Македонско астрономско друштво

Астрономски алманах 2017

Скопје, 2017

Редакциски одбор на Астрономски алманах 2017

(број 16):

д-р Олгица Кузмановска - главен и одговорен уредник

д-р Гордана Апостоловска - член
д-р Наце Стојанов - член
д-р Олга Галбова - член
д-р Драган Јакимовски - член

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

*

* *

На *предниот дел од корицата*: Одбележување на Денот на астероидот 30 јуни 2017 година. *Извор: https://resources.asteroidday.org/video-gallery/*

На *задниот дел од корицата:* Континуирани и дискретни палети на бои достапни за генерирање на фотографии со помош на SAOImage DS9 *(горна слика)*.
Учесниците на „Awareness conference - Hot topics in Astrophysics" и седмата средба на Субрегионалниот европски астрономски комитет SREAC (Sub-Regional European Astronomical Committe), одржана од 26 до 28 септември 2016 година во Охрид *(долна слика)*.

*

* *

Компјутерска подготовка:

Киро Мавроски

*

* *

Печати:

Дизајн и принт солушн студио „Мавроски"

*

* *

Тираж:

160 примероци

СОДРЖИНА

Каде што астрофизиката ја среќава квантната механика _____ 5
Ирина Петреска

Во потрага по магнетните монополи _____ 19
Александар Ѓурчиновски и Моника Пешевска

Неутронските ѕвезди и нивното ладење_____ 25
Дарко Јованов и Олгица Кузмановска

Пулсари во тесно двојни системи и докази за општата теорија на релативност _____ 35
Марко Шунтов

Меѓуѕвездена прашина_____ 47
Наце Стојанов

Најголемите познати објекти во вселената_____ 55
Даница Крстовска

Декодирање на ѕвездената светлина видена низ окото на Чандра _____ 69
Љубе Бојевски

Откривање на егзопланети со помош на Доплеров ефект_____ 79
Биљана Митреска и Гордана Апостоловска

„Ѕвездените патеки“ и физиката на 21 век (I дел)_____ 93
Моника Пешевска и Александар Ѓурчиновски

30 јуни – светски Ден на астероидот_____103
Гордана Апостоловска

„Awareness conference – Hot topics in Astrophysics“, 26 - 28 септември, Охрид _____107
Гордана Апостоловска и Олгица Кузмановска

Извештај од ESO Astronomy Camp 2016 _____109
Давид Дамјаноски

Информации за XVIII Зимска школа по астрономија и натпреварот по астрономија во 2016 година **113**

Астрономски календар за 2017 година **117**
Васил Умленски и Гордана Апостоловска

КАДЕ ШТО АСТРОФИЗИКАТА ЈА СРЕЌАВА КВАНТНАТА МЕХАНИКА

Ирина Петреска

Вовед

Микрокосмос или макрокосмос... Кои феномени повеќе го привлекуваат вашето внимание, оние во светот на многу малото и невидливото за нас, или оние во светот на гигантските димензии, видливи, иако се светлосни години далеку од нас? Микрокосмос или макрокосмос... Има ли воопшто разлика?

Интересирањето на луѓето за природата и се она што не опкружува, било да го гледаме или не го гледаме, довело да развојот на физиката и другите природни науки, во чии рамки, на математички и научни основи, се поставуваат набљудувањата и сознанијата за природата. Во рамките на овој текст, ќе направиме обид да дадеме преглед на примените на квантната механика во астрофизиката.

Основи на квантната механика

Во микросветот – светот на многу малото, веќе не важат законите кои ни се многу добро познати од изучувањето на физиката, но и од секојдневниот живот, а ги применуваме кога сакаме да го опишеме, на пример, движењето на нашиот велосипед или фудбалската топка. Њутновата класична механика тука работи многу добро, но ако сакаме да го опишеме движењето на многу мали објекти, како што се молекулите, атомите и елементарните честички, сите оние релации за брзина, пат, траекторија, забрзување, маса, сила итн., не може да се применат. Овде мора да се повикаме на квантната механика.

Најпрво, ќе кажеме збор-два за историскиот развој на квантната механика и за првите научни сознанија, кои не можеле да се објаснат со примена на класичната механика и довеле до востановување и развој на квантната механика. Една од загатките на 19 век е како со помош на класичната теорија да се објасни зрачењето на апсолутно црно тело кое, според класичната теорија за континуирано зрачење, би требало да зрачи бесконечно голема енергија од единица површина за единица време, што секако не се

покажува точно во експериментите. Оваа загатка била разрешена со помош на хипотезата на Макс Планк за квантуваност на емитираната енергија, поставена во 1900 година, според која електромагнетното зрачење се емитира во дискретни порции (кванти) енергија, коишто се целоброен множител од елементарниот квант на енергијата, даден со

$$E = h\upsilon = \hbar\omega\,, \tag{1}$$

каде E е енергијата на еден квант, h и $\hbar$ Планковата и редуцираната Планкова константа ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$), соодветно, а ν и ω фреквенцијата и кружната фреквенција на зрачењето. Оваа хипотеза не само што го разрешила проблемот на бесконечноста на зрачењето, туку и коректно ја опишила температурната зависност на енергијата емитирана од единица површина на апсолутно црно тело за единица време (густината на енергијата).

Идејата на Планк за квантуваност на електромагнетното зрачење понатаму била проширена од страна на Алберт Ајнштајн, кој во 1905 година востановил дека квантуваноста е инхерентно својство на светлината (и останатите електромагнетни зрачења) и дека квантите енергија кои материјата ги апсорбира или емитира може да се разгледуваат како елементарни честички, наречени фотони. Енергијата на еден фотон е дадена со релацијата (1), додека неговиот импулс p е даден со

$$p = \hbar k\,, \tag{2}$$

каде што k е брановиот број ($k = 2\pi/\lambda$).

Во 1913 година Нилс Бор поставил хипотеза дека електроните во атомот на водород имаат бранови својства и се движат по точно одредени стационарни орбити, кои што се исто така квантувани и може да постојат само на оние растојанија од јадрото за кои периметарот на орбитата е еднаков на цел број половинки бранови должини на бранот што го придружува електронот. На овие орбити електронот има квантувана енергија и квантуван импулс. Хипотезата на Бор коректно ги објаснува квантуваните енергетски нивоа на водородниот атом.

После хипотезата дека електроните имаат бранови својства, поставена од Нилс Бор, Луј де Броље во 1924 година претпоставил дека не само електроните, туку сите честички се придружени со бран, што е една фундаментална хипотеза за корпускуларно-брановата дуалност на природата на материјата. Секоја честичка има воедно и бранова природа, па така брановите што ја придружуваат честичката имаат бранова должина λ поврзана со нивниот импулс p преку де

Сл.1. Дел од најпознатите научници од областа на квантната механика

Брољиевата релација, дадена со $\lambda = \frac{h}{p}$. Оваа релација за прв пат ги поврзала честичните својства на материјата, содржани во нивниот импулс и брановите својства изразени преку брановата должина. Брановите што се својствени за честичките, уште се познати како бранови на материјата. Дуалната природа на материјата е сложен концепт, што малкумина суштински го разбираат. Во основа, зависно од својствата на телата, како што се нивната маса, брзина, димензии, во дадени услови доаѓаат до израз нивните корпускуларни својства, додека во други услови брановите својства.

Сите погоре споменати моменти во развојот на научната мисла и сфаќањата за материјата придонеле за развојот на квантната механика, која понатаму е поставена на солидни математички основи од страна на Хајзенберг, Шредингер, Борн, Дирак, Ферми и многу други. На слика 1., гледајќи од горе и од лево кон десно се Макс Планк, Алберт Ајнштајн, Нилс Бор, Луј де Брољи, Макс Борн, Пол Дирак, Вернер Хајзенберг, Волфганг Паули, Ервин Шредингер, Ричард Фајнман.

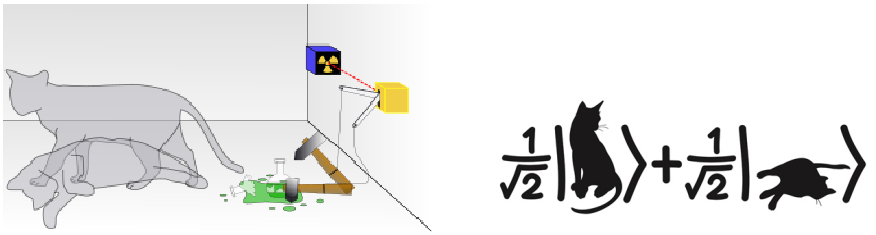
При опишување на движењето на квантни објекти, не може да стане збор за движење по дадена траекторија, туку само за извесна веројатност квантниот објект да се најде во дадена енергетска состојба, а со тоа и во дадена точка од просторот. Овој веројатносен карактер на процесите на квантномеханичко ниво е најдобро содржан во Хајзенберговиот

принцип на неопределност, којшто ја дава врската помеѓу неопределеноста на импулсот и координатата, или неопределеноста на енергијата и времето и е даден со:

$$\Delta p_x \, \Delta x \approx \hbar, \qquad \Delta E \, \Delta t \approx \hbar. \tag{3}$$

Кај квантните објекти, голем дел од информацијата за движењето е содржана во брановата функција Ψ (x, y, z, t), која, во општ случај, зависи од просторните координати и времето. Оваа функција може да се добие како решение на Шредингеровата равенка. Таа има точно решение само за мал број системи како, на пример, линеарниот хармониски осцилатор или водородниот атом. Квадратот на модулот од брановата функција ја дава веројатноста квантниот објект да се најде во точката со координати (x, y, z) во моментот на време t.

Ќе го споменеме и познатиот експеримент со Шредингеровата мачка кој сликовито го опишува веројатностиот карактер на квантномеханичките процеси. Ова е замислен експеримент и се состои во следното: нека една мачка биде затворена во непросирна кутија, заедно со еден радиоактивен извор и отров, којшто би се ослободил ако радиоактивниот извор почне да емитира зрачење. Бидејќи распадот на јадрата е веројатносен процес, има извесна веројатност да дојде до распад, а со тоа и до емисија на зрачење, но исто така постои и извесна веројатност овој процес да не се случи. Доколку дојде до емисија на зрачење, отровот ќе се ослободи и мачката ќе умре. Во спротивно, мачката ќе преживее. Според ова, во исто време мачката е и жива и мртва, сè додека не ја отвориме кутијата да провериме што се случило. Во квантната механика оваа информација би се содржела во брановата функција што опишува дали е мачката жива или мртва и на еден забавен начин е дадена на слика 2б.



Сл. 2. а) Замисленият експеримент со Шредингеровата мачка. б) Брановата функција, прикажана сликовито, опишува дека има 50% веројатност $\left(1/\sqrt{2}\right)^2$ мачката да биде жива и 50% веројатност $\left(1/\sqrt{2}\right)^2$ таа да биде мртва.

Покрај масата и електричниот полнеж, кај квантномеханичките објекти е важен и спинот кој е карактеристика која нема свој класичен аналог и не е едноставно да се објасни. Во основа, сите квантни честички покрај останатите карактеристики се карактеризираат и со спинот, којшто може да биде целоброен или полуцел број, па така за целосна слика за каков квантномеханички објект станува збор, покрај масата и полнежот, треба да се наведе и неговиот спин. Честичките кои имаат полуцел спин се наречени фермиони, бидејќи се покоруваат на Ферми-Дираковата статистика и подлежат на Паулиевиот принцип на забрана, додека, пак, честичките со целоброен спин се покоруваат на Бозе-Ајнштајновата статистика и за нив не важи Паулиевиот принцип на забрана. Кога се запишува брановата функција, покрај нејзината зависност од просторните и временската координата, треба да се има предвид и нејзината спинска зависност. Имено, без навлегување во детали, симетријата на брановата функција е одредена од спинските карактеристики, односно од тоа дали станува збор за фермиони или бозони. Електроните се пример за фермиони, фотоните за бозони.

Егзотични фази на материјата

Целата материја во природата е изградена од квантни честички. Почнувајќи од молекулите и атомите, елементарните честички протони, неутрони и електрони, па сè до кварките од кои се изградени елементарните честички и... Којзнае каде е лимитот и веројатно некоја нова честичка се открива додека се пишува овој текст. Неговата цел е да ја идентификува квантната механика во астрофизичките феномени и затоа нема да објаснуваме за онаа материја која не опкружува и секојдневно ја гледаме, туку ќе се осврнеме на некои егзотични фази на материјата што се присутни во вселената. Во овој контекст може да зборуваме за: антиматерија, дегенерирана материја, темна материја. Подолу ќе кажеме збор-два за секоја од нив.

Антиматеријата е, всушност, обична материја чии елементарни честички имаат „обратни“ својства. Така, на пример, позитронот е античестичка на електронот и има иста маса, спротивен полнеж и спротивен спин од оној на електронот. При средба на електрон со позитрон доаѓа до анихилација на двете честички, при што се добива одредено количество енергија. Антиматеријата не е толку присутна во вселената, бидејќи поголемиот дел од нашата вселена е изграден од обична материја и за кратко време антиматеријата се анихилира при средбата честичка-античестичка. За антиматеријата на денешното ниво на науката доста се знае. Се

проучува со примена на стандарниот модел, така што таа веќе и не е толку егзотична и овде нема да и посветиме поголемо внимание.

Она што е својствено и за материјата и за антиматеријата е дека нивните градбени честички взаемодејствуваат и со електромагнетното поле и со гравитационото поле. Како последица на интеракцијата на материјата со електромагнетно поле, таа може да се „види“ со помош на светлина. Треба да се напомене дека под „види“ во физиката подразбираме детектирање на електромагнетно зрачење (не е нужно да биде од видливиот дел на светлината), што материјата го рефлектира или емитира, како резултат на взаемодејство со некое надворешно електромагнетно зрачење или спонтано. Ова својство го имаат и материјата и антиматеријата.

Дегенерираната материја е обична материја при екстремни услови, каде што густините се толку големи што доаѓа до распад на атомите и кварките понатаму формираат густо пакуван гас. Дегенерираната материја се среќава кај белите џуџиња и неутронските ѕвезди.

Темната материја не учествува во електромагнетни взаемодејства и како таква не може да се „види“ со помош на светлина. Темната материја стапува само во гравитационо взаемодејство и може да се детектира преку нејзиниот гравитационен ефект врз останатата материја. Според најновите сознанија, темната материја е пет пати позастапена во вселената од обичната материја. Од неа зависи обликот на галаксиите. Се чини дека темната материја не може да се предвиди, ниту објасни со стандардниот модел, туку се објаснува во рамките на теоријата за Големата експлозија (Big bang theory).

Дегенерирана материја

Белите џуџиња и неутронските ѕвезди се интересни системи, каде што доаѓаат до израз квантномеханичките својства на ѕвездената материја. Нивна карактеристика се големите густини и високиот притисок. Ќе покажеме дека кај овие тела, познати и како компактни објекти, механичките карактеристики се одредени од квантните својства на дегенериран Ферми гас, додека нивните термички својства (високите температури) воглавно се должат на јоните, кои имаат многу поголема маса од електроните и може да се третираат како класичен гас.

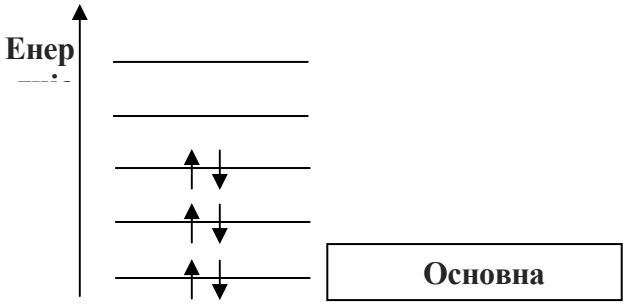
Што е тоа дегенериран Ферми гас? За да го објасниме овој поим најпрво треба да се потсетиме на Паулиевиот принцип на забрана, којшто гласи: два идентични фермиона не може да се најдат во иста квантна состојба. Доколку фермионите имаат еднакви маси, полнежи

и еднакви енергии, односно се наоѓаат на исто квантно енергетско ниво, тие ќе се разликуваат по проекцијата на спинскиот момент. Ако станува збор за два електрона, кои се наоѓаат на исто енергетско ниво и едниот има проекција на спинот +1/2 (спин нагоре), другиот ќе има спин -1/2 (спин надолу). Според ова, на едно исто енергетско ниво може да се најдат најмногу два електрона. Притоа, тие се во различна кванта состојба, односно нивната состојба се опишува со различни бранови функции, бидејќи како што споменавме погоре, брановата функција зависи и од спинот. Кај дегенерираниот Ферми гас, сите енергетски нивоа со ниски енергии се пополнети, така што на секое ниво има по точно два електрона (слика 3). Повеќе од два електрона на едно исто ниво не може никако да се најдат, односно квантномеханичките својства на електроните не дозволуваат тие да се бидат премногу блиску, што резултира со одбивни сили меѓу нив кои се „противат“ на привлечните гравитациони сили и до извесна граница не дозволуваат ѕвездата од стадиум на бело џуџе да колабира во уште покомпактен објект.

Ако направиме проценка на брзината на електроните кај белите џуџиња, користејќи го Хејзенберговиот принцип на неопределеност, за определување на импулсот на електроните, ќе дојдеме до заклучок дека брзина на електроните расте со порастот на густината на ѕвездата, односно ако земеме густина од редот 10^6 g/cm^3, се добива дека брзината е од редот 0,25c. Ова значи дека електронскиот гас кај белите џуџиња треба да се третира релативистички. Исто така, де Брољиевата релација ни овозможува да ја пресметаме брановата должина на електроните, односно $\lambda = \frac{h}{p}$, од каде што се добива $\lambda \approx 10^{-10}\,\mathrm{m}$, што е од редот на меѓучестичните растојанија на гас со густина 10^6 g/cm^3. Доколку меѓучестичните растојанија, односно средниот слободен пат на честичките во даден гас е споредлив со де Брољиевата бранова должина, тогаш гасот не може да се третира класично, туку мора да се третира како квантен гас. Од погоре направените проценки со примена на некои основни квантномеханички релации, дадени во воведниот дел, може да се каже дека кај белите џуџиња, станува збор за дегенериран квантен електронски гас. Притисокот на ваквиот гас зависи од густината и е даден со

$$P = k\rho^{\gamma}, \qquad (4)$$

каде што γ = 5/3 за нерелативистички дегенериран гас и γ = 4/3 за ултрарелативистички гас.



Сл.3. Енергетски дијаграм на дегенериран Ферми гас

Додека електроните мора да се третираат квантномеханички и релативистички, бавните јони, кои имаат многу поголема маса од електроните со доволна точност може да се третираат како класичен гас и на нив да се применат резултатите познати од класичната термодинамика, односно притисокот може да се изрази преку равенката на состојба на идеален гас. Бидејќи јоните се движат многу побавно, тие не придонесуваат во голема мера кон високите притисоци кај белите џуџиња, туку во главно се одговорни за преносот на топлина и високите температури. Дегенерираниот квантен електронски гас е одговорен за високиот притисок во овие тела. Со еден збор, белите џуџиња може да се моделираат како сферно распореден дегенериран електронски гас, обвиткан со површински слој од класичен идеален гас, составен од бавни јони.

Дегенерацијата на електроните не може да „поддржи“ бело џуџе со маса поголема од 1,4 соларни маси, што е познато како Чандрасекарова граница. За ова откритие, Чандрасекар добил Нобелова награда во 1983 година. Со оглед на тоа што, белите џуџиња се објекти со маса приближно еднаква на Сончевата маса, сместена во волумен приближно еднаков на Земјиниот волумен, нивната густина е од редот на 10^6 g/cm^3, што беше искористено погоре во пресметките.

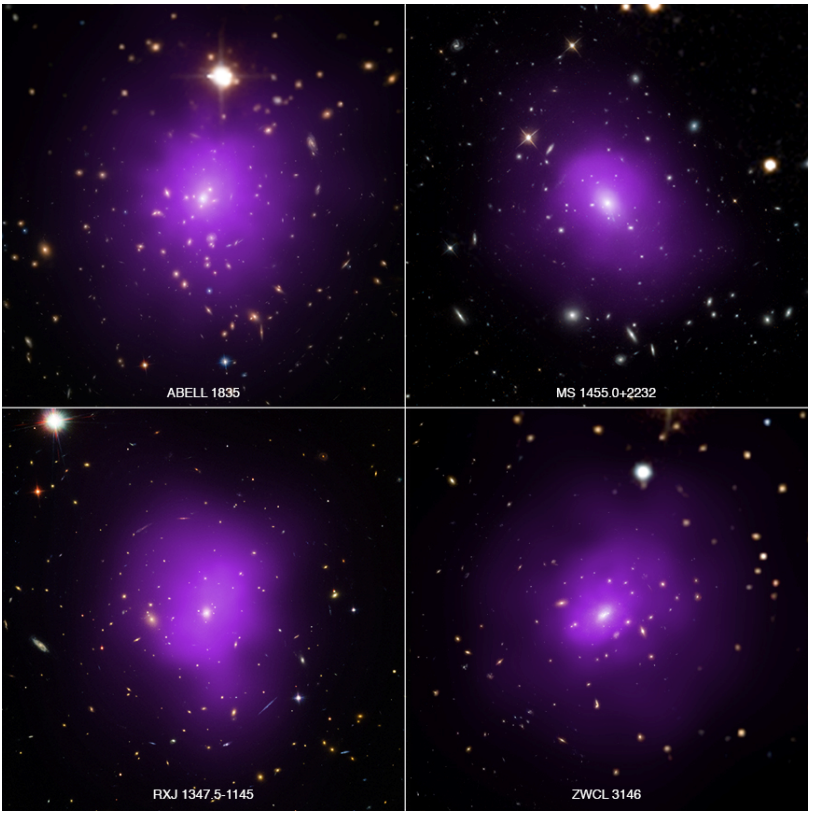
Дегенерирани ѕвезди со маса поголема од Чандрасекаровата граница преминуваат во неутронски ѕвезди, каде што електроните се комбинираат со нуклеоните и формираат неутрони, односно од белото џуџе се добива нов компактен објект, во основа создаден од дегенериран неутронски гас. Неутроните се исто така фермиони. Неутронските ѕвезди имаат уште поголема густина од белите џуџиња. Една кафена лажичка од неутронска ѕвезда има маса колку сите згради во Менхетн. Според ова, кај неутронските ѕвезди се јавува уште повисок притисок. Овој притисок се противи на колапсот на ѕвездата, што може да биде предизвикан од гравитационите

привлечни сили и при маси приближно еднакви на 2-3 Сончеви маси, неутронската ѕвезда може да се одржи како таква. Интересно е да се забележи дека неутронската ѕвезда всушност може да се разгледува како едно гигантско атомско јадро (бидејќи е сочинета од нуклеони), но со таа разлика што тука за компактноста на ѕвездата пресудни се привлечните гравитациони сили, а не силните нуклеарни сили, како кај атомите. Имено, привлечните нуклеарните сили стануваат одбивни на многу мали растојанија кај густо пакуваната материја на неутронската ѕвезда, па гравитационите сили, коишто, иако слаби имаат долг домет и ги компензираат одбивните сили, одржувајќи ја ѕвездата до извесна мера компактна. Радиусот на таквата ѕвезда е околу 500 пати помал од радиусот на белото џуџе. Доколку масата стане поголема од 2-3 Сончеви маси, силите на неутронскиот притисок не може да ги надвладејат привлечните гравитационите сили и доаѓа до колапс на ѕвездата во црна дупка. Друга карактеристика на неутронските ѕвезди е нивната голема брзина на ротација, поради што создаваат и силни магнетни полиња околу себе. Електромагнетните, слабите и силни нуклеарни взаемодејства играат важна улога во поведението на неутронските ѕвезди, а бидејќи гравитационите сили ги држат во компактна форма, тие претставуваат интересно поле каде што се среќаваат четирите основни видови сили и се тест-лаборатории за многу научни области, како што се нуклеарната физика, физиката на елементарните честички, физиката на кондензираната материја, квантната статистичка физика и многу други.

Темна материја

Во најново време, секако најмногу внимание привлекува темната материја и веројатно нејзе најсоодветно ѝ одговара придавката егзотична, со оглед на тоа колку малку се знае за нејзините особини. Со помош на теориски модели комбинирани со низа космолошки опсервации, се претпоставува дека во составот на вселената темната енергија учествува со 68%, темната материја со 27% и сите други останати видови материја и енергија што ги знаеме со само 5%. Овој сооднос на различните видови материја, присутни во вселената дава повеќе информации за тоа што темната материја не е, одошто за тоа што таа е. Прво, таа е „темна“, односно не ја гледаме на начин на којшто може да ги видиме планетите и ѕвездите, преку емисија и интеракција со електромагнетните зрачења, што значи таа не е од видот на ѕвездите и планетите, за кои современата наука веќе поседува многу квалитативни и квантитативни знаења. Второ, таа не е некаков облик на темни облаци од нормална материја, т.е.

барионска материја. Доколку би била барионска материја, би можеле да ја детектираме преку апсопцијата на зрачењето поминато низ барионскиот облак. Трето, темната материја не е антиматерија, што е евидентно поради отсуството на карактеристичното γ-зрачење, добиено при анихилација на антиматеријата со материјата. Конечно, и теоријата дека таа е гигантска црна дупка, со димензии на галаксија, може да се отфрли врз основа на тоа колку гравитациони леќи „гледаме“. Концентрацијата на материјата од далечни објекти кои предизвикуваат „свиткување“ на светлинските зраци е голема, но ни оддалеку не е детектиран број на настани што би укажувале на гравитационо фокусирање на светлината, соодветно на присуство на гравитациони леќи од редот на 25% од вкупната материја.



Сл. 4. Најнови снимки на четири галактички јата, кои се дел од истражувањата правени на големи примероци од повеќе од 300 јата за испитување на темната енергија, која според најновите резултати ја предизвикува забрзаната експанзија на вселената.

Потрагата по одговорот на прашањето што е всушност темната материја, доведува до две теории коишто се во моментов на сила.

Првата е поврзана со претпоставката за барионски облак и останува отворена како можност. Во рамките на оваа претпоставка, можни кандидати за претставници на темната материја се масивните компактни Хало објекти – MACHOs (MAssive Compact Hallo Objects). Ова се објекти, коишто може да бидат од мали ѕвезди до супер масивни црни дупки. Тие се направени од обична материја, протони, неутрони, електрони и може да бидат црни дупки, неутронски ѕвезди и кафеави џуџиња. Неутронските ѕвезди и црните дупки се крајниот резултат на суперновите од масивните ѕвезди. Како што веќе споменавме, тие се масивни објекти, со маси 2-3 пати за неутронските ѕвезди и над 4 пати поголеми од Сончевата маса за црните дупки. Аргумент „за“ оваа теорија е дека поради масивноста и изолираноста, овие објекти може да се „темни“. Аргумент „против“ е дека поради тоа што се резултат од супернова, би требало да ослободат големо количество енергија и тешки елементи, а тие во халото на галаксиите не се појавуваат во големи количини.

MACHOs објектите се детектираат преку гравитационото дејство врз светлината што потекнува од далечните објекти. Астрономите трагаат по вакви објекти, вообичаено кафеави џуџиња, набљудувајќи го сјајот на ѕвездите од околината на центарот на нашата галаксија и ѕвездите од големиот Магеланов облак. Една од групите во MACHOs проектот има набљудувано околу 15 гравитационо-фокусирачки настани, со што се претпоставува дека околу 20% од придонесот од темна материја во нашата галаксија се должи на објекти со маса од 0,5 Сончеви маси, како што се кафеавите џуџиња. Аргумент „за“ е тоа што астрономите имаат потврдено присуство на објекти како кафеави џуџиња или мали планети, со користење на техниката на гравитациони леќи, додека, пак, аргумент „против“ е дека иако присуството на вакви објекти е евидентно, нема докази дека нивниот број е доволно голем за да ја опфати целата темна материја во нашата Галаксија.

Втората теорија се базира на претпоставката дека темната материја не е изградена од истите честички како обичната материја, туку дека таа е изградена од слабо взаемодејствувачки честички WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles). Ова се субатомски честички, кои поради слабото взаемодејство, може да поминат низ обичната материја без никаква промена, односно незабележано. Терминот масивен овде се однесува на тоа дека имаат маса, а дали се тешки или лесни зависи од честичката. Примарни кандидати за вакви честички се неутрината, аксионите и неутралината.

Неутриното како елементарна честичка беше претпоставено уште во раниот 20 век, а подоцна и детектирано. До 1998 година неутриното беше третирано како честичка без маса, кога беше

откриен вид неутрина коишто имаат маса, иако многу мала. Таа маса е многу мала за да може да се смета дека присутниот процент на темна материја во вселената се должи на неутрината.

Аксионите се елементарни честички чие постоење беше предвидено со цел да се објасни отсуство на диполен момент кај неутронот. Иако аксионите веројатно немаат голема маса, се претпоставува дека при Големата експлозија се создадени во огромен број и можат да доведат до објаснување на големиот процент темна материја присутен во вселената. Засега, потрагата по детектирање на аксионите се одвива во лабораториски услови и во истражување на халото на нашата галаксија и Сонцето.

Неутралината се исто така претпоставени честички, во рамките на теоријата за суперсиметрија. Оваа теорија се стреми да ги обедини во една сите познати сили во природата. Неутралината имаат маса 30-5000 пати поголема од протоните, но се сèуште најлесни честички од сите електронеутрални честички во рамките на теоријата за суперсиметрија. Физичарите и астрономите развиваат методи за детекција на овие честички под Земјата или детекција на знаци за нивно учество во интеракции во вселената. Аргумент „за“ теоријата на WIMPs честички е тоа дека создавање на голем број вакви честички при Големата експлозија би можело да го објасни големото присуство на темна материја во природата. Аргумент „против“ е дека единствените детектирани честички досега, неутрината, имаат маса недоволна да се објасни процентот на темна материја, додека, пак, аксионите и неутралините не се сèуште детектирани.

Нови научни сознанија во врска со темната материја и темната енергија се добиваат секојдневно. Како и да е, прашањето „Што всушност претставува темната материја?“ останува отворено и се очекува да го даде иднината.

На крајот ќе спомнеме дека додека се пишува овој текст, на 25 декември 2016 година, на 88 години почина астрономот Вера Рубин од Карнеги Институтот за Наука, која прва ги откри доказите за постоењето на темната материја, истражувајќи ги спиралните галаксии во 70 години од минатиот век и е една од најзначајните жени во науката, воопшто, на сите времиња.

Наместо заклучок

Во рамките на овој текст беше направен обид да се даде кус вовед во квантната механика и да се наведат некои примери, каде што таа е во тесна врска со астрофизиката. Во тој контекст, се осврнавме на некои егзотични фази на материјата, опфаќајќи ја материјата во екстремни услови т.е. дегенерираната материја и онаа

сèуште непозната и необјаснета темна материја. За овие области има уште многу да се пишува. Сложениот математички апарат на квантната механика е присутен многу повеќе во современто објаснување на астрофизичките феномени, одошто просторот и нивото на претходните знаења на младите читатели дозволуваат тоа да се направи во овој текст. Целта на овој текст е да ја поттикне љубопитноста кај читателите и да ги мотивира да пребаруваат литература, да учат и да ги поврзуваат различните научни области, затоа што природата е една и единствена и сите природни науки ја истражуваат фокусирајќи се на различни нејзини аспекти, за на крајот нужно да дојдат до момент кога достигнувањата од различни области се спојуваат во едно заедничко и општо научно сознание.

e-mail: irina.petreska@pmf.ukim.mk

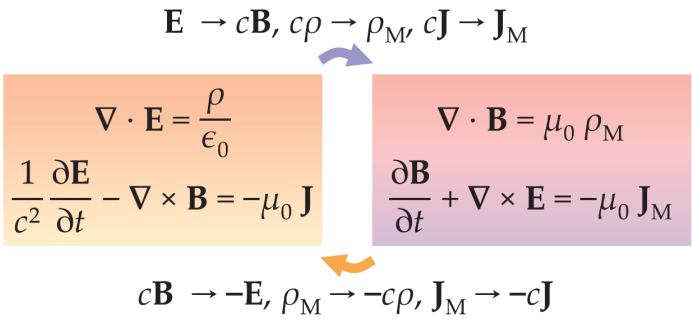
Литература

[1] Shmuel Balberg and Stuart L. Shapiro, The Properties of Matter in White Dwarfs and Neutron Stars, arXiv:astro-ph/0004317 (2000).
[2] http://imagine.gsfc.nasa.gov/educators/galaxies/imagine/dark_matter.html
[3] https://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/what-is-dark-matter.html
[4] https://home.cern/about/physics/dark-matter
[5] https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-is-dark-energy
[6] http://chandra.harvard.edu/photo/2016/clusters/

ВО ПОТРАГА ПО МАГНЕТНИТЕ МОНОПОЛИ

Александар Ѓурчиновски и Моника Пешевска

Во светот во кој живееме, во вообичаени услови електромагнетната сила е таа што доминира околу нас и која што е главна водилка во процесите што се одвиваат во нашата околина. Таа е една од четирите фундаментални сили во природата, покрај гравитационото взаемнодејство, нуклеарните сили и силите кои се јавуваат при распаѓање, односно трансформација на елементарните честички. Електромагнетното взаемнодејство во ваквите практични услови е теориски опишано со класичната Максвелова теорија, формулирана во 1864 година од Џејмс Клерк Максвел. Во пределите на микросветот, класичната електродинамика е надградена со земање предвид на квантномеханичките својства на материјата и законите кои владеат во микросветот. Ваквата теорија на квантна електродинамика е формулирана во средината на минатиот век од многу значајни физичари како што се Дајсон, Швингер, Фејнман, а базирана е на фундаменталните идеи на Дирак дециении предтоа. Таа е една од најуспешните теории во физиката, заедно со класичната Максвелова електродинамика и теоријата на гравитација на Ајнштајн. Со оваа теорија, меѓу другото, е одреден магнетниот диполен момент на електронот со точност до десетта децимала.



Сл. 1. Максвеловите равенки на класичната електродинамика во присуство на магнетни монополи. Стрелките ја прикажуваат дуалната симетрија на равенките во однос на смената на електричните со магнетните компоненти, и обратно.

