16:28	9:28:24	16:53	00:41	08:16
16	06:59	11:43	16:29	9:30:03	18:05	00:41	08:43
17	06:58	11:44	16:30	9:31:45	19:13	01:30	09:05
18	06:58	11:44	16:31	9:33:30	20:19	02:15	09:24
19	06:57	11:44	16:32	9:35:18	21:21	02:57	09:42
20	06:57	11:45	16:34	9:37:09	22:23	03:37	10:00
21	06:56	11:45	16:35	9:39:02	23:24	04:16	10:19
22	06:55	11:45	16:36	9:40:58	00:27	04:56	10:40
23	06:54	11:46	16:37	9:42:57	00:27	05:37	11:05
24	06:54	11:46	16:39	9:44:58	01:31	06:22	11:37
25	06:53	11:46	16:40	9:47:02	02:36	07:09	12:17
26	06:52	11:46	16:41	9:49:08	03:42	08:01	13:08
27	06:51	11:46	16:43	9:51:16	04:44	08:56	14:10
28	06:50	11:47	16:44	9:53:27	05:40	09:54	15:21
29	06:49	11:47	16:45	9:55:39	06:28	10:51	16:37
30	06:48	11:47	16:46	9:57:54	07:06	11:48	17:54
31	06:47	11:47	16:48	10:00:10	07:38	12:41	19:11

ДЕН	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	06:46	11:47	16:49	10:02:29	08:04	13:32	20:27
2	06:45	11:47	16:50	10:04:49	08:28	14:21	21:42
3	06:44	11:48	16:52	10:07:11	08:50	15:09	22:58
4	06:43	11:48	16:53	10:09:35	09:12	15:58	00:15
5	06:42	11:48	16:54	10:12:00	09:37	16:49	01:33
6	06:41	11:48	16:55	10:14:27	10:06	17:43	01:33
7	06:40	11:48	16:57	10:16:55	10:42	18:40	02:48
8	06:39	11:48	16:58	10:19:25	11:27	19:39	03:56
9	06:37	11:48	16:59	10:21:56	12:22	20:39	04:54
10	06:36	11:48	17:01	10:24:28	13:26	21:38	05:40
11	06:35	11:48	17:02	10:27:01	14:36	22:32	06:16
12	06:34	11:48	17:03	10:29:36	15:48	23:23	06:44
13	06:32	11:48	17:04	10:32:12	16:57	00:09	07:08
14	06:31	11:48	17:06	10:34:49	18:04	00:52	07:28
15	06:30	11:48	17:07	10:37:27	19:08	00:52	07:46
16	06:28	11:48	17:08	10:40:06	20:10	01:33	08:04
17	06:27	11:48	17:10	10:42:45	21:12	02:12	08:22
18	06:25	11:48	17:11	10:45:26	22:14	02:52	08:42
19	06:24	11:48	17:12	10:48:08	23:17	03:32	09:06
20	06:22	11:48	17:13	10:50:50	00:21	04:15	09:34
21	06:21	11:48	17:15	10:53:33	00:21	05:01	10:09
22	06:19	11:47	17:16	10:56:17	01:26	05:50	10:54
23	06:18	11:47	17:17	10:59:01	02:30	06:43	11:50
24	06:16	11:47	17:18	11:01:47	03:28	07:38	12:56
25	06:15	11:47	17:19	11:04:32	04:18	08:35	14:10
26	06:13	11:47	17:21	11:07:19	05:01	09:32	15:28
27	06:12	11:47	17:22	11:10:06	05:35	10:27	16:46
28	06:10	11:47	17:23	11:12:53	06:04	11:19	18:04

МАРТ 2025

ДЕН	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	06:09	11:46	17:24	11:15:41	06:29	12:10	19:22
2	06:07	11:46	17:26	11:18:29	06:52	13:00	20:41
3	06:05	11:46	17:27	11:21:17	07:15	13:50	22:00
4	06:04	11:46	17:28	11:24:06	07:39	14:42	23:20
5	06:02	11:46	17:29	11:26:56	08:07	15:37	00:38
6	06:01	11:45	17:30	11:29:45	08:42	16:34	01:50
7	05:59	11:45	17:31	11:32:35	09:24	17:34	01:50
8	05:57	11:45	17:33	11:35:25	10:16	18:34	02:51
9	05:56	11:45	17:34	11:38:15	11:18	19:33	03:40
10	05:54	11:44	17:35	11:41:06	12:26	20:28	04:18
11	05:52	11:44	17:36	11:43:56	13:36	21:19	04:48
12	05:51	11:44	17:37	11:46:47	14:46	22:06	05:12
13	05:49	11:44	17:38	11:49:38	15:52	22:49	05:33
14	05:47	11:43	17:40	11:52:29	16:57	23:30	05:52
15	05:45	11:43	17:41	11:55:20	17:59	00:10	06:09
16	05:44	11:43	17:42	11:58:11	19:01	00:49	06:27
17	05:42	11:42	17:43	12:01:02	20:03	00:49	06:47
18	05:40	11:42	17:44	12:03:54	21:05	01:29	07:08
19	05:39	11:42	17:45	12:06:45	22:09	02:11	07:35
20	05:37	11:42	17:46	12:09:36	23:14	02:55	08:07
21	05:35	11:41	17:48	12:12:27	00:17	03:43	08:47
22	05:33	11:41	17:49	12:15:18	00:17	04:34	09:37
23	05:32	11:41	17:50	12:18:10	01:17	05:27	10:37
24	05:30	11:40	17:51	12:21:01	02:10	06:22	11:46
25	05:28	11:40	17:52	12:23:52	02:54	07:17	13:00
26	05:26	11:40	17:53	12:26:42	03:31	08:12	14:17
27	05:25	11:39	17:54	12:29:33	04:01	09:04	15:35
28	05:23	11:39	17:55	12:32:23	04:28	09:55	16:53
29	05:21	11:39	17:57	12:35:14	04:51	10:45	18:13
30	06:20	11:39	18:58	12:38:04	05:15	11:36	20:34
31	06:18	12:38	18:59	12:40:54	06:39	13:28	21:57

АПРИЛ 2025

ДЕН	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	12:43:43	07:06	14:24	23:20
2	06:14	12:38	19:01	12:46:32	07:38	15:22	00:37
3	06:13	12:37	19:02	12:49:21	08:19	16:23	01:44
4	06:11	12:37	19:03	12:52:10	09:09	17:26	02:38
5	06:09	12:37	19:04	12:54:58	10:09	18:26	02:38
6	06:08	12:37	19:05	12:57:45	11:17	19:24	03:20
7	06:06	12:36	19:07	13:00:33	12:28	20:16	03:52
8	06:04	12:36	19:08	13:03:19	13:37	21:04	04:18
9	06:03	12:36	19:09	13:06:06	14:44	21:48	04:39
10	06:01	12:35	19:10	13:08:52	15:49	22:29	04:58
11	05:59	12:35	19:11	13:11:37	16:51	23:09	05:16
12	05:58	12:35	19:12	13:14:22	17:52	23:48	05:34
13	05:56	12:35	19:13	13:17:06	18:54	00:28	05:52
14	05:55	12:34	19:14	13:19:49	19:56	01:09	06:13
15	05:53	12:34	19:16	13:22:32	21:00	01:53	06:38
16	05:51	12:34	19:17	13:25:14	22:04	01:53	07:08
17	05:50	12:34	19:18	13:27:56	23:08	02:39	07:45
18	05:48	12:33	19:19	13:30:36	00:09	03:29	08:31
19	05:47	12:33	19:20	13:33:16	01:03	04:21	09:27
20	05:45	12:33	19:21	13:35:55	01:50	05:14	10:31
21	05:44	12:33	19:22	13:38:34	01:50	06:08	11:42
22	05:42	12:33	19:23	13:41:11	02:28	07:01	12:55
23	05:41	12:32	19:24	13:43:48	03:00	07:53	14:09
24	05:39	12:32	19:26	13:46:23	03:27	08:43	15:25
25	05:38	12:32	19:27	13:48:57	03:51	09:32	16:42
26	05:36	12:32	19:28	13:51:31	04:14	10:21	18:02
27	05:35	12:32	19:29	13:54:03	04:37	11:12	19:25
28	05:33	12:31	19:30	13:56:34	05:03	12:06	20:49
29	05:32	12:31	19:31	13:59:04	05:33	13:03	22:12
30	05:31	12:31	19:32	14:01:32	06:10	14:05	23:27

