

Нови погледи към тъмната енергия във Вселената

Стефан Плачков

Оказва се, че някак-ва мистериозна сила, наричана „тъмна енергия“, един мощен космически мотор непрекъснато ускорява скоростта на отдалечаване на галактиките една от друга и навсякъде във Вселената. Откъде идва тази

„тъмна“ енергия? Ще може ли очакваната външна данни от сателити и наземни телескопи да намери ключа за най-мистериозната енергия във Вселената?

Изненадващото откритие от 1998 г. бе направено почти едновременно от два научни колектива, чиито ръководители Сол Пърлмутър (Saul Perlmutter), Адам Райс (Adam Riess) и Брайън Шмидт (Brian Schmidt) станаха лауреати на Нобеловата награда по физика от 2011 г. За да стигнат до този извод двата колектива използваха откритата през 80-те години на миналия век удивител-

Почти всички знаем, че Вселената не е неизменна, статична и непроменлива, а непрекъснато еволюира и се разширява. До края на миналия век учените се вълнуваха основно от въпроса: „скоростта на разширяване намалява, но колко бързо?“ Отговорът на този въпрос се оказа възмутително неочакван: скоростта на разширяване не само не намалява, а постоянно се увеличава!

на характеристика на един вид от така наречените „свръхнови“ от тип 1А. Така всъщност се нарича гигантска термоядерна експлозия, която съпровожда избухването на малка по размер, но много компактна (с голяма

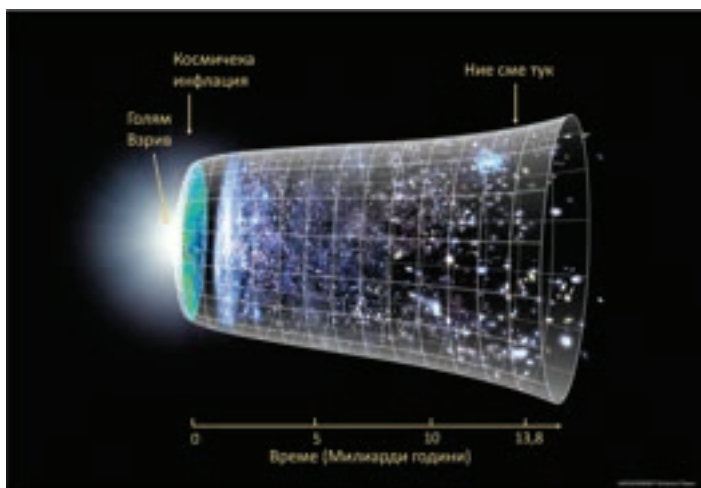
плътност) звезда, наречена „бяло джудже“. Ядреното избухване започва след като масата на тази звезда надмине добре познатата критична стойност от 1.4 слънчеви маси. То се придружава с излъчване на огромно количество енергия, която отива в космоса в продължение на няколко седмици. Такива експлозии има навсякъде във Вселената и в съвсем редки случаи (един път на няколко века) даже са видими с просто око. Удивителното е, че от първоначалното им избухване и в продължение на няколко седмици всички анализирани свръхнови

от тип 1A показват абсолютно еднаква светимост.

Благодарение на това им специфично свойство свръхновите приемат забележителния статут на „стандартни свещи“, с яркост, зависеща само от разстоянието до тях. Точно като фенер с добре позната мощност, чиято измерена яркост ни показва колко далече сме от него. Но освен разстоянието до свръхновата необходимо е да се измери и скоростта на нейното отдалечаване. Това се постига чрез отгавна констатираното „червено изместване“. Колкото по-бързо се отдалечава от нас едно небесно тяло, толкова по-червен изглежда светлинният му спектър, измерен в лабораторията. Или, формулирано научно, дължината на светлинните вълни, достигащи до наблюдателя, се увеличава пропорционално на скоростта на отдалечаване. Светлинното червено отместване е аналогично на познатата промяна на звука от сирена на линейка, която се отдалечава от нас.