И покрај големата успешност и применливост на теориската електродинамика, сепак постои неелегантност во равенките на самата теорија која што се огледува во несиметричноста на полнежите. Класичната електромагнетна теорија во себе вклучува два типа на електрични полнежи - позитивни и негативни, меѓутоа во неа не постојат магнетни полнежи – т.н. магнетни монополи. Иако теориски нивното постоење со ништо не се исклучува - напротив, со постоењето на магнетните полнежи теоријата би добила на „естетика“, т.н. дуална симетрија - сепак експериментите во времето на Максвел и по него покажале дека таквите магнетни монополи не можат да се детектираат. Навистина, доколку магнетна прачка со северен и јужен пол се скрши на два дела, нема да се добијат една прачка со северен, а втора со јужен пол, туку две прачки од кои секоја поседува северен и јужен пол како и првата прачка од која што потекнуваат. Од теориски аспект, вклучувањето на магнетните полнежи во равенките на Максвел, на пример, би довеле до дуална симетрија - доколку електричните величини во равенките се заменат со магнетните величини и обратно, равенките не би се промениле, односно би останале инваријантни при ваквиот процес на смена на величините. Ваквата дуална симетрија дава слика за тоа како би изгледал светот доколку наместо електричните полнежи би постоеле само магнетни полнежи - суштински ништо не би се променило, истоимените магнетните полнежи би се одбивале, разноимените би се привлекувале, електричното поле би влијаело на нивните траектории на сличен начин како и магнетното поле врз електричните полнежи, итн. Едновременото постоење и на електричните и на магнетните полнежи би ја направиле теоријата „елегантна“, а би довело и до нови фундаментални резултати во

Сл. 2. *Дираков монопол.*. Северниот монопол (горе) е поврзан со јужниот монопол (долу) преку Диракова струна, која што го пренесува магнетниот флукс и го запазува континуитетот на магнетните силови линии.

физиката на елементарните честички и нивните взаемнодејства. Сепак, сеуште не ни е познато зошто магнетните монополи експериментално не може да ги детектираме.

Од аспект на квантната физика, електромагнетните взаемнодејства се опишуваат преку скаларен и векторски потенцијал, односно преку соодветните квантномеханички оператори на овие величини, при што се покажува дека магнетните силови линии не можат да имаат свој почеток и крај, односно магнетните монополи (извори) не би требало да постојат. Сепак Пол Дирак во 1931 година теориски покажал дека континуитетот на магнетните силови линии не противречи на постоењето на магнетните монополи. Во моделот на Дирак постојат два типа на магнетни монополи, односно магнетни полнежи - северен и јужен, сврзани меѓу себе со т.н. Диракова струна, која е сингуларност во теоријата и ја означува насоката на магнетниот флукс од јужниот кон северниот полнеж. Ваквите Диракови монополи се со точно определен магнетен полнеж Доколку честичка со електричен полнеж $\boldsymbol{e}$ се обиде да взаемнодејствува со Дираковата струна, помеѓу овие монополи, се покажува дека таквото взаемнодејство е ништожно, односно Дираковата струна не може да се детектира. Таа реално не постои, туку постојат само двата Диракови магнетни монополи коишто се слободни индивидуални честички. Дираковиот модел предвидува две важни нешта . Прво, магнетната сила што би постоела меѓу магнетните монополи со минимална вредност на магнетен полнеж би била 4700 пати поголема отколку Кулоновата сила меѓу два електрони, и второ, сите наелектризирани честички во природата треба да имаат квантуван полнеж кој што е еднаков на цел број пати од вредноста на елементарниот електричен полнеж. Последниов резултат на Дирак е познат експериментален факт и тој е навидум индиректна потврда за постоењето на магнетните монополи.

Сепак, теориски е тешко да се објасни динамиката на ваквите магнетни монополи. Квантномеханичкиот опис на полињата кои произлегуваат од динамиката на Дираковиот монопол математички е невозможен, затоа што полнежот на монополите е таков што магнетната константа на фина структура добива вредност поголема од нула (околу 34) и теоријата на пертурбации не би можела да даде недивергентни, конечни резултати. Од друга страна, веквите теории на полиња во тој период од развитокот на теориската физика не можеле да ја опишат динамиката на целиот Дираков модел будејќи биле применливи на точкасти честички со нулта димензија, но не и на Дираковата струна, која е еднодимензионална структура. Се одело на преформулација на теориите на полиња за да во нив се вклучат и ваквите еднодимензионални структури. Значаен придонес во

опишувањето на магнетните монополи со помош на алатките на квантните теории на полиња бил даден во 1974 година од Хуфт и Пољаков кои покажале дека постоењето на магнетните монополи не противречи на теоријата во дијапазонот на мошне високите енергии кога настанува унификација, односно обединување на различните взаемнодејства. Ова е енергетскиот спектар на т.н. голема обединувачка теорија (Grand Unified Theory - GUT) во која силното нуклеарно и електромагнетното взаемнодејство престануваат меѓусебно да се разликуваат, а резултатот на Хуфт и Пољаков покажал дека магнетните монополи се својствен елемент на секое такво големо обединување на овие две сили.

Магнетните монополи се апсолутно стабилни честички и тие би се распаднале само преку процесот на анихилација во кој еден магнетен монопол би дошол во контакт со друг магнетен монопол со спротивен магнетен полнеж. Во тој случај, анихилацијата би предизвикала креирање на други полесни елементарни честички и зрачење. Ваквата стабилност на магнетните монополи значи дека доколку во почетните стадиуми на еволуција на универзумот, во периодот кратко по Големата експлозија кога енергиите биле доволно големи за тие да се формираат, со текот на времето дел од нив би анихилирале на други честички и енергија, а дел би останале присутни и денес. Теориските пресметки покажале дека густината на ваквите „остаточни“ магнетни монополи денес во вселената би зависела од нивната маса, а според традиционалната теорија за Големата експлозија без космичката инфлација, горната граница на масата на ваквите формирани монополи би била околу 10^{10} GeV/c^2. Доколку нивната маса би била поголема од оваа вредност, тогаш денес нивната густина би била поголема од густината на материјата во вселената. Од друга страна, големата обединувачка теорија предвидува масата на формираните монополи да е околу 10^{17} GeV/c^2, што е значително поголема од онаа што би била прифатлива доколку ги земеме за валидни теоријата на Големата експлозија и експерименталните податоци со кои што денес располагаме. Ваквиот проблем на магнетните монополи бил разрешен со вметнување на теоријата за космичка инфлација, која претпоставува дека во почетните стадиуми после Големата експлозија, вселената поминала преку период на забрзано ширење. Инаку, космичката инфлација како стадиум на вселената, од друга страна, била потврдена експериментално преку температурната анизотропија на космичкото позадинско микробраново зрачење.

Потрагата по магнетните монополи на експериментален план продолжила преку директни или индиректни методи на набљудување на разни астрофизички феномени. Астрофизичарот

Јуџин Паркер предложил индиректен метод на детектирање на магнетните монополи на следниот начин. Галактичките магнетни полиња со јачини од типично еден гаус би можеле да забрзаат доволно лесни магнетни монополи до прилично големи брзини. При овој процес на забрзување на монополите, манетното поле енергетски постепено би ослабнувало, па при денешните вредности на галактичките магнетни полиња би можел да се пресмета флуксот на магнетните монополи, а оттука и нивната брзина. Доколку претпоставиме дека нивната брзина не ја надминува брзината на светлината во вакуум, тогаш може да се пресмета граничната вредност на нивната маса. Ваквите гранични вредности на Паркер можат да бидат уште попрецизно пресметани доколку се земат во предвид дополнителни претпоставки, при што се добива дека монополите кои ги предвидува теоријата на Големата експлозија без космичката инфлација не би требало денес да постојат.

Сл. 3. Панорамски поглед на експериментот MoEDAL.

Во 1973 година групата на Буфорд Прајс од Калифорнискиот универзитет во Беркли добиле интересен експериментален резултат при истражувањето на космичките зраци со помош на атмосферски балон. Нивниот инструмент детектирал настан кој одговарал на магнетен монопол со маса не поголема од 200 GeV/c^2. Деталните анализи подоцна покажале дека овој настан бил предизвикан од јадро на платина, а не од магнетен монопол.

Уште еден кандидат за магнетен монопол бил забележан во 1982 година при експеримент со суперспроводлив прстен извршен од Блас Кабрера од Универзитетот во Станфорд. При овој експеримент било забележано дека во одреден момент струјата во прстенот се променила за вредност која одговарала на настан кога магнетен монопол со Дираков полнеж би поминал низ прстенот. Ваквиот резултат, за жал, не бил забележан при повторување на експериментот со многу попрецизни инструменти и експериментални поставки. Подоцнежните експерименти, како, на пример, MACRO експериментот во Гран Сасо,

Италија, во периодот од 1989 до 2000 година, како и експериментите за детекција на неутриното: ANITA, ANTARES i IceCube, не успеале да детектираат магнетни монополи во космичките зраци во доменот на енергии во кои функционирале, притоа давајќи се попрецизни горни граници на флуксот на монополите во зависност од нивната маса. Постојат и експерименти за детектирање на магнетни монополи заробени во поларните карпи, во карпите на Месечината, како и во морската вода, кои исто така дале негативни резултати во рамките на својата точност. Сите овие експерименти покажале дека доколку магнетните монополи би се формирале во почетните стадиуми на Големата експлозија, тие практично денес не би постоеле.

Потрагата по магнетните монополи физичарите ја продолжиле во експерименталните поставки на Земјата, поточно во големите акцелератори каде што тие би можеле да се формираат при судирните процеси. Во потрага по ваквите монополи е и ATLAS експериментот, кој е дел од Големиот Хадронски Судирач (LHC), каде што монополите најпрвин се барале во остатоците од 8 TeV судири на протони со протони, со детекција на високонаелектризирани честички во електромагнетен калориметар. Експерименталната поставка денес е надградена до 13 TeV, при што енергетскиот спектар на истражување е проширен кон повисоки енергии. За истата цел, денес постои и посебен експеримент, наречен MoEDAL (Monopole and Exotics Detector at the LHC), чија што специјална намена е токму потрагата по магнетните монополи и други стабилни високојонизирачки честички. Експериментот е започнат во јуни 2015 година и по конструкцијата е доста попрецизен од ATLAS. Резултатите од ова истражување сеуште не се објавени, меѓутоа прелиминарните резултати укажуваат дека методите на скенирање што овој експеримент ги користи се толку прецизни што би можеле да детектираат еден изолиран магнетен монопол заробен во алуминиум.

Откритието на магнетните монополи би имало далекусежно значење во физиката и науката воопшто. Нивното постоење би значело креирање на нова физика надвор од стандардниот модел на елементарни честички, како и опсежна реална примена на ваквите монополни снопови во техниката и технологијата.

Литература

[1]. A. Rajantie, "The search for magnetic monopoles", Physics Today **69** (10), pp. 40-46 (2016).

НЕУТРОНСКИТЕ SВЕЗДИ И НИВНОТО ЛАДЕЊЕ

Дарко Јованов и Олгица Кузмановска

Вовед

Неутронските sвезди спаѓаат во најфасцинантните објекти во вселената, со структура и карактеристики кои не се ниту малку слични на некој објект или облик на постоење на материјата во нашата непосредна околина. Иако имаат мали радиуси од само десетина километри, тие се екстремно густи остатоци од масивни sвезди со маси на неколку Сонца (2-3 Соларни маси). По црните јами, неутронските sвезди се втори по ред објекти со најголема густина во вселената, во чиј состав скоро исклучително влегуваат неутрони (неналектризирани субатомски честички кои, покрај протоните го чинат составот на атомските јадра), од каде и доаѓа нивното име.

Овие егзотични објекти се обвиткани со облаци на материја која потекнува од т.н. експлозија на супернова, во која слоевите на sвездата околу нејзиното јадро нагло и брзо се распрснуваат во околниот простор. Од друга страна, јадрото на мртвата sвезда колапсира и се згуснува во необичен објект – неутронска sвезда, која се карактеризира со високи температури, многу силни магнетни полиња и големи аголни брзини на ротација. Поради огромните притисоци кои настануваат во неутронската sвезда, нејзината густина е таква што масата на целокупното човештво би била „спакувана“ во димензии на коцка шеќер.

Формирање

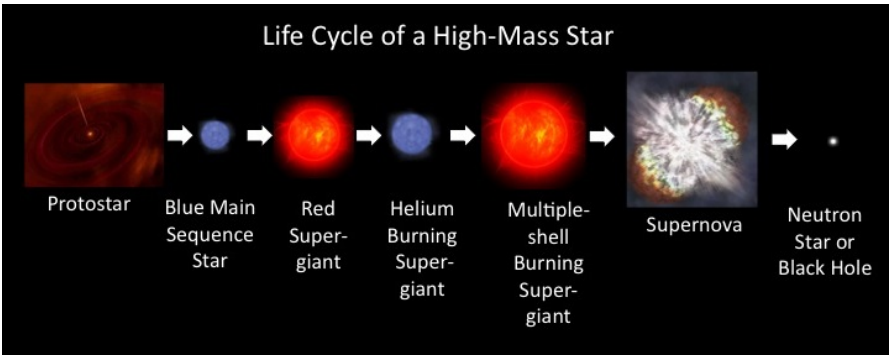
Пред специфично да го опишеме формирањето на неутронските sвезди, а за добивање на поконцизна слика, најпрво да се навратиме на општата sвездена еволуција (слика 1).

Животот на една sвезда започнува во маглина/молекуларен облак кој се состои од водород, хелиум и помали концентрации на други елементи. Облакот се простира во меѓysвездениот простор и има димензии од стотици и илјадници километри, а поради малите густини на материјата, неговата температура е нешто малку над апсолутната нула. По милиони години постоење во ваква состојба, во хомогениот и изотропен облак можат да настанат услови за

формирање на ѕвезда, доколку дојде до згуснувања на некои негови делови во однос на нивната околина, односно настанат пертурбации на густина. Зголемувањето на густината се случува од повеќе причини: заради соседен настан како, на пример, експлозија на супернова или, пак, поминување на спиралните краци на галаксијата низ облакот поради ротацијата на нашата галаксија, Млечниот пат, околу својот центар. Згуснувањето на некои делови во однос на други ја зголемува масата на единица волумен, односно гравитационата привлечна сила во тие делови и предизвикува привлекување на соседната материја и натамошно згуснување. Со оглед на тоа дека гравитационата сила е насочена кон центарот на телото (облакот) се случува гравитационен колапс во кој се ослободува топлина која го загрева облакот и ја зголемува неговата температура (и притисок). Вака се оформува протоѕвезда (зачеток или „бебе-ѕвезда“) во чие јадро се уште не е започнат процесот на термонуклерна фузија, па целокупната топлина што таа ја зрачи е ослободена од гравитациониот колапс.

Кога јадрото на протоѕвездата ќе достигне температури од 10 милиони степени, почнува процесот на фузија (трансформација на полесни елементи во потешки) и тогаш ѕвездата се “пали”. Минималната маса која мора да ја има зачетокот на ѕвездата е 0,08 Соларнимаси. Ако протоѕвездата има помала маса, таа нема да ја постигне потребната температура за започнување на термонуклеарните реакции кои се карактеристика на секоја ѕвезда, туку евентуално ќе се олади и ќе премине во темно тело, наречено кафеаво џуџе. Протоѕвездите со маси поголеми од 0,08 соларни маси преминуваат во ѕвезди на т.н. главна фаза (од дијаграмот кој ги поврзува нивните површински температури и сјај и е наречен HR – дијаграм) и таму ќе остане се додека не согори 10% од својата маса. Во оваа стабилна фаза ѕвездата останува милиони (доколку е помасивна), односно милијарди (доколку е со помала маса) години, се додека не дојде до потполна трансформација на јадрата на најлесниот елемент, водородот, во јадра на хелиум преку термонуклеарни реакции. Енергијата која се ослободува при овие реакции и која е насочена од центарот кон површината на ѕвездата ја урамнотежува гравитационата сила која е насочена кон центарот, односно постои хидростатска рамнотежа. Штом престанат термонуклеарните реакции, преовладува гравитацијата и ѕвездата поминува во фази на наизменичен колапс (собирање), но и повторно ширење, доколку во јадрото или во надворешните слоеви, повторно започне прво фузијата на хелиумот, а потоа и на потешките елементи кај масивните ѕвезди. Повторното „палење“ на термонуклеарните

реакции е резултат на зголемувањето на притисокот и температурата.



Сл. 1. Шема на еволуцијата на масивни ѕвезди

Оваа нестабилна фаза на наизменично ширење и собирање на јадрото (односно фаза на пулсации) е фаза на црвен џин и во неа сите ѕвезди поминуваат дел од својот живот. При пулсациите ѕвездите губат голем дел од својата маса во форма на планетарни маглини и ѕвезден ветер. Кај црвените џинови, јадрото е осиромашено од хелиум и горните слоеви се шират, додека јадрото настојува да најде нови извори на енергија. За ѕвездите со маса поголема од 2,25 Соларни маси процесите на ширење и палење на фузијата се повторуваат неколку пати, од хелиумот се создава јаглерод, со зголемување на температурата и потешки елементи, се додека во јадрото не се натрупа железо. Тогаш фузијата престанува, хидростатската рамнотежа е неповратно нарушена и доаѓа до неминовен гравитационен колапс на јадрото на ѕвездата, односно на нејзината преостаната материја. Ако преостанатата маса е помала од 1,44 Соларни маси (т.н. Чандрасекарова граница), таа ќе премине во бело џуџе (белите џуџиња не стигаат до фазата на фузија на железо, туку до фазата на трансформација на хелиум во јаглерод). Таква ќе биде судбината на нашата ѕвезда – Сонцето. Ако преостанатата маса е помеѓу оваа граница и масата од 3 соларни маси (Толман-Опенхајмер-Волкофова граница), тогаш во силна експлозија на супернова во вселенскиот простор ќе бидат исфрлени ѕвездените обвивки, а преостанатото јадро ќе колапсира во неутронска ѕвезда. Најмасивните ѕвезди со маси поголеми од 2,5 Соларни маси создаваат црни јами.

Како се трансформира материјата при колапсот во неутронска ѕвезда? Поради големите притисоци и густини прво се распаѓаат атомите, односно електроните ги напуштаат своите електронски

обвивки, се одвојуваат од атомските јадра и формираат т.н. дегенериран електронски гас. Неговото постоење се базира на Паулиевиот принцип на исклучување, кој не дозволува електроните на соседните атоми да се приближат поблиску од одредено растојание. Помеѓу нив почнува да дејствува репулзивна (одбивна) сила која го спречува натамошното гравитационо собирање. Состојбата е карактеристична и за белите џуџиња, а воспоставената хидростатска рамнотежа се опишува со поинакви релации помеѓу термодинамичките параметри. Од друга страна, кај ѕвездите кои се помасивни од 2,5 Соларни маси, притисокот на дегенераниот гас не е доволен да го сопре неумоливиот притисок на гравитацијата. Во оваа фаза, електроните стапуваат во интеракции со протоните од атомските јадра и формираат само неутрони. Сега пак, меѓу неутроните дејствува принципот на исклучување и оваа сила сега е доволна за да го сопре понатамошниот гравитационен колапс. Слоевите од ѕвездата кои немаат колапсирано во оваа состојба, при контакт со таа неутронска структура ќе ослободат огромна експлозија - супернова. Преостанатото тело е неутронската ѕвезда.

Особини

Неутронските ѕвезди поседуваат доста интересни особини.

Голема густина. Со оглед дека имаме маса на две Сонца спакувани во простор со радиус од околу 12 km, очекуваме големи густини. Густината се зголемува кон центарот на неутронската ѕвезда. На пример, површината има густина 10^9 kg/m^3, а подлабоко расте до $6 \cdot 10^{17}$ kg/m^3, па дури и $8 \cdot 10^{17}$ kg/m^3 во најдлабоките делови. Целокупната густина на неутронската ѕвезда е од $3{,}7 \cdot 10^{17}$ до $5{,}9 \cdot 10^{17}$ kg/m^3, што е споредливо со густината на атомското јадро од $3 \cdot 10^{17}$ kg/m^3.

Силна гравитација. Се очекува од толкава густина да произлезе силна гравитација. Поради огромната маса сконцентрирана во толку мал простор, физиката на нутронските ѕвезди не може да се разгледува со Њутновата теорија за гравитација, туку со Општата теорија на релативност на Алберт Ајнштајн. При одредени радиуси на овие ѕвезди, а поради големата закривеност на простор-времето околу екстремно масивни ѕвезди, „светлината“ може да се заглави во орбита околу нив, што овозможува целокупната површина на ѕвездата да е видлива. Дополнително, зрачењето емитирано од нејзината површина ќе претрпи гравитационо Доплерово поместување. Поради силната гравитација, неутронските ѕвезди може да се сметаат за најтркалезни, но и најмазни објекти во универзумот со отстапувања од само 5 mm.

Големи ротациони брзини. Според законот за запазување на моментот на импулс, поради намалување на радиусот аголната брзина на ѕвездата значително се зголемува кога таа ќе се трансформира во неутронска ѕвезда. Така, откриени се неутронски ѕвезди кои ротираат со брзини кои изнесуваат и 25% од брзината на светлината (која е околу 300 000 km/s), а притоа не се распаѓаат со овие екстремно брзи ротации поради силното гравитационо поле.

Силни магнетни полиња. Ако пред да колапсира, ѕвездата поседувала магнетно поле, според законите за запазување, тоа поле ќе го поседува и неутронската ѕвезда. Концентрирано во нејзиниот мал волумен, тоа може да биде и трилион (10^{18}) пати посилно од она на Земјата. Полето не мора, но може да е насочено паралелно на оската на ротација и тогаш тоа ротира заедно со ѕвездата. Ваквата ротација на полето предизвикува по неговите оски да се лансираат млазеви од високоенергетски X и гама зраци. Ваквите неутронски ѕвезди се наречени **пулсари**.

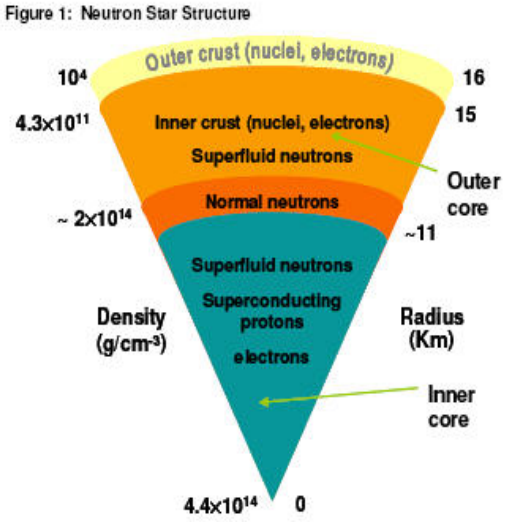
Високи температури. Температурата на новооформена неутронска ѕвезда е во интервалот 10^{11}-10^{12} Келвини. Тие зрачат неутрина, преку кои се губи значаен дел од топлината и по неколку години температурата може да падне на 10^{6} Келвини. Дури и при овие температури, најголем дел од зрачењето се емитира во X делот од спектарот, а во видливиот спектар тоа е исто на сите бранови должини, поради што неутронските ѕвезди ни изгледаат бели.

Структура

Неутронските ѕвезди имаат необична структура (слика 2). Нивната површина е составена од супергусто полимеризирано железо, кое е суперспроводник во насока на магнетните оски, а изолатор во насока нормална на нив. Над него има многу тенка атмосфера (неколку микрометри) составена од хелиум и водород. Во внатрешноста на неутронската ѕвезда има слободни неутрони и јадра со поголем број на неутрони во нив, кои нормално би се распаднале на Земјата. Подлабоко во внатрешноста притисокот расте, а јадрата се распаѓаат во „океан“ на неутрони кои ја чинат суперфулидната материја на неутронската ѕвезда.

Неколку километри под површината на неутронската ѕвезда густината достигнува големина на онаа во атомските јадра. Со оглед на тоа дека не постои равенка на состојба, крајно е тешко да се објасни однесувањето на материјата во подлабоката внатрешност. Најверојатно, таа е составена од дегенериран електронски гас, течна дегенерирана неутронска материја и неколку преостанати атомски јадра. Непосредно до јадрото, притисокот на околната материја е

поголем поради силното нуклеарно взаемнодејство и тука и последните јадра изчезнуваат.



Сл. 2. Внатрешна структура на неутронска ѕвезда

Структурата на јадрото на неутронските ѕвезди е малку позната, но постојат повеќе модели. Според едни, јадрото го чини дегенерирана неутронска материја, додека додека други предвидуваат дека во него се случува понатамошно распаѓање на материјата и настапува фаза на дегенерирана кваркова материја или кварк-глуонска плазма. Она што го докажаа најновите откритија, за кои подетално ќе стане збор во наредниот пасус, е дека неутроните и преостанатите протони во јадрото се наоѓаат во суперфлуидна состојба, а дека протоните, кои се носители на позитивен електричен полнеж, дополнително се и суперспроводници.

Суперфлуидноста е посебна состојба на материјата (произлезена од квантни ефекти) во која не постои внатрешно триење (односно има нулта вискозност). Во лабораториите на Земјата, суперфлуидноста се постига со ладење на течностите до ултра-ниски температури. Преминот во суперфлуидна состојба се одвива на точно одредени температури, наречени критични, кои се различни за различни супстанции. На пример, течниот хелиум станува суперфлуид на температури од неколку степени над апсолутната нула. Притоа, супстанциите покажуваат необично однесување: се качуваат нагоре по ѕидот на контејнерот или истекуваат низ неговото цврсто стакло. Со оглед на тоа дека суперфлуидноста настанува поради посебно спарување на елементарните честички во кое се усогласуваат нивните квантни

спински состојби, на повисоки температури на Земјата спарувањето не постои, па според тоа и суперфлуидната состојба.

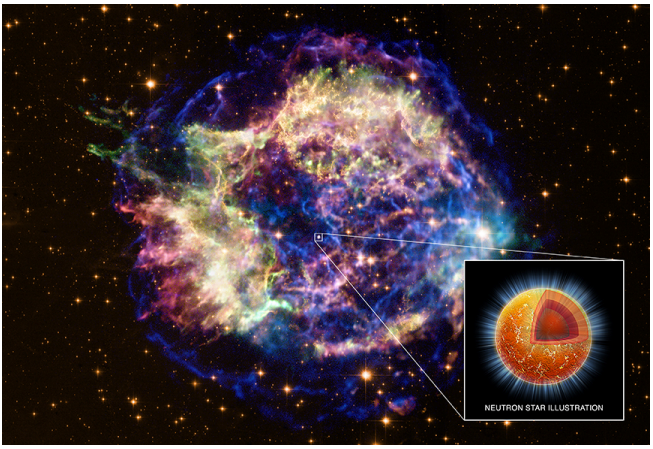
Суперспроводници се оние материјали кои спроведуваат електрична струја со минимален отпор, без губење на енергија. И оваа состојба настанува поради спарување на наелектризирани елементарни честички и на Земјата не постои на високи температури. Затоа и суперспроводници, како и суперфлуиди, се добиваат на екстремно ниски температури, Поради недостатокот на електричен отпор, тие создаваат јаки магнетни полиња и се основа за конструкцијата на современи дијагностички уреди во медицината, акцелератори на честички кои се користат во научни цели, како и брзи магнетно-левитирачки возови.

Ќе видиме дека условот за постоење на ниски критички температури не важи за јадрото на неутронските ѕвезди.

Нови откритија – ладење на неутронските ѕвезди

Новите набљудувања на остатоци на мртви ѕвезди укажуваат на значењето на суперфлуидноста во процесите во длабоката внатрешност на неутронските ѕвезди. Првиот директен доказ за постоењето оваа состојба е добиен со набљудувањето на Касиопеа А (Cassiopeia A), неутронска ѕвезда во истоименото сосѕвездие, на растојание од 11 000 светлосни години од нас, а опкружена со облаци на ѕвездена материја настаната при експлозија на супернова. Оваа експлозија можела да се види од Земјата пред 300 години. Самата неутронска ѕвезда е првпат детектирана од Чандра опсерваторијата за X – зраци (која е вонатмосферски вештачки сателит на Земјата) во 1999 година. Во 2012 година е постигнат и напредок во проучувањето на Касиопеа А, бидејќи со Чандра опсерваторијата е забележано дека температурата од два милиони степени на површината на младата неутронската ѕвезда се намалила за околу 4% во текот на 10 години.

Теориските астрофизичари веќе подолго време шпекулираат дека младите неутронски ѕвезди се ладат во текот на првите сто години од својот настанок, со т.н. Урка процеси (наречени по трошењето на пари во истоименото касино во Рио де Женеиро). Урка процесите претставуваат циклуси на реакции во кои атомските јадра губат енергија со апсорпција на електрон и натамошна емисија на β честичка (електрон кој има голема брзина). Во процесот се ослободуваат парови на неутрина и антинеутрина, кои се елементарни честички без маса. Во младите неутронски ѕвезди, пак, неутроните се распаѓаат на протони емитирајќи неутрина кои ја напуштаат ѕвездата носејќи дел од нејзината енергија.



Сл. 3. Маглината и неутронската ѕвезда Cassiopeia A

Сепак, со Урка процесите не може да се објасни наглиот пад на температурата регистриран на Касиопеа А. Алтернатива на овие процеси, како причина за ладењето, е токму суперфлуидната состојба. Имено, покрај останатите необични својства кои ги имаат, суперфлуидите се и одлични ладилници; на пример, суперфлуидот на хелиумот разладен на 1,9 степени над апсолутната нула ги одржува суперспроводните магнети во акцелераторите на институтот Церн во Женева. Затоа, научниците веруваат дека суперфлуидите ги „разладуваат“ и ѕвездите.

Според компјутерски симулации направени со податоците од Чандра опсерваторијата, два независни астрофизички тима се сложуваат околу тоа дека по почетното паѓање на температурата и натамошното повеќевековно постепено ладење, ѕвездата во Касиопеа А ја достигнала критичната температура за премин во суперфлуидна состојба некаде на почетокот на 20 век. За разлика од материјата на Земјата која станува суперфлуидна на многу ниски температури, на неутронските ѕвезди им се доволни и милијарда степени. Тоа се должи на нивната крајно необична структура и екстремната густина на материјата составена од сосема поинакви честички во однос на материјата на нашата планета. Поради многу малите меѓусебни растојанија, честичките стапуваат во интеракции со јаките нуклеарни сили. Овие сили ги соединуваат кварковите во протони и неутрони, а протоните и неутроните во атомски јадра, но имаат домет од ред на величина на атомските јадра – мал за материјата на Земјата, но значителен за густо спакуваната материја на неутронските ѕвезди.

На критични температури од 500 милиони степени, или, според други пресметки, од 700 до 900 милиони степени, неутроните почнуваат да се спаруваат, ослободувајќи млазеви на неутрино честички. Ова спарување се случува поради падот на температурата под критичната, а со преминот на се поголем број на неутрони во оваа суперфлуидна состојба, ќе се забрза и падот на температурата на ѕвездата во наредните децении. Се претпоставува дека овие разладувачки слоеви на суперфлуид се наоѓаат блиску до површината, затоа што доколку би биле сместени подлабоко во внатрешноста, енергијата на неутрината би ги загревала погорните слоеви движејќи се нагоре и не би ја оладила ѕвездата. На крајот, според теориските симулации, неопходно е и присуство на протони во суперфлуидна, но и суперпроводна состојба, со оглед на тоа дека тие се наелектризирани честички, со кој ќе се забрза понатамошното нагло намалување на температурата.

Новите резултати на набљудувањата инспирираа и нови предвидувања кои допрва треба да се тестираат. Со нив се потврди една од теориите за структурата на неутронските ѕвезди. Моделот за дегенериран неутронски суперфлуид предвидува дека младите неутронски ѕвезди, при премин во таа фаза, губат голем дел од топлината во самиот премин. За време на преминот се емитира огромен број на неутрина кои носат со себе голем дел од енергијата на ѕвездата. Овие откритија ќе го овозможат проучувањето на дејството на јаката нуклеарна сила во супергуста материја, критичните температури во неа, еволуцијата на магнетните полиња во неутронските ѕвезди, како и нивната прецесија и пулсација, односно ненадејните промени во брзината на ротација за кои веќе се претпоставуваше дека се должи на присуство на суперфлуидни неутрони во површинската кора на неутронските ѕвезди.

email: olgicak@pmf.ukim.mk

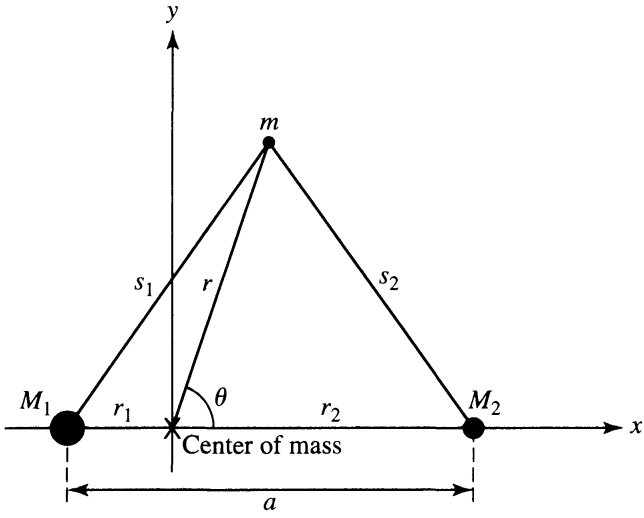
Литература

[1] Universe – Roger Freedman , Robert Geller , William J. Kaufmann (W.H. Freeman & Comp)
[2] http://chandra.harvard.edu/press/11_releases/press_022311.html
[3] http://www.space.com/10931-neutron-star-bizarre-superfluidcore.html
[4]https://sites.ualberta.ca/~heinke/CasA/Cooling.htmlhttp://www.dailygalaxy.com/my_weblog/2013/12/the-mystery-of-neutron-stars-deepens-strange-alien-matter-found-at-core.html

ПУЛСАРИ ВО ТЕСНО ДВОЈНИ СИСТЕМИ И ДОКАЗИ ЗА ОПШТАТА ТЕОРИЈА НА РЕЛАТИВНОСТ

Марко Шунтов

Поголемиот дел од ѕвездите во вселената не се „осамени“ во просторот туку се во гравитациони „танц“ со уште една или повеќе ѕвезди кои орбитираат околу една заедничка точка, т.н. центар на маса. Така тие формираат ѕвездени системи. Ѕвездите кои ги сочинуваат овие системи можат да бидат со најразлични маси и радиуси. Најчести се двојните ѕвездени системи, составени од две ѕвезди кои орбитираат околу заедничкиот центар на маса. Во најголем дел од двојните системи, ѕвездите се на релативно големо меѓусебно растојание и тие не си дејствуваат една на друга во текот на нивните животи, освен со гравитацијата со помош на која се „држат“ заедно. Во случај кога ѕвездите се блиски, односно растојанието меѓу нив изнесува приближно колку дијаметарот на поголемата ѕвезда во двојниот систем, нивните површини се деформираат поради дејството на гравитацијата и може да се случи ѕвездите да се допрат меѓу себе и да разменат материја. Ваквите двојни системи се нарекуваат **тесно двојни системи**.



