

# **МИЧИО КАКУ**

# **ПАРАЛЕЛНИ СВЕТОВЕ**

Превод от английски: Венцислав Божилов, 2005

[chitanka.info](http://chitanka.info)

*На моята любима съпруга  
Шизу*

Световноизвестният физик и популярен писател Мичио Каку — човекът, който „има дарбата да поднася разбираемо и най-смелите идеи за космоса“ („Уолстрийт Джърнъл“) — въвежда читателя в едно вълнуващо приключение от Големия взрив до края на света, като по пътя разкрива смайващите постижения на теоретичната физика и астрономия.

В „Паралелни светове“ Мичио Каку описва необичайното развитие на революционната М-теория, своеобразно продължение на струнната теория, която промени разбиранията за вселената и мястото ни в нея. Като основно продължение на прочутата „теория на всичко“ на Айнщайн, М-теорията описва вселената като „мехур“, носещ се в невъобразимо голяма единадесетизмерна мултивселена. Физиците си представят нашата вселена като един от неизброимите вселени-мехури, отделени само на милиметри един от друг. Според това ново виждане през цялото време големи взривове слагат началото на нови паралелни светове и — ако те наистина са толкова близо, колкото смятат някои, — нашата вселена би могла дори да се сблъска с някой от тях — с всички произлизащи от това катастрофични последици.

Ако космологичните предсказания на съвременната наука са верни, пътуването между тези паралелни светове е не само възможно, а може да се окаже и единственият начин човечеството в далечното бъдеще да се спаси, като напусне нашата умираща вселена.

# ВЪВЕДЕНИЕ

Космологията е наука за вселената като цяло, за нейното възникване и за евентуалната ѝ гибел. Нищо чудно че тя претърпя много трансформации по време на своята бавна и мъчителна еволюция, възпирана често от религиозните догми и суеверия.

Първата революция в космологията бе предизвикана от изобретяването на телескопа през XVII в. С негова помощ Галилео Галилей, продължавайки труда на великите астрономи Николай Коперник и Йохан Кеплер, успя за първи път да осигури достъп до чудесата на небето за сериозни научни изследвания. Напредъкът през този първи етап от развитието на космологията намери своята кулминация в труда на Исак Нютон, който формулира фундаменталните закони за движението на небесните тела. Магията и мистицизмът в движението на звезди и планети отстъпиха пред сили, които можеха да бъдат изчислени и възпроизведени.

Втората революция започна с появата на големите телескопи на XX в. с техните огромни рефлекторни огледала. През 20-те години астрономът Едуин Хъбъл използва гигантския телескоп на обсерваторията „Маунт Уилсън“, за да обори догмата, според която вселената е статична и неизменна. Той показва, че галактиките се отдалечават от нас с огромна скорост и че вселената се разширява. Този факт потвърждаваше резултатите на общата теория на относителността на Айнщайн, според която архитектурата на континуума пространство-време не е плоска и линейна, а динамична и изкривена. Това даде първото приемливо обяснение за възникването на вселената, а именно, че тя е започнала съществуването си след страховитата експлозия, наречена „Големия взрив“, разпратила звездите и галактиките във всички посоки в пространството. С пионерската работа на Джордж Гамов и колегите му върху теорията за Големия взрив и на Фред Хойл върху произхода на елементите бяха очертани общите контури на еволюцията на вселената.

В момента сме свидетели на трета революция, развиваща се вече около пет години. Тя започна със серията нова високотехнологична апаратура като сателитите в космоса, лазерите, детекторите за гравитационни вълни, рентгеновите телескопи и високоскоростните суперкомпютри. Днес разполагаме с най-убедителните до момента данни за естеството на вселената, в това число за нейната възраст, състав, а може би и за нейното бъдеще и гибелта ѝ.

Днес астрономите разбират, че вселената се разширява все по-бързо и по-бързо и с времето става все по-студена и по-студена. Ако това състояние се запази, ние сме изправени пред Големия студ, когато вселената ще потъне в тъмнина, температурата ще се доближи до абсолютната нула и разумният живот няма да може да продължи да съществува.

Тази книга разказва именно за третата голяма революция. Тя се различава от предишните ми книги „Отвъд Айнщайн“ и „Хиперпространството“, с които запознах читателите с новите концепции за съществуването на по-висши измерения и със струнната теория. В „Паралелни светове“ не се спирам подробно върху континуума пространство-време, а върху революционните открития в областта на космологията през последните години, основаващи се на новите данни от лабораториите по цял свят, на постиженията в изследването на космоса и с небивалия напредък на теоретичната физика. Намерението ми е било книгата да може да се чете и разбере без предварително въведение във физиката или космологията.

В първата част се спирам върху изучаването на вселената и обобщавам постиженията от досегашните етапи в развитието на космологията. Те намират своята кулминация в т.нар. „инфлационна теория“ (или теория за раздуването на вселената), която представлява най-напредничавата трактовка на теорията за Големия взрив. Във втората част разглеждам най-вече появата на теорията за мултивселената — свят, съставен от множество вселени, в който нашият свят е само една нищожна част. Спирам се върху вероятността на съществуването на дупките-червеи, на изкривяванията на пространството и времето и как те биха могли да се свързват чрез по-висшите измерения. Суперструнната теория и М-теорията представляват първата по-голяма стъпка, продължение на първоначалната теория на Айнщайн. Те са на път да докажат, че може

би нашата вселена не е единствената. Накрая, в третата част анализирам Големия студ и как съвременните учени виждат гибелта на вселената. Освен това предлагам сериозна, макар и доста спекулативна дискусия за това какви са възможностите на една високоразвита цивилизация в далечното бъдеще да успее да се спаси в друга, по-гостоприемна вселена и да продължи съществуването си, или да се върне назад във времето, когато нашата вселена е била по-топла.

При цялото море от нови данни, които получаваме непрекъснато с новите видове апаратура, с чиято помощ оглеждаме небето, с детекторите за гравитационни вълни и с огромните атомни разбивачи, които са почти готови, физиците смятат, че може би се намират на прага на златния век на космологията. С две думи, днес е истинско щастие да бъдеш физик и пътешественик в търсенето на истината за нашия произход и за съдбата на вселената.

# **ПЪРВА ЧАСТ**

## **ВСЕЛЕНАТА**

## ДЕТСКИ СНИМКИ НА ВСЕЛЕНАТА

*„Поетът желае единствено да прати главата си в небесата. Логикът е онзи, който се мъчи да вкара небесата в главата си. И именно неговата глава се пръска.“*

Г. К. Честерсън

Като дете имах личен конфликт относно вярванията си. Родителите ми бяха възпитани в будистката традиция. А аз всяка седмица посещавах неделното училище, където с удоволствие слушах библейските притчи за китове, кивоти, солни стълбове, ребра и ябълки. Бях очарован от иносказанията в Стария завет — любимата ми част от заниманията в неделното училище. Историите за всемирни потопи, горящи храсти и разделящи се води ми се струаха далеч по-вълнуващи от монотонното припяване на будистите и медитацията. Всъщност тези древни предания за героизъм и трагични събития много живо илюстрираха дълбоките морални и етически уроци, които ми останаха за цял живот.