Използването на свръхнови като стандартни свещи позволи на учените да проникнат до космически разстояния близо десет пъти по-далечни от познатите дотогава. С помощта на наземни телескопи за няколко години двата научни колектива успяха да открият и анализират светлината от общо 58 свръхнови. Въпреки първоначалната изненада от откритието за ускорено разшире-

ние на Вселената, предизвикателният научен резултат бързо се прие. Непознатата дотогава „тъмна енергия“ стана основна част от парадигмата за космоса, тъй като тя позволява улеснено обяснение на геометричната форма на Вселената както и на нейната еволюция от Големия взрив до днес. С други думи, като липсващо парче пъзел, тъмната енергия допълни стандартния модел на космологията, наречен дотогава Λ -CDM. Този модел е единствената засега научна теория за еволюцията на Вселената от Големия взрив както досега, така и в далечното бъдеще. Тук гръцката буква Ламбда (Λ) е космологична константа, добавена от самия Айнщайн през 1917 г. В неговите уравнения от Общата теория за относителността. Сложните уравнения от теорията на относителността описват как веществото и енергията във Вселената влияят на кос-



Разширяването на Вселената след Големия взрив, илюстрация на учените от NASA. След първоначално, невероятно кратко във времето, но огромно разширение, наречено „космическа инфлация“ Вселената продължава да се разширява, като удвоява размерите си всеки 10 милиарда години. Съдбата на Вселената в следващите десетки милиарди години е зависеща от свойствата на засега неуловимата тъмна енергия

мическото пространство-време. Според гениалния учен, антигравитационният ефект на константата е необходим, за да предотврати гравитационен колапс на Вселената, предизвикан от взаимното привличане между галактиките в нея. Интересно е, че повече от десетилетие по-късно Айнщайн отхвърля константата като ненужна и казва, че това е най-голямата глупост, която е направил. Тази негова „глупост“ днес е неразделна част от стандартния модел за Вселената, макар и с друга величина и предназначение. Останалите инициали от името на модела (CDM) поясняват, че студената тъмна материя (англ. Cold Dark Matter) е също част от него.

Според многобройните астрономически данни, събрани от десетки години насам, включително и наг 2000 свръхнови от Тип 1A, моделът Λ -CDM показва, че тъмната енергия представлява около 68% от енергийната плътност във Вселената. Останалите 32% се раз-

пределят на приблизително 27% тъмна материя и 5% обикновена материя. Преобладаващите 95% тъмни части от безкрайния космос иронично показват, че колкото повече са новите открития за Вселената, толкова повече се приближаваме към хоризонта на нашето незнание.

Повече от век след формулирането на Общата теория на относителността на Айнщайн космологичната константа се явява като едно от възможните обяснения за ускореното разширяване на Вселената и оттам на тъмната енергия. Тя е свързана с енергийната плътност (плътността е количество енергия за даден обем) на вакуума. Да, колкото и странно да звучи, енергията на вакуума никога не приема нулева стойност. Обяснението за това привидно противоречие идва от квантовата теория на полето, която – както всички закони на физиката – е валидна навсякъде във Вселената. Тази теория твърди, че

вакуумът не е абсолютно празен, а представлява постоянно бълбукаща система, в която непрекъснато се създават и изчезват „виртуални“ (съществуващи за изключително кратко време) елементарни частици. Това са така наречените „квантови флуктуации“, следствие от принципа на неопределеност на Хайзенберг. Този принцип е основна част от квантовата теория и гласи, че е невъзможно да се определят едновременно енергията на една час-

Разпределение на енергията във Вселената



Енергията на Вселената се разделя на 68% тъмна енергия, 27% тъмна материя и 5% обикновена материя. Веднага след Големия Взрив пропорциите са били различни

тица и интервала на време, в което тя е измерена. Колкото е по-малък интервалът на време, толкова по-висока може да бъде енергията през този интервал. Последствието е, че в празното пространство енергията никога няма нулева стойност.

