

СВЕТОЗАР ЖЕКОВ

ПОСЛЕСЛОВ

chitanka.info

Завършвайки своята еволюция, звездите преминават през най-екзотичните фази на своя живот — фазата на бяло джудже, неутронна звезда и черна дупка. Това е така, понеже на повърхността им и в близкото пространство около тях физичните условия са такива, каквито не могат да бъдат създадени в земните лаборатории, а и едва ли някога човечеството ще стане толкова могъщо, за да ги създаде. Поради тази причина изследването на материята при такива екстремални условия (силни гравитационни, електрични и магнитни полета, високи температури и др.) е особено важно, защото ще ни даде възможност да проверим дали нашата „земна“ наука е достатъчно мощна, за да опише цялото многообразие на наблюдаваните явления, или е необходимо по-нататъшното ѝ усъвършенствуване.

Белите джуджета, неутронните звезди и черните дупки носят наименованието релятивистки обекти, тъй като за обяснение на техните свойства се прибегва до услугите на общата и на специалната теория на относителността. Те притежават редки интересни свойства, но може би най-интересните от тях са следните:

- белите джуджета имат горна граница на своята маса, т.е. те не могат да притежават маса, по-голяма от 1,4 слънчеви маси;

- неутронните звезди също имат такава горна граница, която според съвременните модели е между 1,5 и 3 слънчеви маси;

- черните дупки нямат ограничение на масата си, те могат да имат както много малка маса (мини черни дупки), така и много голяма (милиони и милиарди пъти по-голяма от слънчевата).

И така, ние можем да обрисуваме основните щрихи от еволюцията на една звезда. Ако тя, преминавайки през различните етапи на своето развитие, в края на живота си има маса, която малко се различава от слънчевата, ще се превърне в бяло джудже. Ако масата ѝ не е по-голяма от 3 слънчеви маси, ще завърши живота си като неутронна звезда. Ако е още по-масивна, нейната последна форма на съществуване е черната дупка. Тъй като броят на звездите в Млечния път е огромен и звездите непрекъснато се развиват (раждат се от облаците газ, живеят и умират), то и броят на релятивистките обекти трябва да е голям. Това кара учените да търсят тези обекти, да ги откриват и да ги изследват експериментално (чрез наблюдения от Земята и с космически апарати), за да могат да сравнят своите представи за тях, получени върху хартия, с реалността.

С какво обогатиха земните учени своите знания за тези изключително интересни обекти през последните години?

През 1964 г. съветският учен Я. Зелдович и независимо от него американският му колега Е. Солпитър изказаха идеята, че акрецията (падането) на вещество върху релятивистки обект може да бъде мощен източник на енергия. Например ефективността на този източник за една неутронна звезда с радиус 10 km е около 100 пъти по-голяма от ефективността на термоядрените реакции. Това означава, че един такъв обект, намирайки се при подходящи условия, когато върху него пада достатъчно количество вещество, се превръща в мощен източник на лъчение.

И наистина, ако разгледаме едно самотно бяло джудже, което се рее свободно в космическото пространство, ще се убедим, че то е една невзрачна звезда, с нищо непривличаща вниманието на изследователя. Но ако то се намира в двойна звездна система, в която съседът му е на неголямо разстояние от него, джуджето се преобразява и се създават благоприятни условия за лесното му откриване. Съседната звезда обикновено е достатъчно силен източник на вещество, което, щом попадне в орбита около бялото джудже, формира така наречения акреционен диск. Газът в акреционния диск се движи по спирала и постепенно пада към центъра върху повърхността на бялото джудже. Вследствие на триенето на газовите потоци и сблъскването между частиците им, веществото в диска се нагрява до много високи температури. В централната част температурата достига до десетки милиони градуси и постепенно намалява към външните части. В резултат на това бялото джудже, притежаващо акреционен диск, става силен източник на лъчение в целия диапазон на електромагнитния спектър, като неговата светимост е пропорционална на количеството вещество, което получава от своя „добронамерен“ съсед.