Сл. 1.

За да разбереме како гравитацијата дејствува во двојните системи да разгледаме две ѕвезди со маси M_1 и M_2 кои се на меѓусебно растојание означено со a; центарот на маса на овој систем се наоѓа во почетокот на координатниот систем а со r_1 и r_2 се означени растојанијата на ѕвездите од координатниот почеток соодветно, како што е прикажано на слика 1.

Ѕвездите орбитираат во xy рамнината со аголна брзина $\omega = v_1/r_1 = v_2/r_2$, каде v_1 и v_2 се линиските брзини на секоја од ѕвездите. За поедноставно разгледување, избираме референтниот систем да ротира заедно со ѕвездите, со оска на ротација во координатниот почеток, односно центарот на маса на системот и со истата аголна брзина. Со тоа би се добило дека ѕвездите мируваат во референтниот систем. Во вака поставен систем силите кои им дејствуваат на ѕвездите се привлечната гравитациона сила која е урамнотежена со „одбивната“ инерцијална центрифугална сила која потекнува од кружното движење на ѕвездите.

За да го проучиме гравитационото поле кое го создаваат ѕвездите земаме „пробна“ маса m чијашто положба е определена со векторот $\vec{r}$ (слика 1) и исто така орбитира околу центарот на маса со аголна брзина ω. Векторот на центрифугалната сила што дејствува врз оваа маса е:

$$\vec{F}_c = m\omega^2\vec{r} \ .$$

На масата m и дејствува вкупна гравитациона сила која е збир од гравитационите сили на двете ѕвезди:

$$\vec{F}_{g1} = -G\frac{M_1 m}{s_1^2}\hat{s}_1 \ , \qquad \vec{F}_{g2} = -G\frac{M_2 m}{s_2^2}\hat{s}_2 \ ,$$

каде $\hat{s}_1$ и $\hat{s}_2$ се единечни вектори со правец и насока кон соодветните маси M_1 и M_2. За олеснување, ќе го примениме енергетскиот пристап кон проблемот. Ќе ја пресметаме потенцијалната енергија со помош на дефиницијата за потенцијална енергија:

$$\Delta U = -\int_{\vec{r}_{\text{почетно}}}^{\vec{r}_{\text{крајно}}} \vec{F}\, d\vec{r} \ ,$$

Гравитационата потенцијална енергија на масата m пресметана на овој начин изнесува:

$$U_g = -G \int_{\vec{r}_{\text{почетно}}}^{\vec{r}_{\text{крајно}}} \left(-\frac{M_1 m}{s_1^2}\hat{s}_1 - \frac{M_2 m}{s_2^2}\hat{s}_2 \right) d\vec{r}$$

$$= -G\left(\int_0^{s_1} -\frac{M_1 m}{s_1^2} ds_1 - \int_0^{s_2} \frac{M_2 m}{s_2^2} ds_2 \right)$$

$$U_g = -G\left(\frac{M_1 m}{s_1} + \frac{M_2 m}{s_2}\right).$$

Бидејќи работиме во ротирачки координатен систем мораме да ја вклучиме и фиктивната „центрифугална потенцијална енергија“:

$$U_c = -\int_0^r m\omega^2 \vec{r}\, d\vec{r} = -\int_0^r m\omega^2 r\, dr$$

$$U_c = -\frac{1}{2} m\omega^2 r^2.$$

Така, вкупната потенцијалната енергија за пробната маса m лоцирана во xy рамнината изнесува:

$$U = -G\left(\frac{M_1 m}{s_1} + \frac{M_2 m}{s_2}\right) - \frac{1}{2} m\omega^2 r^2.$$

Сега ќе воведеме величина која ќе ни дава информации за потенцијалната енергија во просторот, а која не зависи од пробната маса m. Со делење на потенцијалната енергија U со масата m и го добиваме гравитациониот потенцијал Φ:

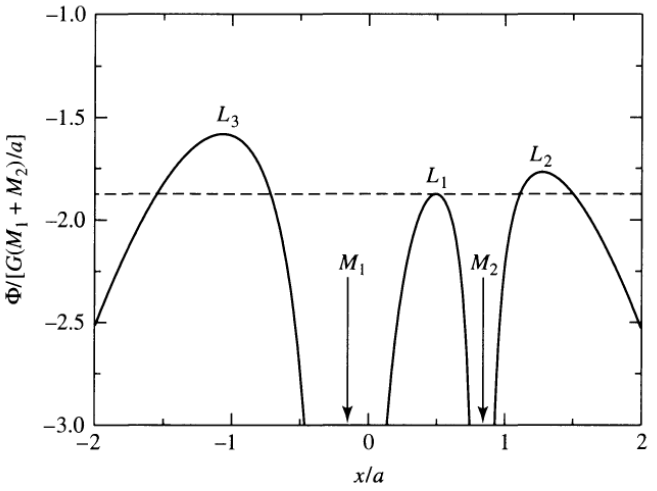
$$\Phi = -G\left(\frac{M_1}{s_1} + \frac{M_2}{s_2}\right) - \frac{1}{2}\omega^2 r^2$$

Гравитациониот потенцијал Φ всушност ни ја дава потенцијалната енергија по единица маса.

Со помош на гравитациониот потенцијал можеме да го одредиме однесувањето на гравитационото поле во секоја точка од просторот. За нас, интересен случај е оној во кој резултантната сила која што дејствува на некоја маса во полето е нула. За поедноставување на пресметките ќе го разгледаме само случајот долж x оската, кој исто така ни е од посебен интерес. Координатите x и y можат да се изведат со помош на законот за косинуси. Бидејќи силата е дефинирана како првиот извод од потенцијалната енергија по координатата со знак минус, за да ги добиеме местоположбите во гравитационото поле во кое резултантната сила долж x оската е нула имаме:

$$F_x = -\frac{dU}{dx} = -m\frac{d\Phi}{dx} = 0$$

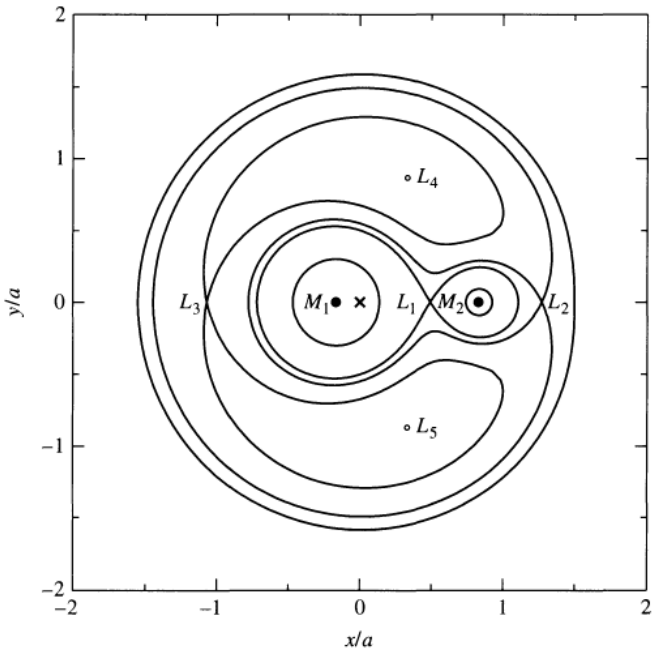
Доколку на график се претстави потенцијалот, местата во кои силата е нула ќе бидат „врвовите“ на кривата. Тие местоположби во просторот се нарекуваат *Лагранжови точки.* Графикот на потенцијалот во зависност од координатата x е претставена:



Сл. 2

Во Лагранжовите точки силата којашто дејствува на маса m е избалансирана помеѓу гравитационата сила и центрифугалната сила и во нив вкупната енергија на системот по единица маса изнесува колку и вредноста на потенцијалната енергија по единица маса Φ. За тесно двојните системи од особен интерес е внатрешната Лагранжова точка L_1. Доколку некое тело има вкупна енергија по единица маса која е поголема од Φ тогаш тоа тело ќе премине преку внатрешната Лагранжова точка од едната кон другата ѕвезда.

Точките во просторот кои имаат иста вредност на потенцијалот Φ формираат површина која се нарекува еквипотенцијална површина. На слика 3 се претставени неколку еквипотенцијални површини во просторот околу двојниот систем:

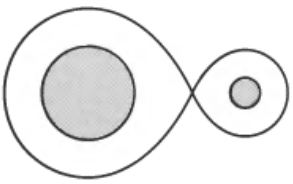


Сл. 3.

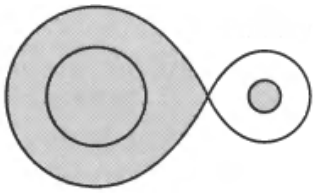
Бинарните системи се класифицираат во три класи, во зависност од тоа кои еквипотенцијални површини ги пополнуваат ѕвездите со нивната површина и што се случува помеѓу нив. Двојните системи во кои радиусите на ѕвездите се многу помали од растојанието меѓу нив и нивните површини се наоѓаат на еквипотенцијални површини кои што се оддалечени една од друга се **одвоени двојни ѕвезди**. Одвоените двојни ѕвезди немаат никакво друго взаемодејство освен гравитационото и еволуираат независно.

Во случај кога една од ѕвездите во текот на еволуцијата се проширила до таа мерка да ја пополнува контурата која претставува „осумка“ на слика 3, тогаш материјата од таа ѕвезда може да протече преку внатрешната Лагранжова точка L_1 кон другата ѕвезда. Во овој случај, кога материјата на површината од ѕвездата ја достигнува L_1 таа има вкупна енергија по единица маса поголема од Φ и затоа почнува да паѓа кон другата ѕвезда. Оваа еквипотенцијална површината во облик на капка која ја пополнува ѕвездата се нарекува Рошеова сфера. Овој систем се нарекува **полуодвоена двојна ѕвезда**.

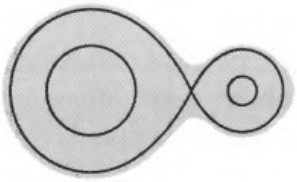
Во трет случај и двете ѕвезди ја исполнуваат својата Рошеова сфера и тогаш се обвиткани од една заедничка атмосфера. Таквиот систем се нарекува **контактна двојна ѕвезда.**



Одвоена



Полуодвоена



Контактна

Еволуцијата во тесно двојни системи

Ѕвездите во тесно двојните системи поминуваат поразличен еволуциски пат од „осамените“ ѕвезди. Во текот на еволуцијата, кога двете компоненти на двојниот систем се стабилни ѕвезди од главната низа, системот е од одвоен тип и ѕвездите еволуираат речиси независно една од друга. Во принцип, едната компонента на системот е помасивна од другата. Брзината со која ѕвездите го согоруваат своето гориво зависи, во голема мерка, од масата на ѕвездата, така што помасивните ѕвезди согоруваат побрзо а со тоа и еволуираат побрзо. Така, помасивната ѕвезда 1 еволуира побрзо и кога ќе го потроши поголемиот дел од своето водородно гориво, атмосферата на ѕвездата почнува да се шири и ѕвездата станува црвен џин. При ваквото ширење се случува површината на ѕвездата 1 да ја пополни Рошеовата сфера и преку Лагранжовата точка L_1 да протече материја од помасивната ѕвезда 1 кон помалку масивната 2. Согорувањето на горивото кај ѕвездите создава притисок кој создава сила насочена радијално нанадвор од ѕвездата и кај стабилните ѕвезди таа е урамнотежена со силата на гравитација која е насочена кон центарот на ѕвездата. Кога помасивната ѕвезда ќе го потроши целото свое гориво тогаш ќе почне да доминира гравитационата сила и таа ќе колабира и ќе се претвори во компактно тело со мали димензии – бело џуџе или неутронска ѕвезда, во зависност од масата на првичната ѕвезда. Така, врската меѓу двете компоненти и протокот на маса се прекинува.

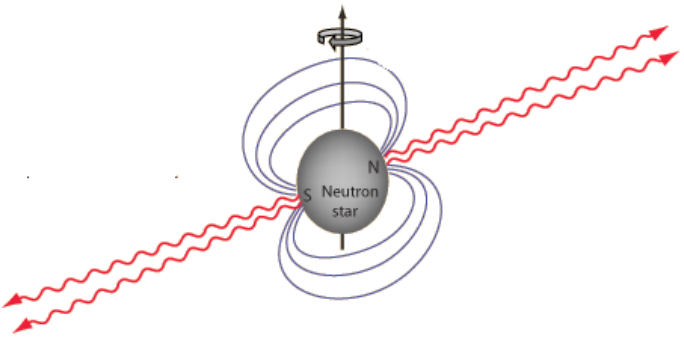
Бидејќи првично помалку масивната ѕвезда 2 прими дополнителна маса нејзината еволуција се забрзува и по потрошувањето на поголемиот дел од водородното гориво, почнува

да се шири и станува црвен џин. Во еден момент ѕвездата ќе ја пополни Рошеовата сфера и преку L_1 ќе почне да „тече“ материја, овој пат од ѕвездата 2 кон сега компактната ѕвезда 1.

Од масата на ѕвездата 2 зависи и сопствената конечна фаза како и конечната фаза на ѕвездата 1. Доколку ѕвездата 1 во текот на својата еволуција достигнала до фазата на бело џуџе, таа ќе почне да прима маса тогаш кога ѕвездата 2 ќе стане црвен џин и ќе ја пополни Рошеовата сфера. Овој процес на протекување на материја се случува се додека површината на ѕвездата 2 не се одвои од Рошеовата сфера. Доколку при процесот на протекување на материја белото џуџе прими доволно маса тоа може, под дејство на силната гравитација, дополнително да колабира и да се претвори во уште покомпактна неутронска ѕвезда. После одвојувањето на двете компоненти, ѕвездата 2 еволуира во својата конечна фаза која може да биде компактно тело, како бело џуџе или неутронска ѕвезда.

Компактни тела

Компактните тела се ѕвезди во крајните фази од нивните животи. Во зависност од масата, ѕвездите еволуираат во крајна фаза во бели џуџиња, неутронски ѕвезди или црни јами. Тие имаат релативно мали димензии и радиусите на компактните тела се движат во груби граници од 10 000 до 10 километри. Ѕвездите со маси кои што се движат во интервали од 8 до 30 маси на Сонцето ја достигнуваат својата крајна фаза како неутронски ѕвезди. Во неутронските ѕвезди гравитацијата е толку силна што единствена сила која што може да се спротистави и ја урамнотежи гравитационата е притисокот на квантно-механичката сила на густо збиените неутрони – од тука и името неутронски ѕвезди. Неутронските ѕвезди се карактеризираат со силни магнетни полиња и големи брзини на ротација околу сопствената оска. Тие емитираат електромагнетно зрачење во радио областа кое е силно насочено долж линијата која ги поврзува магнетните полови на ѕвездата. Доколку ова насочено зрачење случајно се насочува кон Земјата тоа може да се детектира. Бидејќи неутронските ѕвезди брзо ротираат, зрачењето го детектираме како кратки пулсеви – од тука и името пулсари.

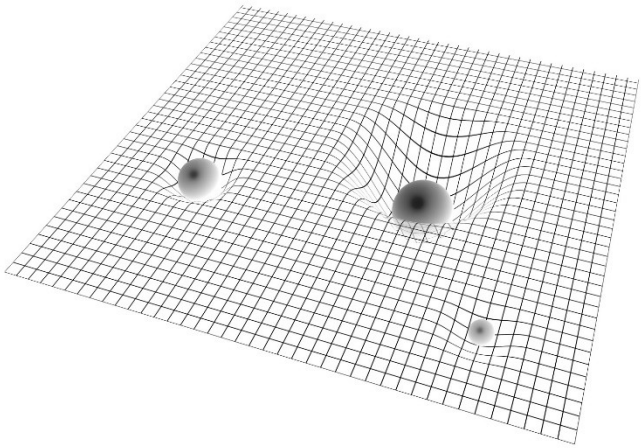


Сл. 4. Шема на пулсар

Пулсари во тесно двојни системи

2-ри јули 1974, обсерваторија Аресибо, Порторико... Расел Халс и Џозеф Тејлор, вршејќи рутински набљудувања на пулсари со помош на 300 метарскиот радио телескоп во Аресибо, забележуваат пулсар со необично однесување. Наместо импулси со константна фреквенција, овој пулсар испраќал импулси чија фреквенција осцилирала околу една средна вредност од $\nu = 16{,}94$ импулси во секунда или период на ротација на пулсарот од $T = 0{,}059$ s. Промената на фреквенцијата била периодична и се повторувала на секои 7,75 часа. Оваа појава може да се објасни доколку пулсарот орбитира околу друго тело со период од 7,75 часа. Било утврдено дека станува збор за тесно двоен систем составен од две неутронски ѕвезди во орбита со дијаметар малку поголем од дијаметарот на Сонцето и со вкупна маса од $2{,}83\ M_{\odot}$.

Во 1915 година, Алберт Ајнштајн ја објавил општата теорија на релативност со која дал ново објаснување на гравитацијата како геометриско својство на просторот и времето. Според оваа теорија секое тело со маса создава закривување во простор-времето кое што се манифестира со привлечната сила на гравитацијата. Значајот на оваа теорија била во тоа што предвидувала ефекти за кои, во времето на објавувањето, не постоеле технички можности за проверка. Набљудувањето и докажувањето на ефектите предвидени од Ајнштајновата општа теорија на релативност се направиле многу децении по нејзиното објавување, а поради развојот на технологијата.



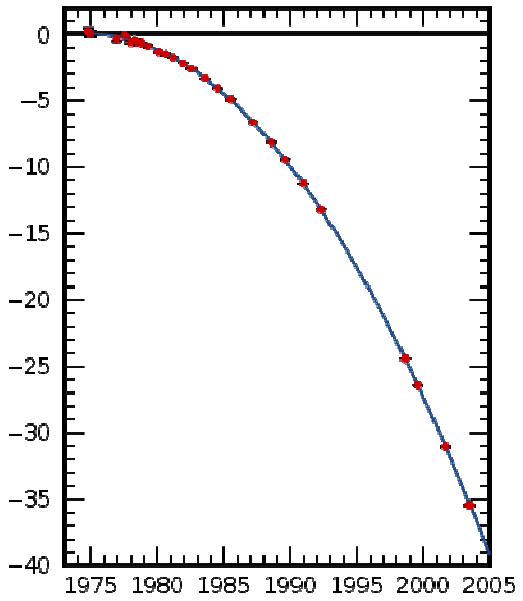
Сл. 5. Закривување на простор-времето од масивни тела

Според општата теорија на релативност, маса која се движи со некое забрзување емитира **гравитациони бранови**, по аналогија на електромагнетните бранови кои ги емитира полнеж во забрзано движење. Во двоен систем ѕвездите се движат под постојано забрзување на централна (насочена кон центарот на орбитирање) сила и создаваат гравитациони бранови. Овие бранови со себе однесуваат енергија. Оваа енергија што од двојниот систем ни доаѓа во вид на гравитациони бранови се емитира на сметка на намалување на кинетичката енергија на компонентите на системот и тоа се манифестира со намалување на орбитата. Бидејќи, во општ случај, орбитата на телата е елипса со центарот на маса во еден од фокусите, постои точка во која што компонентата е најблиску до центарот на маса. Таа се нарекува *перихел.* При намалувањето на орбитата се поместува и перихелот. Доколку се набљудува поместувањето на перихелот може да се набљудува и ефектот на намалување на орбитата.

Во одредени случаи во кои двојниот систем е составен од многу масивни тела во тесна орбита, гравитационите бранови се доволно силни за да нивниот ефект врз орбитата може да биде детектиран. Така, и орбитирањето на Земјата околу Сонцето создава гравитациони бранови кои однесуваат енергија и ја намалуваат орбитата. Вкупната енергија (кинетичка + потенцијална гравитациона) на системот Земја – Сонце изнесува околу $1{,}14 \times 10^{36}$J (Џули) од која гравитационите бранови однесуваат само 200 Џули по секунда. На овој начин орбитата на Земјата околу Сонцето за еден ден се намалува колку дијаметарот на протонот. Следи дека, за да Земјата падне на Сонцето би било потребно време околу 10^{13} пати подолго од староста на Универзумот! Од таа причина, единствена надеж за

детектирање на ефектот на гравитационите бранови би било набљудување на тесно двојни системи на масивни тела како што се пулсарите или црните дупки.

Со откривањето на првиот тесно двоен систем од пулсари од страна на Халс и Тејлор се укажала уникатна можност за проверка на ефектите коишто ги предвидувала општата теорија на релативност која што морала да чека повеќе од половина век за да биде убедливо докажана. Теориските пресметки со помош на општата теорија на релативност предвидувале намалување на орбитата од околу $3{,}5\ \mathrm{m}$ годишно, што е сè уште немерливо, меѓутоа фактот дека овој ефект е кумулативен, овозможило намалувањето на орбитата да стане мерливо со долгогодишно набљудување. Така, двојниот систем на Халс и Тејлор внимателно бил набљудуван и мерења биле правени во период од околу 30 години, со што се добиле многу прецизни податоци за него. Набљудувана била позицијата на перихелот и било детектирано нејзино поместување кое одлично се согласувало со теориските предвидувања на општата теорија на релативноста. Ова набљудувано поместување на перихелот, како што рековме, се должи на губењето на енергија на системот во вид на гравитациони бранови. Со тоа, постоењето на гравитационите бранови било за првпат докажано!



Сл. 6. На у – оската на графикот е претставена временската разлика во моментот на поминување низ перихелот а на x – оската времето. Пулсарот пристигнувал во перихелот порано со секоја ротација.

На слика 6 е преставен графикот добиен од 30 годишното набљудување на пулсарот на кој се нанесени податоците од мерењата (точки на графикот) и теориски предвиденото однесување (полната крива). Како што било и предвидено, набљудувано било намалување на орбиталниот период односно на орбитата на пулсарот.

Според општата теорија на релативност, промената на периодот со текот на времето како последица на емисијата на гравитациони бранови е претставена со релацијата (во која за поедноставување ние ја прикажуваме само пропорционалната зависност):

$$\frac{dP_{\text{орб}}}{dt} \sim -\frac{\mathrm{M}^2\mu}{P_{\text{орб}}^{5/3}} f(e)$$

Каде што $M = M_1 + M_2$ е вкупната маса на двојниот систем, $\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$ е величина наречена редуцирана маса, а $f(e)$ е функција која го опишува ефектот на ексцентрицитетот на орбитата. Од дадената релација можеме да заклучиме дека орбитата се намалува со текот на времето толку побрзо колку што масата на системот е поголема (правопропорционалната зависност од квадратот на масата на системот); исто така ја забележуваме и обратнопропорционалната зависност на брзината на промена на периодот на орбитирање со периодот што значи дека со текот на времето периодот на орбитирање се побрзо и побрзо се намалува. Теориски пресметаните и измерените вредности за $dP_{\text{орб}}/dt$ се разликувале една од друга за само 0,13%, што е импресивна точност.

Кратка дискусија

Пулсарот на Халс и Тејлор е од исклучително значење за физиката затоа што ја докажа една од нејзините најреволуционерни теории. Фасцинантен е од причина што астрономите имаа неверојатна среќа да го пронајдат овој тесно двоен систем кој претставува извонредна природна лабораторија пред да исчезне. Бидејќи растојанието меѓу пулсарите се намалува за околу $3\ \text{mm}$ со секоја орбита, тие ќе се соединат за околу 300 милиони години.

Докажувањето на општата теорија на релативноста совршено отсликува што може да направи човечкиот ум со само лист хартија и мастило. Човекот е во состојба, тргнувајќи од едноставни емпириски докази, во неверојатна точност да ја опише природата која што не може директно да ја набљудува. Тајните на природата му се одгатнуваат на еден исклучително суптилен и притаен начин,

длабоко испреплетени во јазикот на математиката – во бескрајни редици на симболи и знаци кои се поврзуваат меѓусебе што со низа правила за да формираат една универзална смисла – смислата на природата. Така, во суштина, човекот претставува само еден збир на атоми кои се обидуваат да се објаснат самите себеси; и успеваат во тоа.

e-mail: markoshuntov@gmail.com

Литература

[1] B. Carrol, D. Ostlie, An Introduction to Modern Astrophysics 2nd ed, Pearson, 2007
[2] H. Kartunnen, P. Kroeger, H. Oja, M. Poutanen, K.J. Donner, Fundamental Astronomy 5th ed, 2006
[3] M. Vukićević-Karabin, O. Atanacković-Vukmanović, Opšta Astrofizika, Zavod za udzbenike I nastavna sredstva - Beograd
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/General_relativity
[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Hulse%E2%80%93Taylor_binary

МЕЃУSВЕЗДЕНА ПРАШИНА

Наце Стојанов

Вовед

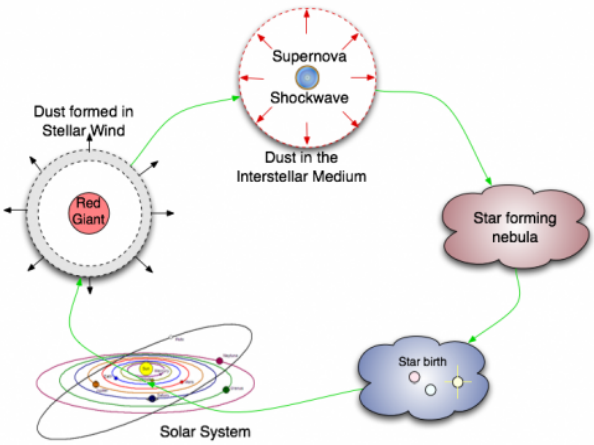
Во вселената прашината може да се класифицира во четири видови врз основа на астрономската локација, и тоа како: **меѓугалактичка**, **меѓусвездена**, **меѓупланетарна** и **циркумпланетарна** (ја има во прстените околу некои планети). Со заедничко име, сите четири видови се познати како **космичка прашина**.

Космичката прашина е присутна во речиси секој астрофизички објект, како на пример, во прашинастите облаци околу ѕвездите, прашинастите дискови во спиралните, елипсовидните и активните галаксии, како и во некои предгалактички објекти што се карактеризираат со специфични апсорпциони линии во спектарот. Количеството и составот на прашината во галаксиите влијае врз нивниот спектар како и врз некои физички својства, како што се степенот на формирање ѕвезди и присуството на некои елементи. Затоа, разбирањето на својствата на космичката прашина е од суштинско значење за разбирање на еволуцијата на вселената.

Сл. 1. Horsehead (коњска глава) маглината е темен облак од прашина и гас во склоп на маглината Орион, во која е констатиран интензивен процес на формирање ѕвезди.

Во овој текст, накратко ќе биде покажано како се формира модел на космичка прашина и кои се ограничувањата на овие модели. Од посебен интерес ќе бидат моделите за меѓуѕвездената прашина, која во вселената егзистира заедно со различни видови на гасни молекули и како целина ја дефинира локалната меѓуѕвездена средина (interstellar medium - ISM), слика 1.

Накратко, ISM во просторот помеѓу ѕвездите се состои од неколку главни компоненти: гас, прашина, магнетно поле и високоенергетски зрачења. Познато е дека ѕвездите започнуваат да се формираат во молекуларни облаци, а тоа се области во ISM што се густи, ладни и темни. За време на животот, ѕвездите ја враќаат материјата од која настанале назад во ISM преку зрачења на честички и електромагнетни (ЕМ) бранови, формирање на планетарни маглини или при ѕвездената смрт во вид на нови и супернови. Очигледно е дека циклусот на меѓуѕвездената прашина, прикажан на слика 2, е доста сложен и сèуште во целост не е објаснет.



Сл. 2. Циклус на меѓуѕвездената прашина

Меѓуѕвездената прашина, како динамички објект, е подложна на просторни и временски варијации, што значи дека треба да се создадат модели во кои прашината ќе еволуира и со тоа ќе влијае врз распределбата на материјата и спектралната енергија во галаксиите. Потврдата за точноста на моделите се проверува преку астрономски набљудувања со посебно дизајнирани телескопи за таа намена каков што е вселенскиот телескоп Spitzer. Овој телескоп е сместен во орбита околу Земјата затоа што набљудува во инфрацрвената област од спектарот што, заради апсорпција од атмосферата, е невидлива од површината на Земјата.

Пред да поминеме на моделите на меѓуѕвездена прашина, накратко ќе опишеме едно взаемнодејство помеѓу светлината (ЕМ-бранови) и честичките (материјата), познато како расејување, кај кое светлината го менува упадниот правец и се пренасочува. Ова взаемнодејство ни е добро познато затоа што речиси секојдневно, сакале или не, го набљудуваме небото над нас .

Одговорот на прашањето зошто небото е сино лежи токму во овој ефект. Во текот на денот, кога сонцето е далеку од хоризонтот, сината компонента од Сончевиот спектар се расејува повеќе од молекулите во атмосферата во однос на останатите „бои“, па затоа небото над нас има доминантно сина боја. Но, како го поместуваме погледот надолу кон хоризонтот, синото небо избледнува и во некои случаи може да биде и бело. Накратко, овој ефект има дирекционо својство, што значи дека зависи од аголот кој што упадната светлина го има со хоризонтот, но зависи и од дебелината на атмосферскиот слој и неговите физичко-хемиски карактеристики. Се поставува прашање зошто наутро и навечер небото има портокалово-црвенкаста боја, или зошто облаците некогаш се бели, а другпат сиви?

Модели на меѓуѕвездена прашина

Моделот на меѓуѕвездена прашина е целосно определен со физичко-хемиските карактеристики на елементите од кои што се состојат прашинастите честички, како и со нивната морфологија, големина и дистрибуција. Ова се навидум едноставни барања или ограничувања, но кријат комплексни процеси што треба да се вклучени во секој „одржлив“ модел на меѓуѕвездена прашина.

Како прво и основно, секој модел мора да ја определи вкупната маса на различните елементи кои се наоѓаат во дадена ISM. Овие елементи може да формираат голем број на молекуларни соединенија со различни оптички и други физички својства. Покрај тоа, утврдено е дека морфологијата на честичките прашина, било да се тие сферни, елипсовидни, цилиндрични, рамнински или аморфни, има значаен ефект врз својствата. Конечно, од распределбата на честичките по големина, ќе се утврдат нивните колективни својства и интеракции со амбиентниот гас и зрачењето. Овие интеракции играат главна улога во зрачењето на галаксиите, како и во термичката и хемиската рамнотежа на нивната меѓуѕвездена средина.

Во идеален случај, моделот на меѓуѕвездена прашина треба да ги „фитува“ сите ограничувања кои што произлегуваат пред се од интеракциите на прашината со некое зрачење или гас. Тие взаемни дејства треба да вклучуваат:

- потемнување и зацрвенување на ѕвездената светлина;

- инфрацрвено зрачење од циркумстеларните слоеви;
- околу ѕвездите во рамките на дадена ISM;
- присуство на Х-зраци, УВ-зраци и визуелни ореоли околу временски променливи ѕвезди, како што се бинарни ѕвезди, нови и супернови;
- рефлексија и поларизација на ѕвездената светлина;
- микробранова емисија од меѓуѕвездена прашина;
- присуство на меѓуѕвездена прашина и изотопски аномалии во метеорите од Сончевиот систем, итн..

Имајќи го ова во предвид, изгледа дека е невозможно да се бара од само еден единствен модел на меѓуѕвездена прашина истовремено да ги задоволува сите овие ограничувања, бидејќи тие варираат во зависност од околината како одраз на промените во својствата на прашината.

Сепак, еден добар модел за меѓуѕвездена прашина треба да задоволи истовремено барем некои од овие ограничувања. Исто така, моделот мора да содржи честички (елементи) со реални оптички, физички и хемиски својства кои што количински се застапени во рамките на нивната реална присутност во дадена ISM. Во пракса, повеќето модели на меѓуѕвездена прашина се создадени со подесување на застапеноста и распределбата по големина на некои добро проучени елементи како што се графитот и силикатите, за што се користат резултати добиени од набљудувања со телескопи. Така, на пример, фитувањето на кривите за инфрацрвена емисија од дифузна ISM како и **екстинкцијата** (тоа е абсорпција и расејување на електромагнетно зрачење од прашина и гас кој се наоѓа помеѓу објект кој емитира светлина и набљудувачот) се остварени со воведување на сферни графитни и силикатни честички како и PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) молекули.

Модел на ZDA

Важен напредок во изградбата на модели на меѓуѕвездена прашина бил направен од страна Zubko, Dwek, и Arendt (во понатамошниот текст ZDA). Пристапот на ZDA се разликувал од претходните напори на моделирање во два важни приоди; прво, кон просечната меѓуѕвездена екстинкција и дифузна емисија на инфрацрвена светлина се додавала и количинската застапеност на поедини елементи како експлицитно ограничување на моделите, и второ, промени во методот на фитување на експерименталните резултати.

Во моделите за меѓуѕвездена прашина претходно не биле земени во предвид количествата на некои елементи затоа што постоело големо несогласување помеѓу предвидените количества и оние што се измерени во околината на Сонцето и други видови на ѕвезди. Така, на пример, била измерена голема разлика помеѓу количествата на јаглерод во околина на ѕвезди од B-тип, како еден многу важен елемент во процесот на ѕвездената еволуција.