Един ден изучавахме „Битие“. Да четеш за Бог, който с гръмовен глас провъзгласява: „Да бъде светлина!“, бе далеч по-драматично от мълчаливото медитиране в стремежа си да достигнеш нирвана. От чисто детско любопитство попитах моята учителка: „А Бог имал ли е майка?“ Обикновено тя разполагаше с резерв от уместни и остроумни отговори, в които се криеше и дълбока морална поука. Този път обаче я сварих неподготвена. „Не — отвърна ми тя колебливо. — Бог по всяка вероятност не е имал майка.“ „Но тогава откъде се е появил?“, запитах аз. Тя смотолеве, че по този въпрос ще трябва да се посъветва с пастора.

Не си давах сметка, че съвсем случайно бях засегнал един от основните въпроси на теологията. Бях объркан, тъй като в будизма няма никакъв абсолютен Бог, а само вечна вселена без начало и без

край. По-късно, когато започнах да се запознавам с големите световни митологии, научих за съществуването на два основни типа космологии в религиите. Първата се основава на един-единствен момент, когато Бог е сътворил вселената, а втората — на идеята, че вселената винаги е съществувала и ще продължава да съществува.

Помислих си, че е невъзможно и двете да са верни.

По-късно започнах да откривам, че тези общи теми се срещат у много други култури. Например според китайската митология в началото е съществувало космическо яйце, носещо се през безформения хаос. Богът зародиш Пан Ку прекарал почти цяла вечност в него и когато най-сетне се излюпил, започнал да расте неимоверно — с повече от три метра на ден, — така че горната част на черупката на яйцето образувала небето, а долната — земята. След 18 000 години Пан Ку умрял, за да роди нашия свят — кръвта му се превърнала в реки, очите му — в слънцето и луната, а гласът му — в гръмотевицата.

Митът за Пан Ку отразява една тема, която може да се открие в редица други религии и древни митологии — за вселената, започнала съществуването си чрез *creatio ex nihilo* (сътворение от нищото). Според древногръцката митология вселената започнала от състояние на хаос (всъщност самата дума „хаос“ е гръцка и означава „бездна“). Това безформено състояние често се описва като океан, както е например във вавилонската и японската митология. Същата тема можем да открием и в древноегипетската митология, според която богът слънце Ра се появил от носещо се в океана яйце. В полинезийската митология яйцето е заместено с черупката на кокосов орех. При майите историята се разказва в друг вариант, според който вселената се ражда, но умира след 5000 години, след което се възражда отново и отново, повтаряйки безкрайния цикъл на раждане и умиране.

Тези *creatio ex nihilo* митове се намират в разрез с космологията според будизма и някои форми на индуизма. В тези митологии вселената е вечна, без начало и без край. Има множество нива на съществуване, най-висшето от които е нирваната, която е вечна и може да се постигне единствено чрез най-всеотдайната медитация. В индуистката „Махапурана“ се казва: „Ако Бог е създал света, къде е бил той преди Сътворението?... Знай, че светът е неръкотворен и като самото време е без начало и без край.“



Двете митологични системи са противоположни една на друга и на пръв поглед помежду им няма обединяващо начало. Те взаимно се изключват — вселената или е имала, или е нямала начало. По всичко личи, че средно положение не съществува.

Днес обаче като че ли се появява обединяващото начало, при това от напълно неочаквана посока — от света на науката, като резултат от новото поколение мощна научна апаратура, изпратена в открития космос. Древните митологии разчитали на мъдростта на разказвачите, за да изяснят произхода на света. В наши дни учените използват мощта на цели батареи космически спътници, лазери, детектори за гравитационни вълни, интерферометри, високоскоростни суперкомпютри и интернет, за да революционизират разбиранията ни за вселената и да ни дадат най-убедителното описание за нейното възникване.

От събраните данни постепенно се оформя грандиозен синтез между двете противопоставящи се митологични системи. Учените предполагат, че може би Сътворението се осъществява непрекъснато във вечния океан от нирвана. Според тази нова идея нашата вселена може да се уподоби на мехур, носещ се в много по-голям „океан“, в който непрекъснато се образуват нови мехури. Според тази теория вселените, подобно на мехурите в кипящата вода, се образуват непрекъснато и пребивават на много по-голямата арена — нирваната на единадесетмерното хиперпространство. Все повече физици предполагат, че нашата вселена наистина се е появила при ужасния катаклизъм, известен като Големия взрив, но и че тя съществува в един вечен океан редом с множество други вселени. Ако това е така, големи взривове се случват дори и в момента, в който четете това изречение.

Днес физиците и астрономите от целия свят умуват как ли изглеждат тези паралелни светове, на какви закони се подчиняват, как са възникнали и как в крайна сметка ще загинат. Може би тези паралелни светове са пусти и лишени от основните елементи на живота. А може би приличат досущ на нашата вселена и са разделени помежду си от едно-единствено квантово събитие, благодарение на което се и различават. Някои дори смятат, че може би един ден, когато животът стане невъзможен в нашата остаряваща и ставаща все по-студена вселена, хората ще бъдат принудени да я напуснат и да потърсят убежище в друга вселена.

Зад всички тези нови теории стои огромният поток данни, с който ни заливат нашите сателити, докато фотографират останките от самото сътворение. Забележително е, че днес учените анализират случилото се някакви си 379 000 години след Големия взрив, когато вселената се е изпълнила за първи път с „остатъчното лъчение“ от сътворението. Може би най-убедителната картина на това лъчение е получена от един нов апарат, известен като спътника *WMAP*.

#### СПЪТНИКЪТ *WMAP*

„Невероятно!“ „Епохално събитие!“ Такива възгласи можеха да се чуят през февруари 2003 г. от устата на обикновено резервираните астрофизици, описващи получените безценни данни от най-новия им апарат. Спътникът *WMAP* (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* — микровълнова анизотропна сонда на Уилкинсън), кръстен на космолога-пионер Дейвид Уилкинсън и изведен в космоса през 2001 г., бе изпратил на учените безпрецедентно точна картина на вселената, когато възрастта ѝ е била едва 379 000 години. Колосалната енергия, останала от първоначалното огнено кълбо, дала живот на звезди и галактики, обикаляла вселената в продължение на милиарди години. Днес тя най-сетне бе уловена изключително детайлно от камерите на спътника и филмите разкриха невиджана досега карта — фотография на небето, показваща в зашеметяващи детайли микровълновото лъчение, създадено от самия Голям взрив и наречено „ехо от сътворението“ в списание „Тайм“. След тези снимки астрономите никога няма да гледат към небето по същия начин, по който го правеха досега.

Откритията на *WMAP* представляват за космологията „инициация за превръщането ѝ от спекулативна в точна наука“, заяви Джон Бакол от Института за модерни изследвания в Принстън.<sup>[1]</sup> За пръв път потокът данни от този ранен период от историята на вселената позволи на космолозите да дадат точен отговор на най-древния от всички въпроси, вълнували човека от времето, когато за пръв път вдигнал очи към прекрасното сияние на нощното небе. Колко стара е вселената? Как е сътворена? Каква би била съдбата ѝ?