Според законите на небесната механика орбитата на бялото джудже около втората звезда в системата може да бъде както окръжност, така и елипса. Последното означава, че двата обекта постепенно се приближават, а след това се отдалечават един от друг, което ще рече, че и количеството вещество, падащо върху бялото джудже, се мени с времето. От друга страна, главната звезда може да има и свои вътрешни причини, поради които темпът, с който губи вещество, също да се променя. От всичко казано дотук следва, че щом

количеството газ, падащо в акреационния диск, се променя във времето и блясъкът на този нов източник също ще бъде променлив.

В някои случаи акрецията върху бялото джудже е толкова голяма, че то не може да поеме цялото количество вещество и част от него се изхвърля по посока на оста на въртене на акреционния диск. Тези струи газ се наричат *джетове*. Те са характерни и за акреционните дискове, образувани около неутронните звезди и черните дупки.

Нека да видим какво става с веществото, което попада върху повърхността на бялото джудже.

Ако там се натрупа достатъчно количество вещество и масата на джуджето надхвърли максималната позволена стойност, звездата може да се свие и да се превърне в неутронна. Това невинаги се случва, понеже на повърхността на бялото джудже температурата е много висока и могат да възникнат благоприятни условия за протичане на термоядрени реакции. Щом това се случи, натрупаното вещество бързо изгаря, а част от него се изхвърля в околостъдното пространство във вид на гореща обвивка, която постепенно изстива. По този начин зоната, където е станал взривът, остава без гориво и термоядреното горене се прекъсва. Така бялото джудже се връща в нормалното си състояние и отново започва да трупва вещество, очаквайки следващото избухване. Понякога взривът може да бъде толкова мощен, че се разрушава цялата звезда и на мястото ѝ остава само разширяваща се мъглявина.

Тези теоретични идеи намериха голямо приложение при обяснението на природата на такива обекти като новите, новоподобните, симбиотичните звезди и свръхновите от I тип. Предсказанията на модела на бяло джудже, намиращо се в тясна двойна система и акретиращо вещество от своя съсед, получиха блестящо потвърждение от наблюденията в рентгеновия, ултравиолетовия и оптичния диапазон. И така, учените могат да заявят, че в основни линии физичните процеси, протичащи в и около бялото джудже, са разбираеми за тях и могат да бъдат описани на езика на земната наука.

Дали е така и с останалите релативистки обекти?

Неутронните звезди са предсказани теоретично от известния съветски физик Л. Ландау в началото на тридесетте години на нашия век. През 1934 г. американските астрономи В. Бааде и Ф. Цвики

изказват идеята, че при взрива на свръхнова централните области на звездата колапсират и тя се превръща в неутронна.

За разлика от своя „братовчед“ бялото джудже, неутронната звезда е мощен източник на лъчение даже когато е сама и няма близък съсед. Тя е открита експериментално през 1967 г., когато бяха открити радиопулсарите. За това, че радиопулсарите са неутронни звезди със силни магнитни полета, говорят следните два факта, установени при наблюдение. Първо голямата стабилност на периодите им и, второ, бавното увеличаване на периода на пулсарите за интервал от няколко години. Последното е напълно естествено, тъй като вследствие на излъчването пулсарът губи енергия и това забавя въртенето му, защото той няма други източници, от които да си я набавя. Решаващ аргумент в полза на модела на въртяща се неутронна звезда се оказва откриването на радиопулсара в Ракообразната мъглявина. Неговият период е бил рекордно малък за времето си — само 0,033 s. Толкова бързо може да се върти само неутронна звезда.

Откриването и изследването на радиопулсарите показва, че колапсът на една нормална звезда води не само до избухването на свръхнова и образуването на неутронна звезда, а и до бързото ѝ въртене и генерирането на мощни магнитни полета. Последните два параметъра позволиха неутронните звезди да бъдат отделени в качествено нов клас обекти, способни да се проявяват активно.