По низа неуспешни обиди за усогласување на моделот со набљудувањата, значително подобрување е добиено во 2004 година со студијата на соларните апсорпциони линии од страна на Asplund, Grevesse, и Sauval. Тие, за моделирање на количествата на јагледот и кислород во Сончевата атмосфера примениле временски зависен 3D хидродинамичен модел што довело до значителни промени во предвидените количества на елементи. Ревидираните количества на јаглерод и кислород многу подобро се согласувале со измерените локални количества во ISM.

Тимот на ZDA разгледувал пет различни хемиски состави на прашина, како потенцијални елементи од кои што може да се состои меѓуѕвездената прашина: (1) PAH-молекули; (2) графит; (3) хидрогенизиран аморфен јаглерод; (4) силикати ($MgSiFeO_4$); и (5) композитни честички кои содржат различни пропорции на силикати, органски материјали ($C_8H_8O_4N$) и замрзната вода (H_2O). Овие различни состави се користеле за да се создадат пет различни класи на модели:

- Првата класа се состои од PAH молекули и зрна од графит и силикати.
- Втората класа на модели содржи композитни честички како прилог на PAH молекули и графитни и силикатни зрна.
- Третата и четвртата класи на модели што се состојат од прва и втора класа, во кои честичките од графит се целосно заменети со зрна од аморфен јаглерод.
- Во петтата класа на модели се земаат само од PAH молекули, силикати, и композитни честички.

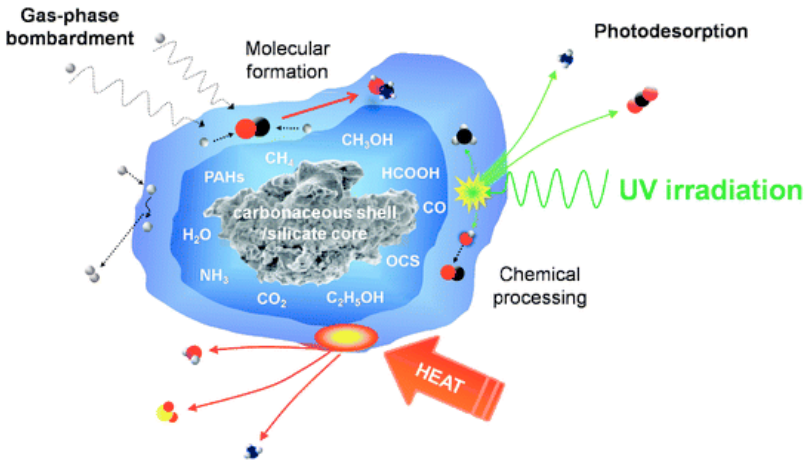
За да се приспособат неопределеностите во количества на елементи во ISM, тимот на ZDA земал три различни категории на ISM, и тоа: нашето Сонце, ѕвезди од типот B, и ѕвезди од типот F-G. Примената на нивниот метод за фитување се покажал како доста робусен (гломазен) за определување на распределбата на зрната од меѓуѕвездена прашина по големина и количина. Ова укажувало на фактот дека морало да се воведат повеќе модели заради усогласување со мерењата и тоа само во дадени области на зрачењето и присутвото на елементите.

Импликациите од моделите на ZDA се повеќекратни. Направено е значително уточнување на нашето познавање за количината и распределбата на повеќе елементи, како на пример: C, O, Mg, Fe и Si, во околина на различни типови ѕвезди, и поттик за развој и уточнување на моделите на меѓуѕвездена прашина.

Дали треба да постои универзален модел?

Истражувањата на тимот на ZDA покажале дека може да постојат вкупно петнаесет модели на меѓуѕвездена прашина кои што ги задоволуваат различните ограничувања како што се регионите на ѕвездена екстинкција и распределбата на елементите во локалната ISM. Дали има некој начин да се направи класификација помеѓу овие модели? Па првиот чекор бил во поделбата на овие модели во две групи. Првата група се COMP моделите во кои зрната на прашината се композитни и прекриени со еден или повеќе слоеви. Втората група се BARE моделите во кои зрната прашина се „голи“што значи дека не се прекриени (слика 3).

Една од разликите на овие модели е во тоа што COMP моделите имаат значитечно поголеми зрна на меѓуѕвездена прашина со ред на големина ~ 1μm. Исто така, COMP моделите содржат значителна концентрација на „меки“ зрна кои заради композитниот карактер имаат празнини во себе. Ова е причина COMP моделите да имаат значително помала ефективна електронска густина со што подобро ги објаснуваат ефктот на хало на X-зраците во ISM.



Сл. 3. На сликата е прикажано COMP зрно на меѓуѕвездена прашина. Очигледно е дека јадрото од силикати или графит е обвиткано со слоеви од други елементи што овозможува разни физичко-хемиски реакции.

Од друга страна, BARE моделите со „голите“ графитни и силикатни јадра на прашинастите зрна, чија големина е ~ 0.1μm, овозможуваат прифатливо добро фитување на податоците на процесот на екстинкција во поголем дел на бранови должини што се достапни при астрономските набљудувања. Исто така, овие модели овозможуваат добро усогласување со реалната застапеност на елементите во поширок размери на вселената, како и објаснување на механизмот за креација на зрната од силикати и графит. Според теоријата, масивните ѕвезди богати со јаглерод формираат зрна од јаглеродна прашина која потоа, преку некои процеси, преминува во графитни зрна. Од друга страна, ѕвездите богати со кислород формираат прашинасти зрна на силикати.

Влијанието на космичката прашина во вселената

Од погоре кажаното може да се заклучи дека космичката прашина има големо влијание врз еволуцијата на вселената, посебно на галаксиите. Имено, космичката прашина е последица на ѕвезденатa еволуција, а нејзиниот состав и големина на зрната, имаат пресудна улога врз масата на новоформираните ѕвезди во ISM. Истражувањата покажале дека за формирање на ѕвездите најважни се молекулите на водородот H_2, слика 4, а тие настануваат со помош на прашинастите зрна како резултат на взаемнодејство на високоенергетските зрачења со атомарниот водород. Посредничката улога на зрната го зголемува степенот на формирање водородни молекули за 100 пати! Значи, за формирање на ѕвездите космичка прашина има улога на катализатор.

Од друга стана, ѕвездите, заедно со меѓуѕвездениот гас и темната материја овозможуваат да се формираат галаксиите, па затоа може да се кажи и дека прашината влијае врз формирањето на галаскиите.

e-mail: nacestoj@gmail.com

Литература

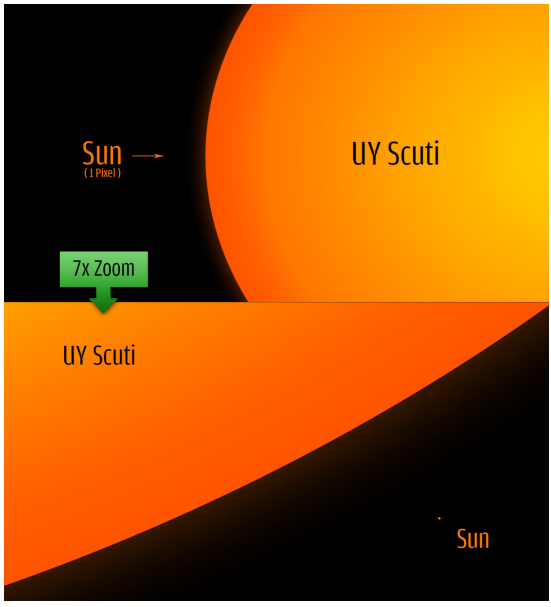
[1] J. M. Greenberg, The Cosmic Dust Connection, Springer-Science+Business Media. B.Y.

НАЈГОЛЕМИТЕ ПОЗНАТИ ОБЈЕКТИ ВО ВСЕЛЕНАТА

Даница Крстовска

Вовед

Во вселената, сите растојанија и објекти имаат големи размери. Според „космичката скала на објекти“, Земјата е многу мала планета. Дури и во нашиот Сончев систем таа е џуџе во споредба со Јупитер, кој е повеќе од 1000 пати поголем од Земјата и со Сонцето, кое е повеќе од 1 000 000 пати поголемо од Земјата. Од друга страна, нашето Сонце е мало и незабележливо доколку се спореди со најголемите досега познати ѕвезди. Сонцето е ѕвезда од G-тип - жолта ѕвезда со средна големина во космичката скала, за разлика од некои “хипер-гигантски” ѕвезди, кои се многу поголеми. Најголемата досега откриена ѕвезда е UY Scuti, со 1700 пати поголем радиус од радиусот на Сонцето. Инаку, таа е само околу 30 пати помасивна од Сонцето, со што се потврдува фактот дека во вселената масата и големината не се во корелација.

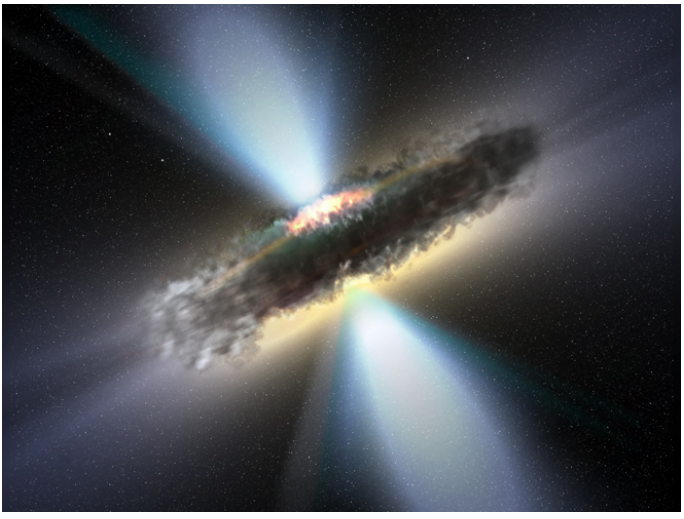


Сл. 1. Илустрација на приближната големина на UY Scuti во споредба со Сонцето.

Погоре на листата на големи објекти се наоѓаат црните јами, особено супермасивните црни јами кои што се обично сместени во центарот на скоро секоја голема галаксија. Во центарот на нашата галаксија се наоѓа една таква црна јама, со маса која е 4 милиони пати поголема од масата на Сонцето. На 5 декември 2011 година научниците ја откриј најголемата супермасивна црна јама во нашето блиско вселенско соседство. Таа е приближно 21 милион пати поголема од Сонцето и се наоѓа во супергигантската елиптична галаксија NGC 4889 во Coma галактичкото јато (кластер), кое се состои од повеќе од 1000 галаксии.

Долги години астрономите имале само индиректни докази за постоењето на супермасивните црни јами. Најголемо внимание во тој контекст привлече постоењето на квазарите во далечните активни галаксии. Набљудувањата на излезната енергија и на променливоста во временските скали на квазарите покажаа дека тие емитираат околу еден трилион пати повеќе енергија од област со големина на Сончевиот систем, во однос на онаа која ја емитира Сонцето. Единствен механизам за емитирање на такви енормни количества на енергија е конверзијата на гравитационата енергија во светлина од страна на масивна црна јама.

Најголемата супермасивна црна јама е сместена во хиперлуминозниот квазар S5 0014+81 (луминозност = енергија која во единица време се емитира од целокупната површина на некој вселенски објект). Тоа е, воедно, досега најголема црна јама откриена во вселената, со тежина од 40 милијарди Сончеви маси (или 10 000 пати поголема од црната јама во Млечниот пат).



Сл. 2. Сликовит приказ на хиперлуминосниот квазар S5 0014+81 опкружен со широк акреционен диск со два големи млазеви материја.

Но, во вселената постојат објекти кои што се поголеми дури и од супермасивните црни јами. Галаксиите претставуваат множества од ѕвездени системи како: планети, ѕвезди, астероиди, комети, џуџести планети, гас, прашина и многу други. Нашата галаксија, Млечниот пат, е со дијаметар од околу 1 000 000 светлосни години. Всушност, тешко е да се одреди кои се најголемите галаксии, бидејќи тие немаат прецизни граници, но најголемите галаксии што се познати досега се со дијаметар од неколку милиони светлосни години. Со тоа се повеќе се приближуваме кон најголемите структури во вселената. Галаксиите најчесто се поврзани во групи преку нивните гравитациони полиња. Тоа се галактичките јата. На пример, Млечниот пат е дел од малата Локална група која се состои од околу 24 галаксии, вклучувајќи ја и галаксијата Андромеда. Првобитно астрономите мислеле дека овие структури се најголемите што можат да се најдат во вселената, но во 1980-те години увиделе дека галактичките јата се, исто така, гравитациски слабо поврзани помеѓу себе, формирајќи супер-јата.

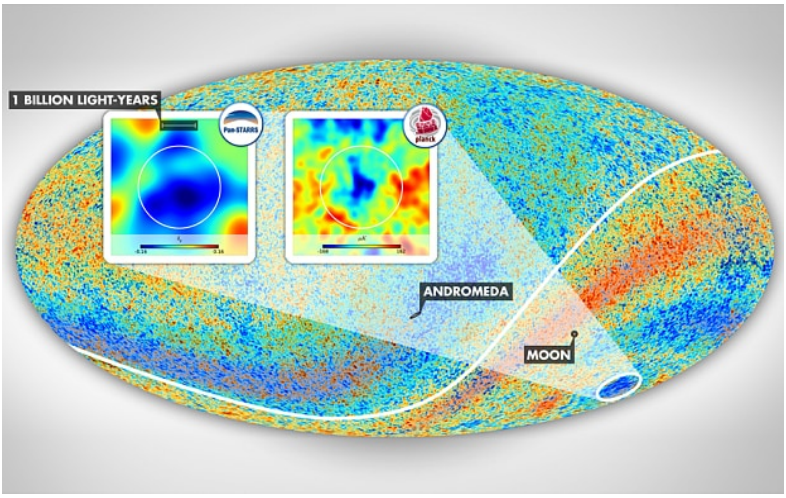
Со напредниот развој на технологијата, астрономите се во можност да пронаоѓаат се повеќе и повеќе објекти во вселената. Поради тоа носителите на титулата "најголем објект во вселената" се менуваат многу брзо. Некои од тие објекти се толку големи што ги збунуваат и најдобрите научници, а некои од нив не би требало воопшто и да постојат, според познатите физички закони.

Во продолжение на текстот следува листа од десет најголеми познати структури во вселената со нивните основни карактеристики, почнувајќи од бројот 10. Листата е колекција од само некои од најголемите објекти, вклучувајќи ги празнините, суперјатата, меурите, квазарите, космичката мрежа и повеќе.

10 СУПЕРПРАЗНИНИ

Суперпразнина е „празен" дел од просторот во кој има помалку галаксии отколку во околните области . Во 2015 година астрономите ја открија најголемата празнина во вселената, позната како Ериданус суперпразнина или Голема празнина. Таа се наоѓа во јужното сѕвездие Ериданус и според проценките во неа „недостасуваат" околу 10 000 галаксии. Простирајќи се на растојание од 1,8 милијарди светлосни години, ова суперпразнина претставува голема загатка за научниците, кои никогаш не помислуваа дека такви структури воопшто може да постојат. Таа е „само" 3 милијарди светлосни години оддалечена од Земјата што претставува релативно кратко растојание во космички размери.

И покрај тоа што се нарекуваат празнини, овие области не се комплетно празни, туку имаат помала густина од околните области, односно соджат околу 30% помалку галаксии од околните области. Празнините сочинуваат 50%од вселената, а се очекува овој број да се зголемува, бидејќи гравитацијата ја привлекува околната материја кон себе. Две работи се познати за ова суперпразнина: нејзината екстремна големина и нејзината поврзаност со мистериозната WMAP ладна дамка.



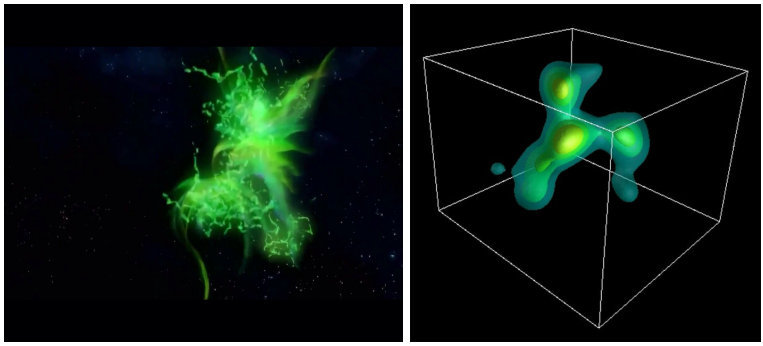
Сл. 3. Поладна област е детектирана во созвездието Ериданус во јужната галактичка хемисфера. Сликите внатре ја покажуваат околината на овој аномален дел од небото.

Суперпразнината се наоѓа во област од небото позната како WMAP или CMB ладна дамка која претставува област што е многу поладна од другите делови на вселената. Иако Биг Бенг теоријата предвидува постоење на поладни и потопли области во вселената, големината на суперпразнината не може да се објасни со ниту еден од постоечките модели. Просто кажано, според сите досегашни сознанија таа е преголема за такво нешто да постои.

Последните истражувања покажуваат дека е можно суперпразнината да влече енергија од светлината што поминува низ неа, што можеби е причина областа околу неа да е поладна. Да се помине низ толку голема празнина, дури и со брзина еднаква на брзината на светлината, потребни се стотици милиони години,а светлинските фотони ослабуваат (губат енергија) како што навлегуваат подлабоко во празнината, бидејќи вселената, а со тоа и празнината, постојано се шират.

9 ЛИМАН-АЛФА МЕУРИ

Во 2006 година беше откриен мистериозен меур, кој тогаш претставуваше најголемата постоечка структува во вселената, иако набргу ја изгуби оваа „титула“, поради новите откритија. Овој меур претставува огромна маса од гас, прашина и галаксии. Широк е околу 200 милиони светлосни години и изгледа како гигантска зелена медуза. Откриен е од страна на јапонски астрономи кои ја проучувале областа од вселената позната по големата концентрација на гас. За потребите на нивното истражување тие морале да постават специјален филтер на Субару телескопот поставен на планината Мауна Кеа на Хаваи, кој што им овозможил да го откријат меурот сосема случајно.



Сл. 4. Лиман алфа меурот има влакнеста структура. Постојат најмалку три влакнести структури, познати како “краци” кои се сечат.

Секој од неговите три “краци” содржи галаксии кои се четири пати погусто „пакувани“, во споредба со средната густина на вселената. Галаксиите и меурчињата од гас што се наоѓаат во меурот се наречени Лиман-алфа меури. Се верува дека се формирале пред две билиони години после Биг Бенг. Научниците мислат дека овие меури се формирале како резултат на исфрлање на огромно количество на гас во вселената, кога масивните ѕвезди од раните денови на вселената станале супернови. Бидејќи ваквата структура е многу голема, астрономите се на мислење дека таа е една од првите што се формирала во вселената. Се претпоставува дека во далечна иднина многу повеќе галаксии ќе се изродат од гасот што се содржи во самиот меур.

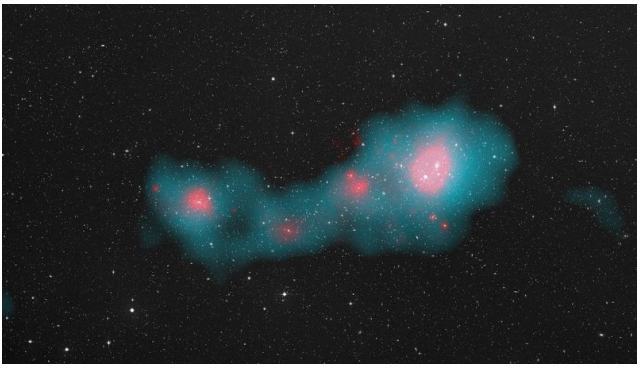
Овие меури може да содржат значајни траги што би овозможиле да се открие како настанале галаксиите. Лоцирани на растојание од над 11 милијарди светлосни години, Лиман-алфа

меурите се сјајни и ретки структури од кои можат да се добијат сознанија за процесот на поларизација на светлината. Некои од нив се доволно големи да можат да го преклопат Млечниот пат неколку пати, што значи дека содржат големо количество на водород.

8 ШЕПЛИ СУПЕРКЛАСТЕР

Набљудувањата покажале дека нашата галаксија Млечен пат се придвижува низ вселената кон cosвездието Кентаур со брзина од 2,2 милиони километри на час. Според некои теории, ова се случува поради Големиот атрактор, гравитациона аномалија во интергалактичкиот простор сместена во центарот на Ланиакеа суперјатото, во близина на суперјатото Хидра-Кентаур, кое има доволно јако гравитационо поле за да може да ја привлече нашата галаксија кон него. Ова не е сигурно тврдење бидејќи Големиот атрактор лежи зад „зоната на избегнување“, односно, делот од вселената затскриен од гасот и прашината од Млечниот пат.

Стандардната астрономија која го набљудува визуелниот дел од спектарот, не може да „погледне” во „зоната за избегнување“, но рендген астрономијата, која стана доволно напредна за да „погледне” низ превезот и да го лоцира Големиот атрактор, откри дека станува збор за големо јато од галаксии. Но, атракторот што бил откриен не можел да креира толку јако гравитационо привлекување какво што астрономите успеале да детектираат. Било утврдено дека привлекувањето што го создава Големиот атрактор чини само 44% од она што астрономите успеале да го детектират. Така, фокусирајќи ги телескопите уште подлабоко во вселената, тие набрзо откриле дека нашата галаксија е привлекувана кон нешто уште поголемо, а тоа е суперјатото Шепли.

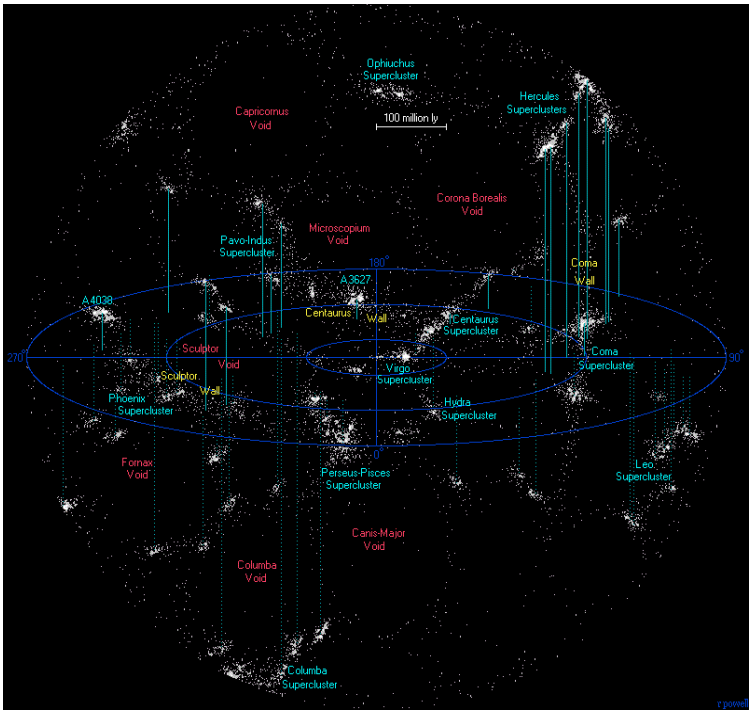


Сл. 5. Слика на јадрото на Шепли суперјатото. Најголемите розеви меури од X-зраци се двете јата од галаксии Abell 3558 (десно) и Abell 3562 (лево).

Шепли суперјатото е големо множество од галаксии кое се наоѓа зад Големиот атрактор и ги влече кон себе и Големиот атрактор и нашата галаксија. Тоа претставува јато од повеќе од 8000 галаксии со маса еднаква на повеќе од 10 милиони Сончеви маси. Секоја галаксија во нашиот дел од вселената се наоѓа во правецот на судир со ова суперјато.

7 ГОЛЕМИОТ ЅИД

До 2003 година, Големиот ѕид или CfA2 ѕид беше познат како најголем објект во вселената. Ова структура е откриена во 1989 година од страна на американските астрофизичари Маргарет Џоан Гелер и Џон Питер Хучра за време на второто истражување на црвеното поместување во Харвард-Смитсонијан центарот за астрофизика. Одтаму потекнува и називот CfA2. Големиот ѕид го сочинуваат три масивни галактички суперјата: Херкулес, Кома и Лав. Проценето е дека има должина од 500 милиони светлосни години и длабочина од 16 милиони светлосни години и има облик сличен на Кинескиот ѕид.

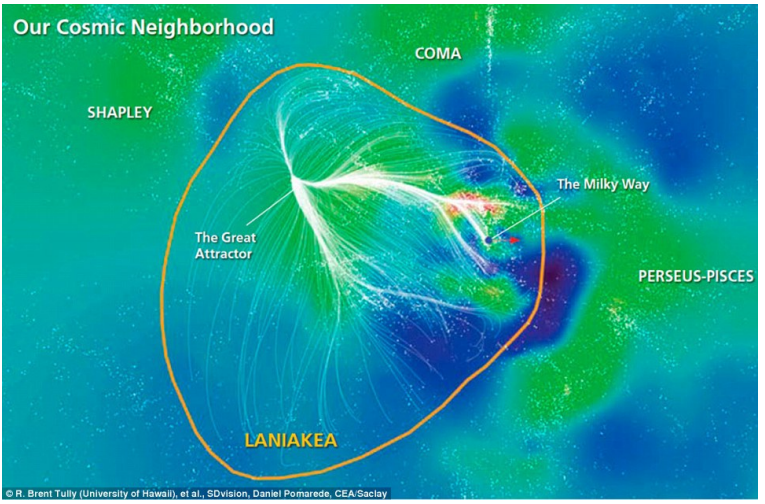


Сл. 6. Приказ на Големиот ѕид кој се состои од три галактички суперјата: Херкулес, Кома и Лав (десно на сликата).

Неговата најблиска точка е на околу 300 милиони светлосни години, а најдалечната на околу 550 милиони светлосни години од Земјата. Точната големина на Големиот ѕид сеуште е непозната. Се претпоставува дека е многу поголем од познатата должина од 750 милиони светлосни години. Проблемот на утврдување на неговата вистинска големина е во локацијата. Како и Шепли кластерот, Големиот ѕид е делумно затскриен од „зоната на избегнување“. Поради постоењето на оваа зона 20 % од видливата вселена многу тешко може да се детектира, бидејќи прашината и густиот гас во Млечниот пат, како и големата концентрација на ѕвезди, не ги пропуштаат оптичките бранови должини.

6 ЛАНИАКЕА СУПЕРЈАТО

Галаксиите имаат тенденција да се групираат во јата. Областите во кои јатата се погусто пакувани од средната густина на вселената се наречени суперјата. Претходно, астрономите ги скенирале овие објекти преку нините физички локации во вселената, но денес тоа се прави на друг начин, односно, преку “осветлување” на непознатите краеви на локалната вселена.



Сл. 7. Сликовит приказ на Ланиакеа суперјатото и нашето блиско соседство.

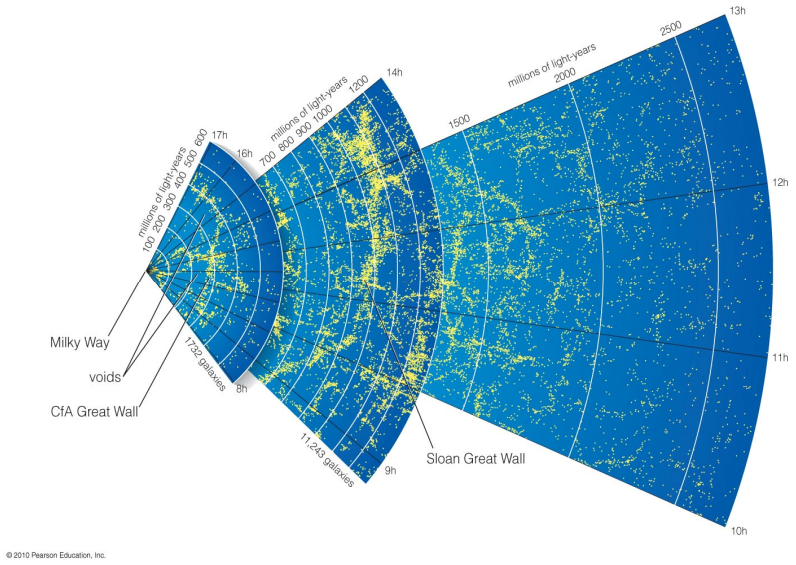
Според овој метод, локалната вселена и галактичките јата во неа се скенираат врз основа на нивното гравитационо привле-кување, наместо според положбата. Овој метод се смета за супериорен бидејќи им дозволува на астрономите да ги скенираат „недопрените“ делови

од вселената. Бидејќи се засновува на галактичкото влијание наместо на самата галаксија со негова помош може да се детектираат и објекти кои не ги „гледаме“.

Суперјатото од галаксии во кое се наоѓа и Млечниот пат е 100 пати поголемо во волумен и маса од Вирго јатото (за кое претходно се мислело дека е дом на нашата галаксија). Астрономите успеале да ја скенираат неговата огромна област и ја нарекле Ланиакеа (“неизмерен рај” на хавајскиот јазик). Ланиакеа суперјатото спаѓа во групата на најголеми објекти во вселената, се простира на растојание од 520 милиони светлосни години и е новата адреса на нашата планета во вселената.

5 СЛОАНОВ ГОЛЕМ ѕИД

Слоановиот Голем ѕид е откриен во 2003 година и претставува огромна галактичка структура во форма на влакно, во која се содржат неколку суперјата кои се испреплетуваат низ вселената како краци од огромен октопод. Слоановиот Голем ѕид и не е истражуван толку, колку што се истражувани суперјатата кои го сочинуваат. Некои од нив се покажаа како многу необични структури.



Сл. 8. Приказ на Млечниот пат, Големиот ѕид и Слоановиот голем ѕид.

Ѕидот, а и другите големи структури, доведоа до нова научна мистерија за вселената. Слоановиот Голем ѕид го надминува

космолошкиот принцип според кој постои теориски лимит за тоа колку големи можат да бидат структурите во вселената. Според овој принцип, вселената има рамномерна распределба во големи размери и ништо поголемо од 1,2 милијарди светлосни години не може да постои. Структурите како Слоановиот Голем ѕид и поголемите од него се во целосна контрадикторност со космолошкиот принцип. Слоановиот Голем ѕид е 1,38 милијарди светлосни години долг и околу 1,8-2,7 пати подолг од Големиот ѕид. Тој се наоѓа во областа опфатена од созвездијата Корвус, Хидра и Кентаур, на оддалеченост од приближно една милијарда светлосни години од Земјата.

4 LQG ЈАТО

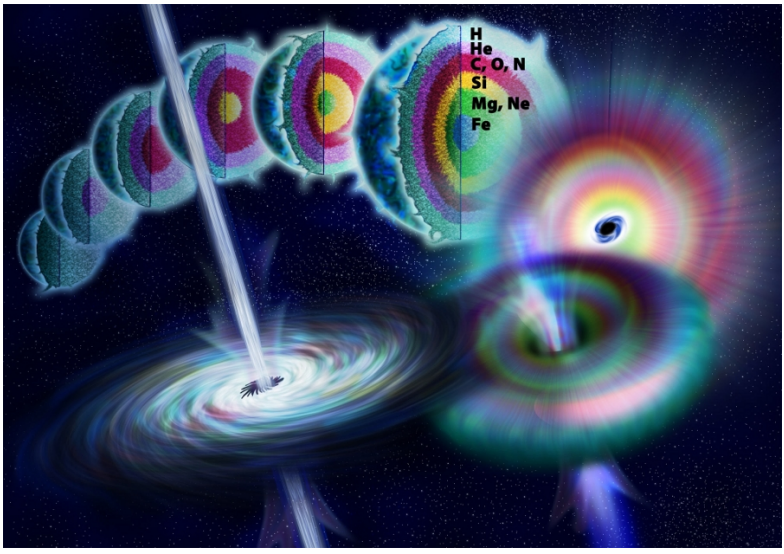
Квазарите потекнуваат од области кои емитираат екстремно големи количества енергија, а се сместени во центрите на некои галаксии. Со зрачење кое е надополнето од она кое доаѓа од супермасивни црни јами, квазарите имаат околу 1000 пати поголема излезна енергија отколку било кој друг објект во Млечниот пат. Моментално, четвртата најголема структура во вселената е огромното LQG (Large Quasar Group-LQG) јато, кое го сочинуваат 73 квазари распространети во должина од околу 4 милијарди светлосни години. Ова голема група од квазари и сличните на неа се сметаат за претходници на многу поголеми структури во вселената, како што е Слоановиот Голем ѕид. LQG јатото е откриено со анализирање на податоците добиени од истото истражување во кое бил откриен и Слоановиот Голем ѕид.

Сл. 9. Сликовит приказ на LQG кластерот

Иако некои астрономи тврдат дека постоењето на LQG кластерот е реалност, други мислат дека квазарите се, всушност, случајно распределени, а не дека се дел од некоја голема структура. Дилемата за тоа дали ова голема група од квазари навистина постои или не, сеуште е тема на многу дебати, иако постоечките докази водат кон тоа дека LQG кластерот е „легитимно“ откритие.

3 ГИГАНТСКИ GRB ПРСТЕН

Со неверојатна должина од 5 милијарди светлосни години, третата најголема структура во вселената е гигантскиот GRB (Gamma Ray Bursts - млазеви од гама зраци) прстен. Она што е интересно за оваа структура, освен енормната големина, е нејзината форма. При проучување на млазевите од гама зраци (големи енергетски млазеви што се создаваат кога масивна ѕвезда е на крајот од своето постоење) астрономите регистрирале серија од девет млаза, сите на приближно исто растојание од Земјата, кои формираат еден прстен на небото со дијаметар 70 пати поголем од дијаметарот на полната Месечина. Со оглед на тоа дека, млазевите од гама зраци се многу реток феномен, веројатноста за формирање на структура со ваква форма е 1 на 20000. Тоа го постави GRB прстенот во групата на десетте најголеми структури во вселената.



Сл. 10. Сликовит приказ на настанување на млазови од гама зраци.

Прстенот, всушност, е само визуелен впечаток кој се добива кога се набљудува од Земјата. Според некои теории, тој би можел да биде проекција на сфера во која што се емитирале сите млазеви од гама зраци во период од 250 милиони години.

Сл. 11. Сликовит приказ на GRB прстенот.