(Първите неясни образи на това фоново лъчение, изпълващо небето, бяха получени през 1992 г. от спътника *COBE* [*Cosmic Background Explorer*]. Макар и революционен, резултатът бе и

разочароващ заради нефокусираната картина на ранната вселена. Това не попречи на пресата ентусиазирано да кръсти фотографията „лицето на Бог“. На получените от *COBE* неясни образи повече би им подходило да бъдат наречени „детски снимки“ на новородената вселена. Ако приемем, че днес вселената е осемдесетгодишен човек, то снимките на *COBE* и *WMAP* ни го представят такъв, какъвто е изглеждал само няколко часа след раждането си.)

Причината *WMAP* да може да направи такива безпрецедентни снимки се крие във факта, че нощното небе е като машина на времето. Светлината пътува с крайна скорост и виждаме звездите такива, каквито са изглеждали някога, а не днес. На светлината ѝ е нужно малко повече от една секунда, за да измине разстоянието от Луната до Земята, така че когато наблюдаваме нашия спътник, ние го виждаме такъв, какъвто е бил преди секунда. Разстоянието между Слънцето и Земята се изминава за около осем минути. Много от познатите ни звезди в небето са толкова отдалечени, че на светлината от тях са ѝ нужни между 10 и 100 години, за да достигне очите ни. (С други думи, те се намират на 10 до 100 светлинни години от Земята. Светлинната година е грубо около 9,5 трилиона км или разстоянието, изминавано от светлината за една година.) Светлината от далечните галактики може да пътува до нас стотици милиони или милиарди години. В резултат на това галактиките представляват „фосилна“ светлина, част от която е била излъчена още преди времето на динозаврите. Най-далечните обекти, които могат да уловят телескопите ни, се наричат квазари — огромни галактични двигатели, генериращи неимоверни количества енергия на самия край на видимата вселена, който може да се намира на 12 милиарда светлинни години от Земята. А *WMAP* успя да регистрира лъчение, излъчено още по-рано — от първоначалното огнено кълбо, положило началото на всичко.

За да опишат вселената, космолозите понякога използват за пример поглеждането надолу от Емпайър Стейт Билдинг, извисяващ се на повече от сто етажа над Манхатън. Ако погледнете от върха му, едва ще видите нивото на улиците. Да си представим, че основата на небостъргача е Големият взрив. От нашата гледна точка от върха му най-далечните галактики, които можем да видим, ще се намират на десетия етаж. Най-далечните квазари, които могат да се видят с телескоп, ще са на седмия етаж. А фоновото излъчване, засечено от

WMAP, ще бъде на сантиметър над уличната настилка. Така WMAP ни дава информация за възрастта на вселената с изумителната точност до един процент — 13,7 милиарда години.

Мисията на WMAP е кулминация на десетгодишния усърден труд на астрофизиците. Концепцията бе предложена за първи път през 1995 г. от NASA и бе одобрена две години по-късно. На 30 юни 2001 г. NASA изведе спътника WMAP с помощта на ракетата носител „Делта II“ на орбита между Слънцето и Земята. Разстоянието бе подбрано грижливо във втората точка на Лагранж (или  $L2$  — специална точка на относително гравитационно равновесие в близост до Земята).<sup>[2]</sup> От тази позиция сателитът винаги е насочен настрани от Слънцето, Земята и Луната и така може да наблюдава вселената без абсолютно никакви пречки. Сателитът обхваща цялото небе веднъж на всеки шест месеца.

Апаратурата на сателита е истинско произведение на изкуството. Мощните му сензори са в състояние да регистрират слабото микровълново лъчение от Големия взрив, което продължава да изпълва вселената, но се поглъща от атмосферата на планетата ни. Сателитът от алуминиеви сплави е с размери 3,8 на 5 м и тежи 840 кг. Оборудван е с два обвърнати в противоположни посоки телескопа, които фокусират микровълновото лъчение от космоса и го предават към Земята. Уредът се захранва само от 419 вата електричество (толкова, колкото консумират пет обикновени електрически крушки). Отдалечен на 1,5 милиона км от Земята, WMAP е разположен много над непостоянната земна атмосфера, способна да заглуши микровълновия фон, и е в състояние да изследва непрекъснато цялото небе.

Сателитът завърши първото си пълно наблюдение на небето през април 2000 г. Шест месеца по-късно беше направен вторият пълен обзор. До днес WMAP ни е дал най-пълната и подробна карта на лъчението, получавана някога в историята на космическите изследвания. Фоновото микровълново лъчение, уловено от WMAP, било предсказано за първи път от Джордж Гамов и екипа му през 1948 г. Освен това той отбелязал, че с това лъчение е свързана и температура. WMAP успя да я измери — съвсем малко над абсолютната нула, или между  $2,7249$  и  $2,7251^\circ\text{K}$  (между  $-270,4251^\circ\text{C}$  и  $-270,4249^\circ\text{C}$ ).

Лаикът би намерил небесната карта на *WMAP* за доста безинтересна — просто колекция от безразборно разхвърляни точки. Тази колекция обаче докара някои астрономи едва ли не до сълзи, тъй като точките представляват всъщност флуктуациите или отклоненията в първоначалния катаклизъм на Големия взрив малко след раждането на вселената. Тези малки флуктуации са като „семена“, които са се уголемили неимоверно при разширяването на вселената. Днес те са се преобразили в галактичните купове и галактики, които виждаме да блестят в небето. С други думи, нашият Млечен път и всички галактични купове, които виждаме около нас, някога са били една от тези малки флуктуации. Чрез измерването на разпространението им, ние можем да видим възникването на галактичните купове подобно на точки върху космическия гоблен на нощното небе.

## Art 001 <sup>[3]</sup>

*Направена от WMAP „детска снимка“ на вселената, показваща как е изглеждала тя само 379 000 години след възникването си. Всяка точка по всяка вероятност представлява малка квантова флуктуация в остатъчното сияние след сътворението, която впоследствие се е разширила, за да създаде галактиките и галактичните купове, които виждаме днес.*

Днес количеството астрономически данни изпреварва теориите на учените. Всъщност ще си позволя да кажа, че навлизаме в истински златен век на космологията. (Колкото и да е впечатляващ, *WMAP* по всяка вероятност ще бъде засенчен от спътника „Планк“, който предстои да бъде изстрелян от Европейския съюз през 2007 г. „Планк“ ще може да осигури на астрономите още по-детайлни картини на това микровълново фоново лъчение.) Днес космологията най-сетне съзрява и излиза от сенките на науката след години, прекарани в блатото на предположенията и правените наслуки догадки. Исторически погледнато, космолозите се ползват с доста неприятна репутация. Страстта, с която излагали грандиозните си теории за вселената,

можела да се сравнява единствено със зашеметяващата оскъдица на изходни данни. Както остроумно отбелязва Нобеловият лауреат Лев Ландау, „космолозите често грешат, но никога не се съмняват“. Сред учените битува една стара шега — „Спекулации, спекулации, и накрая — космология.“

Докато учех физика в Харвард в края на 60-те, за известно време си поиграх с мисълта дали да не специализирам космология. Още от детството си винаги съм изпитвал жив интерес към възникването на вселената. Един бърз поглед върху специалността обаче незабавно ми показва, че тя е ужасно примитивна. Космологията в никакъв случай не представляваше експериментална наука, в която човек да може да провери хипотезата си с прецизна апаратура, а по-скоро сбор от неопределени и прекалено спекулативни теории. Космолозите разгорещено спореха дали вселената се е родила при някаква космическа експлозия, или винаги е съществувала в едно и също състояние. Но при наличието на толкова малко данни, теориите неизменно изпреварваха изходния материал. Всъщност се получаваше така, че колкото по-малко бяха данните, толкова по-бурен ставаше спорът.

