

Брайън Грийн

СКРИТАТА РЕАЛНОСТ

Паралелни вселени
и фундаменталните закони на космоса

София, 2011

Преводът е направен по изданието:

Brian Greene

THE HIDDEN REALITY

PARALLEL UNIVERSES AND THE DEEP LAWS OF THE COSMOS

Copyright © 2011 by Brian R. Greene

Всички права запазени. Нито една част от тази книга не може да бъде размножавана или предавана по какъвто и да било начин без изричното съгласие на „Изток-Запад“.

© Милена Боринова, превод, 2011

© Издателство „Изток-Запад“, 2011

ISBN 978-954-321-919-3

Брайън Грийн

СКРИТАТА РЕАЛНОСТ

Паралелни вселени и
фундаменталните закони на космоса

Превод от английски
Милена Боринова

Редактор
проф. Михаил Бушев



На Алек и София

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор.....	7
1. Границите на реалността <i>За паралелните светове</i>	11
2. Безкрайни призрачни двойници..... <i>Съчленената мултивселена</i>	21
3. Вечност и безкрайност <i>Инфлационната мултивселена</i>	59
4. Обединяване на природните закони..... <i>По пътя към теорията на струните</i>	105
5. Рееци се вселени в съседни измерения..... <i>Мембранната и цикличната мултивселена</i>	149
6. Ново мислене за една стара константа..... <i>Панорамната мултивселена</i>	181
7. Науката и мултивселената <i>За дедукцията, обяснението и предвиждането</i>	231
8. Многото светове на квантовото измерване..... <i>Квантовата мултивселена</i>	265
9. Черни дупки и холограми..... <i>Холографската мултивселена</i>	327

10. Вселени, компютри и математическа реалност	377
<i>Симулираната и върховната мултивселени</i>	
11. Границите на изследванията.....	423
<i>Мултивселените и бъдещето</i>	
Бележки.....	444
Допълнителна литература.....	496
Показалец.....	499

ПРЕДГОВОР

Ако в началото на двадесети век е имало някакви съмнения, в началото на двадесет и първи вече беше повече от ясно: когато става въпрос за разкриване на истинската природа на реалността, човешкият опит е заблуждаващ. Като се замислим, това не е особено изненадващо. Докато нашите предци са се събирали в горите и са ловували в саваните, способността да изчисляват квантовото поведение на електроните или да определят космологичните следствия от черните дупки едва ли би допринесла с нещо за оцеляването им. Затова пък поголемият мозък определено бил от значение и с нарастването на интелектуалния ни капацитет растяла и способността ни да изследваме все по-задълбочено заобикалящата ни среда. Някои представители на вида ни създали инструменти, които да разширят обхвата на сетивата ни. Други се усъвършенствали в един систематичен метод за разпознаване и описване на модели – математиката. С тези инструменти сме започнали да надничаме отвъд видимата картина на ежедневието.

Това, което сме открили, наложило драстични промени в представата ни за космоса. Чрез физични прозрения и математическа последователност, насочвани и потвърждавани от експерименти и наблюдения, сме установили, че пространството, времето, материята и енергията имат поведенчески репертоар, различен от всичко, което пряко сме наблюдавали някога. А сега задълбоченият им анализ и свързаните с него открития ни водят към може би следващия прелом в познанието ни – възможността нашата вселена да не е единствена. *Скритата реалност* изследва именно тази възможност.

Написах тази книга така, че да не изисква никакви познания в областта на физиката и математиката от страна на читателя. Вместо това, както и в предходните ми книги, използвах метафората и аналогията, като включих и множество исторически сведения, за да осигуря широкодостъпно описание на някои от най-странните и – в случай че се окажат верни – най-съществените прозрения на модерната физика. Много от разглежданите идеи изискват от читателя да изостави удобните си мисловни модели и да се отвори за неочаквани страни на реалността. Това пътешествие е още по-вълнуващо, и това е разбираемо, заради завоите и обратите в науката, озарили пътя му. Старателно съм ги подбрал така, че да запълня панорама от идеи, простираща се от долините на ежедневието до върховете на напълно непознатото.

Разликата в подхода спрямо предишните ми книги е, че не съм включил глави, които систематично да поднасят въвеждащ материал за специалната и общата теория на относителността и квантовата механика например. Вместо това обяснявам само някои техни елементи, и то само при нужда, а там, където съм преценил, че от гледна точка на целостността на книгата има нужда от малко повече разяснения, предупреждавам по-опитния читател кои части би могъл спокойно да прескочи.

Затова пък последните страници от отделните глави предлагат един по-задълбочен поглед към материала, който би могъл да затрудни някои читатели. Навлизайки в тези части, ги представям накратко на не толкова опитния читател, като му предлагам възможността да прескочи напред без опасност да пропусне нещо. Въпреки това бих препоръчал на всеки да чете докъдето позволяват интересът и търпението му. Дори и при по-сложните описания материалът е поднесен за широка публика и единственото условие за възприемането му е настойчивостта.

В това отношение бележките са различни. Неопитният читател може да ги прескочи изцяло, а по-опитният ще открие там разяснения или допълнения, които смятам за важни, но биха утежили главите, ако бъдат включени в тях. Много от бележките са насочени към читатели с известни познания в областта на математиката или физиката.

Докато пишех *Скритата реалност*, се възползвах от критичните коментари и препоръките, предложени от множество приятели, колеги и мои близки, които бяха чели някои или всички глави от книгата. Специално бих искал да благодаря на Дейвид Албърт, Треиси Дей, Ричард Истър, Рита Грийн, Саймън Джудс, Даниъл Кабат, Дейвид Кейгън, Пол Кайзер, Рафаел Каспър, Хуан Малдасена, Катинка Матсън, Молик Парикх, Маркъс Пьосел, Майкъл Поповиц и Кен Вайнбърг. Винаги е истинска радост да работя с моя редактор в издателство „Кнопф“ Марти Ашър. Благодаря и на Андрю Карлсън за експертното ръководене през финалните етапи от подготовката на книгата за печат. Прекрасните илюстрации на Джейсън Севърс изключително много подпомагат изложението – благодаря му за таланта и търпението. За мен е удоволствие да поднеса благодарностите си и на литературните си агенти Катинка Матсън и Джон Брокман.