Да си представим, че неутронната звезда се е родила в двойна система, като съседа ѝ е нормална звезда. Отначало неутронната звезда има голяма честота на въртене и е мощен източник на електромагнитно лъчение и релативистки частици (частици със скорост, близка до тази на светлината), т.е. тя е радиопулсар. Налягането на частиците, изхвърлени от неутронната звезда, е много голямо и направо „издухва“ околос звездната плазма — така около пулсара се образува празно пространство. С течение на времето мощността на лъчението намалява и плазмата прониква все по-близо до повърхността му, но акрецията е все още невъзможна, защото ѝ пречи бързовъртящото се магнитно поле. Неутронната звезда продължава да забавя въртенето си и се стига до момента, в който околос звездното вещество пада на повърхността ѝ. Настъпва нов етап в развитието на неутронната звезда — етап на акреция, като през неговото съществуване тя излъчва в рентгеновия диапазон. От това

следва, че в двойните системи трябва да се наблюдават рентгенови пулсари.

Такива източници скоро бяха открити от американския спътник Ухуру, изстрелян на 12 декември 1970 г. Наблюденията потвърдиха предсказанията на теорията, че за разлика от радиопулсарите рентгеновите пулсари ускоряват въртенето си, т.е. периодите им намаляват. Това е така, защото, падайки на повърхността на неутронната звезда, околостърдното вещество ѝ предава своя ъглов момент и тя се завърта по-бързо, както става с перките на мелницата, когато върху тях пада течаща вода.

И все пак защо сме сигурни, че рентгеновите пулсари са неутронни звезди? Разбира се, най-краткопериодичните от тях не бъдат съмнение. Например рентгеновият пулсар А 0538–66 има период, равен на 0,069 s, а с такъв период може да се върти само неутронна звезда. Наистина, ако тя има маса, равна на една слънчева маса, и радиус 10 km, то периодът ѝ ще бъде около 0,001 s, докато за едно бяло джудже със същата маса и радиус 1000 km периодът ще е около 1 s. Болшинството рентгенови пулсари имат периоди, по-големи от 1 s, т.е. те спокойно могат да бъдат бели джуджета. Сега можем уверено да твърдим, че рентгеновият пулсар се ражда в двойна система, едната от компонентите на която е неутронна звезда, а не бяло джудже.

През 1975 г. бяха открити съвършено нов тип рентгенови източници — *рентгеновите барстери*. Приборите на холандския спътник ANS регистрираха в рентгенови лъчи избухване, продължило само 20 s, чийто източник беше в кълбовидния звезден куп NGC 6624. Последвалите изследвания показаха, че избухванията на барстерите следват квазипериодично и са наложени върху почти постоянен рентгенов поток, като интервалът между тяхното появяване може да бъде от секунди и минути до часове и няколко дни. Скоро и тази тайна беше разкрита. Оказа се, че моделът на термоядрено горене на падащото вещество върху повърхността на неутронната звезда със слабо магнитно поле много добре описва наблюдателните характеристики на рентгеновите барстери.

Ако акрецията на веществото става върху повърхността на неутронна звезда със силно магнитно поле, то последната се проявява още по-активно — превръща се в източник на гама-избухвания, които бяха открити през 1967 г. от американските спътници Вела.

Продължителността на отделните избухвания е по-малка от 1 s, а за по-продължителните достига до няколко минути. Да се спрем накратко на това, как протича едно гама-избухване. Първоначално в околполярната област на неутронната звезда в петно, което заема около 0,001-0,1% от повърхността ѝ, се натрупва вещество. Разпределението на веществото в това петно може да бъде доста неравномерно поради сложната структура на магнитното поле на повърхността на звездата. След това започва устойчиво термоядрено горене на водорода, при което се образува хелий. Когато в центъра на петното се достигне критичната плътност за горенето на хелия, той се взривява и взривът се разпространява към периферията на петното. Магнитното поле се деформира, появяват се силни електрични полета, които ускоряват електроните до високи енергии. При тяхното взаимодействие с фотоните се раждат гама-кванти и ние наблюдаваме гама-избухване.