Обясняват ли квантовите флуктуации стойността на космологичната константа? Отговорът е „твърдо не“! Теоретичната им стойност се оказва 10^{120} (10 на степен 120!) пъти по-висока, отколкото експерименталната. Това е изключително високо число! За сравнение, 1000 пъти по-висока стойност се изразява математически с 10^3 а един милион пъти по-висока с 10^6 . Ако теоретичните сметки бяха точни, невероятното антигравитационно налягане би предотвратило създаването на звезди и на галактики. В частици от секундата след Големия взрив материята би се разпиляла из безкрайните предели на Вселената. Огромната разлика между теория и данни е позната като „Проблем на космологичната константа“, най-голямата пропаст между теория и наблюдение в съвременната наука. Големият американски учен Леонард Съскинд (Leonard Susskind), професор в университета Станфорд, твърди, че съществуването на тъмна енергия не е чак толкова странно; много по-странна е нейната изключително малка плътност. Антропният принцип, според който Вселената трябва да е съвместима с наблюдатели, дарени със съзнание, гласи, че без да бъде нулева, нейната стойност трябва да е достатъчно ниска. А тя е точно такава.

Теории, конкурентни на космологичната константа има много. Една от най-сериозните от тях е така наречената „Квинтесенция“. Името произлиза от латинския термин *quinta essentia*,



Проф. Стефан Плачков следва „Физика и Математика“ в Париж, където защитава докторска дисертация по ядрена физика. Работи към ускорителя на електрони във Френския център по ядрени изследвания. Участва в експерименти, проведени на ускорителя на частици към Масачузетския технологичен институт, на протонния суперсинхротрон в ЦЕРН и на новопостроения ускорител на електрони към Националната лаборатория Джеферсън в САЩ. В последните 15 години работи по теми, свързани със свойствата на композитните нуклони и интерпретацията им с елементарните кварки. Автор е на 190 научни публикации.

или „пети елемент“. В антична Гърция четирите познати същности са Земя, Вода, Въздух и Огън. Към тях Аристотел прибавя същността „Етер“, божествената субстанция на небесните сфери, звезди и планети. Във физиката четирите познати взаимодействия са: електромагнитно, гравитационно, силно и слабо. Идеята за пето основно взаимодействие идва от аналогия с предполагаемата космическа инфлация, или експоненциално бързото разширява-

не на Вселената в първите частички от секундата след Големия Взрив. Квинтесенцията е ново скаларно поле, като например полето на Хигс, което обяснява произхода на масата на елементарните частици. Нещо повече, полето е динамично, което позволява на плътността на квинтесенцията да се променя с времето. Създателите на квинтесенцията твърдят, че е тя е станала доминираща във Вселената „само“ преди около десет милиарда години – тоест близо четири милиарда години след Големия взрив. Както винаги щом става дума за поле, трябва да има и частица, която е последствие на квантовата същност на полето. Но за разлика от полето на Хигс, свързано с всекидневната за нас материя и за което учените доказваха съществуването на частица, наречена „бозон на Хигс“, се предполага, че квинтесенцията не взаимодейства с познатите ни елементарни частици и радиация. Това означава, че никакви апаратури или инструменти нямат директен достъп до нея. Ако квинтесенцията наистина съществува, доказателството за нея би било намерено само по индиректен път.

Подобна на теорията на квинтесенцията, един вид частен случай от нея, е така наречената „фантомна енергия“. Както квинтесенцията, фантомната енергия е променлива с времето, но за разлика от нея тя расте по-бързо и води до екстремен сценарий за Вселената, наречен Голямо разкъсване (Big Rip), в който тъмната енергия разделя галактиките една от друга, после звездите в тях, планетите около звездите и накрая даже атомите на веществото. Теорията за фантомната енергия се приема като предимно спекулативна, тъй като не спазва напълно правилата на Общата теория за относителността.

Безспорен напредък към разкриване на загадките на тъмната енергия очакваме в тази и следващите години благодарение на съчетанието от мощни наземни телескопи и най-новите сателити и космически мисии. В една от наземните лаборатории се намира специално построеният за тази цел нов Спектроскопичен инструмент за тъмна енергия (DESI, Dark Energy Spectroscopic Instrument). Една от основните му характеристики е възможността за наблюдение на 5000 космически обекта едновременно. Както астрономите от колектива казват: „ние имаме 5000 очи“. Целта им е да съберат данни за местоположението на галактиките и за тяхната еволюция във времето, като сравняват карти на Вселената в различни периоди от миналото, до 11 милиарда години назад.