През цялата история на космологията липсата на достатъчно сигурни данни водела и до продължителни яростни битки между астрономите, които често траели десетилетия. Например точно преди Алан Сандейдж от обсерваторията „Маунт Уилсън“ да изнесе доклад за възрастта на вселената, говорещият преди него саркастично обявил: „Всичко, което ще чуете след малко, е напълно невярно.“<sup>[4]</sup>

Като чул как противниковата група спечелила на своя страна значителна част от публиката, Сандейдж изревал: „Това са пълни глупости! Ние сме във война!“<sup>[5]</sup>

#### ВЪЗРАСТТА НА ВСЕЛЕНАТА

Астрономите винаги са изпитвали особено силно желание да разберат възрастта на вселената. В продължение на векове учени, свещеници и теолози са се опитвали да изчислят преди колко време се е появил светът, използвайки единствения достъпен им метод — генеалогията на човечеството от времето на Адам и Ева. През XX в. геолозите използват остатъчната радиация в скалите, за да успеят

възможно най-точно да определят възрастта на Земята. По подобен начин *WMAP* измерва ехото от самия Голям взрив, за да ни даде най-достоверната възраст на вселената. Данните от сателита разкриват, че тя се е родила при страховита експлозия преди 13,7 милиарда години.

(В продължение на години един от най-объркващите факти в космологията бе, че поради погрешните изходни данни често се оказваше, че вселената е по-млада от планетите и звездите. Предишните изчисления даваха възраст до 1–2 милиарда години, което си противоречи с възрастта на Земята [4,5 милиарда години] и най-старите звезди [12 милиарда години]. Тези противоречия вече са разрешени.)

*WMAP* предизвика небивал обрат в дебата относно това от какво е съставена вселената — въпрос, задаван още от древните гърци преди повече от 2000 години. През последното столетие учените смятаха, че знаят отговора. След хиляди усърдни експерименти те бяха стигнали до заключението, че по същество вселената е съставена от стотина различни вида атоми, организирани в периодична таблица, започвайки от елемента водород. Това схващане стои в основата на съвременната химия и на практика се преподава в часовете по естествени науки във всяко училище. А сега *WMAP* запрати това виждане в историята.

Потвърждавайки по-ранните експерименти, *WMAP* показва, че видимата материя около нас (в това число планините, планетите, звездите и галактиките) съставлява нищожните 4 процента от цялата материя и енергия, съдържаща се във вселената. (Огромната част от тези 4 процента се пада на водорода и хелия; на тежките елементи остават около 0,3 процента.) Оказва се, че по-голямата част от вселената е съставена от загадъчен невидим материал с напълно неизвестен произход. Познатите ни елементи, от които е съставен и нашият свят, съставляват едва 0,3 процента от вселената. Физиците се сблъскаха с факта, че вселената се доминира от напълно нови и непознати форми материя и енергия и в известен смисъл се оказаха захвърлени столетия назад в миналото, преди появата на атомната хипотеза.

Според данните от *WMAP* 23 процента от вселената е съставена от странна и неопределена субстанция, наричана тъмна материя, която има маса и обгръща галактиките в огромен ореол, но е напълно невидима. Тъмната материя е толкова широко разпространена и е в

такова изобилие, че дори в нашия Млечен път масата ѝ надвишава около десет пъти масата на звездите. Макар и невидима, тази странна тъмна материя може да се наблюдава индиректно от учените, тъй като изкривява звездната светлина подобно на стъкло и така може да се установи чрез количеството оптично изкривяване, което създава.

Обсъждайки получените от *WMAP* странни резултати, астрономът Джон Бакол от Принстън казва: „Живеем в невероятна, шантава вселена, но вече знаем основните ѝ характеристики.“<sup>[6]</sup>

Но може би най-голямата изненада от данните от *WMAP*, предизвикали истинска буря в научната общност, бе фактът, че най-малкото 73 процента от вселената представляват напълно неизвестна форма на енергия, наречена тъмна енергия или невидима енергия, скрита в космическия вакуум. Предположена през 1917 г. от Айнщайн, който по-късно загърбил хипотезата си (нарекъл я „най-големия си гаф“), тази тъмна енергия — енергията на нищото или на празното пространство — днес се появява отново като движеща сила в цялата вселена. Смята се, че тази тъмна енергия създава ново антигравитационно поле, което е причина за раздалечаването на галактиките една от друга. В крайна сметка именно тя предопределя съдбата на самата вселена.

Днес никой няма представа откъде се появява тази „енергия на нищото“. „Честно казано, ние просто не я разбираме. Знаем какви са ефектите ѝ, (но) сме в пълно неведение... Всички са в пълно неведение“<sup>[7]</sup>, признава астрономът Крейг Хоган от университета „Вашингтон“ в Сиатъл.

Ако използваме най-новата теория за субатомните частици и се опитаме да изчислим количеството тъмна енергия, ще получим число, надхвърлящо  $10^{120}$ . Това несъответствие между теорията и експерименталните резултати е несъмнено най-голямото, съществувало някога в историята на науката. За нас то е едно от най-големите затруднения — най-добрата ни теория не е в състояние да определи стойността на най-големия енергиен източник в цялата вселена. Несъмнено цяла лавица Нобелови награди стои в очакване на дръзки умове, решили се да разкрият загадката на тъмната материя и тъмната енергия.

ИНФЛАЦИЯ



Астрономите все още се мъчат да пребродят морето от данни, получени от *WMAP*. Заличавайки старите концепции, тези данни помагат за оформянето на нова картина на вселената. „Положихме крайъгълния камък на обща съгласувана теория на космоса“<sup>[8]</sup>, заявява Чарлс Л. Бенет, шефът на международния екип, занимавал се със създаването и анализа на *WMAP*. Водещата засега теория е „инфлационната теория за вселената“ — основно усъвършенстване на теорията за Големия взрив, предложено за първи път от физика Алан Гът от Масачузетския технологичен институт. Според тази теория през първата трилионна от трилионната от секундата след Големия взрив, загадъчната антигравитационна сила е накарала вселената да се раздуе много по-бързо, отколкото се е предполагало дотогава. Този период на инфлация бил невъобразимо експлозивен и вселената се е разширила с много по-висока скорост от скоростта на светлината. (Това не противоречи на постулата на Айнщайн, според който нищо не може да се движи по-бързо от светлината, тъй като се разширява не друго, а празното пространство. Материалните обекти не могат да преминат установената бариера.) Само за частица от секундата вселената се е разширила с невероятните  $10^{50}$  пъти.