През 1987 г. астрономите станаха свидетели на едно грандиозно събитие — раждането на неутронна звезда. На 23 февруари в спътника на Млечния път, наречен Голям Магеланов облак, избухва свръхнова звезда, получила името SN 1987 А. Никога досега учените не са имали шанса да изследват такова явление, протичащо толкова близо до Земята — само на 160 хил. светлинни години.

При взрив на свръхнова се образува ударна вълна, която нагрива атмосферните слоеве на звездата и ги изхвърля с голяма скорост (няколко хиляди километра в секунда). Централните части колапсират и се образува неутронна звезда или черна дупка. Колапсът се съпровожда от излъчване на голямо количество неутрино.

На 23 февруари 1987 г. в 7 часа и 36 минути всемирно време детекторът Камиоканде II в оловния рудник Камиока (Япония) и детекторът IBM в солната шахта Мортън-Тиокъл около Кливлънд (щат Охайо, САЩ) едновременно регистрираха поток от неутрино. По същото време подобни събития регистрира и детекторът в Баксанската обсерватория (СССР). Мимолетната регистрация на неутринния импулс показва, че, както предсказва теорията, при избухването на свръхнова от II тип се е образувала неутронна звезда. Средната енергия на уловените неутрино потвърждава теоретичните предсказания за температурата на протоннеутронната звезда. Освен това избухването продължило няколко секунди, което означава, че

частиците неутрино са преминали през свръхплътното вещество на колапсиралото ядро.

В началото на 1989 г., две години след взрива, светимостта на Свръхновата започна равномерно да намалява, като в този момент излъчването ѝ се определяше изцяло от радиоактивното разпадане на химичния елемент кобалт-56. Теоретиците започнаха да се учудват, че няма признаци за съществуване на други източници на енергия. Неутронното избухване беше известило за раждането на неутронната звезда. Обаче неутронната звезда е мощен източник на лъчение — може да нагрива падащото върху нея вещество до високи температури или да стане пулсар. Затова закономерно възникнаха следните въпроси. Къде пропадна неутронната звезда в SN 1987 A? Възможно ли е тя да е възникнала в началния стадий на взрива и след това да се е превърнала в черна дупка? Ако в течение на първите няколко секунди се е образувала черна дупка, то неутринният импулс щеше да бъде по-кратък от наблюдения. Ако достатъчно количество вещество е паднало по-късно върху неутронната звезда, поради което масата ѝ се е увеличила над допустимата, то радиоактивният никел щеше да изчезне и Свръхновата би светела по-слабо.

През нощта на 18 януари 1989 г. беше получен отговор на тази загадка, но възникнаха няколко нови. Група американски астрономи, наблюдаващи в обсерваторията Серо-Тололо (Чили), откри оптическите пулсации на Свръхновата. Пулсациите, чийто интензитет беше около 0,1% от пълната светимост на Свръхновата, ставаха почти 2000 пъти в секунда, което означаваше, че скоростта на въртене е била три пъти по-голяма от тази на най-бързовъртящите се от известните досега пулсари. Само най-плътните и масивни неутронни звезди не се разрушават при такова бързо въртене. Всичко беше добре, но при повторните наблюдения с такава и дори по-висока чувствителност пулсациите не бяха регистрирани. Възможни са различни предположения. Например облаците газ в обвивката на свръхновата могат да поглъщат изцяло излъчването на пулсара или пък той временно е „изключен“ — веществото, падащо върху неутронната звезда, е дало „на късо“ електричното поле (генерирано от въртящото се магнитно поле), което дава енергия за излъчването. Засега отговорът е неизвестен.

Въпреки възникналите трудности последните години донесоха много успехи в обяснението на свръхновите от II тип и учените се уверени, че земната наука добре обяснява явленията, имащи отношение към неутронните звезди.

Нека сега да обърнем поглед към може би най-екзотичните космични обекти — черните дупки.