Но, тоа доведува до друго прашање - што е тоа што би можело да креира толку голема сфера? Едно од објаснувањата е дека галаксиите биле згуснати околу огромна концентрација на темна материја, но засега тоа е само теорија.

2 ХЕРКУЛЕС-КОРОНА БОРЕАЛИС SИД

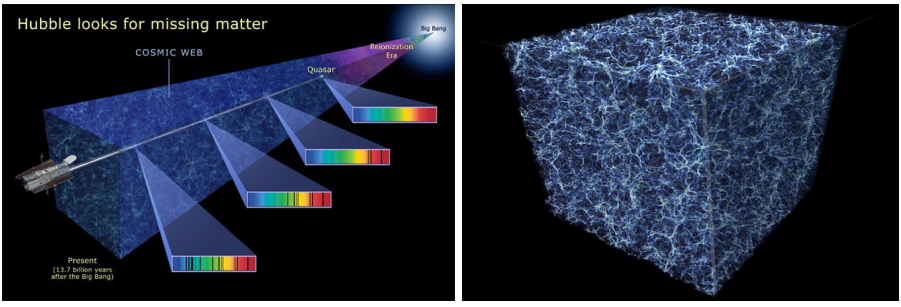
Следната голема структура е, исто така откриена при скенирање на вселената во потрага по млазеви од гама зраци. Ова структура, наречена Херкулес-Корона Бореалис sид е 10 милијарди светлосни години долга, односно, два пати поголема од гигантскиот GRB прстен. Бидејќи поголемите sвезди што емитираат млазеви од гама зраци типично се формираат во областите со многу материјал, научниците го третираат секој млаз како една „нишка“ прикачена кон нешто поголемо. Затоа, кога пронајдоа област од просторот во насока на cosвездијата Херкулес и Корона Бореалис во која има голем број млазеви од гама зраци, тие утврдија дека таквата структура најверојатно претставува густа концентрација од галактички јата и друга материја.

Сл. 12. Приказ на Херкулес-Корона Бореалис големиот ѕид.

Името на ова структура потекнува од еден тинејџер, Википедија автор од Филипини. Иако ова име не е точно, бидејќи структурата е толку голема што опфаќа поголем простор на небесната сфера од оној на двете созвездија, сепак остана непроменето. Бидејќи ѕидот не подлежи на космолошкиот принцип, тој и сите други структури големи како него претставуваат предизвик за научниците да ги преиспитаат и евентуално променат теориите за настанокот на вселената, за да во нив го објаснат и постоењето на големите структури.

1 КОСМИЧКА МРЕЖА

Научниците веруваат дека распределбата во вселената не е случајна. Според некои теории галаксиите се „организирани“ во огромни структури во облик на влакна кои поврзуваат области со голема густина. Тие се „прошарани“ помеѓу помалку густите празнини. Ваквата структура е наречена Космичка мрежа.



Сл. 13. Симулација на Космичката мрежа.

Се верува дека мрежата се формирала многу рано, во првите денови од постоењето на вселената, со појавата на првите слаби флуктуации на густина. Се мисли дека токму овие влакнести форми одиграле голема улога во еволуцијата на вселената. Галаксиите кои се наоѓаат во внатрешноста на влакнестите структури имаат многу повисока стапка на создавање на ѕвезди отколку другите галаксии. Тие најверојатно се во гравитациски интеракции една со друга, а процесот веројатно трае до денес. Во внатрешноста на влакнестите структури галаксиите подлежат на еден вид на пред-процесирање, а потоа се пренасочуваат кон галактички јата, каде на крајот умираат. Од неодамна научниците почнаа вистински да ја разбират Космичката мрежа, а имаат добиено и слики од неа со помош на зрачењето кое доаѓа од еден далечен квазар. Квазарите се најсјајните објекти, а по среќна случајност, пронајден е еден чија светлина е насочена кон една влакнеста структура при што гасовите во внатрешноста на структурата светат. Со тоа астрономите направија „слика“ од “нишки” кои се простират помеѓу галаксиите. Тоа е воедно и „слика“ на скелетот на вселената.

e-mail: danica@pmf.ukim.mk

Литература

[1] http://listverse.com/2015/10/22/10-of-the-biggest-things-in-the-universe
[2] http://zidbits.com/2011/03/top-10-biggest-things-in-the-universe
[3] https://www.galaxymonitor.com/10-biggest-things-universe-6

ДЕКОДИРАЊЕ НА SВЕЗДЕНАТА СВЕТЛИНА ВИДЕНА НИЗ ОКОТО НА ЧАНДРА

Љубе Бојевски

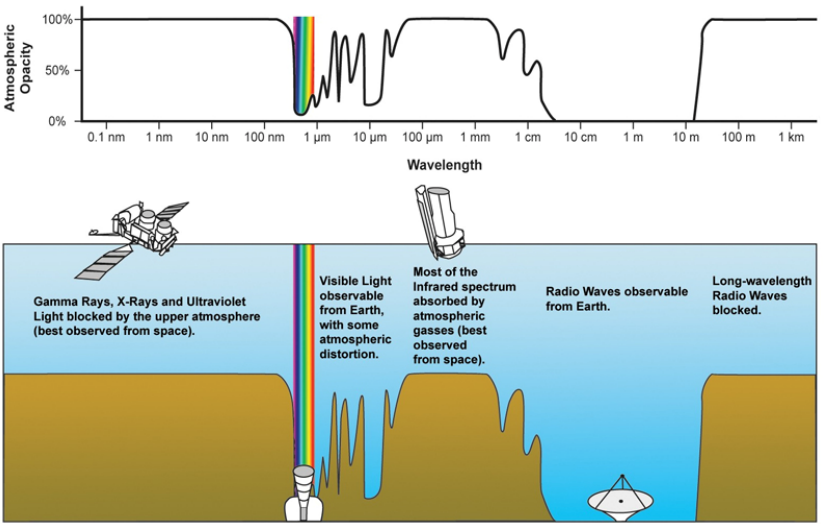
Вовед во космичката ера на набљудувања

Долго време после првата примена на дурбинот како инструмент за набљудување на небесните објекти (1609, G. Galilei) и почетокот на т.н. телескопска ера во астрономијата, по нешто повеќе од три векови за првпат ќе се детектира вселенско зрачење надвор од видливиот спектар во подрачјето на радио брановите (1932, K. Jansky). Набрзо потоа радио астрономијата ќе биде во чекор со развојот на радио техниката и електрониката на тоа време. За првпат ќе се прикаже едно ново небо кое е битно различно од дотогаш познатото во оптичкиот домен. Ќе се регистрираат нови и претходно незабележани физички појави и природни процеси на зрачење и ќе се прошират димензиите на познатата вселена. Сепак, независно од степенот на развој на технологиите за детекција на електромагнетно (ЕМ) зрачење во целина, атмосферата ќе остане доминантен фактор кој битно ќе ги ограничува можностите за набљудувања од површината на Земјата. Имено, за одредени делови од ЕМ спектар, како IR, UV, X и γ областа, таа е целосно непросирна сè до релативно големи надморски височини, во зависност од релативната концентрација на атмосферските гасови. За радио брановите со бранова должина поголема од 15-20 m таа е во целост непропусна поради нивна рефлексија од слоевите на плазма високо во јоносферата (граничната бранова должина за нивно пропуштање зависи од моменталната електронска концентрација во јоносферата која, пак, е во директна врска со сончевата активност). Набљудувања од мали надморски височини се возможни низ трите „атмосферски прозори“ и тоа:

- 300 nm < λ < 760 nm (UV + оптички прозор);
- 760 nm < λ < 1200 nm (инфрацрвен прозор);
- 1 cm < λ < 15-20 m (радио прозор).

Овој факт неминовно води кон потреба од премостување на таа природна препрека. Од тука, идните инженерски напори ќе бидат насочени кон сместување на инструментите за набљудување што е можно повисоко и надвор од Земјината атмосфера, т.е кон нивно испраќање во вселената. Релативно кратко време после напредокот

на радио астрономијата, со лансирањето на првиот вештачки сателит во орбита околу Земјата (1957, Спутник 1) и развојот на сè понапредни детектори на IR, UV, X и γ зрачење, во шеесетите години на минатиот век започнува т.н „космичка ера“ во астрономските набљудувања. Имено, во тој период се случува забрзан развој и испраќање на „вселенски опсерватории“ во орбита околу Земјата и Сонцето. Тоа ќе резултира во едно дотогаш незабележано темпо на развој на астрономската наука во целина.



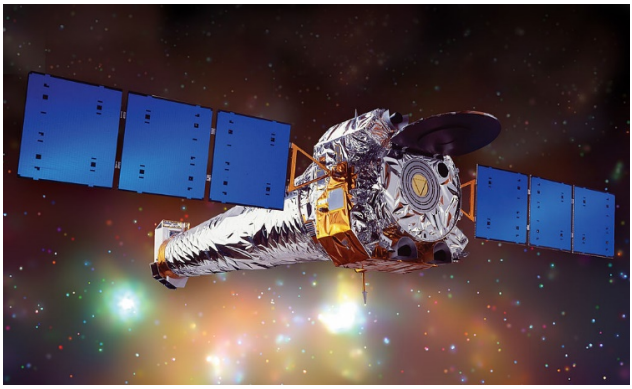
Сл.1. Атмосферките „прозори“ и пропустливост на Земјината атмосфера

Мисијата ЧАНДРА

На 23 Јули 1999 година со помош на шатлот Колумбија при мисијата на NASA со кодно име STS-93 беше лансирана вселенската опсерваторија Чандра (CXO – Chandra X-ray Observatory). Идејата за оваа мисија потекнува од 1976 година на предлог на италијанскиот нобеловец и пионер во областа на *X* астрономијата Рикардо Џакони (Riccardo Giacconi) заедно со Харви Тананбаум (Harvey Tananbaum), двајцата активни учесници во претходни слични набљудувачки мисии (UHURU, Einstein). На почетокот, уште при планирањето на мисијата како и подоцна во текот на проектирањето и изработката на леталото, опсерваторијата го носи името AXAF (Advanced X-ray Astrophysics Facility). Така е сè до 1998 година, непосредно пред лансирањето, кога беше преименувана во „Чандра“ во чест на генијалниот индиски астрофизичар и нобеловец Субраманјан Чандрасекар. Тој во 1983 година добива Нобелова награда за физика

за неговата теориска работа „За физичките процеси кои се од значење за структурата и еволуцијата на ѕвездите“. Во негова чест горната максимална граница за масата на едно стабилно бело џуџе (1,4 Сончеви маси) се нарекува Чандрасекарова граница.

Кон крајот на осумдесетите и почетокот на деведесетите години од финанасиски причини мисијата е редизајнирана. Од планирани 12 рефлектирачки огледала и 6 физички инструменти, опремата е редуцирана на 4 пара огледала и вкупно 4 инструменти, а појдовно планираната орбита е заменета со нова, изразито елиптична со ексентрицитет e=0,74 и инклинација во однос на земјината екваторијална рамнина од 76,7°. Орбиталниот период на ротација изнесува приближно 63,5 часа, при што нејзиниот апоцентар се протега дури до 1/3 од растојанието Земја – Месечина. Поради тоа, периодично, во поголемиот дел од орбиталниот период (до 0,75%) Чандра е надвор од влијанието на Ван Аленовите радијациони појаси, кога може непречено да врши набљудувања (за време до 170 ks). Од друга страна, токму поради таквата орбита, невозможни се редовни мисии за надоградба и поправка на опсерваторијата во текот на експлоатацијата.



Сл. 2. Вселенската опсерваторија Чандра (CXO)

Чандра во основа претставува вселенско летало на кое е прикачен т.н. корисен товар. Вселенското летало е сложен систем кој ги содржи сите неопходни технички подсистеми за подршка на функционирањето во целина. Во состав на вселенското летало влегуваат следните подсистеми:

- Носечка конструкција, механизми (механички и електро механички) и разни структурни интерфејси со „спејс шатлот“. Овде на пример спаѓа механизмот за движење на капакот за заштита на објективот од Сончевото зрачење.

- Подсистемот за одржување на температурен минимум на осетливите компоненти (електрични греачи и електроника за нивно управување).
- Подсистемот за напојување и складирање на електрична енергија (соларни панели, електроника и батерии).
- Подсистемот за комуникации и обработка на податоци. Тука спаѓа опремата за модулација и демодулација на целокупниот радио пренос помеѓу комуникацискиот центар на земјата и леталото – извршни команди (кон леталото) и преносот на корисни податоци и други отчитувања (од леталото кон земјата). Централниот компјутер заедно со сериските комуникациски линкови помеѓу него и сета останата оперативна електроника во состав на другите уреди се, исто така, дел од овој подсистем.
- Подсистем за управување со насочувањето на телескопот кон небесните објекти, просторната навигација и насочувањето на соларните панели. Овде е целокупната сензорска опрема, жироскопи и камери со чија што помош преку специјализирани софтверски контролни процедури се реализираат споменатите функции.
- Подистем за пропулзија – млазници и резервоари за гориво.
- Се состои од два системи и тоа IPS (Integral Propulsion System), со помош на кој е извршено е иницијалното поставување на леталото во орбита и MUPS (Momentum Unloading Propulsion Subsystem), со чија што помош константно се вршат просторни прилагодувања и позиционирање на леталото во текот на вршењето на неговите набљудувачки мисии.

Во состав на корисниот товар влегуваат телескопскиот систем и инструменталниот модул SIM (Science Instrument Module).

Најважната компонента на телескопскиот систем се четирите параконцентрични Волтерови рефлектирачки огледала од тип I (Wolter Type-I), какви редовно се користат кај ренгенските телескопи. Имено, класичните огледала кои функционираат со релативно мал упаден агол помеѓу светлинскиот зрак и нормалата на рефлектирачката површина, се неприменливи кај *X* зрачењето кое во тој случај во најголем дел пенетрира во материјалот на огледалото. Затоа, за *X* зрачење се користат рефлектирачки оптички системи со големи упадни агли (low grazing incidence). Рефлекторскиот систем од телескопски огледала на Чандра го носи името HRMA (High Resolution Mirror Assembly). Предните огледала се параболоидни површини додека задните се хиперболоидни со дијаметар на најголемиот пар од

1,2 m. Како оптички систем имаат резултантно фокусно растојание од 10 m.

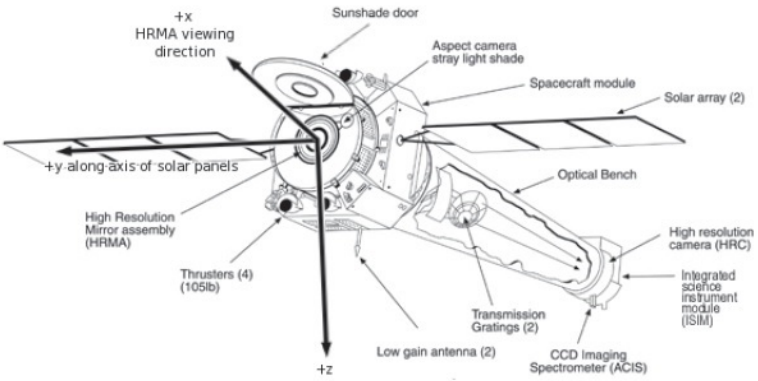
SIM модулот во себе ги содржи двата инструментални детектори на зрачење со помош на кои се вршат сите набљудувања:

- ACIS (Advanced CCD Imaging Spectrometer)
- HRC (High Resolution Camera)

Овие инструменти се подвижни во фокусната рамнина на телескопот при што по потреба и автоматски еден од нив се поставува во фокусот каде се формира сликата на објектот. Притоа, и двата инструменти може да се користат во комбинација со една од вкупно двете подвижни дифракциони решетки, лоцирани помеѓу HRMA системот на огледала и SIM модулот. Двете дифракциони решетки се со модуларна контрукција и носат назив:

- HETG (High Energy Transmission Grating)
- LETG (Low Energy Transmission Grating)

Со комбинирање на дифракционите решетки и инструментите за детекција на зрачење, всушност се добиваат два големи спектрометри кои го носат називот HETG**S** односно LETG**S** (High односно Low Energy Transmission Grating **Spectrometer**).



Сл. 3. Составни компоненти на вселенското летало

„Сликарското платно“ на Чандра

Инструментите на вселенската опсерваторија Чандра се дизајнирани да регистрираат зрачење со енергии на фотони во интервалот помеѓу 0,1 и 10 keV. Тоа зрачење припаѓа на *X* областа од ЕМ спектар кој за човечкото око е во целост невидлив. Од тука се поставува прашањето: На кој начин се добиваат фотографиите кои во

минатите години беа основа за толку многу научни потврди и нови откритија? На пример, кај класичната метода на рендгенското скенирање во медицината или во индустриската радиографија, при испитување на материјали без разорување, фотографијата се создава со директно дејство на *X* зраци со релативно големи енергии и мали времиња на експонирање врз фотосензитивен материјал – фотографски филм или фото плочи. Во астрономијата, пак, при набљудување во *X* областа и покрај високо енергетската природа на набљудуваните космички процеси за жал тоа не е можно поради малите интензитети на зрачење кои ги примаме, пред сè поради големите оддалечености на таквите појави и објекти. Затоа се пристапува кон техники на кумулативно снимање со помош на фотоелектрични уреди и CCD детектори на зрачење преку долги експозиции. Со самото тоа неизбежна е употребата на компјутери и опсежни нумерички операции при процесот на создавање на фотографија. „Сликарското платно“ на Чандра е всушност дигитално и во целост е сместено во виртуелен математички простор!

За таа цел се користат софтверски техники за генерирање на слики преку автоматски процес на доделување на т.н. репрезентативни или „лажни бои“ (Representative Color/False Color) на секој снимен пиксел поединечно, во еднозначна корелација со неговата енергетската вредност. Процесот во целост се потпира на софтвер и компјутерска обработка на податоци. Централниот компјутер на Чандра секои 8 часа испраќа кон комуникацискиот центар на Земјата милиони „пакети“ на податоци во суров дигитален облик. Секој пакет претставува листа на броеви „организирани“ во табеларна форма кои се однесуваат на физичката матрица на регистрирани пиксели од детекторот на зрачење.

time (s)	x (pixels)	y (pixels)	Energy (eV
1.02E+08	3500.729	7173.726	309.2044
1.02E+08	3492.056	7197.004	618.6377
1.02E+08	3484.491	7168.971	371.0346
1.02E+08	3480.964	7167.965	472.1068

Сл. 4. Неколку редови од податочен пакет испратен од Чандра

Секој пиксел е дефиниран со времето на запис, неговата позиција (*x,y*) на детекторот на зрачење и енергијата на упадниот фотон. Без посебно да се навлегува во анализа на принципот на функционирање на детекторите на зрачење, доволно е да се спомене дека енергијата на упадниот фотон е, всушност, статистички просек од енергиите на огромен број на упадни фотони добиен при снимање со подолги експозиции. Инструментите на Чандра се дизајнирани за

детекција на *X* зрачење со максимален распон на енергии од 0,1 до 10 keV. Зависно од конкретниот објект кој се набљудува, енергиите на упадните фотони што се регистрираат со детекторот на X зрачење во општ случај се движат во ефективни интервали со потесни граници, не покривајќи го целото мерно подрачје на детекција на инструментите. Притоа, уделот и застапеноста на одделните енергетски нивоа во вкупното зрачење драстично варира од објект до објект. Со помош на компјутерскиот софтвер се дефинира соодветен скалирачки образец за поделба и распределба на ефективниот интервал на енергии на подинтервали со различна должина во општ случај и нивно пресликување во одредена боја од видливиот спектар. За таа цел на располагање се бројни стандардни палети на бои. При употреба на дискретни палети со конечен број на бои од видливиот спектар, соодветно и бројот на подинтервали на енергии на зрачење ќе биде конечен и еднаков на бројот на бои. Притоа, како што беше напоменато, ќе варира ширината на подинтервалите во согласност со типот на применетото скалирање како и нивната положба на скалата на енергии. Наједноставно и интуитивно како „најприродно“ само по себе се наметнува т.н линеарно скалирање при кое енергетскиот интервал на снимениот објект се дели на еднакви подинтервали. На секој подинтервал му се доделува одредена „лажна“ боја од предефинираната палета на бои. Зависно од палетата, боите кои припаѓаат на два соседни подинтервали може да бидат комплеметарни или пак спектрално блиски една на друга. Комплементарни бои резултираат во фотографија со поголем контраст помеѓу зоните со различни енергии. Линеарното скалирање во повеќето случаи не ги истакнува сите детали првенствено поради тоа што распределбата на различните енергетски нивоа во рамки на вкупното упадно зрачење најчесто е далеку од линеарна. Можни се и други типови на скалирање како на пример логаритамско, SQRT или ASINH кога бројот на поделби расте (ширината на подинтервалите се намалува) како се движиме кон помалите енергии; и обратно – експоненцијално, квадратно или SINH скалирање кога поделбите се згуснуваат кон поголемите енергии итн.

При употреба на т.н. континуирани палети на бои, наместо делење на интервалот на енергии на конечен број различно широки сегменти, софтверот врши реално пресликување помеѓу два континуирани домени со помош на математички функции. Математичките функции се, всушност, истите скалирачки функции кои беа накратко споменати погоре. Разликата е во „бројот“ на боите. Една континуирана палета по дефиниција содржи бесконечен број на бои и нијанси на бои. Со други зборови, сегментите на енергии на зрачење и соодветните (еднобојни) интервали на бранови должини

од палетата на бои имаат инфинитезимален карактер. Скалата на енергии нанесена врз палетата на бои има променлив градиент како се движиме кон едниот или другиот нејзин крај. Освен типичната виножито палета која го содржи целиот видлив спектар на бои, можна е и примена на една боја со различна „осветленост“. Тоа се т.н. монохроматски палети со чија употреба се добиваат монохроматски фотографии на снимениот објект. Исто така постојат и комбинирани палети кои се комбинација од погоре наведените (сликата е на корицата на Алманахот).

Широко применуван податочен „open“ стандард кој е наменет за снимање, пренос и процесирање на дигитални фотографии во астрономијата е т.н. FITS (Flexible Image Transport System) File Format стандардот. Тој е воведен од страна на NASA и IAU (International Astronomical Union) уште во 1981 година и сеуште е во употреба. FITS фајловите ги содржат сите битни податоци од извршеното снимање неопходни за генерирање на фотографија. Освен за снимање и процесирање на фотографии, FITS стандардот подржува и снимање и процесирање на спектри, „data cube“ и други посложени датотеки. Data Cube е датотека на повеќе димензионален запис на бројни вредности. Типично се користат при снимање на динамични астрофизички појави како серија на фотографии во временски домен со одредена временска резолуција. Врз основа на FITS фајлот од набљудувањето, дефинираниот тип на скалирање и избраната палета на бои, софтверот автоматски ја создава фотографијата. Таа всушност претставува виртуелен производ од математичко пресликување на невидливиот објект за човечкото око во видливиот оптички домен.

При создавање на фотографија од еден FITS запис, може да се применуваат различни комбинации од тип на скалирање и палета на бои. Зависно од фокусот и целта на истражувањето ќе варира и оптималната комбинација на овие параметри. Битно е да се спомене дека многу често се користат композитни фотографии кои се добиваат со преклопување на фотографии направени од повеќе телескопи во различни спектрални домени. Тоа е драгоцена метода која има вистински потенцијал за продлабочен увид во природата и анализа на меѓусебната поврзаност на астрофизичките процеси и појави во рамки на набљудуваните космичките објекти.

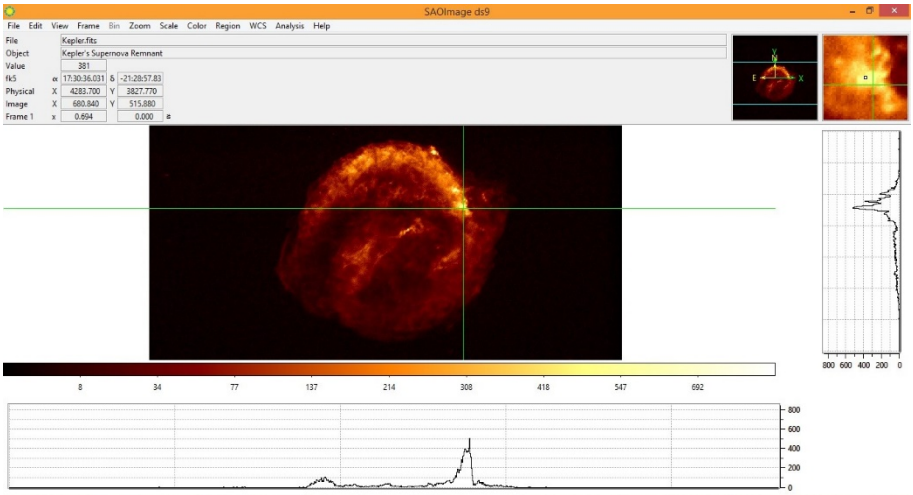
SAO Image DS9

Постојат различни софтвери за генерирање на фотографии од FITS фајлови кои воедно нудат бројни алатки за манипулација и понатамошна обработка, согласно целта на истражувањето за кое се користат. Добар дел се отворени и достапни преку интернет за

бесплатно користење. Во тој сегмент со својата популарност посебно се истакнува софтверот „SAO Image DS9“ кој на научната и аматерската јавност ѝ е достапен веќе речиси 20 години. Всушност почетокот датира уште од далечната 1990 година кога на Смитсоновата астрофизичка опсерваторија (Smithsonian Astrophysical Observatory – SAO) при Харвардовиот универзитет е создадена првата верзија под името „SAOImage“. Во средината на деведесетите настанува втората верзија насловена како „SAO**tng“** (**T**he **N**ext **G**eneration – име инспирирано од истоимената научно фантастична серија од франшизата Стар Трек). Потоа врз основа на претходните искуства стекнати при развојот на TNG, во 1998 година под покровителство на развојна програма на NASA апликацијата го добива денешниот функционален облик под името „SAOImage **DS9**“ (**D**eep **S**pace Nine – исто така насловено според истоимената научно фантастична серија). Оттогаш па сè до денес популарноста на овој софтвер порасна далеку над првичните очекувања. Моменталниот развој е под покровителство на институциите „Chandra X-ray Science Center (CXC)“ и „High Energy Astrophysics Science Archive Center“ при NASA.

Софтверот нуди бројни можности. На располагање се повеќе бази на податоци од каде на релативно едноставен начин може да се „спуштат“ датотеки (во форма на FITS, GIF, TIFF, JPEG...) од извршени снимања со инструментите на повеќе вселенски опсерватории. Навигацијата низ менијата е релативно едноставна и интуитивна. До одредено ниво можно е уредување и организација и оптимизација на работната околина на екранот според потребите на корисникот. Возможно е едитирање на повеќе фотографии одеднаш, како и отворање на повеќе едновремени активни прозорци за приказ на содржината од различни фајлови. Основните функции на скалирање и избор на палети на бои кои беа објаснети погоре како и бројни други напредни и корисни алатки се лесно и брзо достапни за примена и директна обработка на фотографиите. Тука спаѓаат на пример следните можности: исцртување на контури од пиксели со еднакви енергии, разни филтри и алгоритми на здружување на пиксели, импортирање на објекти од разни каталози, исцртување и анализа на региони, 3D визуелизација (data cubes) итн. Интересно е да се спомне дека Harvard – Smithsonian Center for Astrophysics нуди интересна можност на користење на SAOImafe DS9 директно со помош на интернет прелистувач на следниот линк: http://js9.si.edu. Воедно на http://chandra.harvard.edu на располагање се бројни информации и дополнителни линкови преку кои читателот ќе има можност подлабоко да се запознае со опишаните техники на обработка на податоци и процесирање на фотографии користејќи

притоа практично неисцрпни бази на податоци и астрономски каталози поставени на интернет и отворени за слободна употреба.



Сл. 5: Работна околина на SAOImage DS9 (Kepler's Supernova)

Литература

[1] M. Vukićević-Karabin, O. Atanacković-Vukmanović; Opšta Astrofizika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Beograd 2004

[2] CXC, MSFC, IPI Teams; The *Chandra* Proposers' Observatory Guide, Version 19.0, December 2016

[3] http://chandra.harvard.edu

ОТКРИВАЊЕ НА ЕГЗОПЛАНЕТИ СО ПОМОШ НА ДОПЛЕРОВ ЕФЕКТ

Билјана Митреска и Гордана Апостоловска

„Вселената е неограничена...
Во неа има неограничен број
на светови слични на нашиот.“

Џордано Бруно (1584)

Во 1781 година, кога со користење на телескоп беше откриена планетата Уран, на човечката цивилизација со илјадници години им беше познато постоењето само на видливите со голо око планети: Меркур, Венера, Марс, Јупитер и Сатурн. (Всушност и Уран е планета видлива со голо око, но поради многу слабиот сјај и бавното движење никогаш не била забележана во пред телескопската ера). Во 1846 година беше откриен Нептун, кој денес ја претставува последната планета во нашиот Сончев систем. Постоењето на планети надвор од нашиот планетарен систем теориски било предвидено уште многу одамна, но постоењето на првите екстрасоларни планети (или егзопланети) било официјално потврдено дури во деведесеттите години од минатиот век.

Да започнеме со нашиот Сончев систем и неговото настанување како причина за потрага по планети надвор од него. Имено, се започнало од голем облак од меѓуѕвездена прашина, или т.н. протосоларна маглина, од кој, по неговиот гравитационен колапс, се формирале Сонцето и планетите околу него. Така, по колапсот, од запазување на моментот на импулс се очекувало Сонцето да ротира се побрзо и побрзо, но денес знаеме дека планетите имаат 96% од вкупниот момент на импулс. Причината за бавната ротација на Сонцето научниците ја објаснуваат со т.н. „магнетно кочење“. Младото Сонце на почетокот на формирањето имало силно магнетно поле кое во интеракција со наелектризираните честички од облакот ја забрзувало ротацијата на гасот кој влегол во состав на планетите, а ја забавувало ротацијата на Сонцето. Голем дел од ѕвездите ротираат бавно, слично како Сонцето така што при формирањето на таквата ѕвезда се претпоставува дека процесот завршил со создавање на

некоја планета која орбитира околу неа. Така доаѓаме до заклучок дека планетите постојат околу ѕвезди слични на нашето Сонце.

Првите откритија на екстрасоларни планети се околу пулсари (околу PSR 1257+12 во 1992 година). Прва екстрасоларна планета која орбитира околу ѕвезда слична на Сонцето е 51 Pegasi b, откриена во 1995 година. Понатамошните откритија биле претежно на гасни планети кои имаат димензии поголеми од Јупитер. Досега се потврдени 2950 егзопланети, а нови 2504 чекаат да бидат потврдени со помош на мисијата „Кеплер“ (http://exoplanets.org/)

Од април 2011 година, Интернационална астрономска унија (IAU) воведе и работна дефиниција за егзопланета: „Објектите со маса под граничната маса за термонуклеарна фузија на деутериум (моменталната вредност е 13 Јупитерови маси) што орбититираат околу ѕвезда или ѕвезден остаток се планети (без разлика на тоа како настанале). Субстеларните објекти со маса над оваа гранична маса се кафеави џуџиња без разлика како се формирани и каде се наоѓаат“. Оваа дефиниције не е сосема универзална и според некои научници сепак важен критериум е начинот на кој објектот е формиран.

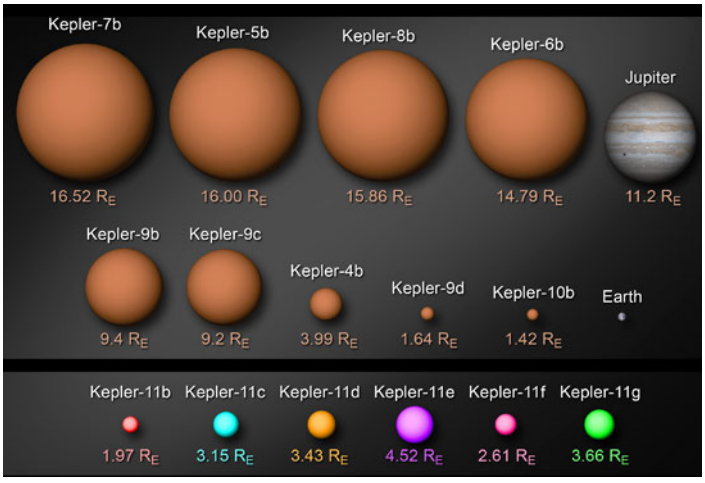
Некои објекти можно е да се формирале на сличен начин како и ѕвездите, но се со маса под граничната за фузија на деутериум и IAU предложи тие да се викаат *субкафеави џуџиња*. Тие исто како и така наречени *rogue planet*, познати и под називите меѓуѕвездени планети, планети номади, или уште како слободно лебдечки планети, немаат ѕвезда околу која орбитираат, туку самите директно орбитираат околу центарот на галаксијата. Се претпоставува дека овие планети или биле исфрлени од планетарниот систем во кој биле формирани или пак никогаш не биле гравитациски сврзани за некоја ѕвезда или кафеаво џуџе. Се претпоставува дека во нашата галаксија постојат над милијарди вакви осамени планети. Најблиска „осамена“ планета до Земјата, на оддалеченост од само 7 светлински е објектот WISE 0855−0714 за кој се претпоставува дека е субкафеава планета.

Мисијата „Кеплер“ - моќен ловец на егзопланети

Во последниве 20 години околу 2000 вакви планети биле откриени и тоа најголемиот дел од нив со помош на „Кеплер“ телескопот на НАСА. Овие објекти се многу разнолики според своите големини и орбити. Некои од нив се гигантски и орбитираат многу блиску до нивната матична ѕвезда, некои се каменести, а други пак се замрзнати. Денеска НАСА со помош на „Кеплер“ телескопот бара специјален вид на планета која ќе има големина колку Земјата, ќе орбитира околу ѕвезда слична на Сонцето и секако ќе се наоѓа на

такво растојание од неа што нејзината температура ќе биде погодна за постоење на вода во течна состојба.

Оваа мисија на НАСА е лансирана на 7 март 2009 година и има за цел да открие планети на кои се исполнети условите за живот. „Кеплер“ ги открива планетите со помош на транзит методата. Досега открил голем број на планети (сл.1) кои имаат различни карактеристики во поглед на орбитата, големината и периодот. Освен „Кеплер“ потрагата по егзопланети се одвива и со NASATESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), MOST (Microvariability and Oscilations of Stars Telescope), Cheops (Characterizing Exoplanets Satellite), HARPS (спектрограф на опсерваторијата Ла Сила во Чиле), како и Спицер телескопот кој работи во инфрацрвената област.