МАЈ 2025

ДЕН	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	14:03:59	06:57	15:09	00:29
2	05:28	12:31	19:34	14:06:25	07:55	16:13	01:17
3	05:27	12:31	19:36	14:08:50	09:03	17:14	01:53
4	05:25	12:31	19:37	14:11:12	10:15	18:10	02:22
5	05:24	12:31	19:38	14:13:34	11:27	19:01	02:22
6	05:23	12:31	19:39	14:15:53	12:36	19:47	02:45
7	05:22	12:30	19:40	14:18:11	13:41	20:29	03:04
8	05:20	12:30	19:41	14:20:27	14:44	21:09	03:22
9	05:19	12:30	19:42	14:22:42	15:45	21:48	03:40
10	05:18	12:30	19:43	14:24:54	16:47	22:27	03:58
11	05:17	12:30	19:44	14:27:05	17:48	23:08	04:19
12	05:16	12:30	19:45	14:29:13	18:52	23:51	04:42
13	05:15	12:30	19:46	14:31:20	19:56	00:36	05:10
14	05:14	12:30	19:47	14:33:25	21:00	01:25	05:45
15	05:13	12:30	19:48	14:35:27	22:02	01:25	06:29
16	05:12	12:30	19:49	14:37:27	22:59	02:17	07:22
17	05:11	12:30	19:50	14:39:25	23:48	03:10	08:24
18	05:10	12:30	19:51	14:41:21	00:28	04:04	09:31
19	05:09	12:30	19:52	14:43:14	01:01	04:57	10:42
20	05:08	12:30	19:53	14:45:04	01:29	05:48	11:54
21	05:07	12:30	19:54	14:46:52	01:53	06:37	13:06
22	05:07	12:30	19:55	14:48:38	01:53	07:24	14:20
23	05:06	12:31	19:56	14:50:20	02:16	08:11	15:36
24	05:05	12:31	19:57	14:52:00	02:38	09:00	16:55
25	05:04	12:31	19:58	14:53:37	03:01	09:50	18:17
26	05:04	12:31	19:59	14:55:11	03:28	10:45	19:41
27	05:03	12:31	20:00	14:56:43	04:01	11:44	21:01
28	05:02	12:31	20:01	14:58:11	04:43	12:47	22:11
29	05:02	12:31	20:01	14:59:36	05:36	13:53	23:07
30	05:01	12:31	20:02	15:00:58	06:42	14:58	23:49
31	05:01	12:31	20:03	15:02:16	07:54	15:58	00:22

ЈУНИ 2025

ДЕН	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	20:04	15:03:32	09:09	16:52	00:47
2	05:00	12:32	20:04	15:04:43	10:21	17:41	01:09
3	04:59	12:32	20:05	15:05:52	11:30	18:26	01:28
4	04:59	12:32	20:06	15:06:57	12:35	19:07	01:45
5	04:59	12:32	20:07	15:07:59	13:37	19:47	02:04
6	04:58	12:32	20:07	15:08:57	14:38	20:26	02:04
7	04:58	12:33	20:08	15:09:51	15:40	21:06	02:23
8	04:58	12:33	20:08	15:10:42	16:43	21:48	02:46
9	04:58	12:33	20:09	15:11:29	17:47	22:33	03:12
10	04:57	12:33	20:10	15:12:12	18:51	23:21	03:45
11	04:57	12:33	20:10	15:12:52	19:54	00:12	04:26
12	04:57	12:34	20:11	15:13:28	20:53	01:05	05:17
13	04:57	12:34	20:11	15:14:00	21:45	01:59	06:17
14	04:57	12:34	20:12	15:14:28	22:28	01:59	07:23
15	04:57	12:34	20:12	15:14:52	23:03	02:53	08:34
16	04:57	12:34	20:12	15:15:12	23:32	03:45	09:45
17	04:57	12:35	20:13	15:15:29	23:57	04:34	10:56
18	04:57	12:35	20:13	15:15:41	00:20	05:21	12:08
19	04:57	12:35	20:13	15:15:50	00:41	06:08	13:20
20	04:58	12:35	20:13	15:15:55	01:03	06:54	14:35
21	04:58	12:36	20:14	15:15:55	01:27	07:42	15:53
22	04:58	12:36	20:14	15:15:52	01:57	08:33	17:15
23	04:58	12:36	20:14	15:15:45	01:57	09:28	18:35
24	04:59	12:36	20:14	15:15:33	02:33	10:28	19:50
25	04:59	12:36	20:14	15:15:18	03:20	11:32	20:52
26	04:59	12:37	20:14	15:14:59	04:20	12:38	21:41
27	05:00	12:37	20:14	15:14:36	05:30	13:40	22:18
28	05:00	12:37	20:14	15:14:09	06:46	14:39	22:47
29	05:01	12:37	20:14	15:13:39	08:01	15:31	23:11
30	05:01	12:37	20:14	15:13:04	09:13	16:18	23:31

ЈУЛИ 2025

ДЕН	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	20:14	15:12:26	10:21	17:02	23:49
2	05:02	12:38	20:14	15:11:44	11:25	17:43	00:08
3	05:03	12:38	20:14	15:10:58	12:28	18:23	00:27
4	05:03	12:38	20:13	15:10:09	13:30	19:03	00:48
5	05:04	12:38	20:13	15:09:16	14:32	19:44	01:13
6	05:04	12:39	20:13	15:08:19	15:35	20:28	01:44
7	05:05	12:39	20:12	15:07:19	16:40	21:15	02:22
8	05:06	12:39	20:12	15:06:15	17:44	22:05	02:22
9	05:06	12:39	20:12	15:05:08	18:45	22:58	03:09
10	05:07	12:39	20:11	15:03:58	19:40	23:52	04:07
11	05:08	12:39	20:11	15:02:44	20:26	00:47	05:12
12	05:09	12:39	20:10	15:01:27	21:04	01:40	06:23
13	05:09	12:40	20:10	15:00:07	21:35	01:40	07:35
14	05:10	12:40	20:09	14:58:44	22:02	02:31	08:48
15	05:11	12:40	20:08	14:57:18	22:25	03:19	09:59
16	05:12	12:40	20:08	14:55:49	22:46	04:06	11:11
17	05:13	12:40	20:07	14:54:16	23:08	04:52	12:25
18	05:14	12:40	20:06	14:52:41	23:31	05:39	13:40
19	05:14	12:40	20:06	14:51:03	23:57	06:28	14:58
20	05:15	12:40	20:05	14:49:22	00:30	07:20	16:17
21	05:16	12:40	20:04	14:47:39	01:11	08:17	17:33
22	05:17	12:40	20:03	14:45:53	01:11	09:18	18:39
23	05:18	12:40	20:02	14:44:04	02:05	10:22	19:32
24	05:19	12:40	20:01	14:42:13	03:09	11:25	20:14
25	05:20	12:40	20:00	14:40:20	04:22	12:24	20:46
26	05:21	12:40	19:59	14:38:24	05:38	13:19	21:12
27	05:22	12:40	19:58	14:36:26	06:52	14:09	21:33
28	05:23	12:40	19:57	14:34:25	08:03	14:55	21:53
29	05:24	12:40	19:56	14:32:23	09:09	15:37	22:11
30	05:25	12:40	19:55	14:30:19	10:14	16:18	22:30
31	05:26	12:40	19:54	14:28:12	11:17	16:58	22:50

АВГУСТ 2025

ДЕН	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	19:53	14:26:04	12:19	17:39	23:14
2	05:28	12:40	19:52	14:23:53	13:23	18:22	23:42
3	05:29	12:40	19:51	14:21:41	14:27	19:07	00:17
4	05:30	12:40	19:49	14:19:27	15:31	19:56	01:00
5	05:31	12:40	19:48	14:17:12	16:33	20:48	01:54
6	05:32	12:40	19:47	14:14:55	17:31	21:42	02:56
7	05:33	12:40	19:46	14:12:36	18:20	22:37	02:56
8	05:34	12:40	19:44	14:10:16	19:02	23:31	04:06
9	05:35	12:40	19:43	14:07:54	19:36	00:23	05:19
10	05:36	12:39	19:42	14:05:31	20:04	01:14	06:33
11	05:37	12:39	19:40	14:03:06	20:29	01:14	07:47
12	05:38	12:39	19:39	14:00:41	20:51	02:02	09:00
13	05:39	12:39	19:38	13:58:14	21:12	02:49	10:14
14	05:40	12:39	19:36	13:55:45	21:35	03:37	11:30
15	05:41	12:39	19:35	13:53:16	22:01	04:25	12:48
16	05:42	12:38	19:33	13:50:45	22:31	05:17	14:06
17	05:43	12:38	19:32	13:48:14	23:09	06:12	15:22
18	05:45	12:38	19:30	13:45:41	23:57	07:11	16:30
19	05:46	12:38	19:29	13:43:07	00:57	08:12	17:27
20	05:47	12:37	19:27	13:40:33	00:57	09:14	18:12
21	05:48	12:37	19:26	13:37:57	02:06	10:14	18:46
22	05:49	12:37	19:24	13:35:21	03:20	11:10	19:14
23	05:50	12:37	19:22	13:32:43	04:34	12:01	19:36
24	05:51	12:36	19:21	13:30:05	05:45	12:47	19:56
25	05:52	12:36	19:19	13:27:27	06:53	13:31	20:15
26	05:53	12:36	19:18	13:24:47	07:59	14:13	20:34
27	05:54	12:36	19:16	13:22:07	09:03	14:53	20:53
28	05:55	12:35	19:14	13:19:26	10:06	15:34	21:15
29	05:56	12:35	19:13	13:16:45	11:09	16:16	21:41
30	05:57	12:35	19:11	13:14:03	12:13	17:01	22:13
31	05:58	12:34	19:09	13:11:20	13:18	17:48	22:52