В развиването на подхода си към материала в тази книга се възползвах от множество разговори с много мои колеги. В добавка към тези, на които вече благодарих, бих искал да благодаря специално на Рафаел Бусо, Робърт Бранденбергер, Фредерик Денеф, Жак Дистлър, Майкъл Дъглас, Лам Хюи, Лорънс Краус, Джана Левин, Андрей Линде, Сет Лойд, Бари Льовер, Саул Пърлмутър, Юрген Шмидхубър, Стив Шенкър, Пол Стайнхарт, Андрю Стромингър, Ленард Саскинд, Макс Тегмарк, Хенри Тай, Кумрун Вафа, Дейвид Уолъс, Ерик Уайнбърг и Шинтун Яу.

Първата си научнопопулярна книга *Еlegantната вселена* започнах да пиша през лятото на 1996 г. През петнайсетте години оттогава се радвам на неочаквано и плодотворно взаимодействие между фокуса на техническите ми изследвания и темите, разглеждани в книгите ми. Благодаря на моите студенти и колеги от Колумбийския университет за създадената благотворна изследователска среда, на Министерството на енергетиката на САЩ за спонсорирането на научните ми изследвания, а също и на покойния Пенти Коури за щедрата му подкрепа на изследователския ми център в Кълъмбия – Института за струни, космология и физика на астрочастиците.

И накрая, благодаря на Треиси, Алек и София за това, че превърнаха тази в най-добрата от всички възможни вселени.

ГРАНИЦИТЕ НА РЕАЛНОСТТА

За паралелните светове

Ако докато растях в стаята ми имаше само едно огледало, детските ми фантазии вероятно щяха да са съвсем различни. Но огледалата бяха две. И всяка сутрин, когато отварях гардероба, за да си извадя дрехи, огледалото, вградено във вратата му, заставаше успоредно с това на стената, с което се създаваше видимо безкрайна серия от отражения на всичко, намиращо се между тях. Гледката беше хипнотична. Обичах да гледам образите, населяващи паралелните стъклени равнини, които се простираха докъдето поглед стигаше. Всички отражения сякаш се движеха в унисон, но аз знаех, че това е само ограничение на човешките възприятия – още доста малък бях научил за пределната скорост на светлината. Така че с ограничените си възприятия наблюдавах пътуването на светлината в двете посоки. Подаването на главата, движението на ръката ми безмълвно отекваха между огледалата, като всеки отразен образ сбутваше следващия. Понякога си представях как някое непокорно аз надолу по редицата отказва да застане на мястото си, нарушава подредбата и създава нова реалност, която оживява тези след себе си. В училище понякога си представях как светлината, която съм хвърлил тази сутрин, все още отскача безкрайно между огледалата и се присъединявам към едно от отразените мои аз, с което навлизаме във въображаем паралелен свят, изграден от светлина и движен от фантазията.

Нека сме наясно – отраженията нямат собствено съзнание. Но тези ранни полети на фантазията ми с въображаемите

и паралелни реалности резонират с една все по-открояваща се тема в модерната наука – възможността за съществуване на светове отвъд този, който познаваме. Тази книга е изследване на подобни възможности, едно пътешествие из науката за паралелните вселени.

Вселена и вселени

Някога „вселена“ означаваше „всичко съществуващо“. Всичко. Цялото мироздание. Идеята за повече от една вселена, повече от едно всичко, очевидно изглеждаше като противоречие на термини. И все пак някои теоретични разработки постепенно наложиха възможност за интерпретация на понятието „вселена“. Сега значението на думата зависи от контекста. Понякога „вселена“ все още си означава абсолютно всичко. Понякога това се отнася само до онези части от всичкото, до които някой като вас или мен по принцип би могъл да има достъп. А понякога с понятието се обозначават отделни светове, които са отчасти или напълно, временно или завинаги недостъпни за нас, като в този смисъл думата отрежда на нашата вселена членство в една голяма, а може би дори безкрайно голяма колекция.

Вследствие на пониженото си върховенство понятието „вселена“ е дало път на други термини, обхващащи по-голямото платно, върху което може би е нарисувана цялостната реалност. *Паралелни светове, паралелни вселени, множество вселени, редуващи се вселени, метавселена, мегавселена или мултивселена* са все синоними и са сред думите, използвани за обхващане не само на нашата вселена, но и на цял спектър други, които може би съществуват някъде там.

Ще забележите, че понятията са малко мъгляви. Какво точно означава свят или вселена? Какви критерии разграничават световите, които са част от една вселена, от тези, класифицирани като отделни вселени? Може би някой ден познанията ни за множеството вселени ще са достатъчно зрели, за да разполагаме с точни отговори на тези въпроси. Засега обаче ще избяг-

ваме да се борим с абстрактни определения и ще възприемем известния подход на съдия Потър Стюърт за дефиниране на порнографията. Докато върховният съд на САЩ се мъчел да установи критерий, Стюърт обявил: „Ще я позная, щом я видя“.

В крайна сметка, определянето на един или друг свят като паралелна вселена е чисто езиков въпрос. Това, което е от значение и е сърцевината на проблема, е дали съществуват светове, които отправят предизвикателство към конвенционалното с допускането, че онова, което дълго време сме смятали за *вселената*, е само един от компонентите на далеч по-грандиозна, вероятно много по-странна и в по-голямата си част скрита реалност.