За да онагледим мощта на този период на раздуване, нека си представим бързо надуван балон, върху чиято повърхност са нарисувани галактиките. Вселената, която виждаме днес, е изпълнена със звездите и галактиките, които се намират върху повърхността на балона, а не във вътрешността му. Нека сега нарисуваме микроскопичен кръг върху балона. Той изобразява видимата вселена — всичко онова, което можем да регистрираме с телескопите си. (За сравнение, ако цялата видима вселена е с размерите на субатомна частица, то реалните размери на вселената биха били много по-големи от размерите на видимата вселена около нас.) С други думи, това първоначално разширяване е било толкова интензивно, че съществуват цели региони от вселената, които са далеч отвъд видимата вселена и които никога не ще можем да достигнем.

Разширяването е било толкова огромно, че на практика балонът ни се струва плосък — факт, потвърден експериментално от *WMAP*. По същата причина, поради която Земята ни се струва плоска — ние сме прекалено малки в сравнение с нейния радиус, — вселената изглежда така единствено заради колосалните ѝ размери.

Ако приемем, че в началото на съществуването си вселената е минала през този процес на инфлация, то почти без усилие можем да обясним много от главоблъсканиците относно нея — като например защо тя ни изглежда плоска и еднородна. Коментирайки инфлационната теория, физикът Джоуел Примак отбелязва: „Досега нито една прекрасна теория като тази не се е оказвала толкова погрешна.“<sup>[9]</sup>

#### МУЛТИВСЕЛЕНАТА

Макар и да е в съответствие с данните от *WMAP*, теорията за инфлационната вселена все пак не дава отговор на въпроса какво е причинило това рязко разширяване. Какво е отприщило тази антигравитационна сила, причинила разширяването? Съществуват над петдесет теории, обясняващи какво е предизвикало бурното разширяване и какво впоследствие го е прекратило. Но все още не е постигнат консенсус. Повечето физици се обединяват около идеята за период на внезапно и бързо разширяване на вселената, но все още не съществува категоричен отговор на въпроса каква е била движещата сила, която го е предизвикала.

Тъй като никой не знае точно как е започнало това бързо разширяване, винаги има възможност същият механизъм да се задейства отново — т.е., тези инфлационни експлозии да се повтарят. Това е идеята, предложена от руския физик Андрей Линде от Станфордския университет — че механизмът (какъвто и да е той), предизвикал внезапното разширяване, все още продължава да действа и може би предизвиква разширяване в други отдалечени райони на вселената.

Според тази теория малка част от вселената може внезапно да се разшири и да се „пъпкува“, полагайки началото на „дъщерна“ вселена или „вселена-бебе“, която на свой ред да създаде друга и процесът да продължава вечно. Представете си, че правите сапунени мехури. Ако духате достатъчно силно, ще забележите, че някои от мехурите се разделят наполовина и създават нови мехури. По същия начин вселената може непрекъснато да ражда нови вселени. Според тази теория Големият взрив е перманентен. Ако това е така, може да се окаже, че живеем сред множество такива вселени, подобно на мехур,

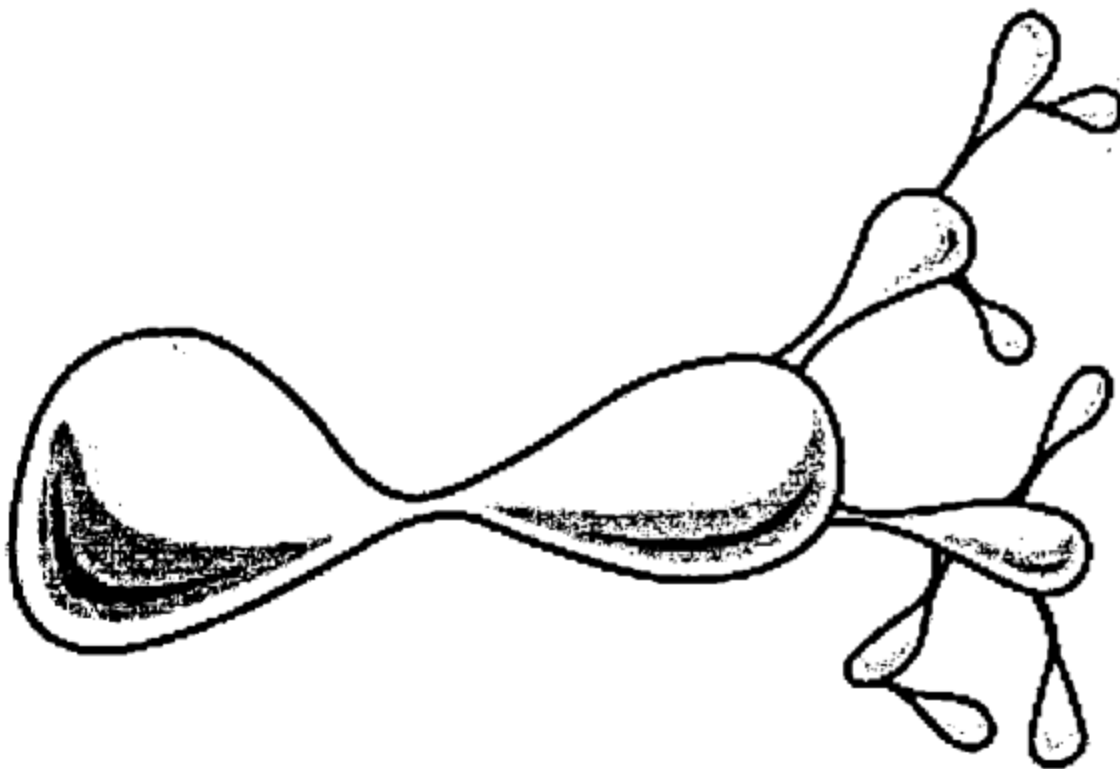
носещ се в океан от други подобни мехури. Всъщност по-подходящо в такъв случай би било понятието „мултивселена“ или „мегавселена“.

Линде нарича тази теория вечна и повтаряща се инфлация, или „хаотична инфлация“, защото според него става въпрос за вечен процес на непрекъснато разширяване на паралелни вселени. „Инфлацията сама по себе си налага идеята за съществуването на много вселени“<sup>[10]</sup>, заявява Алан Гът, който пръв излиза с това предположение.

Тази теория означава също, че нашата вселена в определен момент също може да създаде своя собствена дъщерна вселена. Може би познатият ни свят също е започнал чрез пъпкуване от някоя по-стара и по-ранна вселена.

Както казва кралският астроном сър Мартин Рийс: „Онова, което често се нарича «вселената», може да се окаже просто една част от цялото. Може да съществуват безброй други конфигурации, в които природните закони да са различни. Вселената, в която сме се появили ние, се подчинява на необичайна комбинация от природни закони, позволила появата на сложна материя и разум.“<sup>[11]</sup>

Всички тези изследвания върху мултивселената доведоха до предположения как ли изглеждат тези други вселени, дали в тях е възможно възникването на живот и дори дали не е възможно да установим контакт с тях. Изчисленията, извършени от учените в „Кал Тек“, Масачузетския технологичен институт, в Принстън и в други учебни центрове, целят да се определи дали проникването в паралелна вселена не противоречи на законите на физиката.