СЕПТЕМВРИ 2025

ДЕН	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	19:08	13:08:37	14:20	18:38	23:41
2	06:00	12:34	19:06	13:05:54	15:19	19:30	00:39
3	06:01	12:34	19:04	13:03:10	16:12	20:24	01:46
4	06:02	12:33	19:03	13:00:25	16:57	21:18	02:57
5	06:03	12:33	19:01	12:57:41	17:33	22:12	02:57
6	06:04	12:33	18:59	12:54:55	18:04	23:03	04:11
7	06:05	12:32	18:58	12:52:10	18:30	23:53	05:26
8	06:06	12:32	18:56	12:49:24	18:53	00:41	06:41
9	06:07	12:32	18:54	12:46:38	19:16	01:29	07:57
10	06:09	12:31	18:52	12:43:51	19:38	01:29	09:15
11	06:10	12:31	18:51	12:41:04	20:03	02:19	10:34
12	06:11	12:30	18:49	12:38:17	20:33	03:11	11:54
13	06:12	12:30	18:47	12:35:30	21:09	04:06	13:13
14	06:13	12:30	18:45	12:32:43	21:54	05:05	14:24
15	06:14	12:29	18:44	12:29:55	22:50	06:06	15:24
16	06:15	12:29	18:42	12:27:07	23:56	07:08	16:11
17	06:16	12:29	18:40	12:24:19	01:08	08:08	16:48
18	06:17	12:28	18:38	12:21:30	01:08	09:04	17:17
19	06:18	12:28	18:37	12:18:42	02:21	09:56	17:41
20	06:19	12:28	18:35	12:15:53	03:32	10:43	18:01
21	06:20	12:27	18:33	12:13:05	04:41	11:27	18:20
22	06:21	12:27	18:31	12:10:16	05:46	12:09	18:39
23	06:22	12:27	18:30	12:07:27	06:50	12:50	18:58
24	06:23	12:26	18:28	12:04:39	07:53	13:30	19:19
25	06:24	12:26	18:26	12:01:50	08:57	14:12	19:43
26	06:25	12:26	18:24	11:59:01	10:01	14:56	20:12
27	06:26	12:25	18:23	11:56:13	11:05	15:42	20:48
28	06:27	12:25	18:21	11:53:24	12:08	16:30	21:32
29	06:29	12:24	18:19	11:50:36	13:08	17:21	22:26
30	06:30	12:24	18:17	11:47:47	14:03	18:14	23:27

ОКТОМВРИ 2025

ДЕН	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	18:16	11:44:59	14:50	19:07	00:35
2	06:32	12:24	18:14	11:42:11	15:29	19:59	01:47
3	06:33	12:23	18:12	11:39:23	16:02	20:50	03:01
4	06:34	12:23	18:11	11:36:35	16:29	21:40	03:01
5	06:35	12:23	18:09	11:33:48	16:54	22:28	04:15
6	06:36	12:22	18:07	11:31:00	17:16	23:17	05:31
7	06:37	12:22	18:05	11:28:13	17:39	00:07	06:49
8	06:38	12:22	18:04	11:25:26	18:03	00:59	08:10
9	06:39	12:21	18:02	11:22:40	18:31	01:54	09:33
10	06:41	12:21	18:00	11:19:54	19:06	01:54	10:55
11	06:42	12:21	17:59	11:17:08	19:49	02:54	12:12
12	06:43	12:21	17:57	11:14:23	20:43	03:57	13:18
13	06:44	12:20	17:56	11:11:37	21:48	05:00	14:10
14	06:45	12:20	17:54	11:08:53	22:59	06:03	14:50
15	06:46	12:20	17:52	11:06:09	00:12	07:01	15:21
16	06:47	12:20	17:51	11:03:25	01:24	07:54	15:46
17	06:49	12:19	17:49	11:00:42	01:24	08:42	16:07
18	06:50	12:19	17:48	10:57:59	02:32	09:26	16:27
19	06:51	12:19	17:46	10:55:17	03:38	10:08	16:45
20	06:52	12:19	17:45	10:52:36	04:41	10:48	17:04
21	06:53	12:19	17:43	10:49:55	05:44	11:29	17:24
22	06:54	12:19	17:42	10:47:15	06:47	12:10	17:47
23	06:56	12:18	17:40	10:44:36	07:50	12:52	18:14
24	06:57	12:18	17:39	10:41:57	08:54	13:38	18:48
25	06:58	12:18	17:37	10:39:20	09:58	14:25	19:29
26	05:59	12:18	16:36	10:36:43	10:59	15:15	19:18
27	06:00	11:18	16:35	10:34:07	10:56	15:07	20:16
28	06:02	11:18	16:33	10:31:33	11:45	15:59	21:20
29	06:03	11:18	16:32	10:28:59	12:26	16:51	22:29
30	06:04	11:18	16:31	10:26:26	13:00	17:41	23:39
31	06:05	11:18	16:29	10:23:55	13:29	18:29	00:51

НОЕМВРИ 2025

ДЕН	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	06:07	11:18	16:28	10:21:25	13:54	19:17	02:04
2	06:08	11:17	16:27	10:18:56	14:16	20:04	02:04
3	06:09	11:17	16:25	10:16:28	14:38	20:52	03:19
4	06:10	11:17	16:24	10:14:02	15:01	21:42	04:37
5	06:11	11:17	16:23	10:11:37	15:27	22:36	06:00
6	06:13	11:17	16:22	10:09:14	15:59	23:34	07:25
7	06:14	11:18	16:21	10:06:52	16:38	00:38	08:48
8	06:15	11:18	16:20	10:04:32	17:29	00:38	10:02
9	06:16	11:18	16:19	10:02:14	18:32	01:44	11:02
10	06:18	11:18	16:18	9:59:57	19:44	02:50	11:48
11	06:19	11:18	16:17	9:57:42	21:00	03:52	12:23
12	06:20	11:18	16:16	9:55:29	22:14	04:48	12:50
13	06:21	11:18	16:15	9:53:18	23:24	05:39	13:13
14	06:23	11:18	16:14	9:51:09	00:31	06:25	13:33
15	06:24	11:18	16:13	9:49:02	00:31	07:08	13:51
16	06:25	11:19	16:12	9:46:57	01:34	07:48	14:10
17	06:26	11:19	16:11	9:44:55	02:37	08:28	14:29
18	06:27	11:19	16:10	9:42:54	03:39	09:09	14:51
19	06:29	11:19	16:10	9:40:57	04:42	09:51	15:17
20	06:30	11:19	16:09	9:39:02	05:46	10:35	15:49
21	06:31	11:20	16:08	9:37:09	06:50	11:22	16:27
22	06:32	11:20	16:08	9:35:19	07:52	12:11	17:15
23	06:33	11:20	16:07	9:33:32	08:50	13:03	18:10
24	06:35	11:20	16:06	9:31:48	09:41	13:55	19:12
25	06:36	11:21	16:06	9:30:06	10:25	14:46	20:18
26	06:37	11:21	16:05	9:28:28	11:00	15:36	21:26
27	06:38	11:21	16:05	9:26:52	11:30	16:24	22:35
28	06:39	11:22	16:04	9:25:20	11:55	17:10	23:45
29	06:40	11:22	16:04	9:23:51	12:18	17:56	00:56
30	06:41	11:22	16:04	9:22:26	12:39	18:41	02:10

ДЕКЕМВРИ 2025

ДЕН	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	16:03	9:21:03	13:01	19:28	02:10
2	06:43	11:23	16:03	9:19:44	13:25	20:19	03:28
3	06:44	11:23	16:03	9:18:29	13:52	21:13	04:50
4	06:45	11:24	16:03	9:17:17	14:27	22:14	06:14
5	06:46	11:24	16:03	9:16:09	15:12	23:19	07:34
6	06:47	11:25	16:02	9:15:05	16:09	00:27	08:44
7	06:48	11:25	16:02	9:14:04	17:20	00:27	09:38
8	06:49	11:25	16:02	9:13:08	18:37	01:33	10:19
9	06:50	11:26	16:02	9:12:15	19:55	02:34	10:50
10	06:51	11:26	16:02	9:11:26	21:09	03:30	11:16
11	06:52	11:27	16:02	9:10:41	22:19	04:19	11:37
12	06:53	11:27	16:03	9:10:00	23:25	05:04	11:56
13	06:53	11:28	16:03	9:09:23	00:29	05:46	12:15
14	06:54	11:28	16:03	9:08:51	00:29	06:27	12:34
15	06:55	11:29	16:03	9:08:22	01:32	07:08	12:55
16	06:56	11:29	16:04	9:07:58	02:34	07:49	13:20
17	06:56	11:30	16:04	9:07:38	03:37	08:32	13:50
18	06:57	11:30	16:04	9:07:22	04:41	09:18	14:26
19	06:57	11:31	16:05	9:07:10	05:44	10:07	15:11
20	06:58	11:31	16:05	9:07:03	06:44	10:58	16:04
21	06:59	11:32	16:06	9:07:00	07:38	11:50	17:05
22	06:59	11:32	16:06	9:07:02	08:24	12:43	18:11
23	07:00	11:33	16:07	9:07:07	09:02	13:33	19:19
24	07:00	11:33	16:07	9:07:17	09:33	14:22	20:27
25	07:00	11:34	16:08	9:07:32	09:59	15:08	21:35
26	07:01	11:34	16:08	9:07:50	10:22	15:53	22:44
27	07:01	11:35	16:09	9:08:13	10:43	16:37	23:54
28	07:01	11:35	16:10	9:08:40	11:04	17:22	01:07
29	07:01	11:36	16:11	9:09:11	11:26	18:09	01:07
30	07:02	11:36	16:11	9:09:47	11:50	19:00	02:24
31	07:02	11:36	16:12	9:10:26	12:20	19:56	03:45

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. Во табелата подолу се дадени корекциите за некои градови:

Град	Корекција
Берово	- 5,7 min
Охрид	+ 2,5 min
Битола	+ 0,4 min
Куманово	- 1,1 min

Ако сакате да ги дознаете географските координати на останатите населени места во Македонија, отидете на следната страница: <https://www.gps-coordinates.net/>, напишете го името на населеното место и отчитајте ги вредностите за latitude (географска ширина) и longitude (географска должина).