Сл. 1. Егзопланети откриени од „Кеплер“ телескопот

Ќе разгледаме неколку од големиот број на егзопланети (екстрасоларни планети):

51 Pegasi b е прва откриена планета која ротира околу ѕвезда слична на нашето Сонце. Нејзиното откритие се смета како вистински почеток на откривањето на екстрасоларни планети. Има половина од масата на Јупитер и оддалечена е од својата ѕвезда исто колку што е оддалечена Меркур од Сонцето.

HD 209458 b била откриена со Доплеров ефект и е првата екстрасоларна планета за која можело да се изучува атмосферата и температурата.

55 Cancri e е многу светла планета и може да се види и со голо око така што астрономите можат да ја проучуваат во големи детали. Нејзината година трае 17 часа 41 минута. Се претпоставува дека на неа може да има јаглерод и дијамант. Откриена е во 1990 година.

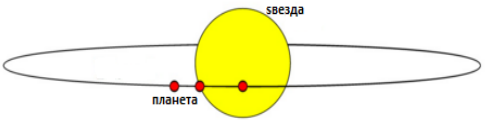
HD 80606 b е откриена е во 2001 г. и забележано е дека има издолжена орбита, налик на орбитата на Халеевата комета. Тоа наведува на претпоставка дека на планетата освен матичната влијае и некоја друга ѕвезда.

WA SP-33b била откриена во 2011г, и за неа се знае дека орбитира обратно од другите планети. Забележана е стратосфера која апсорбира дел од ултравиолетовото зрачење од матичната ѕвезда.

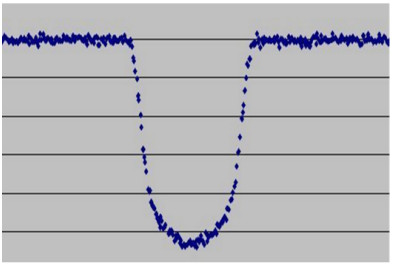
Методи за откривање на егзопланети

1. Метод на транзит

Кога некоја планета орбитира околу ѕвезда, во одреден момент таа ќе мора да се постави помеѓу ѕвездата и нас и ќе блокира дел од светлината која од ѕвездата пристига до нас (сл. 2). Во тој момент се набљудува драстично намален светлински интензитет од ѕвездата (сл. 3). Ова е основата на методот на транзит кој е често користен при откривање на егзопланетите. Се разбира дека поголемиот дел од ѕвездите се наоѓаат на големо растојание, така што не можат да се набљудуваат со голо око. Поради тоа, за овие откритија се користат телескопи поставени на површината на Земјата, но и на вселенски телескопи.



Сл. 2. Транзит на планета преку дискот на матичната ѕвезда околу која орбитира планетата



Сл. 3. Промена на сјајот на ѕвездата за време на транзитот на планетата.

Во некои случаи времето за кое се случува транзитот и намалувањето на интензитетот (изразен во ѕвездени магнитуди) се доволни податоци за определување на масата на планетата. Ако ја знаеме големината на ѕвездата и нејзиното растојание од планетата може да се пресмета радиусот на планетата. Се разбира, планетата треба да се наоѓа точно пред ѕвездата, за што постои исклучително мала веројатност.

2. Определување на крива на сјај на планетата

Во одредени случаи објектот кој орбитира може да е многу блиску до ѕвездата така што ќе биде загреан и кога поминува пред ѕвездата нема да настане намалување туку зголемување на интензитетот на светлината. Иако не можеме да го разликуваме зрачењето на планетата од тоа на ѕвездата, постоењето на планетата може да се утврди од периодичноста во менувањето на сјајот. Така најчесто се откриваат големи планети кои орбитираат блиску до својата матична ѕвезда.

3. Мерење на радијалната брзина

Кога постои бинарен систем од две тела тогаш тие се движат околу центарот на маса. Пример за таков бинарен систем е ѕвезда и планета што треба да ја откриеме. Ѕвездата може да ја следиме со оптички и со спектроскопски набљудувања, за разлика од планетата која најчесто е „невидлива“. Од спектарот на ѕвездата, со помош на Доплеровиот ефект, може да ја определиме радијалната брзина со која орбитира околу центарот на маса. Со определување на нејзината радијална брзина може да се пресметаат конкретните величини кои се важни за планетата, како што се нејзината маса, оддалеченоста од ѕвездата и периодот. На овој метод ќе се задржиме подоцна кога навистина ќе откриеме егзопланета користејќи вистински податоци.

4. Фотографии на планетите

Во одредени случаи биле откриени и планети со помош на директна фотографија. Но за да се воочи на фотографијата, планетата треба да се наоѓа многу далеку од ѕвездата за да не би емитирала светлина која би ја прекрила на сликата. Егзопланетите кои можат да се видат со телескоп се големи и зрачат во инфрацрвениот дел од спектарот или се движат околу кафеави џуџиња кои немаат голем сјај.

5. Метод на гравитациони леќи

Во ситуација кога има две ѕвезди кои се наоѓаат една зад друга и го набљудуваме интензитетот од подалечната, може да се случи гравитационото поле на поблиската ѕвездата да се однесува како леќа и да го зголеми интензитетот на светлина кој ние го детектираме. Ако ѕвездата има некоја планета која може да послужи како гравитациона леќа тогаш тоа може да биде доволен услов за нејзиното откривање.

Откривање на егзопланета со помош на Доплеров ефект

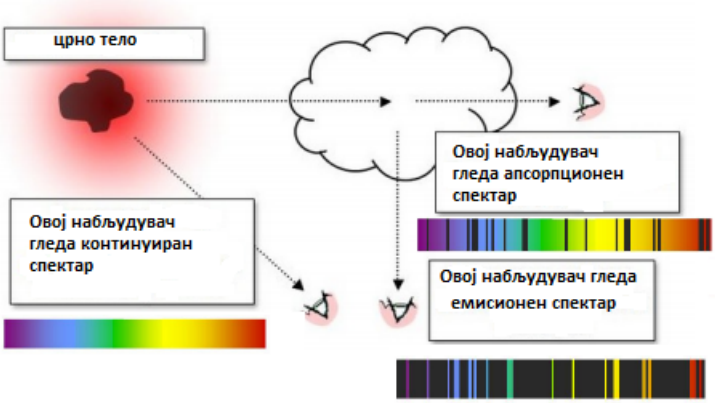
Во оваа вежба ќе покажеме како планета која за нас е невидлива може да биде откриена со прецизно мерење на радијалната брзина на нејзината матична ѕвезда. Тоа ќе го направиме така што ќе ги анализираме спектрите на ѕвездата снимени во текот на 11 соседни ноќи и од нив ќе ја определиме радијалната брзина на ѕвездата. Да напоменеме дека претпоставуваме дека системот е бинарен и ѕвездата чиј што спектар го набљудуваме се движи околу центарот на маса. Главна цел е да се определи зависноста на радијалната брзина од времето, а тоа може да се определи од мерењето на Доплеровото поместување на спектралните линии.

Главните задачи кои треба да се изработат се:

- Анимација на движење на спектралните линии;
- Мерење на брановата должина и флуксот на зрачење на ѕвездата околу која орбитира егзопланетата;
- Мерење на радијалната брзина на ѕвездата со помош на Доплерово поместување;
- График на брзината од времето;
- Определување на масата на егзопланетата.

Видови на спектри

Фотоните во ѕвездата се создаваат при нуклеарните реакции во нејзиното јадро, а потоа тие взаемодејствуваат со материјалот од кој е составена ѕвездата. Распределбата на зрачењето на фотоните кои ја напуштаат ѕвездата одговара на зрачењето на апсолутно црно тело. Ако ѕвездата ја набљудуваме директно се добива *континуиран спектар*. Доколку набљудуваме зрачење кое поминува низ гас од честички, што е ситуација кога од Земјата гледаме спектар на ѕвезда, ќе се појави *апсорпционен спектар* затоа што светлината која доаѓа од ѕвездата ги ексцитира атомите на елементите кои се присутни во неа и тие ги апсорбираат точно оние бранови должини кои потоа ги емитираат. Поради тоа спектарот ќе биде испресечен со апсорпциони линии. Третиот случај е да снимиме само спектар на возбудениот гас при што ќе се набљудува *емисионен спектар* (сл.4).



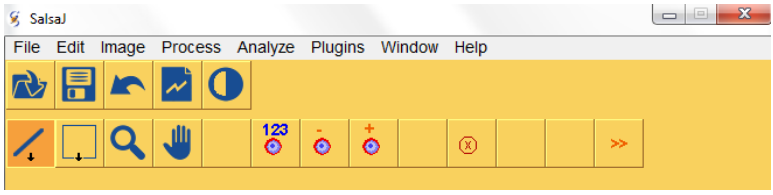
Сл. 4. Апцорпционен, емисионен и континуиран спектар

Поместување на спектралните линии на ѕвездата се забележува затоа што таа се движи по мала орбита околу центарот на маса, при што во некои моменти се оддалечува од нас, а во некои се приближува. Како резултат на Доплеровиот ефект брановите должини кои ги детектираме се поголеми ако објектот се оддалечува од нас, или помали ако објектот се приближува. Ако ги споредиме спектрите на ѕвездата добиени во различни моменти од времето за кое таа орбитира околу центарот на масата ќе забележиме дека спектралните линии се поместуваат.

1. Симулација на движење на спектралните линии

За да ја прикажеме симулацијата на движење на спектралните линии ќе ги искористиме спектрите добиени од Swiss телескопот во опсерваторијата La Silla од ESO кои се достапни на веб-страницата : http://www.euhou.net/index.php/exercises-mainmenu-13/astronomy-with-salsaj-mainmenu-185/267-from-doppler-effect-to-exoplanets

Овие спектри ќе ги обработиме во програмата SalsaJ чиј почетен прозорец е даден на слика 5. По стартување на програмата ги отвораме сите 11 спектри со кои располагаме (означени се како fic01.fit до fic11.fit). Секој од спектрите е снимен во различен ден и изгледа како на сликата 6.



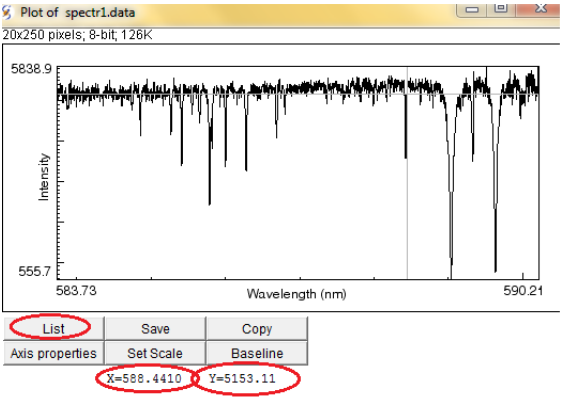
Сл.5. Програмата SalsaJ

Сл. 6. Слика на спектралните линии

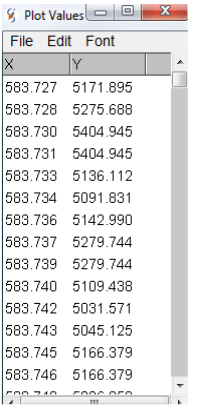
За да ја добиеме анимацијата се одбира наредбата: *Images /Stacks / Transfer Images to Stacks* која сите слики на спектрите ги поврзува во една целина и која може да се анимира со наредбата: *Images / Stacks / Start animation.*

2. Мерење на брановата должина и флуксот на зрачење на ѕвездата околу која орбитира егзопланетата

Бидејќи располагаме со податоци на спектрите за 11 датуми, истите се отвораат во SalsaJ при што програмата веднаш обезбедува отчитување на величините на x и y - оската дадени на слика 7. На x-оската на графикот се запишани брановите должини (мерени во nm), а на y-оската е нанесен интензитетот на светлина од ѕвездата. Може да се забележи дека располагаме со апсорпционен спектар, каде што има две исклучително длабоки линии за кои се набљудува минимален интензитет од ѕвездата. Едната од нив се наоѓа околу 589,0 nm, а другата околу 589,6 nm. Тоа се линии на хемискиот елемент натриум (Na) за кои имаме и референтни лабораториски вредности ($\lambda_{01} = 588{,}995$ nm и $\lambda_{02} = 589{,}5924$ nm, соодветно). Овие вредности за линиите на натриум ќе ги користиме кога ќе се пресметува разликата помеѓу референтната вредност и измерената вредност од податоците за спектрите.



Сл. 7. Апсорпционен спектар на ѕвезда чија што радијална брзина се мери



Сл. 8. Листа на координатите на апсорпционите линии

Програмата ни овозможува читање на сите бранови должини и интензитети на два начини и тоа со директно посочување на спектарот на линијата чија што бранова должина треба да ја определиме, или со целосен преглед на сите бранови должини и нивните соодветни интензитети. Целосната табела се добива преку опцијата List на прозорецот со спектарот (сл. 7) при што ги добиваме соодветните x и y вредности како на сликата 8.

3. Мерење на радијалната брзина на ѕвездата со помош на Доплерово поместување

За да ја определиме брзината на ѕвездата ќе ја користиме формулата за Доплерово поместување која е дадена со:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v_r}{c} \qquad (1)$$

каде што λ_0 е референтната бранова должина на спектралната линија која ја користиме; v_r е радијалната брзина што претставува проекција на брзината на ѕвездата на правецот во кој ја набљудуваме ѕвездата, при што таа во себе ги вклучува брзината на центарот на маса и движењето на ѕвездата околу центарот на маса, а c е брзина на светлината.

Во оваа вежба ќе ги користиме двете референтни вредности на линиите на Na (наведени претходно) кои се соодветни на најдлабоките апсорпциони линии во спектрите кои ги анализираме. Првата линија се забележува кога имаме имаме минимален интензитет во спектарот. Така, за секој од 11-те спектри добиваме листа од x-у вредности, при што добиваме 11 различни табели. Податоците за интензитетот ги подредуваме од најмала до најголема вредност. За вредноста на најмал интензитет ја отчитуваме брановата должина во спектарот и ја запишуваме како λ_1. Оваа бранова должина се наоѓа околу 589,0 nm, при што за неа ќе ја користиме првата референтна вредност од 588,995 nm. Овие вредности ги заменуваме во равенката (1) и од истата формула се пресметува брзината v_1. Истото го повторуваме и за останатите 10 спектри. На тој начин добиваме 11 вредности за радијалната брзина користејќи ја првата референтна бранова должина- запишани како v_1 во табелата 1. За обработка на податоците се користи Excel. Таму се копираат сите 11 табели од спектрите и се изведуваат пресметките за брзината. Истата постапка се применува и за втората длабока апсорпциона линија на Na означена со λ_2 во табела 1. Оваа бранова

должина ја отчитуваме од истата листа како на сликата 9 и ја бараме околу 589,6 nm откако ќе се направи сортирањето. Во вториот случај се користи референтна вредност од 589,5924 nm. Повторно брановите должини ги заменуваме во формулата (1) и добиваме нови 11 вредности за брзината (означени со v_2). Вистинската вредност за v_r ја добиваме како средна вредност добиена од двете бранови должини на Na во спектарот. Резултатите се дадени во табела 1.

Табела 1. Бранови должини на двете апсорпциони линии на Na со пресметани радијални брзини

Бр. на спектар	λ_1 **(nm)**	λ_2 **(nm)**	v_1 **(km/s)**	v_2 **(km/s)**	v_r **(km/s)**	t **(денови)**
1	589,041	589,637	23,430	22,717	23,073	0,000
2	589,05	589,651	28,014	29,847	28,931	0,975
3	589,049	589,645	27,504	26,791	27,148	1,967
4	589,03	589,627	17,827	17,623	17,725	2,945
5	589,001	589,603	3,056	5,399	4,228	3,971
6	588,982	589,578	-6,621	-7,335	-6,978	4,887
7	588,963	589,56	-16,299	-16,503	-16,401	5,922
8	588,964	589,561	-15,790	-15,993	-15,891	6,964
9	588,976	589,579	-9,678	-6,825	-8,251	7,979
10	589,006	589,604	5,603	5,908	5,756	8,974
11	589,032	589,63	18,846	19,151	18,998	9,998

Овде користевме две линии од спектарот при што крајниот резултат е со точност од околу 2% , за разлика од точноста од 4,2 % која се добива со една линија. Секако, со користење на повеќе спектрални линии добиваме и поголема точност.

4. График на брзината од времето

Со веќе добиените податоци од табелата 1 за радијалната брзина го конструираме графикот на зависноста на радијалната брзината од времето (сл.9), при што забележуваме дека се работи за хармониска промена која може да се фитува со синусна крива. Фитување е процес во кој се конструира крива која најдобро се совпаѓа со точките кои се добиени експериментално. Таа крива е дадена со соодветна математичка формула која содржи различни параметри и тие се дадени во општ облик. Со поврзувањето на

точките со дадената формула може да се определат некои важни физички величини или карактеристики на објектот за кој се добиени експерименталните податоци. Во тој контекст нашите точки може да ги фитуваме со синусна крива чиј што општ облик ќе биде даден со формула:

$$v_r = v_0 + A\sin(\omega t - \varphi) \tag{2}$$

каде v_0 е брзина на целиот систем во однос на Земјата; A е амплитудата на брзината и ја претставува радијалната брзина на ѕвездата, ω е аголната брзина; φ е фазната разлика која се движи од $-\pi$ до π.

Со мало преуредување на формулата (2) се добива следната релација:

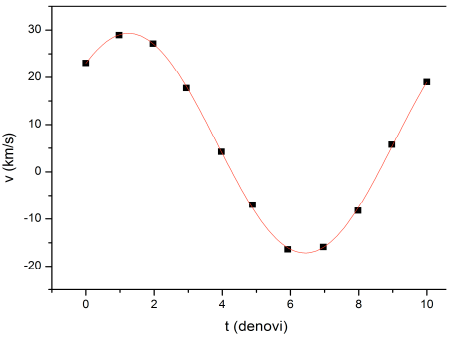
$$v_r = v_0 + A\sin\left(\pi\left(\frac{t-\frac{\varphi}{\omega}}{T/2}\right)\right). \tag{3}$$

Ова го правиме затоа што за фитувањето на податоците се користи програмата OriginPro која дава равенка на фитување во облик (4) од каде што со споредба со формула (3) може да се добијат следниве величини:

$$y = y_0 + A\sin\left(\pi\left(\frac{x-xc}{w}\right)\right), \tag{4}$$

т.е. $y = v_r$; $x = t$; $xc = \frac{\varphi}{\omega}$; $w = T/2$.

Со податоците од фитот што ги дава Origin дадени на сликата 10 и замена на горните величини добиваме вредности за радијалната брзина и периодот кои се користат за пресметување на масата на ѕвездата. Така, сега имаме вредност за A=23,2 km/s, меѓутоа во зависност од аголот помеѓу линијата на гледање и орбиталната рамнина, ние мериме само проекција на оваа брзина односно $v_r \sin i = A$. Исто така треба да напоменеме дека аголот i (помеѓу правецот на набљудување и нормалата на орбиталната рамнина) во оваа вежба ќе го земеме да биде $\pi/2$ rad односно набљудуваме паралелно со орбиталната рамнина. Останатите величини кои се добиваат се : v_0 =6,08 km/s и T=10,36 дена.



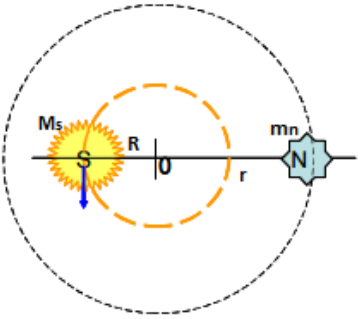
Сл. 9. График на зависност на радијалната брзина од времето

	A	B	C	D
1	Model	Sine		
2	Equation	y=y0+A*sin(pi*(x-xc)/w)		
3	Reduced Chi-Sqr	0,17655		
4	Adj. R-Square	0,99939		
5			Value	Standard Error
6	v	y0	6,08041	0,14159
7		xc	-1,3462	0,03414
8		w	5,18718	0,02344
9		A	23,23409	0,18206

Сл. 10. Резултати од фитувањето на кривата

5. Определување на масата на егзопланетата

Системот од ѕвезда –планета е бинарен така што за него важи дека двете тела се движат околу центарот на маса. За да ја изведеме формулата од која се определува масата на планетата се користат проширениот Кеплеров закон (формула 5) и равенката за центарот на маса (формула 6):



Каде што M_s е маса на ѕвездата;
m_n е маса на непознатиот објект (планета);
R е растојание на ѕвездата од центарот на маса;
r е растојание на планетата од центарот на маса.

$$\frac{T^2}{(R+r)^3} = \frac{4\pi}{(M_s+m_n)G}, \tag{5}$$

$$R = \frac{m_n(R+r)}{M_s+m_n} \quad . \tag{6}$$

Со замена на вредностите за $R+r$ од (6) во (5) и земајќи во предвид дека $2\pi R/T=v$, добиваме:

$$\frac{R^2 m_n^3}{v^2(m_n+M_s)^3} = \frac{1}{(m_n+M_s)G}. \tag{7}$$

Од равенката (8) се изразува масата на планетата за $m_n << M_s$:

$$m_n = v\left(\frac{M_s^2 T}{2\pi G}\right)^{1/3} \quad . \tag{8}$$

Во формулата (8) за v се заменува вредноста за A=23,2 km/s (амплитудата од фитувањето на графикот), а за масата на ѕвездата ја имаме позната вредноста M_s= 1,05M_{Sun}= $2{,}1 \cdot 10^{30}$ kg. Така за масата на егзопланетата добиваме вредност: $m_n = 5{,}06 \cdot 10^{29}$ kg. За споредба масата на Јупитер е $M_J = 2 \cdot 10^{27}$ kg , при што забележуваме дека нашиот објект е над 100 пати помасивен од Јупитер и дека не е планета туку џуџеста ѕвезда која речиси воопшто и да не емитува светлина. Всушност, овој објект е HD 75767 и е дел од спектроскопски бинарен систем, а податоците за потребите на вежбата биле добиени со CORALIE спектрографот кој е инсталиран на Swiss телескопот во опсерваторијата La Silla од ESO.

Заклучок

Во оваа вежба демонстрираме на кој начин може да се открие објект мерејќи ја радијалната брзина на ѕвездата околу кој тој орбитира. За обработка на податоците ги користевме програмите SalsaJ, Excel и OriginPro при што ги анализиравме податоците од спектрите добиени во текот на 11 дена за ѕвездата чија што брзина се определува.

Сепак овој метод бара огромна прецизност која не може да се постигне со мерења направени како училишна вежба па затоа EU-HOU вежбата се темели врз мерења на бинарен ѕвезден систем, кој го земаме како аналогон на систем ѕвезда-планета. Пред да биде откриена првата егзопланета можеа да се мерат само брзини на ѕвездите со точност до km/s што е недоволно за да се одреди движењето (поточно нишањето) на ѕвездата како резултат на присуство на нејзина планета. Во прикажаната вежба се мереа радијални брзини со точност од km/s за една спектрална линија, а за откривање на екстрасоларни планети потребна е точност од m/s или cm/s и се мерат повеќе спектрални линии.

Методата за откривање на егзопланета со помош на Доплеров ефект бара голема прецизност така што првата екстрасоларна планета била откриена со помош на спектроскоп кој е многу осетлив и може да ги детектира и најмалите промени во брзината на ѕвездата од редот на m/s. Откритието за оваа планета било објавено на 6 октомври 1995 година од страна на Michel Mayor и Didier Queloz од

универзитетот во Женева. Тие со помош на ELODIE спектрографот на телескопот во Observatoire de Haute-Provence во Франција го направиле првото вакво откритие со кое започнала ерата на откривање на екстрасоларните планети.

Потребни ни беа илјадници години за да ги откриеме седумте планети од Сончевиот систем и се до пред дваесетина години беше незамисливо дека е можно да постојат и други планети надвор од него. Но, илјадниците откритија на вакви планети ја разбудија и надежта за постоење на живот на некоја од нив.

Користени материјали

[1] http://www.euhou.net/index.php/exercises-mainmenu-13/astronomy-with-salsaj-mainmenu-185/267-from-doppler-effect-to-exoplanets
[2] http://space-facts.com/exoplanets/
[3] http://planetquest.jpl.nasa.gov/
[4] http://exoplanets.org/
[5] http://www.space.com/17738-exoplanets.html
[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Rogue_planet
[7] http://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/exoplanets/
[8] http://exoplanet.open.ac.uk/

„SВЕЗДЕНИТЕ ПАТЕКИ“ И ФИЗИКАТА НА 21 ВЕК (I дел)

Моника Пешевска и Александар Ѓурчиновски

Captain’s log, April 5th , 2063.
The voyage of the Phoenix was success…again.
The alien ship detected the warp signature and is on it’s way to randezvous with history.

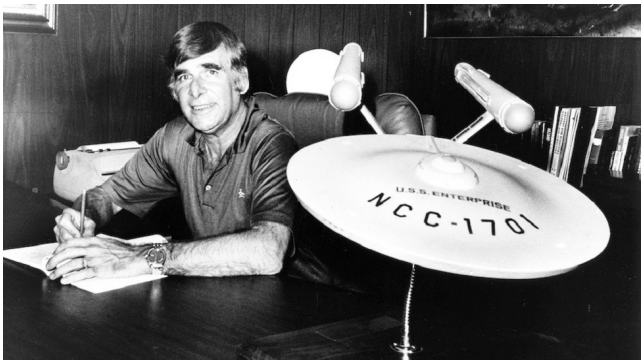
Captain Jean-Luc Picard, ***Star Trek:*** *First contact*

Светот во 22 и 24 век веројатно драстично ќе се разликува од оној кој ние денес го познаваме. Компјутерите и воопшто машините, имаат најголем удел во напредокот на човековиот вид, а сепак градбата на процесорските единици на денешните суперкомпјутери е поедноставна од таа на нервниот систем на обичниот црв. Овој податок, како и самите потреби на човечкото општество за брз технолошки развој претставуваат поттик за многумина компјутерски инженери, па затоа и напредокот на архитектурата на компјутерите се одвива по експоненцијален закон. Сето ова не поттикнува да создаваме нови и најразлични замисли за универзумот и луѓето во далечната иднина, слика за нивниот напредок или, пак, можеби уназадување, нивните цели во животот како и нивните биолошки карактеристики.

Џин Роденбери (Gene Roddenberry) е еден од оние луѓе кои од својата замисла за светот во иднината направи култ и визија за она што не очекува. Визијата за далеку понапредна технологија која овозможува да патуваме низ универзумот без притоа да се грижиме колку време ќе ни биде потребно за тоа, колосален развој на медицината кој довел до излекување на ракот и останати болести кои денес се неизлечиви, како и визијата за многу поголем морал и алтруизам кај луѓето во иднината, овозможија ова да стане замисла за изгледот на светот после два или три века. Претставена преку анимирани серии, телевизиски серии, филмови, стрипови и новели, оваа замисла го носи називот „Star Trek" или „Ѕвездени патеки". Токму овие серии претставуваа поттик за дизајнирањето на мобилните телефони и таблетите, развивањето на Google Earth, како и за објавувањето на конкурс за создавање на универзален компактен

уред во медицината кој ќе овозможи детектирање на чести болести како што се хипертензија, остеопороза, мононуклеоза и други болести (резултатите од овој конкурс треба да се објават на почетокот од 2017 година).

Фантастичниот свет на овој визионер продолжува да ги поттикнува луѓето од најразлични дејности да вршат најразлични истражувања. Можеме да кажеме дека денес „Ѕвездените патеки" претставуваат поттик за бројни истражувања: дали реално можеме да се движиме со брзини поголеми од брзината на светлината како што тоа се случува и во самите серии и дела, и без што универзумот немаше да биде истражен од веројатно најпознатиот вселенски брод Ентерпрајз (Enterprise); дали можеме да се телепортираме од едно место до друго и конечно да кажеме "Beam me up!" и навистина тоа да се случи; дали можеме да бидеме невидливи. Но, не треба да се заборави дека во "Ѕвездените патеки" се истакнува и хуманата идеја за развој на науката и технологијата за научни, а не за воени цели.



Сл. 1. Џин Роденбери (1921-1991) (Извор: www.thehumanist.com)

Движење со брзини поголеми од брзината на светлината (Warp drive)

Истражувањето на универзумот во "Ѕвездените патеки" е овозможено токму благодарение на способноста на *Enterprise* да развива брзини кои се поголеми од оние на светлината. Иако во 1966 година, кога првпат беше емитувана серијата, па дури и денес во 2017 година научниците не се ниту на повидок за такво движење, сепак оваа идеја била широко прифатена од луѓето, па дури и ги натерала да се запрашаат зошто тоа не би било возможно. Научно е познато дека најбрзото нешто во природата се фотоните. Светлината се движи со брзина од c = 299 792 458 m/s . Тоа значи дека еден фотон создаден во реакцијата на фузија во Сонцето го минува патот до Земјата (околу 150 000 000 km) за околу 8 минути и 17 секунди. Или,

пак, тоа значи дека светлината од Големиот Магеланов облак го минува патот до Млечниот пат за околу 160 000 светлосни години (временски тоа би било околу 58 440 000 дена). Прашањето дали може една честичка, поинаква од фотоните, да се движи со брзина поголема од брзината на светлината е прашање чиј одговор теориски го дава теоријата на релативноста на Ајнштајн, додека, пак, точниот одговор го даваат бројните експерименти кои биле направени со цел да се одговори на ова прашање. Ниту една теорија не може да биде прифатена доколку експериментално не биде потврдена, а овде се повикуваме на теорија која многупати била експериментално потврдена. Накратко, од теоријата на релативност произлегува дека масата која ја има едно тело е поврзана со енергијата преку веројатно најпознатата равенка во физиката: $E=m\cdot c^2$. Пред да ја анализираме оваа релација, ќе ја разгледаме механичката енергија која ја има едно тело. Неа ја сочинуваат кинетичката енергија на тоа тело (тоа е енергијата која ја има телото кога е во движење) и потенцијалната енергија E_p (едно тело има потенцијална енергија доколку се наоѓа во одредено потенцијално поле): $E=\frac{mv^2}{2}+E_p$. За поедноставување ќе земеме дека $E_p=0$. Во тој случај, вкупната енергија на телото е еднаква на кинетичката енергија на телото, која што е правопропорционална со квадратот на брзината на тоа тело. Во екстремен случај, одбираме телото да се движи со бесконечно голема брзина т.е. $\upsilon\to\infty$, што всушност би значело дека ја надминуваме брзината на светлината. И тоа значи дека кинетичката енергија на телото исто така тежнее кон бескрај. Сега се враќаме на формулата на Ајнштајн и вршиме споредба. Доколку телото има само кинетичка енергија, тогаш $E\to\infty$, од левата страна на равенката имаме бесконечност. За точност на равенката потребно е да имаме и бесконечност на десната страна, а бидејќи знаеме дека брзината на светлината има конечна вредност, следува дека масата е таа која тежнее кон бесконечност. Овој податок ни кажува дека како што брзината на телото се зголемува, така неговото понатамошно забрзување станува се потешко изводливо бидејќи се забрзува тело кое има поголема маса, односно инерција. Надворешни сили го забрзуваат телото, но достигнувањето на се поголеми и поголеми брзини бара дејство од се поголеми и поголеми сили. За достигнувањето на големи брзини потребни се многу моќни акцелератори. Барем денес човековата цивилизација ја нема можноста за достигнување на брзини поголеми од брзината на светлината, односно за пробивање на т.н. „светлинска бариера“,

поради инерцијата. Не постои ниту материја ниту антиматерија која е „недопирлива“ за инерцијата.

Сепак, во „Ѕвездените патеки“ екипажот на капетанот Џејмс Т. Кирк ги нема овие проблеми. Тие патуваат низ универзумот не грижејќи се за енергијата која им е потребна за да се движат, или, пак, за опасноста од нагло кочење. Самиот вселенски брод употребува материја и антиматерија кои, кога доаѓаат во меѓусебен контакт, се анихилираат, при што се ослободува огромно количество на енергија. Во нашиот свет, антиматеријата е многу скапа и е попроблематична за употреба отколку што е корисна.

Сл. 2. Најпознатите симболи на „Ѕвездени патеки“. Од левата страна е прикажан амблемот на Ѕвездената флота (организација која се занимава со проучување на Универзумот како и одбрана на членките на Обединетата федерација на планети) додека од десната страна е вселенскиот брод Ентерпрајс со кој патуваат капетанот Кирк и неговата екипа (Извор: www.startrek.com)

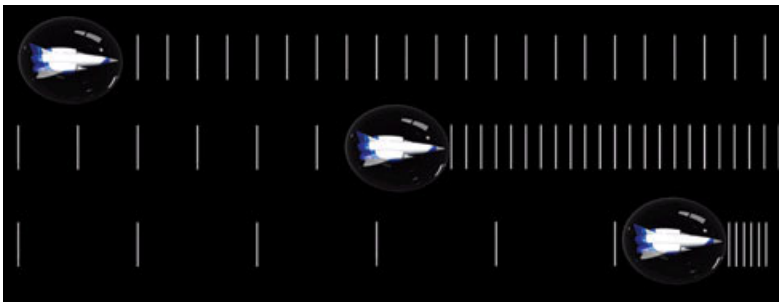
Сл. 3. Капетан Џејмс Т. Кирк (најлево), доктор Ленард Мекој (средина) и офицер Спок сликани за време на ручек при снимањето на серијата Star Trek: The Original Series (Извор: www.rebloggy.com)

И покрај наведените причини поради кои денес сметаме дека не е можно движење со надсветлосни брзини, сепак доволен е само еден експеримент за сето погоре напишано да се означи како погрешно. Иако досега со ниту еден експеримент научниците не успеале да забрзаат честичка со брзина поголема од онаа на светлината, тоа не значи дека тоа засекогаш ќе остане така. И како што постојат теории според кои движењето со надсветлосна брзина е нешто невозможно, така постојат и теории кои го покажуваат спротивното. Од постоење на тахиони, црвоточини (wormholes) и останати егзотични ефекти во теоријата на гравитација, веројатно најзпечатлива е теоријата за ворп-погон Warp drive на мексиканскиот астрофизичар Мигел Алкубиере (Miguel Alcubierre). Алкубиере е директор на Институтот за нуклеарни истражувања при Националниот автономен универзитет во Мексико. Докторирајќи на тема поврзана со општата теорија на релативност и работејќи на институтот „Макс Планк” во Германија, тој во 1994 година , тој ја предлага идејата за ворп-погонот испечатена во неговата статија под наслов: ”The warp drive: hyper-fast travel within general relativity” која може да се најде бесплатно на интернет.