*Събраните научни данни подкрепят идеята за съществуването на мултивселена, в която всички вселени непрекъснато се раждат или „пъпкуват“ от други вселени. Ако това е наистина така, то тази теория би могла да обедини двете големи митологични концепции за сътворението и за нирвана. Сътворението ще бъде непрекъснат процес, извършващ се в сферите на вечната нирвана.*

#### М-ТЕОРИЯТА И ЕДИНАДЕСЕТТО ИЗМЕРЕНИЕ

Самата идея за паралелни вселени навремето се приемала с подозрение от учените като област на мистици, шарлатани и чудаци. Всеки уважаващ себе си учен, дръзнал да обърне внимание на паралелните вселени, ставал за посмешище и рискувал кариерата си, тъй като дори и днес не съществуват експериментални данни, доказващи съществуването им.

Напоследък обаче нещата се промениха драстично и най-добрите умове на планетата работят усилено върху тази тема. Причината за

внезапния обрат се крие в появата на нова теория — струнната теория и нейната последна версия — М-теорията, която обещава не само да разкрие естеството на мултивселената, но и да ни позволи да „разчетем замисъла на Бог“, както се е изразил навремето Айнщайн. Ако се окаже вярна, тази теория ще представлява най-голямото постижение на физиката за последните две хилядолетия — от времето, когато древните гърци започнали да търсят една обща съгласувана и изчерпателна теория за вселената.

Броят на публикуваните върху струнната и М-теорията трудове е зашеметяващ и възлиза на десетки хиляди. По темата се проведеха стотици международни конференции. Всеки по-голям университет в света или разполага с екип, работещ върху струнната теория, или отчаяно се опитва да я проучи. Макар че теорията не подлежи на проверка с помощта на съвременните ни несъвършени инструменти, тя предизвиква огромен интерес у физици, математици и дори експериментатори, които се надяват да проверят в бъдеще нейната периферия с помощта на огромни атомни преси и мощни детектори на гравитационни вълни в открития космос.

В крайна сметка тази теория може да отговори на въпроса, убягвал на космолозите още от първата поява на идеята за Големия взрив — какво е било преди него?

Този въпрос изисква от нас да впрегнем цялата сила на познанията си в областта на физиката и всяко откритие, направено през вековете. С други думи, ние се нуждаем от „теория за всичко“ — теория на физическата сила, която движи вселената. Айнщайн посветил последните тридесет години от живота си в търсене на тази теория, но в крайна сметка така и не успял.

Понастоящем водещата (и единствена) теория, способна да обясни разнообразието на силите, движещи вселената, е струнната теория или нейната последна инкарнация — М-теорията. (М идва от „мембрана“, но може да означава също и „мистерия“, „магия“ и дори „майка“. Макар че струнната теория и М-теорията са по същество идентични, М-теорията е по-загадъчна и по-сложна рамка, обединяваща различни струнни теории.)

Още от времето на древните гърци философите предполагали, че основните градивни частици на материята може би представляват малки частици, наречени атоми. Днес с помощта на апаратурата за

разцепване на атома и с ускорителите на частици, ние сме в състояние да разделим атома на електрони и ядра, които от своя страна могат да се разградят до още по-малки субатомни частици. Но вместо да открием елегантна и проста обща схема, ние с тревога установяваме, че в ускорителите ни се появяват стотици субатомни частици със странни имена като неутрино, кварки, мезони, лептони, хадрони, глюони, W-бозони и т.н. Трудно е да се повярва, че на най-фундаментално ниво природата е в състояние да създаде подобна объркваща джунгла от чудати субатомни частици.

Струнната теория и М-теорията се основават на простата и елегантна идея, че зашеметяващото разнообразие субатомни частици, изграждащи вселената, е подобно на нотите, които могат да се изсвирят на струната на цигулка или на мембрана като тази на барабана. (В случая не става дума за обикновени струни и мембрани, а за такива, които съществуват в десет- и единадесетмерно хиперпространство.)

По традиция физиците разглеждали електроните като безкрайно малки частици-точки. Това означава, че им се налага да въвеждат различна частица-точка за всяка от стотиците открити от тях субатомни частици, което е изключително объркващо. Но според струнната теория, ако разполагаме със супермикроскоп, способен да надникне в сърцето на електрона, ще открием, че той далеч не е частица-точка, а малка вибрираща струна, която ни прилича на частица само заради несъвършенството на инструментариума ни.

Тази малка струна вибрира с различни честоти и дава различен резонанс. Ако можехме да я дръпнем, тя би променила тоналността си и би се превърнала в друга субатомна частица — например в кварк. Ако я дръпнем отново, ще получим неутрино. Така можем да обясним вихрушката субатомни частици просто като различни музикални ноти на една и съща струна. Така вместо стотиците субатомни частици, които наблюдаваме в лабораторията, ще имаме един-единствен обект — струната.

Според този нов речник законите на физиката, установени след хилядолетия експерименти, не са нищо друго, освен закони на хармонията, които могат да се напишат за струни и мембрани. Законите на химията са мелодии, които могат да се изсвирят на тези струни. Самата вселена е симфония от струни. А „замисълът на Бог“,

както образно го нарича Айнщайн, е космическата музика, резонираща през хиперпространството. (Което повдига друг въпрос — ако вселената е симфония от струни, то съществува ли композитор? Разглеждам този въпрос в 12 глава.)

<b>Музикален аналог</b>	<b>Струнно съответствие</b>
Музикално нотиране	Математика
Струни на цигулка	Суперструни
Ноти	Субатомни частици
Закони на хармонията	Физика
Мелодии	Химия
Вселена	Симфония от струни
„Замисълът на Бог“	Музика, резонираща през хиперпространството
Композитор	?

#### КРАЯТ НА ВСЕЛЕНАТА

*WMAP* не само ни дава най-точната картина на ранната вселена, но и детайлно описание на начина, по който тя ще загине. Мистериозната антигравитационна сила, която е отблъснала галактиките една от друга в зората на времето, сега води вселената към нейната гибел. Преди астрономите смятаха, че разширяването на вселената постепенно се забавя. Днес разбираме, че скоростта на разширяването всъщност се увеличава и че галактиките все по-стремително се разбягват една от друга. Същата тъмна енергия, съставляваща 73 процента от материята и енергията, ускорява разширяването на вселената и отблъсква галактиките една от друга с все по-висока скорост. „Вселената е като шофьор, който намалява, приближавайки към червен светофар, и рязко натиска газта, когато светне зелено“<sup>[12]</sup>, казва Адам Рис от института „Спейс Телескоп“.

Ако не стане нещо, което да обърне това разширяване, след 150 милиарда години нашият Млечен път ще остане самотен — 99,99999 процента от всички останали галактики ще са се оказали далеч отвъд границите на видимата вселена. Познатите ни галактики в небето ще

се разбягват толкова бързо от нас, че светлината им никога няма да достигне до нашата планета. Самите галактики няма да изчезнат, но ще бъдат прекалено далеч, за да могат да бъдат видени от телескопите ни. Макар видимата вселена да съдържа около 100 милиарда галактики, след 150 милиарда години ще се виждат само няколко хиляди в местния галактичен свръхкуп. След още години цялата видима вселена ще се състои единствено от нашата локална група, състояща се от едва тридесет и шест галактики, а милиардите други ще се намират отвъд линията на хоризонта. (Гравитацията в локалната група е достатъчно мощна, за да преодолее силата на раздалечаването. Иронично е, но след като далечните галактики изчезнат от погледа ни, астрономите от онези тъмни епохи няма да са в състояние да наблюдават разширяването на вселената, тъй като самата локална група не се разширява. Анализирайки за първи път нощното небе, астрономите от далечното бъдеще биха могли да не разберат, че съществува подобно разширяване, и да заключат, че вселената е статична и се състои само от тридесет и шест галактики.)