III. Годишни времиња, летно време, перихел и афел

Часот во табелата е даден во локално време.

Настан	месец	ден	h	m
Почеток на пролетта (Пролетна рамноденица)	март	20	11	01
Почеток на летото (Летна долгоденица)	јуни	21	06	42
Почеток на есента (Есенска рамноденица)	септември	22	22	19
Почеток на зимата (Зимска краткоденица)	декември	21	17	03
Земјата е во перихел (најблиску до Сонцето)	јануари	4	14	28
Земјата е во афел (најдалеку од Сонцето)	јули	3	21	55

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

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.

Месец	Времетраење (min)
Јануари (I)	32
Февруари (II)	30
Март (III)	28
Април (IV)	28
Мај (V)	31
Јуни (VI)	34
Јули (VII)	34
Август (VIII)	32
Септември (IX)	29
Октомври (X)	28
Ноември (XI)	30
Декември (XII)	31

V. Основни фази на Месечината

Новолуние	Прва четвртина	Полна месечина	Последна четвртина
	06.01.25, 23:56	13.01.25, 23:27	21.01.25, 21:31
29.01.25, 13:36	05.02.25, 00:02	12.02.25, 08:53	20.02.25, 12:32
27.02.25, 19:45	06.03.25, 11:32	14.03.25, 02:55	22.03.25, 07:29
29.03.25, 06:58	04.04.25, 22:14	12.04.25, 20:22	20.04.25, 21:35
27.04.25, 15:31	04.05.25, 09:52	12.05.25, 12:56	20.05.25, 07:59
26.05.25, 23:02	02.06.25, 23:41	11.06.25, 03:44	18.06.25, 15:19
25.06.25, 06:31	02.07.25, 15:30	10.07.25, 16:37	17.07.25, 20:38
24.07.25, 15:11	01.08.25, 08:41	09.08.25, 03:55	16.08.25, 01:12
23.08.25, 02:06	31.08.25, 02:25	07.09.25, 14:09	14.09.25, 06:33
21.09.25, 15:54	29.09.25, 19:54	06.10.25, 23:48	13.10.25, 14:13
21.10.25, 08:25	29.10.25, 12:21	05.11.25, 08:19	12.11.25, 00:28
20.11.25, 01:47	28.11.25, 01:59	04.12.25, 18:14	11.12.25, 15:52
19.12.25, 20:43	27.12.25, 14:10	03.01.2026, 02:23	

VI. Видливост на планетите во 2025 г.

Меркур ♿

Меркур е познат по тоа што е многу тешко да се види поради својата близина со Сонцето. За да се набљудува, планетата мора да биде во максимална елонгација, кога на небото ќе се оддалечи најмногу од Сонцето на небото. Во 2025 година, планетата ќе ги има следните максимални елонгации: 8 март во 02:41 h на 3°53'N (исток), 21 април во 17:06 h на 0°38'S (запад), 4 јули во 06:37 h на 18°14'N (исток), 19 август во 14:24 h на 17°29'N (запад), 29 октомври во 21:28 h на 22°56'S (исток) и 8 декември во 01:14 h на 16°48'S (запад).

Кога ќе биде во источна елонгација, Меркур ќе се гледа на запад по зајдисонце а кога ќе биде во западна елонгација, ќе се гледа на исток пред изгрејсонце. Поради неговата близина со хоризонтот и големите атмосферски турбуленции, Меркур е многу тешко да се набљудува во урбаните средини.

Венера ♀

Венера, како најсветлиот објект по Сонцето и Месечината, ќе биде видлива во 2025 година како „свезда Вечерница“ и „свезда Деница“, зависно од нејзината позиција. Првата половина на годината ќе ја набљудуваме како „Вечерница“, особено во јануари и февруари, кога ќе биде видлива навечер пред зајдијсонце. Ќе продолжи да биде видлива сè до половината на март. Потоа, на почетокот на април станува видлива како „Деница“, појавувајќи се 70 минути пред изгрејсонцето. Станува помалку видлива во утринските часови до средината на октомври, а целосно ја снемума на крајот на ноември и не е видлива до крајот на годината.

Максималната источна елонгација на Венера ќе се случи на 10 јануари на 47,2° од Сонцето, а пак на 2 февруари ќе има максимална висина над хоризонтот на вечерното небо. На 31 мај достигнува максимална западна елонгација, а на 1 август ќе биде највисоко искачена на утринскиот хоризонт.

Марс

Марс ќе биде во опозиција на 16 јануари 2025 година, а на крајот на јануари од Скопје ќе биде видлив на вечерното небо. Се појавува околу 16:54 часот, на 14° над североисточниот хоризонт додека се спушта самрак. На највисоката точка на небото, Марс ќе достигне 73° над јужниот хоризонт во 23:09 часот, што дава одлична можност за набљудување. Планетата ќе продолжи да биде видлива до околу 06:01 часот, кога ќе потоне под 7° над северозападниот хоризонт. Исто така, ќе биде погоден за набљудување бидејќи ќе се наоѓа најблиску до Земјата во својата орбита, па неговиот аголен дијаметар ќе достигне дури 14 лачни секунди.

Оваа година е значајна бидејќи Марс ќе го заврши ретроградното движење на 24 февруари, по што ќе се продолжи да се движи во својот вообичаен правец по небесниот свод. Следното ретроградно движење на Марс ќе започне во јануари 2027г.

Јупитер

На почетокот на 2025 година, Јупитер ќе биде видлив на вечерното небо веднаш по заоѓањето на Сонцето. Планетата ќе биде видлива сè до средината на мај, кога ќе почне да заоѓа пред самракот. На 24 јуни ќе биде во сончева конјункција, по што ќе се појавува рано наутро. Ќе стане повторно видлив во средината на јули и видливоста ќе се подобрува во текот на наредните месеци. Јупитер ќе биде најдобро видлив во текот на ноември и декември, кога ќе биде на 60° над јужниот хоризонт, со аголен дијаметар од околу 40 лачни секунди. Големиот аголен дијаметар се должи на претстојниот перигеј на Јупитер кој ќе се случи во јануари 2026г. На 11 ноември започнува со ретроградно движење, кое ќе трае до март 2026г.

Сатурн

На почетокот на годината, прстенестата планета е видлива на југозападното небо веднаш по зајдисонце. Во текот на февруари условите за набљудување ќе се влошуваат, бидејќи Сатурн ќе биде сè поблиску до Сонцето на небото. На 12 март ќе биде во

конјункција со Сонцето, што ќе го оневозможи набљудувањето. По овој настан, кон крајот на март, Сатурн повторно ќе се појави на утринското небо, иако ќе биде тешко видлив. Планетата ќе се гледа сè појасно во текот на пролетта и летото, а на 21 септември ќе биде во опозиција, што ќе биде најдобриот период за нејзино набљудување. Планетата ќе биде видлива во ноќните часови во текот на зимата, до крај на 2025г.

Уран ♅

Планетата Уран е на границата на видливост на човечкото око, па за нејзино набљудување е потребен телескоп и точно познавање на положбата на небото. На 30 јануари, Уран ќе го заврши ретроградното движење и ќе продолжи да се движи вообичаено сè до 6 септември, низ соѕвездието Овен. На 21 ноември, Уран ќе биде во опозиција, што ќе биде најдобар период за набљудување, бидејќи околу полноќ ќе се наоѓа највисоко над јужниот хоризонт.

Во текот на првата половина на годината, Уран ќе биде видлив на вечерното небо, постепено се приближувајќи се кон хоризонтот по зајдисонце. По краток период на невидливост поради конјункција со Сонцето во 17 мај, тој повторно ќе почне да се појавува на утринското небо, а неговата позиција ќе се подобрува кон есента, кога ќе достигне најдобра видливост за годината. Уран ќе достигне опозиција на 27 ноември и ќе биде видлив до крајот на годината.

Нептун ♆

Оваа планета може да се види со користење на мал оптички телескоп. Во текот на 2025 година, Нептун полека ќе се движи низ соѕвездието Риби. На 20 март, Нептун ќе биде во конјункција со Сонцето, што значи дека ќе биде невозможно да се набљудува речиси еден месец пред и по овој датум. Од почетокот на летото, на 4 јули, планетата ќе започне со ретроградно движење.

На 23 септември, Нептун ќе биде во опозиција, кога ќе биде најдобро за набљудување бидејќи ќе се наоѓа најблиску до Земјата и највисоко на небото околу полноќ. До 10 декември, кога ќе го заврши ретроградното движење, планетата ќе остане добро позиционирана за набљудување на вечерното небо.

VII. Затемнувања на Сонцето и Месечината во текот на 2025 г.

Во 2025 година ќе има четири затемнувања (две сончеви и две месечеви). Од територијата на Македонија ќе биде видливо само делумното месечево затемнување во септември.

1. Целосно месечево затемнување на 14 март 2025г.

Затемнувањето целосно ќе биде видливо од Северна и Јужна Америка, а делумно ќе биде видливо при изгрев на Месечината над Австралија и североисточна Азија, и при залез над Африка и Европа. За жал, од Македонија затемнувањето нема да може да се набљудува, освен кратко во почетната фаза, бидејќи Месечината заоѓа во 05:52ч.