Разновидности на паралелни вселени

Поразителен факт (отчасти той ме накара да напиша тази книга) е, че много от основните разработки на фундаменталната теоретична физика – релативистка физика, квантова физика, космологична физика, обединяваща физика, изчислителна физика – ни накараха да допуснем съществуването на една или друга разновидност на паралелна вселена. Следващите глави проследяват девет разновидности на темата за мултивселената. Всяка от тях възприема вселената ни като част от неочаквано по-голямо цяло, но неговият характер и природата на съставляващите го вселени са изключително различни. В някои паралелните вселени са отделени от нас с огромни протежения от пространство или време. В други те се носят на милиметри една от друга. А в трети самото понятие за местонахождение е твърде ограничено и е лишено от всякакъв смисъл. Подобно разнообразие се проявява и в законите, управляващи паралелните вселени. В някои законите са същите като нашите. В други те изглеждат различни, но имат общ корен. А в трети формата и структурата на законите не приличат на нищо, което сме срещали някога. Опитът да си представим колко обширна би могла да е реалността е едновременно смиряващ, но и много вълнуващ.

Началото на един от най-ранните набези в паралелните светове е поставено през 50-те години на ХХ в. от изследователи, които били озадачени от някои аспекти на квантовата механика – теория, разработена, за да обясни явления от микроскопичния свят на атомите и субатомните частици. Квантовата механика счутила кальпа на дотогавашната рамка – класическата механика, – като установила, че предвижданията на науката са непременно вероятностни. Можем да предвидим вероятността за едно или друго развитие на нещата, но не можем да предвидим точно кое от тях ще се случи. Това добре известно отклонение от стотици години научна мисъл е достатъчно изненадващо. Но квантовата теория има един още по-объркващ аспект, който получава по-малко внимание. След десетилетия на сериозно изучаване на квантовата механика и натрупване на съкровищница от данни, потвърждаващи нейните вероятностни предвиждания, никой не е успял да обясни защо във всяка дадена ситуация се случва само едно от множеството възможни развития. Когато правим експерименти, когато изучаваме света, ние сме единоподушни, че се срещаме с една-единствена определена реалност. Но ето че повече от век след началото на квантовата революция няма съгласие сред физиците по света относно това, как този основен факт се съвместява с математическата формулировка на теорията.

През годините тази съществена празнина в знанията е вдъхновила множество творчески предложения, но най-сепващото беше едно от първите. Според това предложение може би познатото схващане, че всеки експеримент има едно-единствено развитие, е погрешно. Математиката в основата на квантовата механика, или поне една нейна перспектива, допуска, че се случват *всички* възможни развития, като всяко от тях населява своя отделна вселена. Ако едно квантово изчисление предвижда, че една частица би могла да е тук или там, тогава в една вселена тя *е* тук, а в друга *е* там. И във всяка такава вселена има по едно ваше копие, което наблюдава едно или друго развитие, неправилно смятайки, че неговата реалност е единствена. Когато осъзнаете, че квантовата меха-

ника е в основата на всички физични процеси – от сливането на атоми в Слънцето до нервните импулси, които съставляват мисълта, – става очевидно колко съществени последствия има това предположение. Според него няма такова нещо като неизминат път. Но всеки такъв път – всяка реалност – е скрит от останалите.

Този изкусителен подход към квантовата механика, известен като *интерпретацията „Много светове“*, привлича много внимание през последните десетилетия. Но изследванията показват, че това е една коварна и трънлива рамка (за това ще говорим по-подробно в глава 8) и дори и днес, след повече от половин век разглеждане, предложението все още си остава спорно. Някои квантови специалисти настояват, че вече е доказано като вярно, докато други твърдят също толкова уверено, че то няма здрави математически устои.

Но въпреки научната несигурност, тази ранна версия на паралелни вселени отекна в теми за други земи и алтернативни исторически развития, които бяха изследвани в литературата, телевизията и филмите с творчески устрем, продължаващ и днес. (Сред любимите ми още от малък са „Магьосникът от Оз“, „Животът е прекрасен“, епизодът от „Стар Трек“ – „Град на ръба на вечността“, разказът на Борхес „Градината с разклоняващите се пътеки“, а от по-новите – „Плъзгащи се врати“ и „Бягай, Лола“.) Заедно тези и много други творения на популярната култура помогнаха за интегрирането на понятието за паралелни реалности в духа на времето, като именно те подклаждат всеобщото увлечение по тази тема. Но квантовата механика е само един от множеството пътища, по които в модерната физика се е родила идеята за паралелни вселени. Всъщност тя няма да е първата, която ще разгледам.

В глава 2 ще поема по един различен маршрут към паралелните вселени, който може би е най-простият. Ще видим, че ако пространството се разширява безкрайно – предположение, съвместимо с всички наблюдения и което е част от предпочитания космологичен модел на много физици и астрономи, – тогава някъде там (по-скоро *далече* някъде там) би трябвало да има светове, където копия на вас, мен и всичко останало се

радват на алтернативни версии на реалността, която преживяваме тук. Глава 3 ще ни отведе по-дълбоко в космологията: инфлационната теория – подход, според който в най-ранните моменти на вселената се е случило свръхбързо пространствено разширение – е създала своя собствена версия на паралелни светове. Ако инфлационната теория е вярна, както потвърждават и най-прецизните астрономически наблюдения, тогава избухването, създало нашия район от пространството, може да не е било единствено. Вместо това, в този момент инфлационно разширение в далечни райони може да създава вселена след вселена и това да продължи вечно. Нещо повече, всяка от тези раздуващи се вселени има собствено безкрайно пространство и следователно съдържа безкрайно много от паралелните светове в глава 2.