Главната идеја на Алкубиере тргнува од самиот поим на релативност. Кога велиме дека одредена честичка или вселенски брод се движи со одредена брзина, ние секако вршиме мерења според кои го утврдуваме тоа. Податокот е добиен релативно во однос на нас, односно ние го претставуваме референтниот систем во кој што важи измерената вредност. Извршените мерења и резултати важат за нашиот систем и тие не мора да се идентични со резултатите добиени во некој друг систем. Тоа можеме да го разбереме преку најпознатиот пример во историјата на астрономијата: во однос на набљудувач кој се наоѓа на Земјата привидно изгледа дека Сонцето, планетите и речиси сите небесни тела видливи на небото се движат околу Земјата. Доколку ја напуштиме Земјата, односно излеземе од системот во кој важи претходната информација, ќе забележиме дека ниту Сонцето, ниту пак било кое друго тело, освен Месечината и неколку астероиди, не орбитираат околу Земјата. Земјата е таа која орбитира околу Сонцето, а заедно со Сонцето, околу центарот на галаксијата Млечен пат. Не можеме да ги „обвиниме“ првите астрономи за нивното верување дека небесните тела орбитираат околу Земјата. Едноставно, сите мерења им укажувале на тоа, бидејќи и тие самите се наоѓале во систем кој се движи, односно се наоѓале на Земјата која како тело ротира околу сопствената оска и околу Сонцето. Овој пример сведочи за различноста во резултатите при мерењата на една иста појава, извршени во два различни референтни системи.

Денес се извршени голем број на мерења со цел да се утврди како се менува брзината на светлината при нејзино мерење од различни системи. Секој експеримент извршен за оваа цел покажал дека, без разлика дали брзината на светлината ја мери инструмент кој патува со 10 km/h, или, пак, инструмент кој патува со 0.8*c*, и двата инструменти ќе утврдат идентична вредност за брзината на светлината. Мерењето од различни системи не ја менува нејзината детектирана брзина и овој резултат е потврда за константноста на брзината на светлината и нејзината важност во разбирањето на самиот универзум. Овој податок сведочел дека брзината на светлината е секогаш *c*, но останатите величини кои го опишуваат движењето на едно тело ќе бидат променливи. Ќе се менува времето, ќе се менува и просторот, но оваа константа ќе ја задржи својата вредност. Не можеме да зборуваме за движење само во просторот и апсолутност во времето, туку веќе имаме една целина, единство кое никако не можеме да го разделиме: простор-времето. Телата во универзумот постојат во простор-времето и се движат во таа целина. И како што човекот денес може точно да одреди како ќе се движи едно тело доколку ја знае неговата брзина и почетна положба, така биле дадени и равенки со кои се опишува движењето на телата во простор-времето. Наједноставното простор-време е т.н. рамно простор-време во кое не постои материја и тоа е опишано со равенствата развиени од професорот на Ајнштајн, математичарот Херман Минковски (Hermann Minkowski). Ваквото простор-време е една идеализација која реално не постои. Постоењето на материја и/или енергија во простор-времето влијае врз него на таков начин што го закривува. Всушност, под закривено простор-време се подразбира било кое простор-време во кое движењето одстапува од она опишано со равенствата на Минковски. Алкубиере теоретски успеал да покаже дека токму закривувањето на простор-времето може да претставува клуч за движење со надсветлински брзини. За сфаќање на идејата на Алкубиере прво треба да се замисли простор-времето како средина која може да се менува, да се истегнува и компресира, како што може да се истегне или збие гума, односно да се замисли како средина врз која може да се влијае. Сега можеме да го претставиме самиот процес: во простор-времето се наоѓа вселенски брод. Со самото свое присуство вселенскиот брод го закривува простор-времето, но ние сакаме дополнително да го закривиме, и тоа да го закривиме на начин кој што нам ни одговара. За таа цел, простор-времето зад вселенскиот брод се растегнува, додека простор-времето пред вселенскот брод се збива (собира). Тоа е налик на процесот на насмевнување; кожата околу усните ви се растегнува, но

затоа околу очите се собира. Процесот на промена на простор-времето на начин на кој беше опишано е даден на слика 4.

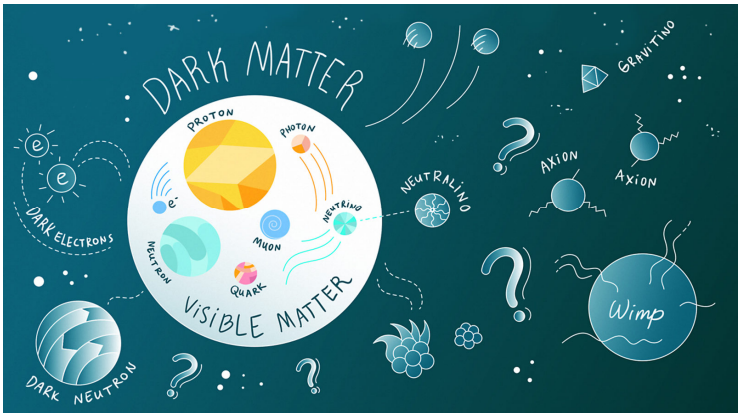


Сл. 4. Визуелен приказ на закривувањето на простор-времето. Вселенскиот брод допринесува за точно одредено закривување на простор-времето така што простор-времето пред бродот е збиено, додека пак тоа зад него е оптегнато. Во овој процес простор-времето кај што се наоѓа самиот вселенски брод останува целосно неизменето, односно како вселенскиот брод да се наоѓа во меурче и е одвоен од неговата околина (Извор:www.english.cri.cn)

Но, што се случува со простор-времето кај што се наоѓа самиот вселенски брод? Поентата на овој процес е токму ова простор-време да остане целосно неизменето. На тој начин патниците во вселенскиот брод нема да бидат изложени на дополнителни промени во времето и просторот и времето кое тие ќе го мерат ќе биде идентично со времето кое што ќе го мери еден набљудувач кој го гледа целиот овој процес од страна. Откако ќе го закривиме на овој начин простор-времето, почнува да реагира самото простор-време. Тоа тежнее да се врати во својата првична положба, а тоа значи враќање на растегнатиот и збиениот простор-време во нормална состојба. Ова враќање ќе има влијание врз вселенскиот брод така што тој ќе биде сега под влијание на два погона: збиеното простор време ќе се враќа во првичната состојба со растегнување и ќе го повлече бродот напред, додека растегнатото простор време при своето враќање во првичната состојба ќе го бутка вселенскиот брод напред . И на овој начин вселенскиот брод всушност не се движи: простор-времето е тоа кое што го движи бродот и му влијае да ја менува својата положба. Ова движење под дејство на два "погона" овозможува уникатни резултати за набљудувачот кој го набљудува овој процес на закривување на простор-времето: тој забележува дека во однос на неговиот систем, вака придвиженият вселенски брод може се движи со брзина многупати поголема од онаа на светлината! На овој начин ние ниту го забрзуваме вселенскиот брод ниту, пак, луѓето во него ќе може да трпат негативни последици поради

инерцијата. Како за се да се „грижи“ простор-времето, а ние имаме безбедно патување низ него. Секако, доколку се е толку едноставно и не бара огромни забрзувања, односно нема опасности по екипажот, зошто досега не сме го проучиле барем Млечниот пат со помош на погонот на Алкубиере?

При опишувањето на збивањето и оптегнувањето на простор-времето не беше опишан самиот начин на кој тоа се случува. Менувањето на простор-времето ни е од голема корист, но за да луѓето воопшто можат да го менуваат простор-времето тие мора да употребат малку поинаква материја од онаа која ја познаваме; потребна им е т.н. *егзотична материја*. Причината поради која таа е наречена егзотична материја е бидејќи има карактеристики кои ја одвојуваат од материјата која ние ја познаваме: доколку кај материјата два истоимени полнежи се одбиваат, додека два разноимени полнежи се привлекуваат, кај езготичната материја теориски се добива дека важи токму обратното: истоимените честички се привлекуваат, додека разноимените честички се одбиваат. Исто така, ако за материјата важи вториот Њутнов закон во обликот: $F = ma$, за егзотичната материја вториот Њутнов закон важи, но во следниот облик: $F = -ma$, што, всушност, би значело дека телата се придвижуваат во насока спротивна од онаа на забрзувањето. Со други зборови, тоа би значело дека ако имате топка од егзотична материја кога ќе ја шутнете напред, таа наместо напред, би се придвижила назад.



Сл.5. Кандидати за т.н. темна материја која е дел од егзотичната материја. Доколку се потврди постоење на негативната материја, ќе се потврди теоријата на Алкубиере и ќе се отвори ново поглавје во историјата на науката (Извор: www.symmetrymagazine.org)

Во т.н. егзотична материја спаѓа и *негативната материја* и *негативната енергија*. Секако, барем денес не можеме да зборуваме

за минус два килограми јаболки. Но, токму овој тип на енергија би овозможил закривување на простор-времето на начин на кој нас би ни одговарал. Добиени теориски, овие величини “чекаат” да видат дали ќе бидат прифатени како точни или, пак, ќе се утврди дека се само математичка формулација која нема физичка смисла. Доколку се покаже дека човекот може да создаде негативна материја, ќе се отвори пат за експериментално тестирање на теоријата на Алкубиере, која, ако се покаже како точна, ќе претставува подеднакво радосен момент како што претставуваше моментот кога Зефран Кокреин во 2063 година во филмот *Star Trek: The First Contact* успеа да развие надсветлинска брзина со вселенското летало *Phoenix.* Или сепак, тоа ќе биде порадосен момент бидејќи тоа ќе значи дека "Ѕвездените патеки" постепено стануваат реалност.

Сл. 6. Сцена од сериите *Star Trek* кога вселенскиот брод забрзува со брзина поголема од онаа на светлината (Извор:www.thesurge.com)

Напомена. Текстот продолжува во следниот Астрономски алманах.

Користена литература:

[1]. Lawrence M. Krauss, *The physics of Star Trek*, Flamingo (1997)
[2]. https://www.technologyreview.com/s/405876/cloaking-breakthrough/
[3]. Andrea Alù, *On the quest to invisibility*, TEDxAustin (2013)
[4] Brian Greene, *The Fabric of Cosmos: Quantum Leap (*NOVA adaptation to the *Elegant Universe)*
[5] http://www.sfu.ca/~adebened/funstuff/warpdrive.html
[6]. http://english.cri.cn/1641/2006/04/29/65@83141.htm
[7]. Stephen Hawking, *The universe in a nutshell,*Bantam Books (2001)

30 ЈУНИ
- СВЕТСКИ ДЕН НА АСТЕРОИДОТ

Гордана Апостоловска

„Една од најголемите закани за интелегентниот живот во нашиот универзум е големата веројатност за судири на астероиди со населени планети“.

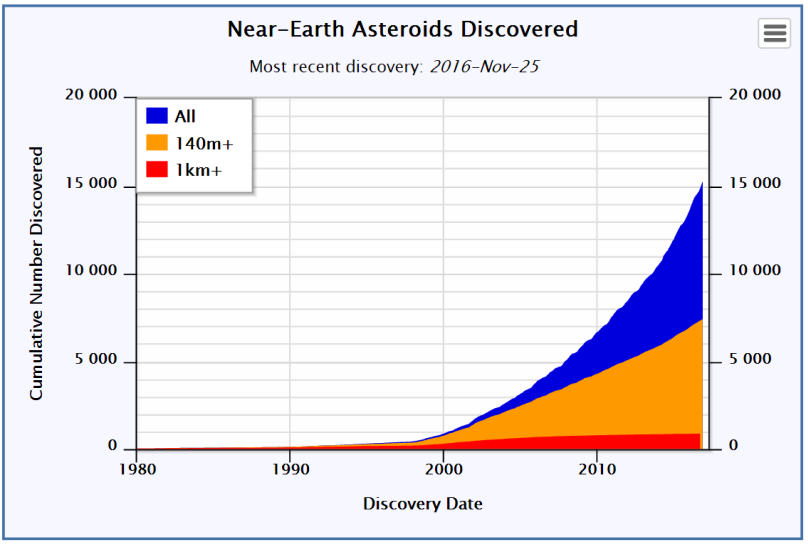
– Стивен Хокинг

Денот на астероидот е светско движење кое има за цел да ја зголеми јавната свест за потенцијален удар на астероид во нашата планета, за можните последици и начините како да се заштитиме.

На 7 декември 2016 година основачите на Денот на астероидот објавија дека Генералното собрание на Обединетите Нации официјално го прогласило 30 јуни за светски Ден на астероидот. Првото официјално одбележување на Денот на астероидот ќе биде на 30 јуни 2017 година. Овој датум се совпаѓа со годишнината од „Тунгуска“ настанот, кога во 1908 година во Сибир, Русија, објект со дијаметар од околу 40 m експлодирал над површината на земјата и ги срушил дрвјата на ненаселена површина од 2000 m^2. Доколку експлозијата се случила на иста густо населена таква површина, последиците би биле катастрофални.

Приказната за тоа како се создаде идејата за ваков настан започна во 2014 година, кога д-р Брајан Меј (Brian May) астрофизичар и главен гитарист на познатата рок група Квин (Queen) беше ангажиран од режисерот Григориј Рихтер (Grigori Richters) да компонира музика за неговиот нов филм. Насловот на филмот е „51°

северно“ (*51 Degrees North)* и се однесува за фиктивен удар на астероид во Лондон и за настанатите последици. За да осигураат глобална подршка за идејата тие се поврзаа со специјалисти за планетарна одбрана од фондацијата B612: астронаутот на Аполо 9 Расти Швеикарт (Rusty Schweickart), астронаутот кој учествувал во три мисии д-р Ед Лу (Ed Lu) и Даница Реми (Danica Remy), шеф на B612.



Сл. 1. На графикот е претставен порастот на бројот на откриените астероиди блиски до Земјата, од осумдесетите години на минатиот век па се до 25.11.2016 година

Астрономите проценуваат дека има над 1 милион астероиди кои се потенцијално опасни за судир во Земјата. Раното откривање и предупредување е суштествено за одбраната на нашата планета. Досега се откриени само 1% од потенцијално опасните астероиди, а со сегашната технологија се смета дека би можело да се откриваат годишно околу 1000 блиски до Земјата астероиди со дијаметар над 20 m. Ова значи дека ќе ни требаат повеќе од 1000 години за да се откријат 1 милион објекти кои ја застрашуваат нашата планета. За забрзување на овој процес беше потпишана „100X Asteroid Declaration“ која има за цел да го зголеми бројот на откриени објекти годишно за 100 пати. Први потписници на Декларацијата беа кралскиот астроном на Велика Британија, лордот Мартин Рис, познатиот музичар Питер Габриел како и бројни експерти од областа на планетарната одбрана.

Четирите основачи на Денот на астероидот: д-р Брајан Меј, Григориј Рихтер, Даница Реми и Расти Швеикарт ја потпишаа „100X

Asteroid Declarationџ“. Тие се ангажираа декларацијата да биде потпишана и од над 100 астронаути, нобелови лауреати, бизнисмени и лидери, така што денес декларацијата има над 22 000 потписници од целиот свет.

Она што почна како декларација на научниците за зголемување на брзината на откривање на астеродите премина во глобално движење, Ден на астероидот, чија цел е подигање на свеста за овој веројатен природен настан, чии последици сепак би можеле да се спречат. Според она што се знае за популацијата на блиските до Земјата астероиди и за историјата на удари во Земјата, за што сведочат над 200 кратери, сигурно е дека во Земјата и во иднина ќе удри астероид. Затоа треба да се идентификува објектот и одреди времето на ударот, за да бидеме подготвени за заштита на нашата цивилизација и на сите живи видови нашата планета.

Повеќе информации и видеа во врска со Денот на астероидот може да најдете на следниве адреси:

[1] http://mrscienceut.net/Asteroids,%20Comets,%20and%20Meteoroids.pdf
[2] http://www.scienceinschool.org/content/asteroids-perilous-preventable
[3] https://resources.asteroidday.org/video-gallery/
[4] http://www.unis.unvienna.org/unis/en/pressrels/2016/unisos478.html
[5] https://blog.asteroidday.org/
[6] http://www.asteroidday.org/signatories-list

„Awareness conference - Hot topics in Astrophysics”, 26-28 септември, Охрид

Гордана Апостоловска и Олгица Кузмановска

Во периодот од 26 до 28 септември 2016 година во Охрид, во организација на Македонското астрономско друштво (**МАД**), Институтот за физика при ПМФ од Скопје и мрежата **OPTICON** (Optical Infrared Coordination network for Astronomy), се одржа седмата средба на Субрегионалниот европски астрономски комитет **SREAC** (Sub-Regional European Astronomical Committe). Паралелно со овој настан беше одржана и конференцијата „Awareness conference - Hot topics in Astrophysics”, финансирана од мрежата OPTICON.

Сл. 1. Дел од учесниците на конференцијата

Главна цел на на овој вид конференции е да се претстават најновите астрономски истражувања на студентите (најчесто постдипломци и докторанти) за да им се помогне во што подобар

избор на нивните идни истражувачки кариери, а воедно да се прошират хоризонтите на знаење на веќе поискусните истражувачи.

Во рамки на оваа конференција околу 30 учесници: студенти, постдипломци и докторанти, како и претставници на SREAC од Бугарија, Грција, Србија, Турција и Романија и учесник од Ерменија имаа можност да се запознаат со актуелните астрофизички истражувања од страна на еминентни предавачи од повеќе европски астрономски институции.

Еве некои од темите и предавачите:

1. ***Hot topics in stellar astrophysics*** - Heidi Korhonen, (Niels Bohr Institute, University of Copenhagen)

2. ***Galaxy evolution*** - Johan Fynbo, (Niels Bohr Institute, University of Copenhagen)

3. **Active Galactic Nuclei** - Martin Ward, (University of Durham)

4. ***The Variable Sky*** - Michel Dennefeld, (Institut d'Astrophysique de Paris, OPTICON), Michal Pawlak, (ESO)

5. ***First stars and galaxies*** - Raffaella Schneider, (INAF, Osservatorio Astronomico di Roma)

6. ***ESO observing facilities and science examples*** - Wolfgang Kerzendorf, (ESO - European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere)

Интересен дел од настанот беше и презентирањето на статусот на астрономијата и состојбата со инфраструктурата за астрономски инструменти во државите од SREAC . Повеќе информации за ова може да прочитата во списанието на Европската Астрономска Унија од февруари 2017 година http://eas.unige.ch/e-newsletter.jsp?id=43.

Од Природно-математичкиот факултет во Скопје учествуваа: д-р Гордана Апостоловска, редовен професор, д-р Олгица Кузмановска, вонреден професор, (претставници на SREAC од Македонија и организатори); Сашо Пауновски, (техничка поддршка), како и студентите од насоката астрономија и астрофизика: Дарко Јованов, Моника Пешевска и Науме Шентевски и докторантот м-р Елена Вчкова Бебековска. Двата меѓународни настани беа први од областа на астрономијата и астрофизиката одржани во Република Македонија и по тој повод искажуваме голема благодарност до претстаникот на Оптикон, д-р Мишел Денефелд (Michel Dennefeld).

http://eas.unige.ch/e-newsletter.jsp?id=43
http://www.iap.fr/opticon/
http://astronomy.pmf.ukim.mk/

Извештај од ESO Astronomy Camp 2016

Давид Дамјаноски

Четвртиот по ред астрономски камп на Јужно европската опсерваторија (ESO Atronomy Camp) се одржа од 26.12.2016 до 01.01.2017 година во Астрономската опсерваторија на автономниот регион на Аоста долината (Astronomical Observatory of the Autonomous Region of the Aosta Valley- OAVdA). Организатори беа ESO (European Southern Observatory), Sterren Lab и OAVdA.

За учество на конкурсот за кампот, се аплицираше со online - апликација и триминутно видео, во кое оној кој се пријавува зборува на темата насловена како „Сакам да пронајдам/откријам... поради тоа што...“ (“I want to invent/discover … because...“) во полето на астрономијата. Критериумите вклучуваа познавање на англискиот јазик, точност во изразувањето во поглед на стручните термини, мотивација, ентузијазам, креативност и слично.

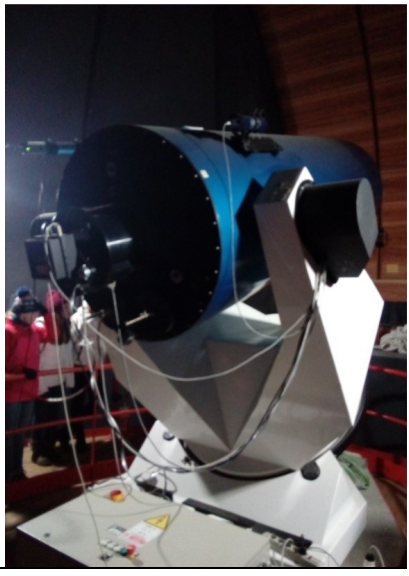
Сл. 1 Официјална фотографија на ESO- кампот 2016

Темата на кампот беше „Видливиот и скриениот Универзум“ (“The visible and hidden universe“). На кампот учествуваа вкупно 53 учесници на возраст меѓу 16 и 18 години од 23 различни држави од целиот свет: Италија, Норвешка, Шведска, Данска, Велика Британија,

Ирска, Холандија, Белгија, Германија, Швајцарија, Шпанија, Португалија, Полска, Хрватска, Србија, Македонија, Романија, Турција, Јордан, Пакистан, Кина, Бразил, Уругвај и Чиле. Бевме сместени во хостел во близина на опсерваторијата, кој е изграден за потребите на истата. Работен јазик на кампот беше англискиот иако имавме прилика да се запознаеме со различни култури и да слушаме најразлични јазици.

Опсерваторијата се наоѓа во Сен Бартелеми, во близина на Нус, во северозападна Италија, на надморска височина од 1633 метри. Во радиус од 40 km се наоѓаат четирите од највисоките планински врвови во Европа меѓу кои и Мон Блан и Матерхорн. Опсерваторијата е изградена во 2003 година и е опремена со модерна опрема, вклучувајќи еден телескоп поставен под автоматизирана купола, 7 помали телескопи на кои учесниците имаа можност да го набљудуваат небото над Аоста и еден спектрограф кој, исто така, ни беше на располагање. Во склоп на опсерваторијата се наоѓа и модерно опремен планетариум изграден во 2008 година.

Активностите се состоеа од теоретски предавања и практичен дел. Предавачи беа Давиде Ченадели (Директор на OAVdA), Тања Џонстон (одговорна на одделот за комуникации со јавноста при ESO), Ана Волтер (вработена во опсерваторијата Брера во Милано и ESO), Аниело Менења (професор на Институтот за физика при Миланскиот универзитет на) и Жан-Марк Шристил (еден од раководните лица на OAVdA).



Сл. 2. Опсерваторијата во Сен Бартелеми (OAVdA) и телескопот под куполата на опсерваторијата

Предавањата вклучуваа вовед во спектроскопија, истражување на Вселената со Х- зраци, УВ- зраци и со помош на микробранови, потоа предавање околу задачата и активностите кои ESO ги врши со своите три астрономски опсерватории во пустината Атакама во Чиле (Паранал, Ла Сија и Чахнантор), но дознавме и како е да се биде на Антарктикот, преку изнесеното искуство на Шристил. Во активностите спаѓаа три набљудувања на небото (навечер меѓу 22 и 23 часот, по зајдисонце, како и пред изгрејсонце), па така можевме да го видиме Млечниот пат, Андромеда, Марс, Венера, голем број на сознездија, Јупитер со сателитите Европа, Ио, Ганимед и Калисто. Се разбира, претходно набројаните беа во нашиот фокус, но имавме слобода и да набљудуваме и небесни објекти по наша желба. Еден од помалите телескопи беше искористен за снимање на спектри од различни ѕвезди, меѓу кои Ригел, Бетелгез, Сириус, Алдебаран, Полукс како и уште 20 други. Со спектрографот беа добиени спектри кои со помош на Ченадели следното утро ги анализиравме поделени на шест групи од по 9 членови. Инаку, секоја група беше национално „измешана“, особено во таа во која што бев јас, каде учесниците беа од различни краеви на светот, од Чиле до Кина, па беше многу интересно да се види како сето тоа ќе функционира. Функционираше одлично, па така сè уште комуницираме меѓусебно. Во практичниот дел влегуваше и експериментот со микробранови спроведен со секоја група одделно од страна на Менења.

Организаторите, се беа погрижиле и за тоа да се доживее оној вистински дух на Аоста. Секој оброк кој беше служен беше во согласност со локалната кујна, но беа опфатени и јадења од други делови на Италија, а тестенините беа неизбежни.

Сл. 3 Анализа на податоците – класифицирање на ѕвездите според нивните спектри. Лево: Набљудување со телескопи на една од групите во OAVdA

Еден ден беше резериран за екскурзија во подножјето на врвот Матехорн, во елитното зимско одморалиште Червиња, кое само со овој врв е одделен од Цермат, кој се наоѓа на швајцарската страна. Таму посетивме основно училиште, каде имавме време по оброкот да се договориме секој во својата група околу задачата која ја добивме од Ана Волтер. Требаше со некој вид или повеќе видови на уметности да претставиме некој вселенски објект во две бранови должини, преку музика, цртање, глумење, рецитирање и слично, а тој перформанс требаше да се изведе на новогодишната забава.

Целото ова дружење и огромно позитивно искуство беше крунисано со новогодишната забава. По овој камп ништо не е и нема ни да биде исто, не само за мене, туку и сите кои бевме таму. Овие спомени, се едни од најдрагите за мене.

*Авторот на текстот е ученик во трета година во С.О.У. Гимназија „Мирче Ацев“, во Прилеп (природно- математичко подрачје).

Информации за XVIII Зимска школа по астрономија и за натпреварот по астрономија во 2016 година

На 25 и 26 март 2016 година на Институтот за физика при Природно-математичкиот факултет се одржа XVIII Зимска школа по астрономија“. Пријавувањето на учесниците беше по електронски пат. На Школата присуствуваа 90 ученици и 12 професори од средни училишта од повеќе градови од државата.

Сл. 1. Фотографија на учесниците на XVIII Зимска школа по астрономија

П Р О Г Р А М А за XVIII Зимска школа по астрономија

25.03. 2016 (петок)

09:30	Регистрација на учесниците
09:55	Отворање на Школата
10:00	„20 години МАД“ – Гордана Апостоловска
10:20	„Улогата на гасните планети во создавањето на планетарните системи“ – Наце Стојанов
11:00	„Космичко зрачење“ – Ламбе Барандовски
11:40	ПАУЗА

12:15 „Откривање на егзопланети со помош на Доплеров ефект“ - Билјана Митреска
12:55 „Неутриното и мистериите на модерната физика на елементарни честички“ – Моника Пешевска и Александар Ѓурчиновски
13:35 ПАУЗА
13:50 „Практична астрономија во Стара Грција“ – Јана Богдановска
14:30 „Поглед кон небото низ дел од историјата“ - Ристе Попески-Димовски
14:50 Регистрација на учесниците на натпреварот

26.03.2016 (сабота)

09:30 „Бинарни системи“, Љупчо Петров и Гордана Апостоловска
10:10 „Гравитациони бранови“ – Христијан Кочанковски
10:50 ПАУЗА
11:10 „Нови Хоризонти “ - Марко Шунтов
12:00 Натпревар по астрономија: „XVIII Зимска астрономска школа“

На 26 март во рамките на школата се одржа натпревар по астрономија. На него учествуваа 36 натпреварувачи при што најуспешните добија дипломи од страна на Македонското астрономско друштво. Во прилог е табелата со наградените и пофалените натпреварувачите во двете категории: стандардна и олимписка.

	ОЛИМПИСКА категорија		
1.	Денис Рајхл	ПСУ „Јахја Кемал“- Автокоманда, Скопје	I место
2.	Александар Иванов	ПСУ „Јахја Кемал“- Бутел, Скопје	I место
3.	Мартин Ристовски	ПСУ „Јахја Кемал“- Бутел, Скопје	II место
4	Ѓорѓи Ристески	ПСУ „Јахја Кемал“ - Струга	III место
5.	Трајче Бојациев	ПСУ „Јахја Кемал“- Бутел, Скопје	III место
6.	Милан Павиќевиќ	ПСУ „Јахја Кемал“- Струмица	III место
7.	Марко Панушковски	ПСУ „Јахја Кемал“- Автокоманда, Скопје	III место
8.	Владимир Шутовски	ПСУ „Јахја Кемал“- Автокоманда, Скопје	III место

	СТАНДАРДНА категорија		
1.	Давид Леон Ѓорѓиоски	СУГС „Јосип Броз Тито“ - Скопје	I место
2.	Јован Јорданов	ПСУ „Јаха Кемал“- Автокоманда, Скопје	I место
3.	Костадинка Ќосева	ПСУ „Јаха Кемал“ - Струмица	II место
4	Предраг Вичентијевиќ	СОУ „Богданци“ - Богданци	II место
5.	Александар Попов	ПСУ „Јаха Кемал“ - Струмица	III место
6.	Бојан Станишлевиќ	ПСУ „Јаха Кемал“ - Струмица	III место
7.	Ана Чукарска	ПСУ „Јаха Кемал“- Струмица	III место
8.	Александра Поповска	СУГС „Р. Јовчевски - Корчагин“ - Скопје	III место
9.	Симона Лозановска	СУГС „Р. Јовчевски - Корчагин“, Скопје	III место
10.	Лука Радојичиќ	СУГС „Р. Јовчевски - Корчагин“ - Скопје	III место
11.	Енис Ибиши	ПСУ „Јаха Кемал“ - Гостивар	пофалница
12.	Илија Личковски	ПСУ „Јаха Кемал“ - Гостивар	пофалница
13.	Искра Велковска	СУГС „Р. Јовчевски - Корчагин“ - Скопје	пофалница

Гордана Апостоловска
Секретар на МАД

Астрономски календар за 2017 година

Васил Умленски[*]
vasil@astro.bas.bg

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

Во Астрономскиот календар моментите на астрономските појави се дадени преку официјалното време што се користи во Република Македонија. Моментите за изгрев, залез и кулминација на небесните објекти се однесуваат за набљудувач во Скопје (φ = 42°06' , λ = 21°26' 2", h = 259 m).

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

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

Во 2017 г. *летното мерење* на времето во Македонија ќе започне на **26 март** во **02:00** часот официјално време (кога ќе се додаде еден час).

🕑 ⇒ 🕓

Зимското мерење на времето ќе започне на **29 октомври** во **03:00** часот по официјално време (кога ќе се одземе еден час).