За време на феноменот, Месечината ќе биде во сосвездието Девица, а Сонцето во сосвездието Риба. Максималната фаза на затемнувањето ќе се случи 1,6 дена по лунарниот апогеј, кој е на 17 март 2025 година во 12:35 UTC, при што привидниот дијаметар на Месечината ќе биде помал. Ова затемнување е бр. 64 од серијата 123 на сарос, која содржи 72 затемнувања на Месечината што се случуваат на опаѓачкиот јазол на нејзината орбита.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
прв контакт со Земјината полусенка	04:57:28
почнува делумното затемнување	06:09:40
почнува целосното затемнување	07:26:06
максимална фаза	07:58:43
завршува целосното затемнување	08:31:26
завршува делумното затемнување	09:47:52
последен контакт со Земјината полусенка	11:00:09

2. Делумно сончево затемнување на 29 март 2025г.

Сончево затемнување се случува кога Месечината минува меѓу Земјата и Сонцето, делумно или целосно засенувајќи ја светлината на Сонцето за набљудувачот на Земјата. Делумно сончево затемнување настанува во поларните региони на Земјата кога центарот на сенката на Месечината ја промашува планетата.

Ова затемнување ќе биде видливо во делови од североисточниот дел на САД, источна Канада, Гренланд, Европа, северозападна Африка и северозападна Русија, но нема да биде видливо од Македонија. Тоа е дел од серијата 149 на сарос, која

содржи 71 затемнување, кои се случуваат на растечкиот јазол на орбитата на Месечината.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
почнува делумното затемнување	09:50:43
максимална фаза	11:47:27
завршува делумното затемнување	13:43:45

3. Целосно месечево затемнување на 7-8 септември 2025г.

Целосното затемнување ќе биде видливо од Европа, Азија, Австралија, и Африка. Месечината ќе биде при залез за време на затемнувањето над Средниот Тихи Океан, додека над Африка и Европа ќе биде при изгрев. Ова е единственото затемнување кое ќе биде видливо од Македонија во 2025 година, иако нема да биде видлив целиот настан, бидејќи изгревот на Месечината е во 18:30ч таа вечер.

За време на феноменот, Месечината ќе биде во соѕвездието Водолија, додека Сонцето ќе биде во соѕвездието Лав. Максималната фаза на затемнувањето ќе се случи 2,6 дена по лунарниот перигеј (на 10 септември 2025 година во 08:10 UTC), кога привидниот дијаметар на Месечината ќе биде поголем. Ова затемнување е бр. 42 од серијата 128 на Сарос, која содржи 71 затемнување на Месечината што се случуваат на растечкиот јазол на нејзината орбита.

Ова затемнување ќе биде посебен астрономски настан, кој ќе понуди можност за набљудување на т.н. „крвава Месечина“ од многу делови на светот.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
прв контакт со Земјината полусенка	17:28:25
почнува делумното затемнување	18:27:09
почнува целосното затемнување	19:30:48
максимална фаза	20:11:47
завршува целосното затемнување	20:52:51
завршува делумното затемнување	21:56:31
последен контакт со Земјината полусенка	22:55:08

4. Делумно сончево затемнување на 21 септември 2025г.

Ова затемнување ќе биде видливо само во најужните делови на Австралија, Нов Зеланд и Антарктикот. Ова затемнување е дел од серијата 154 на Сарос, која се повторува на секои 18 години, 11 дена и содржи 71 настан.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

Настан	Време (GMT+1)
почнува делумното затемнување	19:29:43
максимална фаза	21:41:59
завршува делумното затемнување	23:53:45

VIII. Стеснет календар на метеорските роеви во 2025 г.

Метеорски рој	Период на активност	Максимум	ZHR	Родителско тело
Квадрантиди	26.XII - 16.I	3/4. I	120	2003 EH (астероид)
Лириди	17 - 26. IV	21/22. IV	18	C/1861 G1 Thatcher
η-Аквариди	20.IV - 21.V	3/4. V	50	1P/Halley
Персеиди	17.VII - 23.VIII	12/13. VIII	100	109P/Swift-Tuttle
Ориониди	2.X - 12.XI	22/23. X	20	1P/Halley
Леониди	3. XI - 2. XII	16/17. XI	15	55P/Tempel-Tuttle
Геминиди	1 - 21. XII	12/13. XII	150	3200 Phaeton

Литература

- [1]. <https://www.timeanddate.com/>
- [2] <https://www.cnmoc.usff.navy.mil/usno/>
- [3] <https://www.farmersalmanac.com/>
- [4] <https://www.gps-coordinates.net/>
- [5] <https://griffithobservatory.org/explore/observing-the-sky/>
- [6] <https://in-the-sky.org/>
- [7] <https://www.skyatnightmagazine.com/>
- [8] <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/>
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Elongation_\(astronomy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Elongation_(astronomy))

ПОИМНИК

А

аберација на светлината.

Промена на привидната положба на небесно тело поради брзото движење на набљудувачот.

абиотски. Физички, а не биолошки; не потекнува од живи организми.

аголен дијаметар. Видливиот дијаметар на небесен објект мерен во аголни единици.

аголна брзина. Брзината со која некој објект ротира околу оска.

азимут. Агол мерен од северната точка на хоризонтот во насока на движењето на стрелките на часовникот. Служи за определување на една од двете локални координати за лоцирање на набесното тело на небото. Другата е висината или алтитудата.

акреција. Процес при кој материјата се собира и се акумулира околу централен објект, како што се протопланетарни дискови околу ѕвезди или материјал што паѓа во црна дупка.

активност на ѕвезда. Колку материја исфрла некоја ѕвезда во околниот простор.

алbedo. Мерка за тоа колку светлина се одбива некој небесен објект, определена преку односот на рефлектираната и упадната светлина.

алтитуда. Една од двете локални координати за лоцирање на набесното тело на небото, која определува на која висина мерена од хоризонтот се наоѓа небесниот објект. Исто се нарекува и висина.

анихилација. Процес во кој честичка и нејзината соодветна античестичка се судираат и се уништуваат една со

друга, при што се ослободува енергија.

антиматерија. Супстанца составена од честички што имаат спротивни електрични полнежи во однос на честичките од обичната материја.

антинеутрино. Античестичка на неутриното, со слични карактеристики.

античестичка. Честичка што е „огледална копија“ на обична честичка, но со спротивен електричен полнеж (на пр., електронот има античестичка наречена позитрон).

апертура. Отвор на оптички инструмент низ кој минува светлината, чија големина е определена со употребените леќи и дијафрагми.

апогеј. Точката во орбитата на тело околу Земјата кога тоа тело е најоддалечено од Земјата.

астероид. Мал, карпест објект што орбитира околу Сонцето, најчесто во астероидниот појас помеѓу Марс и Јупитер.

астероиден појас. Област помеѓу Марс и Јупитер каде што орбитираат многубројни мали небесни тела (астероиди).

астробиологија. Наука што ги проучува условите за живот во Вселената и потенцијалните вонземски организми, на други планети, месечини и останати небесни тела.

астрономски календар. Табела или збир на податоци што ги содржат важните астрономски настани во текот на годината, како што се затемнувања, фази на Месечината, метеорски роеви и рамноденици.

астросеизмологија.

Интердисциплинарна наука која со помош на осцилации ги проучува

составот и однесувањето на далечните ѕвезди.

астрофотографија. Фотографирање на небесни објекти како што се ѕвезди, планети и галаксии, користејќи специјални телескопи и фотоапарати.

атмосфера. Гасовита обвивка на некои небесни тела што имаат доволно голема маса за да ги задржат гасовите околу себе.

афел. Точка во орбитата на едно тело околу Сонцето кога тоа тело е најоддалечено од Сонцето.

Б

Балмерова серија. Дел од структурата на спектарот на атомарниот водород.

барјонска материја. Материја составена од протони, неутрони и електрони (за разлика од темната материја).

бело џуџе. Сјајна ѕвезда со димензии на планета, а маса колку Сонцето, која настанала како последна фаза на ѕвезда која го изгорела своето нуклеарно гориво.

биопотпис. Супстанца (елемент, изотоп, молекула) или феномен што е показател за минат или сегашен живот на небесно тело.

болометар. Инструмент кој ја мери вкупната енергија на електромагнетното зрачење на некој објект по сите бранови должини.

Бортлова скала. Нумеричка скала од девет нивоа која ја мери осветленоста на ноќното небо на одредена локација.

брзина на формирање ѕвезди. Мерка за тоа колкав дел од масата на гасот што се наоѓа во меѓуѕвездениот простор се преобликува во ѕвезди во единица време, најчесто се мери во сончеви маси во една година.

В

вакуумски флукуации. Краткотрајни промени во енергијата на празниот простор, предвидени од квантната механика.

вештачка интелигенција. Способност на компјутерите да учат од искуство и да извршуваат задачи што традиционално барале човечка интелигенција, како што се препознавање слики, анализирање податоци и донесување одлуки.

вештачки сателит. Објект кој е пуштен во вселената од страна на човекот и кој орбитира околу Земјата или друго небесно тело.

вискозност. Особина на флуидите да пружат отпор на течењето, предизвикана од внатрешното триење на слоевите на флуидот при движење.

внатрешвезден материјал. Материјата што се наоѓа во внатрешноста на ѕвездите.

временска инверзија. Трансформација во која текот на времето, а со тоа и сите брзини, се претставени во спротивната насока.

временска скала. Опсег на време во кој се одвиваат астрономски или геолошки процеси.

временска траекторија. Патот по кој би поминувало тело низ простор-времето движејќи се со брзина помала од онаа на светлината, каде што времето игра главна улога.