В глава 4 се насочваме към теорията на струните. След кратък преглед на основните положения ще докладвам за състоянието на този подход по отношение на обединяването на всички природни закони. След този преглед, в глави 5 и 6 ще изследваме последните разработки на теорията на струните, които допускат съществуването на три нови вида паралелни вселени. Една от тях е сценарият за *свят, изграден от брани*, според който нашата вселена е един от цяло множество „отрязъци“, които се носят в пространство от по-висше измерение – нещо като резен от грамаден космически самун.¹ Ако имаме късмет, този подход може да осигури признак, който да бъде наблюдаван в недалечното бъдеще в Големия адронен колайдър в Женева, Швейцария. Втората разновидност се появява от светове под формата на брани, които се сблъскват и заличават всичко, което съдържат, като полагат ново начало под формата на голям взрив във всяка брана. Както пляскането на две гигантски ръце, това може да се случва отново и отново – браните се сблъскват, отскачат, привличат се гравитационно и отново се сблъскват в цикличен процес, генериращ вселени, които са паралелни не в пространството, а във времето. Третият вариант е „панорамата“ на теорията на струните, основана върху огромния брой възможни форми и размери за изискваните от теорията допълнителни измерения на про-

странството. Ще видим, че когато се обедини с инфлационната мултивселена, струнната панорама предполага голям набор от вселени, в които се осъществява всяка възможна форма на допълнителните измерения.

В глава 6 ще се съсредоточим върху това, как тези разработки хвърлят светлина върху един от най-изненадващите резултати от наблюдения през последния век – изглежда, че пространството е изпълнено с еднородна дифузна енергия, може би вариант на злощастната космологична константа на Айнщайн. Това наблюдение е вдъхновило много от новите изследвания в областта на паралелните светове и е причината за един от най-разгорещените от десетилетия дебати за естеството на приемливите научни обяснения. Глава 7 разширява темата, като пита по-общо дали предположението за вселени отвъд нашата би могло да се разглежда като клон на науката. Можем ли да подложим на проверка тези идеи? Ако сме ги въвели с цел решаването на належащи проблеми, дали имаме напредък, или просто сме замели проблемите под един удобно недостъпен космически килим? Постарах се да изложа най-същественото от конфликтните перспективи, като същевременно наблегна на собствения си възглед, че при определени специфични условия паралелните вселени попадат съвсем недвусмислено в обсега на науката.

Квантовата механика със своята интерпретация „Много светове“ за паралелните вселени е обект на глава 8. Там накратко ще ви припомня най-съществените черти на квантовата механика, след което ще премина към нейния най-внушителен проблем: как да се извлекат определени резултати от теория, чийто базисен модел позволява съвместното съществуване на взаимно противоречащи си реалности в една безформена, но математически прецизна вероятностна неопределеност. Внимателно ще ви преведа през аргументи, които в търсенето на отговор предлагат закотвяне на квантовата реалност в собственото ѝ изобилие от паралелни светове.

Глава 9 ни отвежда още по-навътре в квантовата реалност към нещо, което считам за най-странното от всички предложения за паралелни вселени. Това предложение се оформи по-

степенно вследствие на 30-годишни теоретични изследвания на квантовите свойства на черните дупки. Тяхната кулминация беше през последното десетилетие с един смайващ резултат от теорията на струните, когато бе направено забележителното предположение, че всичко, което преживяваме, не е нищо повече от холографска проекция на процеси, случващи се на една далечна обкръжаваща ни повърхност. Може да се ошипете и усещането ще е истинско, но това само отразява паралелен процес, който се случва в една различна далечна реалност.

Накрая, в глава 10, в центъра на сцената застават дори още по-чудноватите възможности за изкуствени вселени. На първо място ще ни занимава въпросът дали законите на физиката ни дават способността да създаваме нови вселени. После ще се обърнем към вселените, създадени не с хардуер, а със софтуер – вселени, които биха могли да се симулират на свръхмощен компютър – и ще изследваме доколко можем да сме сигурни, че сега не живеем в симулация, създадена от някого или нещо. Това ще доведе до най-дръзкото предложение за паралелна вселена, произхождащо от философските среди: че всяка възможна вселена се осъществява някъде в най-огромната от всички мултивселени. Дискусията естествено преминава в проучване на ролята на математиката в разкриването на мистериите на науката, както и на нашата способност или невъзможност да постигнем едно по-задълбочено разбиране на реалността.

Космическият ред

Темата за паралелните вселени е силно спекулативна. Няма експеримент или наблюдение, които да са установили, че в природата има осъществен какъвто и да било вариант на тази идея. Така че целта ми при написването на тази книга не е да ви убедя, че сме част от мултивселена. Самият аз не съм убеден – и най-общо казано никой не би следвало да е убеден – в нещо, което не е подкрепено със сериозни данни. След това

уточнение, за мен е любопитно и завладяващо, че множество разработки във физиката, когато се проследят достатъчно надалече, се сблъскват с някаква разновидност на темата за паралелните вселени. Не че физиците стоят нащрек с мрежи за мултивселени в ръце, готови да сграбчат всяка преминаваща теория, която би могла да се напъха в процепа на модела за паралелна вселена. Вместо това всички предположения за съществуването на паралелни вселени, които бихме взели сериозно, произтичат неканени от математиката на теориите, разработени за обясняването на конвенционални данни и наблюдения.

Моето намерение е да изложа ясно и стегнато интелектуалните стъпки и веригата от теоретични идеи, които са накарали физиците сред множество перспективи да допуснат възможността нашата вселена да е една от много други. Искам да добиете представа как модерните научни изследвания – а не необуздани фантазии като огледалните размишления от детството ми – естествено навеждат на тази поразителна възможност. Искам да ви покажа как определени иначе объркващи наблюдения могат да станат изключително разбираеми в контекста на една или друга паралелна вселена. Същевременно ще опиша критичните нерешени въпроси, които засега пречат на пълното разгръщане на този обяснителен подход. Целта ми е, когато оставите тази книга, представите ви за възможното състояние на нещата – вашето разбиране за това, как границите на реалността един ден могат да бъдат преначертани благодарение на провеждащи се в момента научни разработки – да бъдат много по-богати и образни.