Ако антигравитационната сила продължи да действа, в крайна сметка вселената ще загине от студ. Всички разумни форми на живот ще бъдат сполетени от агонизираща смърт, тъй като температурата на открития космос ще достигне до абсолютната нула, при която молекулите няма да са в състояние да се движат. В някакво далечно бъдеще, след трилиони и трилиони години, звездите ще престанат да светят, ядрените им огньове ще изгаснат, след като горивото им свърши и небето ще остане завинаги черно. Разширяването ще остави единствено една студена и мъртва вселена от звезди-джуджета, неутронни звезди и черни дупки. А още по-далеч в бъдещето самите черни дупки ще изчерпят енергията си, оставяйки след себе си единствено безжизнена студена мъгла от реещи се субатомни частици. В такава безрадостна студена вселена разумният живот е физически невъзможен по всички приемливи дефиниции. Железните закони на термодинамиката забраняват предаването на каквато и да било информация в подобни замръзнали условия — а това означава, че за живота просто няма да има място.

Първото предположение, че вселената може в крайна сметка да загине в лед, е било направено през XVIII в. Коментирайки потискащата концепция, според която законите на физиката като че ли



обричат целия разумен живот, Чарлс Дарвин пише: „Ако вярвате като мен, че в далечното бъдеще човекът ще бъде много по-съвършено същество, отколкото е днес, мисълта, че след толкова продължителна и мъчително бавна еволюция той и другите разумни същества са обречени, е напълно неприемлива.“<sup>[13]</sup> За съжаление последните данни от WMAP като че ли потвърждават най-лошите страхове на Дарвин.

#### БЯГСТВО В ХИПЕРПРОСТРАНСТВОТО

Според законите на физиката разумният живот във вселената неизбежно ще бъде изправен пред окончателната си смърт. А според законите на еволюцията с промяната на околната среда животът трябва да мигрира, да се адаптира или да загине. Тъй като е невъзможно да се адаптира към замръзнала вселена, единствените му възможности са да загине — или да напусне самата вселена. Възможно ли е след трилиони години цивилизациите, изправени пред неизбежната смърт на вселената, да придобият необходимата технология, с чиято помощ да напуснат нашата вселена в своеобразна „спасителна капсула“ и да се понесат към друга, много по-гореща и млада? Или ще използват технологията си, за да „изкривят времето“ и да се върнат назад в собственото си минало, когато температурите са били много по-високи?

Някои физици предложиха множество приемливи, макар и твърде спекулативни схеми, използващи последните постижения на физиката, за да дадат възможно най-реалистично описание на порталите към други измерения или вселени. Черните дъски на лабораториите по цял свят са изпълнени с абстрактни уравнения, с чиято помощ физиците изчисляват дали е възможно да се използва „екзотична енергия“ или черни дупки, за да се намери проход към други светове. Възможно ли е някоя напреднала цивилизация с технология, изпреварваща нашата с милиони или милиарди години, да използва известните закони на физиката, за да проникне в други вселени?

Както остроумно отбелязва Стивън Хокинг от Кембридж: „Ако съществуват, тези дупки-червеи ще бъдат идеални за бързо пътуване в пространството. Можеш да минеш през такава дупка до другия край на галактиката и да се върнеш навреме за обяд.“<sup>[14]</sup>

А ако дупките-червеи и порталите към други измерения се окажат прекалено малки, за да позволят излизането от нашата вселена, съществува още една последна възможност — общото информационно съдържание на високоразвитата цивилизация да се редуцира до молекулярно ниво и да се инжектира през въпросния портал, за да се самовъзстанови от другата страна. Така цялата цивилизация може да посее семето си в друго измерение и да се възроди в пълния си блясък. Вместо да бъде играчка за теоретичната физика, хиперпространството е възможно да се окаже спасител на разумния живот в една умираща вселена.

Но за да разберем напълно последствията от това събитие, първо трябва да разберем как космолозите и физиците са достигнали до тези изумителни заключения. В тази книга ще се запознаем с историята на космологията, като наблегнем на парадоксите, изобилстващи в тази сфера от векове, за да стигнем до теорията за инфлацията, която — бидейки в съответствие с всички експериментално получени данни — ни кара да се заемем с концепцията за множеството вселени.

---

[1] [www.space.com](http://www.space.com), Feb. 11, 2003. ↑

[2] Една от петте точки на гравитационно равновесие в система от две тела. *L2* се намира на около 1,5 милиона км от Земята. — Б.пр. ↑

[3] Не е ясно дали това е „детска снимка на вселената“, печатна грешка... или прочутото чувство за хумор на физиците. — Бел. Dave ↑

[4] Croswell, p. 181. ↑

[5] Croswell, p. 173. ↑

[6] Britt, Robert, [www.space.com](http://www.space.com), Feb. 11, 2003. ↑

[7] [www.space.com](http://www.space.com), Jan. 15, 2002. ↑

[8] New York Times, Feb. 12, 2003, p. A34. ↑

[9] Lemonick, p. 53. ↑

[10] New York Times, Oct. 29, 2002, p. D4. ↑

[11] Rees, p. 3. ↑

[12] New York Times, Feb. 18, 2003, p. F1. ↑

[13] Rothman, Tony. Discover magazine, July 1987, p. 87. ↑

[14] Hawking, p. 88. ↑

## 2

### ПАРАДОКСАЛНАТА ВСЕЛЕНА

*„Ако бях свидетел на сътворението, щях да дам някои идеи за по-добро подреждане на вселената.“*

Алфонсо Мъдрия

*„Проклета слънчева система! Лоша светлина, прекалено отдалечени планети, напаст от комети, неустойчива структура. Аз самият бих могъл да направя далеч по-добра (вселена).“*

Лорд Джефри

В комедията „Както ви харесва“ Шекспир написал безсмъртните думи:

*Да, този свят е сцена,  
където всички хора са актьори  
и всеки има миг, във който трябва  
да влезе и излезе...<sup>[1]</sup>*

През Средновековието светът наистина е бил сцена, но малка и статична, състояща се от миниатюрна плоска Земя, около която небесните тела мистериозно се движели по свършените си орбити. На кометите се гледало като на поличби, вещаещи смъртта на владетели. Когато през 1066 г. над Англия се появила голямата опашата звезда, тя ужасила саксонските воители на крал Харолд, който бързо претърпял

загуба от напредващите победоносни сили на Уилям Завоевателя, с което се поставило началото на съвременна Англия.

Същата комета се появила отново над Англия през 1682 г. и пак предизвикала страхопочитание и ужас в Европа. Сякаш всички — от обикновените селяни до кралете — били омагьосани от неканения посетител, появил се изневиделица в небесата. Откъде идва тази комета? Какво прави и какво означава появата ѝ?