вселенски телескоп. Телескоп кој е монтиран на вештачки сателит и пуштен во вселената, така што може да набљудува без Земјината атмосфера да му пречи и во кое било време од денот.

вселенски телескоп Спизер. Инфрацрвен телескоп, претходник на Џејмс Веб, кој ја истражувал топлинската енергија од далечни галаксии, ѕвезди и планети.

вселенски телескоп Хабл. Оптички и ултравиолетов телескоп во орбита, лансиран во 1990 година, кој направил револуција во нашето разбирање на Вселената.

вселенски телескоп Џејмс Веб. Напреден инфрацрвен телескоп, кој се користи за проучување на раната Вселена, формирањето на галаксиите и екзопланетите.

Г

галаксија. Гравитационо врзан систем од ѕвезди, гас и прашина, во хало од темна материја.

галактичка година. Времето потребно за Сонцето да направи една цела орбита околу центарот на Млечниот Пат (~225-250 милиони години).

галактичко јадро. Централниот регион на галаксијата, често содржи супермасивна црна дупка.

гасна обвивка на ѕвезда (ѕвездена атмосфера).

Надворешниот слој на ѕвезда, за кој може да се добиат информации преку спектарот на ѕвездата.

гегеншајн. Расејување на сончевата светлина од ситните честички на меѓупланетарната прашина во еклиптичката рамнина по која кружат сите планети во Сончевиот систем.

геотермални процеси. Природни процеси во внатрешноста на Земјата при кои топлината од јадрото предизвикува вулканска активност, гејзери и загревање на подземните води.

геофизика. Наука што ги изучува физичките полиња на Земјата (геомагнетно, геоелектрично, геотермално, гравиметриско, сеизмичко и радијационо).

геоцентричен систем. Историски модел на Сончевиот систем во кој Земјата е во центарот, а сите небесни тела се движат околу неа.

глобуларни јата. Густе групи од стотици илјади ѕвезди кои орбитираат околу центарот на една галаксија, кои се гравитационо врзани во јатото.

голема оска. Најдолгиот дијаметар на елиптична орбита.

Големата експлозија.

Космолошка теорија според која Вселената настанала од исклучително жешка и густа состојба пред околу 13,8 милијарди години.

горна кулминација. Момент кога небесно тело достигнува највисока точка на небото во текот на своето дневно движење.

гравитациони бранови.

Бранувања на време-просторот, предизвикани од космички настани како спојување на црни дупки или неутронски ѕвезди.

гравитациони леќи. Ефект во кој масивни објекти (галаксии, квазари) со својата гравитација ја искривуваат патеката на светлината која потекнува од позадинско небесно тело.

гравитациска леќа. Феномен каде што масивен објект (на пр. галаксија) ги искривува светлосните зраци од објекти зад него поради гравитација.

Д

двојна ѕвезда. Систем од две ѕвезди што орбитираат околу заеднички центар на маса.

дегенерирана материја.

Екстремно густа материја во која се распаднала атомската структура и кај која притисокот не зависи од температурата, како во класичните закони на термодинамиката.

дилатација на време. Феномен каде времето поминува побавно за објекти кои се движат со големи брзини или се во силни гравитациони полиња.

дифузна маглина. Области од меѓуѕвезден гас и прашина што можат да бидат светли (емисиона маглина) или темни (апсорпциона маглина).

длабоко учење. Тип на машинско учење базирано на вештачки невронски мрежи во кои се користат повеќе слоеви на обработка на податоци за да од нив се извлечат карактеристики на прогресивно повисоко ниво.

долгоденица (летен сонцестој). Денот со најдолг дневен период, обично на 21 јуни во северната хемисфера.

Доплеров ефект. Промена на фреквенцијата на брановите при

релативно движење на изворот и набљудувачот.

Е

егзопланета. Планета надвор од нашиот Сончев систем, која орбитира околу некоја ѕвезда.

егзотична материја.

Хипотетички вид материја со необични својства (на пример, негативна енергетска густина), која не се среќава во секојдневната природа и може да ја одржи структурата на црвјата дупка.

еклиптика рамнина

(еклиптика). Рамнината во која орбитираат планетите околу Сонцето, истата по која привидно се движи Сонцето на небото во текот на годината.

експозиција. Времето во кое светлината паѓа на фотоапаратот при фотографирање, особено важно да биде долга за сликање во темни услови, како што е ноќното небо.

ексцентрицитет. Мерка за тоа колку една орбита се разликува од совршен круг (0 е круг, вредности поблиску до 1 значат издолжена елипса).

елонгација. Аголната оддалеченост на планета или друг небесен објект од Сонцето, гледано од Земјата.

ендотермна реакција. Реакција каде што енергијата се апсорбира наместо да се ослободи, како што на пример кај фотодезинтеграцијата.

ера на рекомбинација. Период во историјата на Вселената кога електроните и јадрата формирале неутрални атоми, дозволувајќи светлината да патува низ просторот.

З

закочно зрачење.

Електромагнетно зрачење со континуиран спектар што произлегува од забрзано движење на наелектризирани честички.

затемнување (целосно или делумно).

Појава кога едно небесно тело поминува низ сенката на друго.

зафат на електрони. Процес при кој атомското јадро заробува електрон од електронската обвивка, претворајќи еден од неговите протони во неутрон.

Земјина кора. Надворешниот (површински) слој на Земјата.

Земјина обвивка (мантија).

Средниот слој на Земјата, составен од топла, вискозна материја во која доминираат железни сулфиди и оксиди.

Земјина полусенка.

Надворешниот, послаб дел од сенката на Земјата, каде што само дел од сончевата светлина е блокирана.

земјотрес. Ненадејно, краткотрајно тресење на Земјината кора предизвикано од ослободување на енергија од подолните слоеви на кората во форма на сеизмички бранови.

зенит. Точката на небото што се наоѓа директно над главата на набљудувачот.

зенитална брзина на час. Број на метеори што може да се видат во идеални услови за време на метеорски рој (ZHR – Zenithal Hourly Rate).

зодијакална лента. Слаб сјај на ноќното небо предизвикан од одбивање на сончевата светлина од ситни честички прашина во рамнината на Сончевиот систем.

зона погодна за живот. Интервал од растојанија околу ѕвезда за кои може да има течна вода на површината на планета која орбитира околу ѕвездата.

зрачење. Пренос на електромагнетни бранови. Синоним со радијација.

S

ѕвезда. Огромно сјајно тело во кое се одвиваат нуклеарни реакции.

ѕвезда Вечерница. Друго име за планетата Венера кога е видлива навечер.

ѕвезда Деница. Друго име за планетата Венера кога е видлива наутро.

ѕвездена еволуција. Фази низ кои поминуваат ѕвездите во текот на

своето постоење, во зависност од тоа колкава маса имаат.

свездени патеки. Кружни линии на небото што се добиваат при долга експозиција на фотоапарат, кои го покажуваат привидното движење на свездите поради ротацијата на Земјата.

свездотрес. Осцилации на површината (кората) на неутронските свезди (магнетари), предизвикани од брзо ослободување на големо количество енергија од внатрешноста на свездата.

И

интензитет на зрачење. Мерка за енергијата на електромагнетно зрачење одредена насока.

интердисциплинарна наука.

Област на истражување што комбинира методи и знаења од повеќе научни дисциплини.

инфлација. Краток период во раните моменти од вселената кога таа се проширивала експоненцијално брзо, објаснувајќи нејзината сегашна големина и изотропност.

ИСО. Параметар во фотографијата кој одредува колку е чувствителен фотоапаратот на светлина (ISO). Поголемо ИСО овозможува фотографирање во темни услови, но може да направи сликата да изгледа „зрнесто“.

Ј

јазол на орбита. Точка каде што орбитата на едно тело ја сече рамнината на орбитата на друго тело (на пр. орбитата на Месечината околу Земјата ја сече орбитата на Земјата околу Сонцето).

К

Кајперов појас. Регион на мали ледени тела во надворешниот Сончев систем, зад орбитата на Нептун.

катадиоптрички телескоп.

Телескоп што комбинира леќи и огледала за да даде подобра слика со помали димензии и полесен дизајн.

катаклизмична променлива свезда.

Свезда што повремено станува значително посветла поради експлозивни процеси.

каузалност. Принципот според кој секој настан има причина, а последиците не можат да се случат пред причината. Со други зборови, причината и последицата се поврзани во просторот и времето, бидејќи ништо не може да патува побрзо од светлината.

кварар. Извор на екстремно силно зрачење од активно галактичко јадро, најчесто поврзан со супермасивна црна дупка.

квантен вакуум. Хипотеза дека квантните вакуумски флукуации се виртуелни гравитациски диполи, а со тоа и извор на гравитација

квантен повратен циклус.

Процес каде резултатот од квантнинот процес повторно влијае на самиот систем, создавајќи циклус на повратна информација кој може да ја промени динамиката на системот.

квантна заплетеност. Два или повеќе квантни објекти се поврзани така што состојбата на еден во истиот момент влијае на состојбата на другиот, без разлика на колкаво растојанието се наоѓаат.

квантна теорија на полето.

Физичка теорија која објаснува како честичките и силите во Универзумот комуницираат на најмали размери.

кварк. Фундаментална честичка во состав на хадроните.

комета. Леден објект што орбитира околу Сонцето и создава опашка кога се доближува до него.

конјункција. Состојба кога две небесни тела се појавуваат блиску едно до друго на небото.

корона. Надворешниот слој на Сонцето, што е најдобро видлив за време на целосно затемнување.