Някои се ужасяват от идеята за паралелни светове. Според тях, ако сме част от мултивселена, нашата позиция и значимост в космоса намаляват. Моето виждане е различно. Не виждам защо значимостта да се измерва с относителното ни изобилие. Радостта от това да си човек и вълнението да си част от научното начинание са породени по-скоро от способността ни да използваме аналитичната мисъл, за да хвърлим мост на далечни разстояния, пътувайки до външния и вътрешния космос и – ако някои от идеите в тази книга се окажат верни – може

би дори отвъд нашата вселена. За мен дълбочината на нашето познание, придобито от самотната ни наблюдателница в мас-тиленочерния покой на един студен и неприветлив космос, е онова, което отеква през необятния простор на реалността и бележи нашето пристигане.

БЕЗКРАЙНИ ПРИЗРАЧНИ ДВОЙНИЦИ

Съчленената мултивселена

Ако се отправите на космическо пътешествие и стигнете много, много далече, дали ще откриете, че пространството продължава безкрайно, или че свършва внезапно? А може би накрая ще се върнете в отправната си точка, както сър Франсис Дрейк, когато обиколил с плаване Земята? И двете възможности – за космос, който се простира безкрайно, и такъв, който е огромен, но има край – са съвместими с всичките ни наблюдения, като през последните десетилетия водещи изследователи са проучили много обстойно всяка от тях. Но, при всичките им детайлни наблюдения, ако вселената е безкрайна, има едно спиращо дъха заключение, което е получило твърде недостатъчно внимание.

В далечните пространства на един безкраен космос има галактика, която изглежда точно като Млечния път, със своя Слънчева система, досущ като нашата, с планета, двойник на Земята, с къща, която с нищо не се различава от вашата, обитавана от някого, който изглежда също като вас и който сега чете тази книга и си представя вас в една далечна галактика как дочитате края на това изречение. При това копие то не е само едно. В една безкрайна вселена копията са безкрайно много. В някои вашият двойник сега чете това изречение заедно с вас. В други той е прескочил няколко страници напред или е изпитал нужда да похапне и е оставил за малко книгата. В трети той съвсем не е така приятен и е от хората, които предпочитате да не срещате в тъмното.

Това няма и да се случи. Тези копия населяват толкова далечни места, че светлината, която се движи още от времето на Големия взрив, не е имала време да прекоси пространството, което ни разделя. Но дори и без възможността да наблюдаваме тези райони от космоса ще видим, че според основните принципи на физиката, ако космосът е безкрайно голям, той приютява безкрайно много паралелни светове – някои идентични с нашия, други – различни, а трети – по нищо непреличащи на нашия свят.

По пътя към тези паралелни светове първо трябва да развием основната рамка на космологията, научното изследване на произхода и еволюцията на космоса като цяло.

Да започваме.

Бащата на Големия взрив

„Математиката ви е правилна, но физиката ви е просто плачевна“. През 1927 г. Солвеевският конгрес по физика бил в разгара си, а това била реакцията на Алберт Айнщайн, когато белгиецът Жорж Льомер го информирал, че уравненията на общата теория на относителността, които Айнщайн бил публикувал преди повече от десетилетие, налагали драстично преразглеждане на историята на сътворението. Според изчисленията на Льомер вселената е започнала като мъничка точка с невъобразима плътност, или както той щял да я нарече впоследствие, „първичен атом“, който с времето се раздул и се превърнал в обзримия космос.

Льомер се откроявал доста ярко сред десетките световнопризнати физици, наред с Айнщайн, които се били събрали в Брюксел в хотел „Метропол“ за седмица на интензивни дебати около квантовата теория. До 1923 г. той не само завършил работата над доктората си, но бил приключил и следването си в семинарията „Сен Ромбо“ и бил ръкоположен за йезуитски свещеник. По време на една от почивките на конференцията Льомер, който бил със свещеническата си якичка, се приближил до човека, за чиито уравнения вярвал, че са основата на

нова научна теория за произхода на космоса. Айнщайн знаел за теорията на Льомер, тъй като месеци преди това бил прочел неговия труд по въпроса. Той не успял да открие грешка в начина, по който Льомер работел с уравненията на общата теория на относителността. Всъщност не за първи път някой представял на Айнщайн този резултат. През 1921 г. руският математик и метеоролог Александър Фридман достигнал до различни решения на уравненията на Айнщайн, в които пространството се разтягало, като карало и вселената да се разширява. Айнщайн упорствал пред тези решения, като първо предположил, че изчисленията на Фридман са изопачени от грешки. Но в този случай грешал Айнщайн и по-късно той оттеглил думите си. Айнщайн обаче отказал да е пионка на математиците. Той отхвърлял уравненията и се осланял на интуицията си за това, какъв *би трябвало* да е космосът. Според дълбоко вкорененото му убеждение вселената била вечна и, в най-голям мащаб, фиксирана и неизменна. Вселената, поучавал Айнщайн Льомер, не се разширява нито сега, нито когато и да било.

Шест години по-късно, в една зала за семинари в обсерваторията „Маунт Уилсън“ в Калифорния, Айнщайн се съсредоточил дълбоко, докато Льомер излагал по-детайлна версия на теорията си, че вселената е започнала в един първичен проблясък и че галактиките са тлееща жаравя, която се носи в разширяващото се море на пространството. Когато семинарът завършил, Айнщайн се изправил и обявил теорията на Льомер за „най-красивото и задоволително обяснение на сътворението, което съм чувал някога“.¹ Най-известният физик в света склонил да промени мнението си за една от най-интригуващите загадки в света. Все още неизвестен на широката публика, Льомер щял да стане известен сред физиците като „бащата на Големия взрив“.