Първите резултати от наблюденията, направени от DESI, бяха публикувани през април 2024 г. Въпреки че представяват само малка част от планираните крайни резултати, те бяха посрещнати с огромен интерес. За разлика от колективите, които регистрират свръхнови, учените от DESI използват коренно различен метод за проникване в миналото, използвайки БАО или Барийонни акустични осцилации (BAO, Baryon Acoustic Oscillations). Загължаващият акроним БАО изисква кратко обяснение. Малко след Големия взрив материята във Вселената е в състояние на безкрайно плътна и гореща първична плазма, състояща се от елементарни частици и радиация. Атоми още не съществуват. Квантовите флуктуации на плазмата, подобно на мехурите пара във вряща вода, постоянно създават локални разлики в гравитацията и в концентрацията на веществото. Нарастването на гравитацията от своя страна води до силно увеличаване на налягането точ-

но там, където веществото е повече. Благодарение на тези локални разлики в плътността се създават условията за бъдещи звезди и галактики. Противоположните действия на налягането и на гравитацията създават осцилации в плазмата, наречени „акустични“ по аналогия със звуковите вълни. Около 380 хиляди години след Големия взрив, след така наречената рекомбинация, в която електроните се свързват с атомните ядра, Вселената става прозрачна и акустичните осцилации напълно се освобождават. Те остават като разлики в температурата на космическото микровълново реликтово лъчение. Свойствата на тези осцилации са известни, поради което разстоянията между галактиките могат да се използват за изчисляване на скоростта на разширяване на Вселената и оттам на тъмната енергия.

Публикациите на DESI от месец април представят най-богатия досега урожай

от барионни акустични осцилации. Със събраните само за една година данни, DESI надмина всичките наблюдения, направени в последните десетилетия. Разделяйки резултатите от миналото на 7 различни периода, авторите показват, че е твърде вероятно тъмната енергия да се променя с еволюцията на Вселената. Такова откритие би задълбочило мистерията около тъмната енергия и оттам – около съдбата на Вселената. Но колективът на DESI настоява, че за тях терминът „твърде вероятно“ не означава пълна сигурност. Статистически данните за такова заключение не са още достатъчно многобройни. За потвърждение са необходими допълнителни наблюдения.

Допълнителни данни бяха получени и от сателита Джеймс Уеб (James Webb Space Telescope – JWST), изстрелян навърх Колега през 2021 г. Около месец по-късно сателитът Джеймс Уеб е пристигнал в точката Лагранж-2, разположена на 1,5



Инструментът DESI (вдясно на снимката) е монтиран на телескопа Майал, на върха Кит Пик (надморска височина 2100 м) в Аризона, САЩ

милиона километра от Земята. При тази точка гравитационните сили от Земята и Слънцето се балансират и осигуряват стабилна и постоянна позиция на сателита. Строен в продължение на близо три десетилетия, телескопът Джеймс Уеб наблюдава най-вече инфрачервената част от светлинния спектър. Поради червеното отместване светлината от най-отдалечените галактики или свръхнови достига до нас изключително „уморена“, с други думи със светлинни вълни, преминали от видимата в инфрачервената част на спектъра. Тази негова характеристика поз-

волява да се „видят“ крайно отдалечени обекти, неосезаеми за стандартните телескопи или сателити. Заради постоянното разширение на Вселената, колкото обектът е по-далече на разстояние, толкова по-далече и в миналото се наблюдава.

Въпреки че инструментите на сателита са проектирани да проникнат в далечното инфрачервено минало, те хвърлят съвсем нов, непознат досега поглед и върху близките планети от Слънчевата система. Пример за ново и удивително точно изображение е това на познатата ни планетата Юпитер. Тъй като инфрачервената светлина е невидима за човешкото око, инфрачервените вълни са изкуствено преместени във видимия спектър. Най-дългите дължини на вълни изглеждат по-червени, а най-късите дължини на вълните са показани като по-сини.