Представите за тези обекти са се появили още през XVIII век. Тогава френският учен Лаплас и независимо от него английският физик Дж. Мичел, основавайки се на нютоновата теория за гравитацията и предполагайки, че скоростта на светлината е крайна, са доказали, че едно достатъчно компактно и масивно тяло трябва да бъде невидимо за външния наблюдател. Съвременната представа за черните дупки като обекти, притежаващи хоризонт на събитията, под който не можем да „надникнем“, е възникнала след създаването на общата теория на относителността. К. Шварцшилд намира своето знаменито решение само два месеца след като А. Айнщайн публикува през 1916 г. уравненията на релятивистката теория за гравитацията. Около 50 години по-късно в началото на 60-те години Р. Кер получи по-общо решение, описващо въртяща се черна дупка, а през 1975 г. английският физик С. Хоукинг доказа, че мини черните дупки могат да се изпаряват, т.е. да губят маса.

Достатъчно добре обоснованата горна граница за масата на неутронните звезди (3 слънчеви маси) означава, че всяко „тъмно“ космично тяло, чиято маса е по-голяма, трябва да е черна дупка. Астрономите бързо се ориентираха, че трябва да търсят такива обекти в двойни звездни системи, тъй като наличието на съсед им позволява да „претеглят“ евентуалния кандидат. От друга страна, акрецията на вещество върху черната дупка ще предизвика мощно рентгеново излъчване, показващо неперидична променливост.

Първият успех в търсенето на компактни неперидични бързопроменливи рентгенови източници с маса над допустимата (откриването на Лебед X-1) се смени от дълъг период на разочарования. Но в последно време се появиха няколко нови обещаващи кандидати за черни дупки. Един от тях е източникът LMC X-3, открит в Големия Магеланов Облак от спътника Ухуру. За разлика от Лебед X-1, който има ярка звезда свръхгигант в качеството на видим компонент, оптическият компонент на LMC X-3 е слаба

звезда от главната последователност. Оптичестката светимост на системата е около 100 пъти по-малка от рентгеновата ѝ. Изследванията показват, че ако оптичестката звезда има характерната за дадения тип звезди маса, то тази на невидимия компонент е около 7 слънчеви маси.

Вече няколко години вниманието на астрономите се привлича от необичайния източник в съзвездието Орел, излъчващ в рентгеновия, оптичесткия и радиодиапазона. Нарича се SS433. Особеността му е, че има две тънки струи газ, който изхвърля в противоположни посоки с релативистка скорост от около 80 000 km/s. Най-вероятно е тези джетове да са резултат от наличието на акреционен диск около компактен обект. Нормалната звезда в тази система е свръхгигант с нестационарна обвивка. Численият анализ на изменението на блясъка на системата, при различни предположения за масата на съставлящите я обекти, показва, че най-вероятната маса на невидимия компонент е 4,3 пъти по-голяма от Слънчевата.

Според най-новите наблюдения съществува още един много вероятен кандидат за черна дупка. Това е рентгеновият източник A0620-00, който се намира в съзвездието Еднорог. Масата на невидимия компонент е 3,2 слънчеви маси (т.е. намира се много близо до горната допустима граница за неутронните звезди), но характеристиките на излъчването му точно съответстват на тези, които предсказва теорията за акрецията върху черна дупка.

В настоящия момент най-силни са доказателствата за наличие на черна дупка в обектите Лебед X-1 и A0620-00, въпреки че съществуват и алтернативни обяснения (например тройна звездна система).

Данните от наблюденията показват, че други потенциални кандидати за черни дупки се намират в ядрата на сифъртовите галактики и квазарите. Формата на спектъра в рентгеновия диапазон на тези обекти, както и изменението на излъчването им във времето, са идентични с тези на кандидатите за черни дупки, разположени в двойните звездни системи. Според теорията характерното време, за което настъпват случайни изменения в светимостта на акреционния диск, е пропорционално на масата на черната дупка, около която той се е формирал. В този случай от наблюденията следва, че масите на черните дупки в ядрата на сифъртовите галактики и квазарите са няколко милиона или милиарда пъти по-големи от Слънчевата. Такива черни дупки неизбежно трябва да възникват при колапса на много

масивни звезди или компактни звездни купове. Акрецията на вещество върху свръхмасивни черни дупки може да служи за източник на огромно количество енергия, което се излъчва от ядрата на тези обекти. Също така моделът на черната дупка съвсем естествено обяснява и наличието на мощни джетове в някои от тези източници.