Обща теория на относителността

Космологичните теории, разработени от Фридман и Льомер, разчитали на ръкопис, изпратен на 25 ноември 1915 г.

от Айнщайн на германския журнал „Анали на физиката“. Този труд бил кулминацията на близо десетгодишна математическа одисея, а представеният резултат – общата теория на относителността – щял да се окаже най-пълното и широкообхватно научно постижение на Айнщайн. В общата теория на относителността Айнщайн използвал елегантен геометричен език, за да преработи основно разбирането за гравитацията. Ако сте вече добре запознати с основните моменти от теорията и изводите ѝ за космологията, може да прескочите следващите три раздела. Но ако искате да си припомните накратко най-важното, продължете да четете.

Айнщайн започнал да работи над общата теория на относителността през 1907 г. във време, когато повечето учени смятали, че гравитацията отдавна е обяснена в трудовете на Исаак Нютон. Както се учи нормално в училищата по цял свят, към края на XVII в. Нютон достигнал до така наречения закон за всемирното привличане, с което дал първото математическо описание на тази така добре позната природна сила. Неговият закон е толкова точен, че инженерите на НАСА все още го използват, за да изчисляват траекториите на космическите апарати, а астрономите прогнозираят чрез него движението на кометите, звездите и дори на цели галактики.²

Подобна очевидна ефикасност прави още по-забележителен факта, че в ранните години на XX век Айнщайн осъзнал, че законът на Нютон за гравитацията има огромен недостатък. Един привидно прост въпрос ясно разкрива това. Айнщайн се запитал: как работи гравитацията? Как например Слънцето се протяга през 150 милиона километра по същество празно пространство и влияе на движението на Земята? Те не са свързани с въже, Земята не е вързана на синджир, как тогава гравитацията упражнява влиянието си?

В своя труд „Математически начала на натуралната философия“, известен още като *Principia*, публикуван през 1687 г., Нютон осъзнавал важноста на този въпрос, но признавал, че собственият му закон обезпокоително мълчи за отговора. Нютон бил сигурен, че трябва да има нещо, което предава гравитацията от едно място на друго, но той не бил в състояние

да определи кое би могло да е то. В Principia той закачливо оставил въпроса „на вниманието на читателя“ и в продължение на над двеста години онези, които прочитали предизвикателството му, просто продължавали да четат нататък. Но това е нещо, което Айнщайн не можел да подмине.

Близо едно десетилетие Айнщайн бил погълнат от търсене на механизмите в основата на гравитацията и през 1915 г. предложил отговор. Макар основаващо се на сложна математика и изискващо концептуални скокове, непознати в историята на физиката, предложението на Айнщайн се отличавало със същата простота като въпроса, който разглеждало. Чрез какъв процес упражнява гравитацията своето влияние през празното пространство? Празнотата на празното пространство изглежда оставяла всички с празни ръце. Но в празното пространство очевидно има нещо: *пространство*. Това накарало Айнщайн да предположи, че самото пространство е проводникът на гравитацията.

Ето каква е идеята. Представете си, че търкулвате топче по голяма метална маса. Тъй като повърхността е плоска, топчето ще се търкаля по права линия. Но ако масата е погълната от огън, предизвикващ нейното огъване и изкривяване, търкалящото се топче ще следва различна траектория, защото ще бъде насочвано от изкривената и набраздена повърхност на масата. Айнщайн твърдял, че подобно нещо се отнася и за тъканта на пространството. Съвсем празното пространство е подобно на плоската маса, по която предметите се търкалят безпрепятствено по прави линии. Но наличието на масивни тела влияе на формата на пространството, както горещината влияе на формата на повърхността на масата. Слънцето например създава издупина около себе си – подобно на метален мехур, набъбнал върху горещата маса. И също както огънатата повърхност на масата принуждава топчето да се движи по изкривена траектория, така и огънатата форма на пространството около Слънцето направлява Земята и другите планети в орбита.

Това кратко описание подминава някои важни подробности. Огъва се не само пространството, но и времето (това

се нарича кривина на пространство-времето). Земната гравитация подпомага влиянието на масата, като задържа топчето притиснато към повърхността ѝ (Айнщайн твърдял, че изкривяванията в пространството и времето не се нуждаят от помощник, защото самите те са гравитацията). Пространството е триизмерно и когато се изкривява, то е около целия обект, а не само „под“ него, както предполага аналогията с масата. И все пак образът на деформираната маса предава същността на предложението на Айнщайн. Преди Айнщайн гравитацията била загадъчна сила, която едно тяло по някакъв начин упражнявало през пространството върху друго тяло. След Айнщайн гравитацията вече била позната като изкривяване на средата, причинено от един обект и направляващо движението на други обекти. В момента според тези идеи сте приковани към пода, защото тялото ви се опитва да се плъзне надолу през вдлъбнатина в пространството (по-точно пространство-времето), причинена от Земята.*

Айнщайн вложил години в разработването на тази идея в издържана математическа рамка, а резултатът били *Уравненията на полето на Айнщайн*, сърцето на общата му теория на относителността, които ни казват как се изкривяват про-

* По-лесно е да си представим изкривено пространство, отколкото изкривено време и затова много популяризации на айнщайновата гравитация се фокусират само върху първото. Но за гравитацията, генерирана от познати обекти като Земята и Слънцето, основна роля играе именно изкривяването на времето, а не на пространството. Представете си два часовника – единия на земята, а другия – на Емпайър стейт билдинг. Тъй като часовникът на земята е по-близо до земния център, той е подложен на малко по-силна гравитация, отколкото часовникът, който е високо над Манхатън. Общата теория на относителността показва, че поради това времето на двата часовника ще тече с малка разлика. Часовникът на земята ще изостава малко (с една милиардна от секундата годишно) в сравнение с часовника, който е нависоко. Времето несъответствие илюстрира какво имаме предвид, като казваме, че времето е изкривено. Общата теория на относителността установява, че обектите се движат към райони, където времето тече по-бавно. Сякаш всички обекти „искат“ да стареят колкото може по-бавно. От айнщайнова гледна точка това обяснява и защо един предмет пада, когато го пуснете. – Б.а.