Но великолепните изображения на Юпитер ни отклоняват от Вселената и от тъмната материя. Джеймс Уеб вече е открил и десетки нови свръхнови. В началото на м. юни 2024 г., колективът от учени публикува първите данни за 80 от тях, като най-старата е избухнала преди 12,1 милиарда години, тоест само 1,7 милиарда години след Големия взрив. За сравнение, най-старата позната



Близката до Земята планета Юпитер е пример за удивителните способности на инструментите на сателита Джеймс Уеб. Изображението е постигнато чрез комбиниране на няколко отделни инфрачервени снимки. Гигантски бури, мощни ветрове, полярни сияния около полюсите и екстремни условия на температура и налягане, на Юпитер природните вихри не спират. Голямото петно в бяло е известна от преди гигантска буря с размери, по-големи от тези на земното кълбо. Източник: NASA, ESA, CSA, Jupiter ERS Team; image processing by Judy Schmidt



Три от свръхновите открити от телескопа Джеймс Уеб, публикувани през юни 2024 г. Стойността на червеното отместване (z) на всяка една от тях е показано в горния ляв ъгъл на всяка колона и съответства (от ляво на дясно) на 1,7 2,3 и 7,8 милиарда години след големия Взрив. Свръхновите се локализиращ чрез сравняване на изображенията от различни периоди както тук между 2022 и 2023 г. Стрелките показват намерените свръхнови. Източник: NASA, ESA, CSA, STScI, C. DeCoursey (University of Arizona), JADES Collaboration

свръхнова досега е на възраст от „само“ 10 милиарда години.

Свръхновите са преходен процес, който се наблюдава само в продължение на няколко седмици. За да се забележи една такава гигантска експлозия е необходимо да се сравняват изображения на една и съща част на космоса, но фотографирани в различни периоди. Три от 80-те локализиращи от Джеймс Уеб свръхнови са показани горе. Във всяка от трите колони са сравнени снимки от 2022 г. и от 2023 г.

Какво означават тези близки до епохата на Големия Взрив свръхнови? За съжаление, заключенията на Джеймс Уеб за ускоряващото се разширение на Вселената и последиците за тъмната енергия още не са публикувани. За пълн

анализ и подробни резултати ще трябва да почакаме поне още няколко месеца.

Надежди за многобройни допълнителни данни идват и от последния сателит на Европейската космическа агенция, наречен по името на древногръцкия математик Евклид. Изстрелян на 1-ви юли 2023 г., сателитът е стигнал до точката Лагранж-2, в която, благодарение на постоянна сянка от Земята, слънчевите лъчи никога не стигат. След няколко месеца тестове и калибриране, през февруари тази година инструментите на Евклид започнаха да събират данни. За работен период от 6 години се очаква те да картографират 36% от Вселената или повече от два милиарда галактики, стигайки до 10 милиарда го-

дини в миналото. Телескопът на Евклид е оборудван с два инструмента, които му позволяват да изследва космоса в два спектрални диапазона: както видима, така и инфрачервена област. Както подчертахме по-горе, инфрачервената светлина е ключова за измерването на най-далечните обекти.

Благодарение на двете изключително големи камери, Евклид събира огромно количество информация, никога непостигнато досега. Тази информация се изпраща на Земята с пропускателна способност от 55 мегабита в секунда всеки ден в продължение на няколко часа. Ин-

формацията се обработва едновременно в 9 научни институти и изчислителни центрове. Без помощ от Изкуствен интелект (ИИ), обработката на толкова огромно количество информация е невъзможна. Бюджетът за разработване на алгоритми и автоматизация представлява около 50% от целия бюджет на мисията Евклид. Още в края на 2023 г. Евклид показва феноменалните си способности с няколко изображения. На снимката долу е показан галактичният куп Персей, намиращ се на 240 милиона светлинни години от Земята и за първи път изобразен с такава точност.