космичка зора. Космичка ера кога се формирале првите свезди и галаксии.

космичка рејонизација. Период во кој првите свезди и галаксии ја

јонизирале неутралната меѓусвездена материја.

космичка темна доба. Период помеѓу Големата експлозија и првите ѕвезди, кога немало извори на светлина.

космички зраци.

Високоенергетски наелектризирани честички што потекнуваат од Вселената и удираат во Земјината атмосфера.

космичко микробраново

зрачење. Остаток од топлинското зрачење на Големата експлозија, кој денес е во микробрановиот спектар.

космолошка константа.

Хипотетичка енергетска густина што го исполнува просторот и може да е поврзана со темната енергија. Се бележи со Λ .

космолошко црвено

поместување. Зголемување на брановата должина на светлината од далечни галаксии поради ширењето на Вселената.

краткоденица (зимски

сонцестој). Денот со најкраток дневен период, обично на 21 декември во северната хемисфера.

крвава Месечина. Појава кога Месечината добива црвеникава боја за време на целосно затемнување.

крива на ротација. График на орбиталните брзини на видливите ѕвезди или гас во галаксија како функција од растојанието од центарот на таа галаксија.

Л

лачни минути. Мерна единица за агол (1/60 од еден степен).

лачни секунди. Мерна единица за агол (1/3600 од еден степен), користена во астрономијата.

М

маглина. Облак од густ гас или прашина во меѓусвездениот простор или околу некоја ѕвезда.

магнетар. Млади неутронски ѕвезди кои имаат екстремно силно

магнетно поле, стотици милијарди пати посилено од она на Земјата.

магнетизирани честички.

Честички што се под влијание на магнетни полиња.

магнетосфера. Област околу планета каде што магнетното поле на планетата доминира над сончевиот ветер.

мала оска. Најкраткиот дијаметар на елиптична орбита.

машинско учење. Гранка на вештачка интелигенција што користи алгоритми за автоматско учење од податоци.

меѓусвезден гас. Дел од меѓусвездената материја кој е во гасовита агрегатна состојба. Се состои од неутрален атомен водород, јонизиран атомен водород, молекуларен водород (H₂), мал дел хелиум, како и траги од кислород, азот и јаглерод.

меѓусвезден простор. Областа во галаксијата која се наоѓа помеѓу ѕвездите и содржи гас и прашина.

меѓусвездена материја. Гас и прашина која се наоѓа во меѓусвездениот простор.

меѓусвездена прашина. Дел од меѓусвездената материја кој е во цврста агрегатна состојба. Може да има различен состав, но се верува дека главно е материја базирана на силициум и јаглерод.

месечеви мориња. Големи, темни базалтни рамнини на површината на Месечината, формирани од древни вулкански ерупции.

метали (астрономија). Сите хемиски елементи освен водород и хелиум, кои се присутни во составот на ѕвездите и галаксиите.

металност. Удел на елементи потешки од водород и хелиум во ѕвездите и галаксиите.

метеор. Светлосен феномен што настанува кога парче вселенска прашина или карпа влегува во атмосферата и согорува.

метеорит. Остаток од метеор што не изгорел целосно и паднал на површината на Земјата.

метеорски рој. Група на метеори што настануваат кога Земјата поминува низ остатоци од комета или астероид.

Млечен Пат. Галаксијата во која се наоѓа нашиот Сончев Систем.

многобразие. Математички простор кој локално изгледа како обичен евклидов простор, но глобално може да има сложена, искривена структура.

мод на осцилирање.

Карактеристичен начин на вибрација на систем.

мост на Ајнштајн-Розен.

Математички модел кој сугерира дека две различни области на простор-времето можат да бидат поврзани преку тунел, слично на црвја дупка.

Н

наклон на еклиптиката. Аголот помеѓу екваторската рамнина на Земјата и еклиптиката (околу $23,5^\circ$).

нетривијална топологија.

Структура на просторот која е посложена од обичната, со карактеристики како „отвори“ или „јамки“ кои го прават уникатен.

неутрино. Мали честички кои се создаваат во термонуклеарните реакции во ѕвездите и помагаат во преносот на енергија.

неутронска ѕвезда. Ѕвезда составена од густо збиена материја, претежно составена од неутрони, со радиус од десетина километри и маса до три пати поголема од масата на Сонцето.

новолуние. Фаза на Месечината кога нејзината релативна половина на небото е најблиску до Сонцето и не е видлива.

О

објектив. Главната леќа или огледало во телескопот или фотоапаратот, која ја собира светлината и формира слика.

окулар. Делови на телескопот низ кои набљудувачот гледа, помагаат да се зголеми и подобри сликата од телескопот.

Ортов облак. Хипотетички облак од комети околу Сончевиот систем, на растојание поголемо од орбитата на Нептун, и е извор на долгопериодични комети

опозиција. Положбата на небесно тело кога тоа се наоѓа спротивно од Сонцето на небото.

оптичка длабочина. Колку светлината е апсорбирана или расеана додека поминува низ одредена средина.

општа теорија на релативност. Развиена од Ајнштајн, ја објаснува гравитацијата како резултат на искривување на простор-времето од страна на масата на телата.

остаток на супернова. Маглина формирана од исфрлените слоеви на ѕвезда која експлодирала како супернова.

осцилации. Промени на состојбата на систем, при кои настанува периодичен отклон од некоја рамнотежна состојба.

отвор на блендата. Големината на отворот низ кој светлината влегува во фотоапаратот или телескопот. Поголем отвор овозможува повеќе светлина и појасни слики.

П

паралакса. Привидно поместување на положбата на блиски објекти во однос на позадината при промена на набљудувачкиот агол.

парсек. Астрономска единица за растојание, еднаква на околу 3,26 светлосни години.

перигеј. Точката во орбитата на тело околу Земјата кога тоа тело е најблиску до Земјата.

перихел. Точка во орбитата на едно тело околу Сонцето кога тоа тело е најблиску до Сонцето.

планета. Големо тело што кружи околу ѕвезда, кое е доволно масивно за да формира своја сопствена гравитациона сила и да задржи своја атмосфера.

планетарна маглина. Маглина која настанала од супернова. Нема никаква врска со планета, туку во минатото се сметало дека овие

објекти се планети, па терминот останал.

позитрон. Античестичка на електронот, со еднаква маса но со позитивен полнеж.

поларна светлина (аврора). Светлосен феномен предизвикан од интеракцијата на сончевиот ветер со магнетното поле на Земјата, најчесто видлив на поларните региони.

полна месечина. Фаза кога целата видлива површина на Месечината е осветлена.

полумрак. Период од денот кога Сонцето е под хоризонтот, но сè уште осветлува дел од атмосферата.

популација I ѕвезди. Релативно млади ѕвезди богати со тешки елементи (метали) и најчесто се наоѓаат во галактичкиот диск. Сонцето е пример за ѕвезда од популација I.

популација II ѕвезди. Постари ѕвезди со многу низок процент на тешки елементи (металност), што укажува дека се формирале рано во историјата на универзумот, пред да се создадат поголеми количини на метали преку ѕвездена нуклеосинтеза.

популација III ѕвезди. Првите ѕвезди составени целосно од водород и хелиум.

последна четвртина. Фаза на Месечината кога половина од нејзината видлива површина е осветлена, во период на опаѓање.

прва четвртина. Фаза на Месечината кога половина од нејзината видлива површина е осветлена, во период на раст.

прецесија на Земјината оска. Бавно променливото вртење на Земјината оска во облик на конус со период од околу 26 000 години.

принцип на космичка цензура. Природата „цензурира“ скриени региони (како јадрата на црните дупки), така што не се видливи за надворешен набљудувач, што ја зачувува предвидливоста на физичките процеси.

простор-време. Четиридимензионален континуум составен од времето и тродимензионалниот простор.

пулсар. Брзо ротирачка неутронска ѕвезда со силно магнетно поле, од која се набљудувани пулсови од зрачење.

Р

радијација. Пренос на електромагнетни бранови. Синоним со зрачење.

радиоастрономија. Гранка на астрономијата што ги проучува вселенските објекти преку радиобранови наместо видлива светлина.

рамноденица. Момент во годината кога денот и ноќта траат приближно еднакво. Се случува двапати годишно, во март - пролетна рамноденица и септември - есенска рамноденица.

Рејлиево расејување. Расејување на светлината од атоми или молекули со димензии помали од брановата должина од светлината. Овој ефект предизвикува бојата на небото да биде сина.

ретроградно движење. Привидно движење на планета наназад на небото во однос на ѕвездите, предизвикано од разликите во орбиталните брзини.

рефлектор. Телескоп што користи огледала за да ја фокусира светлината, овозможувајќи набљудување на далечни објекти како галаксии и маглини.

рефрактор. Телескоп што користи леќи за да ја собира и насочува светлината, најчесто се користи за набљудување на планети и Месечината.

ротациски профил. Графички приказ на брзината на ротација на точки од астрономски објект во зависност од растојанието од неговиот центар.

С

светлинска траекторија. Патот по кој би поминувала светлината додека поминува низ простор-времето според релативистичките закони.

светлинско загадување.

Позадинска осветленост на атмосферата предизвикана од прекумерната вештачка светлина.

светлосна година. Единица за растојание во астрономијата која претставува патот што светлината го поминува за една година (околу 9,46 трилиони километри).

сеизмограф. Уред за регистрирање и механичко запишување на земјотреси.