странството и времето в резултат от наличието на определено количество материя (по-точно материя и енергия; според формулата на Айнщайн $E=mc^2$, където E е енергията, а m е масата, двете са взаимозаменяеми).³ Със същата прецизност теорията показва и как изкривяването на пространство-времето влияе на движението на всичко – звезда, комета, планета, дори самата светлина, – което минава през него. Това позволява на физиците да правят подробни предвиждания на движението в космоса.

Доказателство в подкрепа на общата теория на относителността се появило бързо. Астрономите отдавна знаели, че орбиталното движение на Меркурий около Слънцето леко се отклонява от предвижданията на нютоновата математика. През 1915 г. Айнщайн използвал новите си уравнения, за да преизчисли траекторията на Меркурий, и успял да обясни несъответствието. По-късно той споделил с колегата си Адриан Фокер, че това толкова го развълнувало, че получил сърцебиене. После, през 1919 г., астрономически наблюдения на Артър Едингтън и негови сътрудници показали, че светлината от далечни звезди, която преминава покрай Слънцето на път към Земята, следва извита траектория, точно както предвижда общата теория на относителността.⁴ С това потвърждение и заглавието в „Ню Йорк Таймс“, провъзгласяващо: „Светлината в небето е изкривена, хората на науката са във възторг“, Айнщайн получил международно признание на новооткрит световен научен гений, очевиден наследник на Исак Нютон.

Но най-впечатляващите изпитания на общата теория на относителността тепърва предстояли. През 70-те години на ХХ в. експерименти с прилагане на часовници с водородни мазери (мазерите са подобни на лазерите, но работят в микровълновия диапазон на спектъра) потвърдили с точност до около едно на 15 хиляди предвиждането на общата теория на относителността за изкривяването на пространство-времето от Земята в околността около нея. През 2003 г. космическият апарат „Касини-Хюйгенс“ бе използван за детайлни изследвания на траекториите на радиовълните, преминаващи близо до Слънцето. Събраните данни потвърдиха с точност до едно на

50 хиляди картината на изкривено пространство-време, предвидяно от общата теория на относителността. А сега, както подобава на една установена теория, днес много от нас се разхождат с общата теория на относителността в ръка. Глобалната система за позициониране, която редовно ползвате от своя смартфон, се свързва със спътници, чиито вътрешни устройства за отмерване на времето вземат предвид изкривяването на пространство-времето, на което са подложени в орбитата си над Земята. Ако това не се прави, генерираните от спътниците данни за позицията бързо ще станат неточни. Това, което през 1916 г. било набор от абстрактни математически формули, които Айнщайн предложил като ново описание на пространството, времето и гравитацията, сега се използва рутинно от устройства, които се побират в джоба ни.

Вселената и чайникът

Айнщайн вдъхнал живот на пространство-времето. Той оспорил хилядогодишна интуиция, трупана от ежедневния опит, за която пространството и времето били неизменният фон на всичко. Кой би могъл да си представи, че пространство-времето може да се извива и огъва и така да се окаже невидимият хореограф на движението на космоса? Това е революционният танц, който си представял Айнщайн и който бил потвърден от наблюдения. И въпреки това Айнщайн се препънал под тежестта на откоleshни, но несъстоятелни предразсъдъци.

През годината след публикуването на общата теория на относителността Айнщайн я приложил в най-грандиозния мащаб – целия космос. Може би си мислите, че това е твърде амбициозна задача, но изкуството на теоретичната физика се крие в опростяването на невъобразимо сложното, като се запазват основните му физически характеристики, така че теоретичният анализ да е осъществим. Това е изкуството да знаеш кое да изключиш. Чрез така наречения *космологичен принцип* Айнщайн съставил една опростяваща рамка, която поставила началото на изкуството и науката на теоретичната космология.

Космологичният принцип постановява, че ако вселената се разглежда в най-голям мащаб, тя ще изглежда еднородна. Представете си сутрешния си чай. На микроскопично ниво има голяма нееднородност – тук малко водни молекули, малко празно пространство, там малко полифенолови и танинови молекули, още празно пространство и така нататък. Но на макроскопично ниво, което е видимо с просто око, чаят е с еднороден лешников цвят. Айнщайн смятал, че вселената е като тази чаша чай. Наблюдаваните от нас вариации – Земята е тук, после има празно пространство, после е Луната, после още празно пространство, следват Венера, Меркурий, малко празно пространство и Слънцето, – всички те са нееднородности в малък мащаб. Според Айнщайн в космологичен мащаб тези вариации ще бъдат пренебрегнати, защото също като вашия чай те ще бъдат осреднени в нещо еднородно.

По времето на Айнщайн доказателствата в подкрепа на космологичния принцип били, меко казано, оскъдни (дори съществуването на други галактики все още било под въпрос), но той бил направляван от силното си предчувствие, че никое място в космоса не е специално. Той чувствал, че на осреднено равнище всеки район от вселената би трябвало да е равностоен на всеки друг и по същество би следвало да има същите общи физически атрибути. В последвалите години астрономическите наблюдения осигурили сериозна подкрепа на космологичния принцип, но само ако разглеждате космоса в мащаби от поне сто милиона светлинни години (което е около хиляда пъти диаметъра на Млечния път). Ако вземете кутия с ширина и дължина от сто милиона светлинни години и я поставите ето *тук*, вземете още една такава кутия и я запратите ето *там* (да речем на един милиард светлинни години от *тук*), а после измерите средните общи свойства вътре във всяка кутия – средния брой галактики, средното количество материя, средната температура и така нататък, – ще ви бъде трудно да направите разлика между двете. Казано накратко, ако сте видели едно парче от космоса с големина сто милиона светлинни години, все едно сте видели всичките.