Галактичният куп Персей сниман от сателита Евклид. Всяка светла точка е галактика, която съдържа до стотици милиарди звезди. Изображението показва 1000 галактики, принадлежащи на купа Персей, и повече от 100 000 допълнителни по-далечни галактики. Източник: ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre

Картографирането на двата милиарда галактики започна от февруари 2024 г. Оттогава Евклид не спира да изпраща научни данни. Очаква се първите резултати да бъдат публикувани в края на тази година или в началото на 2025 г.

От непознатата все още тъмна енергия зависи какво е било миналото на Вселената и какво ще бъде нейното бъдеще. Наземни лаборатории и новоизстреляни сателити се стремят да разгадаят нейната същност. Огромното количество от нови данни и измерения очаквани през следващите години би трябвало да проникне дълбоко в мистерията и кой знае, да донесе нови изненади. ■

„Амеби изяждащи мозъка“ се разпространяват в САЩ!

Под подобно тревожно заглавие известното научнопопулярно списание *LIVE Science* публикува в края на м. май, 2023 г. нови обезпокоителни данни за разпространяването през последните години в САЩ на една патогенна амеба, причиняваща смъртоносно заболяване на човека „Първичен амебен менингоенцефалит“ (ПАМ). Става дума за сравнително ново заболяване, открито за първи път през 60-години на миналия век в Австралия. Изненадващо, в мозъка на човек, починал от остър менингоенцефалит, били открити множество микроскопични амеби, които се хранели с мозъчната тъкан и скоро причинили смъртта на болния. По-подробни изследвания върху тези странни амеби и причиняването от тях остро заболяване показали, че в случая се касае за един представител на амебите от рода *Naegleria* – *N. fowleri*, който през 1965 г. бил по-подробно проучен и наречен на името на неговия откривател Д-р Малкълм Фаулър (D-r Malcolm Fowler). Установено било, че амебите живеят в природата главно в сладководни водоеми с топла вода, но се срещат и във влажните почви в топлиите региони. Във водоемите те притежават 2 камшичета, подобни на тези на познатите еуглени, с които плуват свободно във водата, а в почвите губят камшичетата си и се придвижват с псевдоподи или „лъжливи крачка“, подобно на повечето водни и паразитни амеби. При неблагоприятни условия образуват и устойчиви цисти. Установено било също, че те могат да проникват и заразяват човека чрез носоглътката, когато той се къпе или пие вода от водоем с наличие на амеби и така да достигнат и мозъка на човека, където намират добри условия за хранене и развитие, водещо до появата на ПАМ.

Още в първите години след откриването на *N. fowleri* и ПАМ в Австралия, амебите и причиняването от тях смъртоносно заболяване са открити и в други европейски, азиатски и американски страни с по-топъл климат. Да припомним, че още през 1966 г. и в Чехия бе установено заразяване на състезатели от



националния отбор по плуване с ПАМ, тренирали в затоплен изкуствен плувен басейн, в резултат на което починали няколко млади и здрави спортисти. В края на миналия век за първи път заболяване от ПАМ е установено и в южния и сравнително топъл американски щат Флорида, а години по-късно и в Невада. По сведения, публикувани в Уикипедия (2023 г.), през последните 60 г. в света са регистрирани около 450 случая на ПАМ, а смъртността от него достига до 98.5%!

Контролът върху разпространението на причинителите на ПАМ през последните години в САЩ е показал тревожна тенденция към разширение на техния ареал и прояви на заболяването и в някои централни и по-северни щати. Между новите щати с възможности за поява на ПАМ и констатирани случаи се посочват вече и Индиана, Айова, Минесота, Вирджиния, Северна Каролина и др. Според *Ohio Public Health Association (OPHA)* и *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)* в САЩ, проникването на патогенните амеби и заболяването ПАМ се дължи на промените на климата в Северна Америка в последните десетилетия и проявеното целогодишно затопляне на водоемите в някои централни и по-северни американски щати. Остава неизяснен и въпросът дали разпространението на това смъртоносно паразитно заболяване, свързано с глобалното затопляне на Земята, се извършва само на американския континент или то прониква бавно и незабелязано и на другите континенти и региони с променящ се климат?

По *LIVE Science*