Въпросът за възможното съществуване на първични черни дупки, възникнали в ранните стадии от развитието на Вселената, и тяхното влияние върху по-нататъшната ѝ еволюция засега остава открит. Интерес представляват мини черните дупки, които най-вероятно вече са изчезнали в резултат на изпарението им. Динамиката и разпадането на такива дупки зависи от предположенията за свойствата на елементарните частици при свръхвисоки енергии. Тук космологията и физиката на черните дупки са в допир с теорията на елементарните частици и се оказват тази своеобразна експериментална лаборатория, в която могат да се проверяват различните ѝ хипотези. Именно при този контакт на физиката на микро- и макросвета можем да се надяваме, че ще се роди и теорията на Великото обединение, която по естествен път да обясни произхода на четирите вида взаимодействие в природата: гравитационното, електромагнитното, слабото и силното ядрено взаимодействие.

Защо все пак вниманието на учените така силно се привлича от въпроса, дали съществуват, или не черните дупки? Причините са поне две.

Първо, това е предвиждане на теорията и е необходимо да се провери дали е вярна.

Второ, отдавна съществува идеята, че черните дупки са входове на така наречените „тунели на дървояди“, а техни изходи са „белите дупки“. Тези тунели пронизват изкривеното пространство-време на Вселената и пътувайки по тях бързо, можем да се озовем на огромно разстояние от Земята в недосегаем за човека звезден свят (тази идея особено се харесва на писателите фантасти). Досега теоретичното разработване на този проблем не беше много успешно, но преди няколко години известният американски астрофизик Кип Торн заедно със своите сътрудници отново се зае с него. Той предложи редица теоретични конструкции, които учените на следващите хилядолетия може би ще нарекат исторически. Преди всичко беше показано, че стените на тези тунели трябва да бъдат изградени от някаква

„екзотична материя“, за да се предпазят от разрушение. Предложената облицовка трябва да издържа на налягането от милиарди милиарди атмосфери и възможно е да има отрицателна маса, което засега не се допуска от физиката. Друго свойство на това екзотично вещество е, че то не взаимодейства с обикновената материя (по това наподобява неутриното).

Този модел дава възможност да се построи своеобразна машина на времето. Тя се състои в това, че ние трябва да ускорим единия отвор на тунела на дървояда до скорост, близка до тази на светлината. После можем да започнем своето пътешествие, но съществува ограничение, че връщането ни назад във времето е невъзможно само до момента, когато сме започнали да ускоряваме входа, през който сме влезли в тунела. С други думи, пред нас все още не се открива шансът да видим моменти от далечната история на Земята, но може би някоя друга могъща цивилизация отдавна се е научила да използва този начин за пътешествие и ще ни помогне в осъществяването на нашите мечти.

Да, мощна е земната наука. Тя ни дава възможност да обясним явления и процеси, протичащи както на Земята, така и в Космоса — на огромни разстояния от нас. Мощна е и фантазията на земните учени, но те продължават с неотслабващ интерес да изследват Вселената, защото знаят, че Богът Природа е по-могъщ и неговата фантазия е способна да създаде огромно количество най-различни и красиви космически обекти.

н.с. кфн Светозар Жеков

ЗАСЛУГИ

Имате удоволствието да четете тази книга благодарение на *Моята библиотека* и нейните всеотдайни помощници.

МОЯТА БИБЛИОТЕКА



<http://chitanka.info>

Вие също можете да помогнете за обогатяването на *Моята библиотека*. Посетете **работното ателие**, за да научите повече.