🕓 ⇒ 🕑

На следната web - страница може да ги видите каде и кои временски зони се употребуваат во Европа:
http://www.timeanddate.com/library/abbreviations/timezones/eu/

---

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

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

Општи забелешки кон Астрономскиот календар

I. Изгреви и залези на Сонцето и Месечината во 2017 година

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

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

III. Сезони, летно време, перихел и афел во 2017 година

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

Полумракот започнува со залезот на горниот раб на сончевиот диск, а завршува со неговиот изгрев. Се до моментот кога центарот на сончевиот диск 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 центарот на сончевиот диск не се спушти подлабоко од 18° под хоризонтот, настапува *вистинската ноќ.*

V. Основни фази на Месечината во 2017 година

VI. Видливост на планетите во 2017 г.

VII. Затемнување на Сонцето и Месечината во 2017 година

VIII. Стеснет календар за метоерските роеви во 2017 година

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

I. ИЗГРЕВИ И ЗАЛЕЗИ НА СОНЦЕТО И МЕСЕЧИНАТА

ЈАНУАРИ 2017

	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	7 3	11 38	16 13	9 10	08 56	14 12	19 33
2	7 3	11 38	16 14	9 11	09 33	15 01	20 36
3	7 3	11 39	16 15	9 12	10 07	15 50	21 40
4	7 3	11 39	16 16	9 13	10 39	16 39	22 46
5	7 3	11 40	16 17	9 14	11 12	17 28	23 54
6	7 3	11 40	16 18	9 15	11 45	18 19	
7	7 2	11 41	16 19	9 17	12 22	19 13	01 02
8	7 2	11 41	16 20	9 18	13 02	20 09	02 13
9	7 2	11 41	16 21	9 19	13 48	21 07	03 23
10	7 2	11 42	16 22	9 20	14 40	22 08	04 32
11	7 2	11 42	16 23	9 21	15 39	23 08	05 37
12	7 1	11 43	16 24	9 23	16 43		06 36
13	7 1	11 43	16 25	9 24	17 50	00 07	07 27
14	7 1	11 43	16 27	9 26	18 57	01 04	08 11
15	7 0	11 44	16 28	9 28	20 02	01 57	08 49
16	7 0	11 44	16 29	9 29	21 05	02 47	09 23
17	6 59	11 44	16 30	9 31	22 06	03 34	09 54
18	6 59	11 45	16 31	9 32	23 06	04 19	10 23
19	6 58	11 45	16 33	9 35		05 02	10 52
20	6 57	11 45	16 34	9 37	00 04	05 46	11 21
21	6 57	11 46	16 35	9 38	01 01	06 29	11 53
22	6 56	11 46	16 36	9 40	01 57	07 14	12 26
23	6 55	11 46	16 37	9 42	02 53	08 00	13 04
24	6 54	11 46	16 38	9 44	03 47	08 47	13 46
25	6 54	11 47	16 40	9 46	04 39	09 36	14 33
26	6 53	11 47	16 41	9 48	05 28	10 26	15 26
27	6 52	11 47	16 43	9 51	06 13	11 17	16 23
28	6 51	11 47	16 44	9 53	06 55	12 07	17 24
29	6 50	11 47	16 45	9 55	07 33	12 57	18 27
30	6 49	11 48	16 46	9 57	08 09	13 47	19 32
31	6 48	11 48	16 48	10 0	08 43	14 37	20 39

ФЕВРУАРИ 2017

	С О Н Ц Е				**МЕСЕЧИНА**		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**
1	6 47	11 48	16 49	10 2	09 15	15 26	21 46
2	6 46	11 48	16 50	10 4	09 49	16 17	22 54
3	6 45	11 48	16 51	10 6	10 23	17 08	
4	6 44	11 49	16 53	10 9	11 01	18 02	00 02
5	6 43	11 49	16 54	10 11	11 44	18 58	01 11
6	6 42	11 49	16 55	10 13	12 32	19 56	02 18
7	6 41	11 49	16 57	10 16	13 26	20 54	03 23
8	6 39	11 49	16 58	10 19	14 26	21 52	04 22
9	6 38	11 49	16 59	10 21	15 30	22 49	05 16
10	6 37	11 49	17 1	10 24	16 36	23 43	06 02
11	6 36	11 49	17 2	10 26	17 42		06 43
12	6 34	11 49	17 3	10 29	18 47	00 35	07 19
13	6 33	11 49	17 4	10 31	19 50	01 23	07 52
14	6 32	11 49	17 5	10 33	20 51	02 10	08 22
15	6 30	11 49	17 7	10 37	21 51	02 55	08 52
16	6 29	11 49	17 8	10 39	22 49	03 39	09 21
17	6 27	11 49	17 9	10 42	23 46	04 23	09 52
18	6 26	11 49	17 10	10 44		05 08	10 25
19	6 25	11 48	17 12	10 47	00 42	05 53	11 00
20	6 23	11 48	17 13	10 50	01 36	06 39	11 40
21	6 23	11 48	17 14	10 51	02 29	07 27	12 25
22	6 21	11 48	17 15	10 54	03 19	08 16	13 15
23	6 20	11 48	17 17	10 57	04 06	09 07	14 10
24	6 18	11 48	17 18	11 0	04 49	09 57	15 09
25	6 17	11 48	17 19	11 2	05 30	10 48	16 12
26	6 15	11 47	17 20	11 5	06 07	11 39	17 18
27	6 13	11 47	17 22	11 9	06 42	12 30	18 25
28	6 12	11 47	17 23	11 11	07 16	13 21	19 34

МАРТ 2017

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

АПРИЛ 2017

	С О Н Ц Е				**МЕСЕЧИНА**		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**
1	6 18	12 38	18 59	12 41	09 25	16 44	
2	6 16	12 38	19 1	12 45	10 16	17 43	00 09
3	6 14	12 38	19 2	12 48	11 12	18 41	01 11
4	6 13	12 38	19 3	12 50	12 12	19 37	02 08
5	6 11	12 37	19 4	12 53	13 15	20 31	02 57
6	6 9	12 37	19 5	12 56	14 18	21 22	03 40
7	6 8	12 37	19 6	12 58	15 22	22 11	04 18
8	6 6	12 36	19 7	13 1	16 24	22 58	04 51
9	6 5	12 36	19 9	13 4	17 26	23 43	05 22
10	6 3	12 36	19 10	13 7	18 26		05 52
11	6 1	12 36	19 11	13 10	19 26	00 27	06 21
12	6 0	12 35	19 12	13 12	20 24	01 12	06 51
13	5 58	12 35	19 13	13 15	21 22	01 56	07 22
14	5 56	12 35	19 14	13 18	22 18	02 41	07 55
15	5 55	12 35	19 15	13 20	23 12	03 27	08 32
16	5 53	12 34	19 16	13 23		04 13	09 12
17	5 52	12 34	19 18	13 26	00 04	05 01	09 57
18	5 50	12 34	19 19	13 29	00 52	05 49	10 46
19	5 49	12 34	19 20	13 31	01 37	06 37	11 40
20	5 47	12 34	19 21	13 34	02 19	07 26	12 38
21	5 46	12 33	19 22	13 36	02 57	08 15	13 39
22	5 44	12 33	19 23	13 39	03 33	09 05	14 44
23	5 43	12 33	19 24	13 41	04 07	09 55	15 51
24	5 41	12 33	19 25	13 44	04 41	10 46	17 01
25	5 40	12 33	19 26	13 46	05 15	11 39	18 13
26	5 38	12 33	19 28	13 50	05 52	12 34	19 27
27	5 37	12 33	19 29	13 52	06 32	13 32	20 41
28	5 35	12 33	19 30	13 55	07 16	14 31	21 53
29	5 34	12 32	19 31	13 57	08 06	15 32	23 01
30	5 33	12 32	19 32	13 59	09 02	16 32	

MAJ 2017

	С О Н Ц Е				**МЕСЕЧИНА**		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**
1	5 31	12 32	19 33	14 2	10 03	17 31	00 02
2	5 30	12 32	19 34	14 4	11 06	18 27	00 55
3	5 29	12 31	19 35	14 6	12 11	19 19	01 41
4	5 27	12 31	19 36	14 9	13 15	20 09	02 20
5	5 26	12 31	19 38	14 12	14 18	20 56	02 55
6	5 25	12 31	19 39	14 14	15 19	21 42	03 26
7	5 24	12 31	19 40	14 16	16 19	22 26	03 56
8	5 22	12 31	19 41	14 19	17 19	23 09	04 24
9	5 21	12 31	19 42	14 21	18 17	23 53	04 53
10	5 20	12 31	19 43	14 23	19 15		05 23
11	5 19	12 31	19 44	14 25	20 12	00 38	05 55
12	5 18	12 31	19 45	14 27	21 07	01 23	06 31
13	5 17	12 31	19 46	14 29	22 00	02 09	07 09
14	5 16	12 31	19 47	14 31	22 49	02 57	07 53
15	5 15	12 31	19 48	14 33	23 35	03 44	08 40
16	5 14	12 31	19 49	14 35		04 33	09 32
17	5 13	12 31	19 50	14 37	00 18	05 21	10 27
18	5 12	12 31	19 51	14 39	00 56	06 09	11 26
19	5 11	12 31	19 52	14 41	01 32	06 57	12 28
20	5 10	12 31	19 53	14 43	02 06	07 45	13 32
21	5 9	12 31	19 54	14 45	02 38	08 34	14 39
22	5 8	12 31	19 55	14 47	03 11	09 25	15 48
23	5 7	12 31	19 56	14 49	03 45	10 18	17 00
24	5 6	12 31	19 57	14 51	04 22	11 13	18 14
25	5 6	12 32	19 58	14 52	05 04	12 12	19 28
26	5 5	12 32	19 59	14 54	05 51	13 13	20 40
27	5 4	12 32	19 59	14 55	06 46	14 16	21 47
28	5 4	12 32	20 0	14 56	07 46	15 17	22 46
29	5 3	12 32	20 1	14 58	08 51	16 17	23 37
30	5 2	12 32	20 2	15 0	09 58	17 13	
31	5 2	12 32	20 3	15 1	11 04	18 05	00 20

ЈУНИ 2017

	С О Н Ц Е						**МЕСЕЧИНА**					
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**
1	5	1	12	32	20	3	15	2	12	09	18	54	00	57
2	5	1	12	33	20	4	15	3	13	12	19	40	01	30
3	5	0	12	33	20	5	15	5	14	13	20	25	02	00
4	5	0	12	33	20	6	15	6	15	13	21	09	02	29
5	5	0	12	33	20	6	15	6	16	11	21	52	02	57
6	4	59	12	33	20	7	15	8	17	09	22	36	03	27
7	4	59	12	33	20	8	15	9	18	06	23	21	03	58
8	4	59	12	34	20	8	15	9	19	02			04	31
9	4	58	12	34	20	9	15	11	19	56	00	07	05	09
10	4	58	12	34	20	9	15	11	20	47	00	54	05	50
11	4	58	12	34	20	10	15	12	21	34	01	42	06	36
12	4	58	12	34	20	10	15	12	22	18	02	30	07	27
13	4	58	12	35	20	11	15	13	22	58	03	18	08	21
14	4	58	12	35	20	11	15	13	23	34	04	06	09	19
15	4	58	12	35	20	12	15	14			04	53	10	19
16	4	58	12	35	20	12	15	14	00	08	05	41	11	21
17	4	58	12	35	20	12	15	14	00	40	06	28	12	24
18	4	58	12	35	20	13	15	15	01	11	07	16	13	30
19	4	58	12	36	20	13	15	15	01	43	08	06	14	39
20	4	58	12	36	20	13	15	15	02	17	08	59	15	50
21	4	58	12	36	20	14	15	16	02	55	09	54	17	02
22	4	59	12	36	20	14	15	15	03	38	10	53	18	15
23	4	59	12	37	20	14	15	15	04	28	11	55	19	25
24	4	59	12	37	20	14	15	15	05	26	12	58	20	29
25	4	59	12	37	20	14	15	15	06	29	14	00	21	26
26	5	0	12	37	20	14	15	14	07	37	14	59	22	14
27	5	0	12	37	20	14	15	14	08	46	15	55	22	55
28	5	1	12	37	20	14	15	13	09	54	16	47	23	31
29	5	1	12	37	20	14	15	13	11	00	17	36		
30	5	2	12	38	20	14	15	12	12	03	18	22	00	03

ЈУЛИ 2017

	С О Н Ц Е								**МЕСЕЧИНА**					
Датум	Изгрев		Г. к.		Залез		Должина на денот		Изгрев		Г. к.		Залез	
	h	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**	**h**	**m**
1	5	2	12	38	20	14	15	12	13	04	19	07	00	33
2	5	3	12	38	20	14	15	11	14	04	19	50	01	01
3	5	3	12	38	20	14	15	11	15	02	20	34	01	30
4	5	4	12	38	20	14	15	10	15	59	21	19	02	00
5	5	4	12	39	20	13	15	9	16	56	22	04	02	33
6	5	5	12	39	20	13	15	8	17	50	22	51	03	09
7	5	5	12	39	20	13	15	8	18	43	23	38	03	49
8	5	6	12	39	20	12	15	6	19	32			04	33
9	5	7	12	39	20	12	15	5	20	17	00	27	05	22
10	5	8	12	39	20	11	15	3	20	59	01	15	06	16
11	5	8	12	39	20	11	15	3	21	36	02	04	07	13
12	5	9	12	39	20	11	15	2	22	11	02	52	08	12
13	5	10	12	39	20	10	15	00	22	43	03	39	09	14
14	5	11	12	40	20	9	14	58	23	14	04	26	10	16
15	5	11	12	40	20	9	14	58	23	45	05	13	11	21
16	5	12	12	40	20	8	14	56			06	02	12	27
17	5	13	12	40	20	8	14	55	00	18	06	51	13	34
18	5	14	12	40	20	7	14	53	00	53	07	44	14	44
19	5	15	12	40	20	6	14	51	01	32	08	39	15	54
20	5	16	12	40	20	5	14	49	02	17	09	37	17	04
21	5	17	12	40	20	5	14	48	03	09	10	38	18	10
22	5	18	12	40	20	4	14	46	04	08	11	40	19	10
23	5	18	12	40	20	3	14	45	05	14	12	41	20	03
24	5	19	12	40	20	2	14	43	06	23	13	39	20	48
25	5	20	12	40	20	1	14	41	07	33	14	34	21	27
26	5	21	12	40	20	0	14	39	08	41	15	26	22	01
27	5	22	12	40	19	59	14	37	09	48	16	15	22	33
28	5	23	12	40	19	58	14	35	10	51	17	01	23	03
29	5	24	12	40	19	57	14	33	11	52	17	46	23	32
30	5	25	12	40	19	56	14	31	12	52	18	30		
31	5	26	12	40	19	55	14	29	13	50	19	15	00	02

АВГУСТ 2017

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

СЕПТЕМВРИ 2017

	С О Н Ц Е				**МЕСЕЧИНА**			
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез	
	h m	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	
1	5 59	12 34	19 9	13 10	16 08	21 03	01 10	
2	6 1	12 34	19 6	13 5	16 52	21 52	02 00	
3	6 2	12 34	19 6	13 4	17 33	22 41	02 54	
4	6 3	12 33	19 4	13 1	18 11	23 30	03 53	
5	6 4	12 33	19 2	12 58	18 46		04 54	
6	6 5	12 33	19 1	12 56	19 19	00 18	05 58	
7	6 6	12 32	18 59	12 53	19 51	01 07	07 03	
8	6 7	12 32	18 57	12 50	20 23	01 56	08 09	
9	6 8	12 32	18 55	12 47	20 56	02 45	09 17	
10	6 9	12 31	18 54	12 45	21 32	03 36	10 26	
11	6 11	12 31	18 52	12 41	22 12	04 29	11 34	
12	6 12	12 31	18 50	12 38	22 57	05 24	12 43	
13	6 13	12 30	18 48	12 35	23 49	06 20	13 48	
14	6 14	12 30	18 47	12 33		07 19	14 50	
15	6 15	12 29	18 45	12 30	00 46	08 17	15 45	
16	6 16	12 29	18 43	12 27	01 49	09 14	16 34	
17	6 16	12 29	18 41	12 25	02 56	10 10	17 16	
18	6 17	12 28	18 39	12 22	04 03	11 03	17 54	
19	6 18	12 28	18 38	12 20	05 10	11 54	18 28	
20	6 19	12 27	18 36	12 17	06 17	12 42	18 59	
21	6 20	12 27	18 34	12 14	07 21	13 29	19 30	
22	6 21	12 27	18 32	12 11	08 24	14 16	20 00	
23	6 22	12 26	18 31	12 9	09 25	15 01	20 31	
24	6 23	12 26	18 29	12 6	10 25	15 47	21 04	
25	6 24	12 26	18 27	12 3	11 23	16 33	21 39	
26	6 25	12 25	18 25	12 0	12 18	17 20	22 19	
27	6 26	12 24	18 24	11 58	13 11	18 07	23 02	
28	6 27	12 24	18 22	11 55	14 01	18 55	23 50	
29	6 28	12 24	18 20	11 52	14 47	19 43		
30	6 29	12 24	18 18	11 49	15 29	20 32	00 42	

ОКТОМВРИ 2017

	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	6 31	12 24	18 17	11 46	16 07	21 20	01 38
2	6 32	12 24	18 15	11 43	16 43	22 09	02 38
3	6 33	12 23	18 13	11 40	17 16	22 57	03 41
4	6 34	12 23	18 12	11 38	17 49	23 46	04 46
5	6 35	12 22	18 10	11 35	18 21		05 53
6	6 36	12 22	18 8	11 32	18 54	00 37	07 02
7	6 37	12 22	18 7	11 30	19 30	01 28	08 12
8	6 38	12 22	18 5	11 27	20 10	02 22	09 23
9	6 39	12 21	18 3	11 24	20 54	03 17	10 33
10	6 40	12 21	18 2	11 22	21 44	04 15	11 42
11	6 42	12 21	18 0	11 18	22 40	05 14	12 45
12	6 43	12 21	17 59	11 16	23 42	06 12	13 43
13	6 44	12 20	17 57	11 13		07 10	14 33
14	6 45	12 20	17 55	11 10	00 47	08 05	15 16
15	6 46	12 20	17 54	11 8	01 53	08 58	15 55
16	6 47	12 20	17 52	11 5	02 59	09 48	16 29
17	6 49	12 20	17 51	11 2	04 04	10 36	17 00
18	6 50	12 20	17 49	10 59	05 08	11 23	17 30
19	6 51	12 19	17 48	10 57	06 11	12 09	17 59
20	6 52	12 19	17 46	10 54	07 13	12 55	18 30
21	6 53	12 19	17 45	10 52	08 13	13 40	19 02
22	6 54	12 19	17 43	10 49	09 12	14 26	19 36
23	6 56	12 18	17 42	10 46	10 09	15 13	20 14
24	6 57	12 19	17 40	10 43	11 04	16 00	20 55
25	6 58	12 18	17 38	10 40	11 55	16 48	21 41
26	6 59	12 18	17 37	10 38	12 42	17 36	22 31
27	6 0	11 18	16 36	10 36	13 25	18 24	23 25
28	6 2	11 18	16 34	10 32	14 04	19 11	
29	6 3	11 18	16 33	10 30	13 40	18 59	00 23
30	6 4	11 18	16 31	10 27	14 14	19 46	00 23
31	6 5	11 18	16 30	10 25	14 46	20 34	01 26

НОЕМВРИ 2017

	С О Н Ц Е				**МЕСЕЧИНА**			
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез	
	h m	**h m**	**h m**	**h m**	**h m**	**h M**	**h m**	
1	6 6	11 18	16 29	10 23	15 17	21 24	02 31	
2	6 8	11 18	16 27	10 19	15 50	22 15	03 39	
3	6 9	11 18	16 26	10 17	16 24	23 08	04 49	
4	6 10	11 18	16 25	10 15	17 03		06 01	
5	6 11	11 18	16 24	10 13	17 46	00 04	07 15	
6	6 13	11 18	16 23	10 10	18 35	01 03	08 27	
7	6 14	11 18	16 21	10 7	19 31	02 03	09 35	
8	6 15	11 18	16 20	10 5	20 33	03 04	10 37	
9	6 16	11 18	16 19	10 3	21 38	04 04	11 31	
10	6 17	11 18	16 18	10 1	22 45	05 01	12 18	
11	6 19	11 18	16 17	9 58	23 51	05 55	12 58	
12	6 20	11 18	16 16	9 56		06 46	13 32	
13	6 21	11 18	16 15	9 54	00 57	07 35	14 04	
14	6 22	11 18	16 14	9 52	02 00	08 21	14 33	
15	6 24	11 18	16 13	9 49	03 02	09 06	15 02	
16	6 25	11 18	16 13	9 48	04 04	09 51	15 31	
17	6 26	11 19	16 12	9 46	05 04	10 36	16 02	
18	6 27	11 19	16 11	9 44	06 03	11 22	16 35	
19	6 29	11 19	16 10	9 41	07 01	12 08	17 11	
20	6 30	11 20	16 9	9 39	07 57	12 55	17 51	
21	6 31	11 20	16 9	9 38	08 50	13 43	18 35	
22	6 32	11 20	16 8	9 36	09 38	14 31	19 24	
23	6 33	11 20	16 7	9 34	10 23	15 18	20 16	
24	6 34	11 20	16 7	9 33	11 03	16 05	21 12	
25	6 36	11 21	16 6	9 30	11 40	16 52	22 10	
26	6 37	11 21	16 6	9 29	12 13	17 38	23 10	
27	6 38	11 21	16 5	9 27	12 45	18 25		
28	6 39	11 22	16 5	9 26	13 15	19 12	00 12	
29	6 40	11 22	16 4	9 24	13 46	20 01	01 17	
30	6 41	11 22	16 4	9 23	14 18	20 51	02 24	

ДЕКЕМВРИ 2017

	СОНЦЕ				МЕСЕЧИНА		
Датум	Изгрев	Г. к.	Залез	Должина на денот	Изгрев	Г. к.	Залез
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	6 42	11 23	16 3	9 21	14 54	21 46	03 34
2	6 43	11 24	16 3	9 20	15 34	22 43	04 47
3	6 45	11 24	16 3	9 18	16 20	23 44	06 01
4	6 46	11 24	16 3	9 17	17 14		07 14
5	6 47	11 24	16 3	9 16	18 15	00 47	08 22
6	6 48	11 25	16 3	9 15	19 22	01 50	09 22
7	6 49	11 25	16 3	9 14	20 31	02 51	10 14
8	6 49	11 26	16 2	9 13	21 40	03 49	10 58
9	6 50	11 26	16 2	9 12	22 48	04 42	11 35
10	6 51	11 27	16 3	9 12	23 53	05 33	12 08
11	6 52	11 28	16 3	9 11		06 20	12 38
12	6 53	11 28	16 3	9 10	00 56	07 06	13 07
13	6 54	11 29	16 3	9 9	01 57	07 50	13 36
14	6 55	11 29	16 3	9 8	02 57	08 35	14 05
15	6 55	11 29	16 3	9 8	03 57	09 20	14 37
16	6 56	11 30	16 3	9 7	04 55	10 05	15 11
17	6 57	11 30	16 4	9 7	05 51	10 52	15 50
18	6 57	11 31	16 4	9 7	06 45	11 39	16 32
19	6 58	11 32	16 4	9 6	07 35	12 27	17 19
20	6 59	11 32	16 5	9 6	08 22	13 15	18 10
21	6 59	11 33	16 6	9 7	09 04	14 02	19 05
22	7 0	11 33	16 7	9 7	09 41	14 49	20 02
23	7 0	11 34	16 7	9 7	10 15	15 35	21 00
24	7 1	11 34	16 8	9 7	10 47	16 20	22 01
25	7 1	11 35	16 8	9 7	11 17	17 06	23 03
26	7 1	11 35	16 8	9 7	11 46	17 52	
27	7 2	11 35	16 9	9 7	12 17	18 40	00 06
28	7 2	11 36	16 9	9 7	12 49	19 30	01 13
29	7 2	11 36	16 10	9 8	13 25	20 24	02 21
30	7 3	11 36	16 11	9 8	14 06	21 22	03 33
31	7 3	11 37	16 12	9 9	14 55	22 23	04 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.

Корекции за некои градови:
Берово: -5,7 min;
Охрид: +2,5 min;
Битола: +0,4 min;
Куманово: -1,1 min.

Ако сакате да ги дознаете географските координати на некое населено место во Македонија, отидете на следната страница: http://www.heavens-above.com/SelectLocation.aspx и по изборот на државата Македонија напишете го името на населеното место.

III. Сезони, летно време, перихел и афел - 2017 г.

Настан	Месец	Ден	h	m
Почеток на пролетта	март	20^{d}	11^{h}	29^{m}
Почеток на летното време	март	26^{d}	2^{h}	0^{m}
Почеток на летото	јуни	21^{d}	6^{h}	24^{m}
Почеток на есента	септември	22^{d}	22^{h}	2^{m}
Крај на летното време	октомври	29^{d}	3^{h}	0^{m}
Почеток на зимата	декември	21^{d}	17^{h}	28^{m}
Земјата е во перихел	јануари	4^{d}	15^{h}	
Земјата е во афел	јули	3^{d}	22^{h}	

IV. Времетраење на граѓанскиот полумрак

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

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

V. Основни фази на Месечината

2017	Прва четврт d h m	Полна месечина d h m	Последна четврт d h m	Новолуние d h m	Прва четврт d h m
Јануари	5 20 47	12 12 34	19 23 14	28 1 7	-
Февруари	4 5 19	1 1 1 33	18 20 33	26 15 58	-
Март	5 12 32	12 15 54	20 16 58	28 4 57	-
Април	3 20 39	11 8 8	19 11 57	26 14 16	-
Мај	3 4 47	10 23 43	19 2 33	25 21 44	-
Јуни	1 14 42	9 15 10	17 13 33	24 4 31	-
Јули	1 2 51	9 6 7	16 21 26	23 11 46	30 17 23
Август	-	7 20 11	15 3 15	21 20 30	29 10 14
Септември	-	6 9 30	13 8 25	20 7 30	28 4 54
Октомври	-	5 20 40	12 14 25	19 21 12	28 0 22
Ноември	-	4 6 23	10 21 37	18 12 42	26 18 3
Декември	-	3 16 47	10 8 51	18 7 31	26 10 20

VI. Видливост на планетите во 2017 г.

Меркур ☿

Оваа планета е многу тешко да се види токму поради својата близина до Сонцето. Најповолни услови за нејзина видливост има кога се наоѓа во максимална елонгација. Тоа се случува на следниве датуми: 19 јануари во 11 h на 24° (изгрев), 1 април во 12 h на 19° (залез), 18 мај во 1 h на 26° (изгрев), 30 јули во 7 h на 27° (залез), 12 септември во 12 h на 18° (изгрев) и на 24 ноември во 1 h на 22° (залез).

Кога е во максимална западна елонгација изгрева пред Сонцето, а при максимална источна елонгација заоѓа по Сонцето. Поради тоа што се наоѓа ниско над хоризонтот кадешто има големи атмосферски турбуленции речиси е невозможно да се види во градски услови.

Венера ♀

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

Во почетокот на годината Венера се гледа кон југозапад по залез на Сонцето. После 12 јануари кога е во максимална источна елонгација, времетраењето на нејзината видливост се намалува, и околу 25 март кога е во конјункција со Сонцето веќе не може да се набљудува. После тоа се појавува на исток како „*ѕвезда Деница*“, при што нејзината утринска видливост расте до 3 јуни кога Венера е во максимална западна елонгација. После овој датум нејзината видливост се намалува, но сепак Венера е видлива на источното небо речиси до крајот на годината.

Марс ♂

Во почетокот на годината Марс се гледа околу 5 часа на запад после залезот на Сонцето. Периодот на видливост му се намалува и од почетокот на јули до крајот на август Марс не се гледа затоа што изгрева и заоѓа со Сонцето (во конјункција е на 27 јули). После тоа „црвената планета“ почнува да се појавува на исток пред изгрејсонце. Таа изгрева се порано и кон крајот на годината се гледа околу 3 часа пред изгревот на Сонцето.

Јупитер ♃

Во почетокот на годината Јупитер е достапен за набљудување во текот на втората половина на ноќта. Изгрева се порано и во март и април се гледа во текот на целата ноќ (опозицијата е на 8 април). Потоа тој заоѓа се порано и кон крајот на јули е видлив само во првата половина на ноќта. Во текот на октомври и ноември не може да се набљудува (конјункцијата со Сонцето е на 26 октомври). По тој датум планетата се појавува наутро на исток при што периодот на нејзината видливост се зголемува и кон крајот на годината е видлив околу два часа пред изгрејсонце.

Сатурн ♄

Во почетокот на годината планетата изгрева околу еден час пред изгрејсонце. Подоцна изгревот настапува се порано и во текот на април и мај планетата е видлива речиси целата ноќ (опозицијата е на 15 јуни). Потоа периодот на видливост намалува и кон крајот на септември Сатурн се гледа само во текот на првата половина на ноќта. Кон крајот на годината изгрева и заоѓа речиси едновремено со Сонцето (конјункцијата е на 21 декември) и е недостапен за набљудување.

Уран ♅

Планетата Уран е на границата на видливост на човечкото око и за да се набљудува треба да се користи телескоп и да се знае на кое

место од небесниот свод тој треба да се насочи. Во почетокот на годината Уран е видлив по залезот на Сонцето до полунощ. Околу конјункцијата на 14 април изгрева и заоѓа речиси истовремено со Сонцето, т.ш. не е достапен за набљудување. Подоцна во текот на годината утринската видливост на Уран се зголемува се до опозицијата на 19 октомври кога е видлив во текот на целата ноќ. По опозицијата, оваа планета заоѓа се порано и кон крајот на годината е видлива само до полноќ.

Нептун ♆

Оваа планета може да се види со користење на мал оптички телескоп. Во почетокот на годината се гледа околу три часа по залезот на Сонцето. По конјункцијата со Сонцето на 2 март, настапува период на утринска видливост. Во јули Нептун е видлив во втората половина на ноќта, а околу опозицијата на 5 септември е видлив речиси преку целата ноќ. Потоа планетата заоѓа се порано и кон крајот на годината е видлива во временски интервал од околу три часа по залезот на Сонцето.

VII. Затемнувања во текот на 2017 г.

Во текот на 2017 година ќе има четири затемнувања (еклипси): две сончеви и две месечеви (*http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html*). Сите моменти се дадени по официјалното време во државата.

1. Полусенчесто месечево затемнување на 10/11 февруари 2017 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 114. (Циклусот на *сарос* е временски период од околу 18 години, 11 денови и 8 часа или приближно 6585⅓ денови, по кој се повторува взаемната геометрија на Сонцето, Месечината и Земјата. Се користи за определувањето на времето на настапување на идентични еклипси). Видливо е од Европа, Африка, Азија, Северна и Јужна Америка.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: 10 февр. $23^h34^m16^s$;
- максимална фаза (0,988): 11 февр. $1^h43^m53^s$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $3^h53^m26^s$.

Од територијата на Македонија ова затемнување ќе може да се набљудува од почетокот до крајот, но промената на месечевиот сјај е речиси незабележлив. Може да има слабо поцрвенување на месечевиот диск.

2. Прстенесто сончево затемнување на 26 февруари 2017

Ова затемнување припаѓа на сарос 140. Линијата на централното затемнување поминува преку Африка, Тихиот Океан, Аргентина и Чиле. Како делумно (парцијално) може да се набљудува и од Антарктикот. Геоцентричната конкункција на Месечината и Сонцето е во $15^h58^m3{,}6^s$. Максималната фаза (0,992) е во $15^h53^m25{,}0^s$ при $\alpha_\odot = 22^h39^m23{,}1^s$ и $\delta_\odot = -8^o29'38{,}8''$ и $\alpha_\leftmoon = 22^h39^m53{,}2^s$ и $\delta_\leftmoon = -8^o55'3{,}6''$.

Почетокот на делумното затемнување е во $13^h10^m48^s$ по официјално време. Централното затемнување почнува во $14^h15^m18^s$ и завршува во $17^h31^m38^s$. Крајот на делумното затемнување е во $18^h36^m2^s$.

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

3. Парцијално месечево затемнување на 7 август 2017 г.

Затемнувањето спаѓа кон сарос 119 и видливо е од Европа, Африка, Азија и Австралија.

Карактеристичните моменти на затемнувањето се:

- прв контакт на Месечината со полусенката на Земјата: $17^h50^m2^s$;
- прв контакт на Месечината со сенката на Земјата: $19^h22^m55^s$;
- - максимална фаза (0,246): $20^h20^m28^s$;
- последен контакт на Месечината со Земјината сенка: $21^h18^m10^s$;
- последен контакт на Месечината со Земјината полусенка: $22^h50^m56^s$.

Од територијата на Македонија ова затемнување може да се набљудува од изгревот на Месечината во 19^h37^m.

4. Целосно сончево затемнување на 21 август 2017 г.

Затемнувањето припаѓа на сарос 145. Централната линија поминува низ северниот дел на Атлантскиот Океан, САД и јужниот дел на Тихиот Океан. Како парцијално затемнување е видливо од Северна Америка и северните делови на Јужна Америка.

Геоцентричната конјункција на Сонцето и Месечината е во $20^h30^m11^s$ официјално време. Максималната фаза (1,031) е в $20^h25^m32^s$ при $\alpha_\odot = 10^h4^m3{,}9^s$, $\delta_\odot = 11°51'43{,}0''$ и $\alpha_\leftmoon = 10^h4^m30{,}6^s$, $\delta_\leftmoon = 12°16'32{,}8''$.

Почетокот на делумното затемнување е во $17^h46^m52^s$. Централното затемнување започнува во $18^h48^m36^s$ и завршува во $22^h2^m34^s$. Крајот на делумното затемнување е во $23^h4^m24^s$.

Од Македонија затемнувањето не може да се набљудува.

VIII. Стеснет календар на метеорските роеви во 2017 г.

Метеорски рој	Период на активност	Максимум	ZHR	Родителско тело
Квадрантиди	01 - 05. I	03. I	120	96P/Machholz 1
Лириди	16 - 25. IV	21. IV	18	C/1861 G1Thatcher
η-Аквариди	19.IV - 28.V	5. V	85	1P/Halley
Јунски Бутиди	22. VI-2. VII	27. VI	варира	7P/Pons-Winnecke (1915 II)
Персеиди	17.VII-24.VIII	12. VIII	100	109P/Swift-Tuttle
Ориониди	2. X - 7. XI	21. X	30	1P/Halley
Леониди	06 - 30. XI	17. XI	варира	55P/Tempel-Tuttle
Геминиди	7 - 17. XII	13 XII	120	(3200) Phaeton

ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКА

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Студиски програми:

- Теориска физика
- Применета физика
- Астрономија и астрофизика
- Медицинска физика
- Геофизика и метеорологија
- Наставна физика

- Двопредметни студии по Математика-физика за наставници во основно образование

За подетални информации посетете ја нашата веб страница:
www.fizika.pmf.ukim.mk

* академски тип на студии со времетраење од 8 семестри

ТЕОРИСКА ФИЗИКА

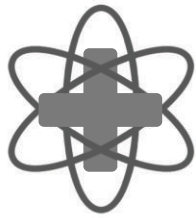
Користи математички модели и апстракции за објаснување на природните феномени. Студиската програма е посебно погодна за студенти кои имаат склоност кон математичките и теориски аспекти на физиката.

АСТРОНОМИЈА И АСТРОФИЗИКА

Ги проучува небесните објекти, нивната еволуција и универзумот во целина. Студентите се оспособуваат за обработка на податоци од астрономски набљудувања, како и за примена на физичките закони во услови кои драстично се разликуваат од оние на Земјата.

ПРИМЕНЕТА ФИЗИКА

Научните принципи на физиката ги имплементира во технологијата, материјалите и уредите. Студентите се оспособуваат за примена на физичките закони во реални ситуации, за научно експериментирање, совладуваат софистицирани мерни техники кои се применуваат во научни, развојни и метролошки лаборатории.



МЕДИЦИНСКА ФИЗИКА

Ги применува сознанијата на физиката во медицината и здравствената заштита. Медицинскиот физичар ги познава физичките принципи на работа на модерните медицински уреди, обучен е за планирање на медицинска зрачна терапија, контрола на квалитетот на опремата, имплементација на стандардите за заштита на медицинскиот персонал и пациентите од јонизирачки зрачења.

ГЕОФИЗИКА И МЕТЕОРОЛОГИЈА

Проучување на планетата Земја и нејзината атмосфера со помош на разни физички методи. Студентите се оспособуваат за работа во сеизмолошки опсерватории, за истражувања поврзани со откривање на наоѓалишта на руди, нафта, гас, за работа во метеоролошки опсерватории, за прогноза и симулација на времето и климата.

НАСТАВНА ФИЗИКА

Примена на модерни методи во наставата по физика за средно образование. Идните професори по физика ќе можат да креираат експерименти, симулации, е-книги и други нагледни средства за презентирање на физиката како интересна и динамична наука.

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

520/524(082)

АСТРОНОМСКИ алманах 2017 / [Олгица Кузмановска ... и др.]. - Скопје : Македонско астрономско друштво, 2017. - 138 стр. : илустр. ; 24 см

ISBN 978-608-4827-00-9

а) Астрономија - Зборници
COBISS.MK-ID 102982410