Такава еднородност е решаваща за прилагането на уравненията на общата теория на относителността при изследването на цялата вселена. За да разберете защо, представете си един красив еднороден гладък плаж, който ви моля да опишете в малък мащаб – тоест да опишете всяка една песъчинка. Вие сте в безизходица – задачата е твърде голяма. Но ако ви помоля да опишете характеристиките на плажа най-общо (например средно тегло на кубически метър пясък, средна отражателна способност на квадратен метър от повърхността на плажа и така нататък), задачата става напълно изпълнима. Това, което я прави изпълнима, е еднородността на плажа. Измерете средното тегло на пясъка, температурата и отражателната способност ето тук и сте готови. Ако направите същите измервания ето там, ще получите по същество идентични отговори. Същото е и с еднородната вселена. Задачата да опишете всяка планета, звезда и галактика е направо безнадеждна. Но да опишете средните характеристики на един еднороден космос е несравнимо по-лесно, а с появата на общата теория на относителността – и постижимо.

Ето как става това. Общото съдържание като цяло на голям обем пространство се характеризира чрез това, колко материя съдържа, по-точно плътността на материята или дори още по-точно, плътността на материята и енергията, които се съдържат в този обем. Уравненията на общата теория на относителността описват как се променя тази плътност с времето. Но без прилагането на космологичния принцип тези уравнения са безнадеждно трудни за анализиране. Те са общо десет и тъй като всяко едно е в сложна зависимост от всички останали, образуват един стегнат математически гордиев възел. За щастие, Айнщайн открил, че когато тези уравнения се приложат към еднородна вселена, математиката се опростява и десетте уравнения стават излишни, като в крайна сметка се свеждат до едно. Космологичният принцип разсича гордиевия възел, като свежда математическата сложност при изучаването на материята и енергията, пръснати из космоса, до едно уравнение (може да го видите в бележките).⁵

Не толкова радостно от гледна точка на Айнщайн било, че когато изследвал това уравнение, той открил нещо неочаквано и по негово мнение неприятно. Преобладаващата позиция на философията и науката била, че вселената не само е еднородна, но е и неизменна. Подобно на молекулите във вашата чаша чай, чието бързо движение се осреднява в течност, която привидно е статична, така и астрономическото движение на планетите около Слънцето и на Слънцето вътре в Галактиката се осреднява в един неизменен като цяло космос. Айнщайн, който се придържал към тази гледна точка за космоса, бил смаян, когато открил, че това било в противоречие с общата теория на относителността. Математиката сочела, че плътността на материята и енергията не може да бъде постоянна във времето. Плътността или се увеличава, или намалява, но не може да остане една и съща.

Макар зад това заключение да стои сложен математически анализ, физиката в основата му е съвсем тривиална. Представете си пътя на бейзболна топка, запратена от ъгъла към центъра на полето. В началото топката се изстрелва нагоре, после забавя скоростта си, достига най-високата си точка и започва да пада надолу. Топката не се носи спокойно като дирижабъл, защото гравитацията, която е сила на привличане, действа в една посока, притегляйки я към земната повърхност. Статичното положение, като например равенството при теглене на въже, изисква равни по големина и противоположни по посока взаимно уравновесяващи се сили. При дирижабъла тласъкът нагоре, който се противопоставя на теглещата надолу гравитация, се осигурява от налягането на въздуха (тъй като дирижабълът е пълен с хелий, който е по-лек от въздуха). При топката, която се намира в най-горната точка, няма сила, която да се противопостави на гравитацията (съпротивлението на въздуха действително се отразява на топката, когато е в движение, но не играе роля в статично положение), и така топката не може да остане на определена височина.

Айнщайн открил, че вселената повече прилича на бейзболна топка, отколкото на дирижабъл. Тъй като няма сила, действаща навън, която да уравновеси гравитационното при-

тегляне, общата теория на относителността показва, че вселената не може да бъде статична. Тъканта на космоса или се разширява, или се свива, но размерът ѝ не може да остане фиксиран. Обем от космоса с размер от сто милиона светлинни години във всяка посока днес няма да бъде с размер от сто милиона светлинни години във всяка посока утре. Той или ще е по-голям, като плътността на материята в него ще е намалела (тъй като се разпределя в по-голям обем), или ще е по-малък и плътността на материята в него ще е нараснала (тъй като се е сгъстила в по-малък обем).⁶

Айнщайн отстъпил. Според математиката на общата теория на относителността вселената в най-голям мащаб ще се променя, защото ще се променя нейният субстрат, самото пространство. Вечният и статичен космос, който Айнщайн очаквал да се появи от уравненията му, просто не бил там. Айнщайн бил основал новата наука космология, но бил дълбоко обезпокоен от посоката, в която го отвели изчисленията му.

Облагане на гравитацията

Често се твърди, че Айнщайн си затворил очите, върнал се към своите тетрадки и в отчаяние изопачил красивите уравнения на общата теория на относителността, за да ги съвмести с една вселена, която била не само еднородна, но и неизменна. Това е вярно само отчасти. Айнщайн наистина модифицирал уравненията си, за да подкрепят убеждението му, че космосът е статичен, но промяната била минимална и дълбоко обмислена.

За да добиете представа за математическия му ход, си представете данъчната си декларация. Измежду полетата, в които записвате числа, има и такива, които оставяте празни. Погледнато математически, празното поле означава, че въведената там стойност е нула, но от психологическа гледна точка това означава нещо повече. Означава, че пренебрегвате това поле, защото сте убедени, че то няма отношение към финансовото ви състояние.