сеизмологија. Наука што ги изучува земјотресите, сеизмичките бранови и соодветните последователни промени врз Земјата.

сеизмометар. Инструмент за регистрација на поместување или брзина на придвижување на Земјината кора.

серија на Сарос. Период од приближно 18 години, 11 дена и 8 часа по кој затемнувањата на Сонцето и Месечината се повторуваат.

сидеричка година. Времето потребно за Земјата да направи целосен круг околу Сонцето во однос на ѕвездите.

сидерички месец. Времето потребно за Месечината да направи цела орбита околу Земјата во однос на ѕвездите (околу 27,3 дена).

сидеричко време. Времето што го мери ротацијата на Земјата во однос на далечните ѕвезди, а не во однос на Сонцето.

сингуларитет. Точка во која вредноста на некоја функција е бесконечна. Во простор-времето, се однесува на бесконечната густината на материјата, како на пример во центарот на црна јама.

синодички месец. Периодот меѓу две исти фази на Месечината (околу 29,53 дена).

синхрона орбита. Орбита во која орбиталниот период на телото кое кружи е еднаков на периодот на телото околу кое се кружи, со иста насока на ротација и кружење. Ваков е случајот со орбитата на Месечината, па затоа секогаш ја гледаме истата површина од Земјата.

следбеник (во ТДС). Во тесно двоен систем ѕвездата со помала маса која орбитира околу потежок придружник.

ѕвездије. Група ѕвезди кои од Земјата изгледаат како да формираат одредена слика или фигура, но во просторот не мора да се наоѓаат блиску една до друга. Некои познати ѕвездија се Орион, Големата Мечка и Касиопеја.

сонцестој. Момент во годината кога Сонцето достигнува најсеверна или најјужна точка на небото, а се одликува со најдолгиот односно најкраткиот ден во годината. Се нарекува уште и солстициј.

сончев ветер. Постојан проток на наелектризирани честички што Сонцето ги испушта во вселената.

Сончев Систем. Системот на планети, месечини и други тела што орбитираат околу Сонцето.

сончев циклус. Период од околу 11 години во кој Сонцето поминува низ промени во активноста, вклучувајќи варијации во бројот на сончеви дамки и сончеви ерупции.

сончева маса. Мерна единица која се користи во астрономијата, еднаква на масата на Сонцето, т.е. 2×10^{30} kg.

сончеви магнетни области. Делови на површината на Сонцето каде што магнетните сили се многу силни и концентрирани.

спектар. Електромагнетно зрачење разделено по бранови должини.

спектрална класа. Класификација на ѕвездите според спектралните линии во нивниот спектар, кои ги покажуваат составот и температурата на ѕвездата.

спектрални линии. Специфични бранови должини во спектарот на ѕвезда или галаксија што укажуваат на присуство на одредени хемиски елементи.

спектроскоп. Уред што ја анализира светлината преку нејзиното разделување на бранови должини, т.е. нејзиниот спектар.

спектроскопија. Научна техника при која светлината се разделува на

различни бранови должини за анализа на составот и својствата на небесните објекти.

Средно Гриничко време.

Историски систем за мерење на времето базиран на средната сончева пладневна положба над Гринич, Лондон. Денес е заменето со UTC во повеќето научни апликации.

стабилна фаза на ѕвезда. Фаза во која ѕвездите го поминуваат најголемиот дел од животот, во која нема драстични промени на масата и димензиите на ѕвездата.

стандарден модел на

космологија. Научна теорија што го опишува настанувањето и развојот на Вселената, вклучувајќи ја Големата експлозија, темната материја и темната енергија, наречен Λ CDM (Λ Cold Dark Matter – Ламбда ладна темна материја).

стрес-енергија. Комбинацијата на енергија, импулс и стрес (притисоци) што влијаат на искривувањето на простор-времето.

суперземја. Карпеста егзопланета со маса поголема од Земјата, но помала од Уран и Нептун.

суперлуние. Појава кога полната Месечина е најблиску до Земјата и изгледа поголема и посветла.

супернова. ѕвездена катастрофа при која настанува јака експлозија на ѕвездата проследена со ударни бранови, во која се ослободуваат огромна енергија, космички зраци и неутрина. ѕвездата ја исфрла својата обвивка и може да остави остаток - пулсар.

сфероидални осцилации.

Осцилации на површината на Земјата при кои има и вертикална и хоризонтална промена на формата на Земјата.

Т

темна енергија. Хипотетички облик на енергија која предизвикува забрзано ширење на Вселената.

темна материја. Невидлива материја која не емитува светлина, но се

детектира преку нејзиното гравитационо влијание.

тензор. Математички објект кој опишува односи меѓу физички количини и се менува по определени правила кога се менуваат координатите.

тензор на енергија-импулс. Математички објект кој ги опишува распределбите на маса, енергија и импулс во простор-времето и е клучен дел од Ајнштајновите равенки.

термонуклеарна синтеза. Фузија на лесни атомски јадра при екстремно високи температури, ослободувајќи огромни количини на енергија (како во ѕвездите).

термонуклеарни реакции.

Процеси на нуклеарна фузија во ѕвездите, при кои се обединуваат лесни атомски јадра за да се создадат потешки јадра, при што се ослободува енергија.

тесно двоен систем. Систем од две ѕвезди кои ротираат толку блиску една околу друга, што постои пренос на маса од едната кон другата ѕвезда.

тополошко искривување.

Искривувања што произлегуваат од специфичната форма или структура на просторот, а не само од локалните геометриски својства.

торзиони осцилации.

Осцилирање на тело околу негова оска на ротација.

тороидални осцилации. Осцилации на површината на Земјата при кои има само хоризонтална промена на формата на Земјата.

торус. Геометриска форма слична на ѓеврек или автомобилска гума.

транзит. Поминувањето на планета пред нејзината ѕвезда (во и надвор од Сончевиот систем).

транзитна спектроскопија.

Анализа на спектарот на планета преку набљудување на ѕвездената светлината што поминува низ нејзината атмосфера. Ова служи за анализирање на атмосферата на егзопланетата.

тропска година. Времето помеѓу два последователни летни сонцестоја или рамноденици.

У

ултрарелативистички брзини. Брзини на тела се движат со брзини блиску до брзината на светлината.

Универзално координатно

време. Стандард за време што се користи глобално и е основа за временските зони.

услов на нулта енергија.

Енергијата мерена по патеките на светлината да биде позитивна или нула, што помага да се одржи стабилноста на структурата на простор-времето.

Ф

фази на Месечината. Различни облици на осветлениот дел на Месечината, видливи од Земјата.

филтер. Оптички додаток кој се поставува на телескоп или фотоапарат за да блокира одредени бои од светлината и да овозможи подобро набљудување на одредени небесни објекти.

фотодезинтеграција. Процес во кој тешките атомски јадра се разградуваат под влијание на гама зрачење.

фотометар. Инструмент за мерење на интензитетот на светлината.

фотометрија. Наука што го изучува мерењето на сјајот на небесните објекти.

фотон. Основна елементарна честичка на светлината без маса, што се движи со брзина на светлината.

фузија. Нуклеарен процес на обединување на лесни атомски јадра за да се формира потешко јадро.

Х

Хаблов закон. Набљудувањето дека далечните објекти во Вселената се оддалечуваат со брзина која се зголемува пропорционално на

нивното растојание, што покажува дека Вселената се шири.

Хаблова константа. Константа која ја опишува брзината на ширење на Вселената (моментално проценета на приближно 70 km/s/Mpc).

хадрон. Елементарна честичка која учествува во силните интеракции. Тука спаѓаат барјоните и мезоните.

хелиосфера. Област во вселената каде што сончевиот ветер од Сонцето доминира над меѓусвездената материја.

хелиоцентричен систем. Модел на Сончевиот систем во кој Сонцето е во центарот, а планетите орбитираат околу него.

хипотеза за заштита на хронологијата. Физичките закони спречуваат патувања во времето и појавата на временски парадокси.

хоризонт. Замислена линија каде што небото се среќава со Земјата, границата на објектите што може да се набљудуваат на небото.

Ц

Централно европско време. Временска зона што е 1 час пред Универзалното координатно време (UTC+1).

Централно европско летно време. Летното време во Централна Европа, кое е 2 часа пред UTC (UTC+2).

ЦЕРН. Европски центар за истражување на физиката на честици во Швајцарија, каде што научниците ги проучуваат основните градбени блокови на Универзумот со помош на големи акцелератори на честици.

Цефеиди. Промениливи ѕвезди со периодична промена на сјајот, користени како стандардни свеќи за мерење растојанија во Вселената.

црвено поместување.

Зголемување на брановата должина на електромагнетното зрачење поради релативно движење на изворот и набљудувачот.

црвја дупка. Теоретска структура која создава „тунел“ помеѓу две далечни

точки во простор-времето, овозможувајќи потенцијално брзо патување меѓу нив.

црна јама. Објект кај кој целокупната материја е сконцентрирана во точка без димензии (сингуларитет), така што привлечното дејство на гравитацијата во нејзината близина е толку големо што ниту едно тело, па ниту светлината, не можат да се отргнат од нејзиното влијание.

Ч

Чандрасекарова граница.

Најголема маса што може да ја има ѕвезда за да може да премине во бело џуце, со вредност од околу 1,4 сончеви маси. Свезди со поголеми маси поминуваат во фаза на неутронска ѕвезда или црна јама.

Напомена: Автор е д-р Јана Богданоска, доцент на Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје.
Контакт: janabogdanoska@pmf.ukim.mk