Един богат джентълмен и астроном аматьор на име Едмънд Халей толкова се заинтригувал от кометата, че потърсил мнението на един от най-великите учени по онова време — Исак Нютон. Когато го запитал каква сила управлява движението на кометата, Нютон спокойно му обяснил, че тя се движи по елипса вследствие на закона за обратната квадратна сила (т.е., ускорението на кометата е обратнопропорционално на квадрата на разстоянието ѝ до Слънцето). Всъщност, обяснил Нютон, той бил наблюдавал кометата с изобретения от него телескоп (рефлектора, използван и до днес от астрономите по цял свят) и курсът ѝ се подчинявал стриктно на закона на гравитацията, който открил двадесет години по-рано.

Халей бил шокиран. „Но откъде знаете това?“, запитал той. „Ами, изчислих го“<sup>[2]</sup> — отвърнал Нютон. И в най-смелите си мечти Халей не очаквал да чуе, че тайната на небесните тела, мъчеща човечеството от зората на съществуването му, можела да се обясни с новия закон за гравитацията.

Потресен от това епохално откритие, Халей щедро предложил да финансира публикуването на новата теория. През 1687 г., благодарение на финансовата и морална подкрепа на Халей, Нютон издал своите *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* („Математически принципи на натурфилософията“), определян и като един от най-важните трудове на всички времена. Само с един замах учените, тънещи в неведение за законите на Слънчевата система, получили средство да предсказват с абсолютна точност движението на небесните тела.

Влиянието на *Principia*, било толкова силно в модните салони и кралските дворове в Европа, че поетът Александър Поуп написал:

*Природата и нейните закони са скрити в тъма,*

*Но рече Бог — Да бъде Нютон! — и стана светлина.*

(Халей разбирал, че ако орбитата на кометата е елипса, то може да се изчисли кога тя отново ще се появи над Лондон. Той се разровил в старите сведения и открил, че кометите от 1531, 1607 и 1682 г. са всъщност едно и също небесно тяло. Кометата, изиграла такава кардинална роля за създаването на съвременна Англия през 1066 г., била виждана от хората през цялата писана история. Неин наблюдател бил дори Юлий Цезар. Халей предсказал, че тя ще се появи отново през 1758 г., много след като двамата с Нютон нямало да бъдат между живите. Когато кометата наистина се появила точно по разписанието за Коледа на въпросната година, тя била кръстена на името на Халей.)

Нютон открил закона за всеобщото притегляне двадесет години по-рано, когато бил принуден да се оттегли в провинциалното си имение в Улсторп — Кембридж бил затворен заради избухналата чумна епидемия. Той с умиление си спомня как веднъж по време на разходка видял падаща ябълка. Това го накарало да си зададе въпроса — щом ябълката пада, дали не прави същото и Луната? Със замаха на гений Нютон разбрал, че ябълките, Луната и планетите се подчиняват на един и същ закон за всеобщото привличане и падат според закона за обратната квадратна сила. Когато открил, че математиката на XVII в. е твърде примитивна, за да опише този закон, той изобретил нов дял от нея — математически анализ, с чиято помощ да определи движението на падащите ябълки и луни.

В *Principia* Нютон описал и законите на механиката — законите на движението, които определят траекториите на всички земни и небесни тела. Тези закони са в основата при проектирането на машини, овладяването на мощта на парата и създаването на локомотивите, които на свой ред помогнали да се отъпче пътят на индустриалната революция и появата на модерната цивилизация. Днес всеки небостъргач, всеки мост и всяка ракета се конструират, като се вземат предвид Нютоновите закони.

Нютон ни е оставил не само вечните закони на движението — той преобърнал светогледа, давайки ни радикално нова картина на вселената, в която загадъчните закони, управляващи небесните тела, са идентични със законите, действащи и на Земята. Сцената на живота

престанала да бъде заобиколена от ужасяващи небесни поличби. Същите правила, които важали за актьорите, били в сила и за декорите.

#### ПАРАДОКСЪТ НА БЕНТЛИ

*Principia* представлява необичайно амбициозен труд и именно поради това породил първите объркващи парадокси, свързани с устройството на вселената. Ако светът е сцена, то колко голяма е тя? Има ли край или е безгранична? Този въпрос бил стар като човечеството. Дори римският философ Лукреций се вълнувал от него. „Вселената е безкрайна във всяка посока — пише той. — Ако не бе така, тя би трябвало да има някакви граници. Ясно е обаче, че такива не може да има, освен ако не съществува нещо друго, което да я ограничава... Във всички посоки — наляво и надясно, нагоре и надолу — вселената е безгранична.“<sup>[3]</sup>

Теорията на Нютон разкрива също и парадоксите, присъщи на всяка теория за крайна или безкрайна вселена. Най-простите въпроси водели до същинско тресавище от противоречия. Още докато бил на върха на славата, получена с излизането на *Principia*, Нютон открил, че неговата теория за всеобщото привличане неизбежно е изпълнена с парадокси. През 1692 г. един духовник — преподобният Ричард Бентли — написал на Нютон обезкуражително просто, но поразително писмо. Тъй като гравитацията винаги привлича телата, а не ги отблъсква, писал Бентли, това означава, че всяка група звезди би трябвало да се сгромоляса сама върху себе си. Ако вселената беше крайна, то вместо да бъде вечно и статично, нощното небе щеше да представлява същински хаос от сблъскващи се звезди, които в крайна сметка ще образуват една огромна свръхзвезда. Но Бентли също така посочил, че ако вселената е безкрайна, тогава упражняваната върху всяко тяло сила, която го дърпа в една или друга посока, също ще бъде безкрайна и следователно звездите би трябвало да бъдат разкъсани от огнени катаклизми.

На пръв поглед изглеждало, че Бентли е поставил Нютон в шах. Вселената е или крайна (и се срутва в едно огромно огнено кълбо), или безкрайна (при което всички звезди би трябвало да се разлетят на парчета). И двете възможности били истинска катастрофа за новопоявилата се теория. Този проблем за първи път в историята

разкрил неуловимите, но присъщи парадокси, изпълващи всяка теория за гравитацията, когато тя бъде приложена към вселената като цяло.

След като внимателно обмислил въпроса, Нютон написал в отговора си, че е намерил вратичка за заобикаляне на проблема. Лично той предпочитал идеята за безкрайната вселена, която обаче не е напълно еднородна. Така, ако една звезда се притегля в една посока от безброй звезди, упражняваната върху нея сила ще бъде анулирана от същото притегляне на други звезди, намиращи се в противоположно на първите местоположение. Всички сили се уравновесявали във всички посоки, при което се получава статична вселена. Следователно, ако гравитацията означава винаги привличане, то единственото решение на парадокса на Бентли е да имаме една еднородна и безкрайна вселена.

Нютон наистина намерил вратичка, за да контрира аргументите на Бентли, но бил достатъчно умен, за да си дава сметка за слабите места в собствения си отговор. В едно писмо той признава, че макар и технически да е вярно, решението му е доста нестабилно. Еднородната, но безкрайна вселена на Нютон прилича на кула от карти — стабилна на пръв поглед, но готова да рухне и при най-малкото сътресение. Може да се изчисли, че ако само една звезда се отклони съвсем мъничко от мястото си, това ще доведе до верижна реакция и звездните купове моментално ще започнат да се сричат. Слабият момент в отговора на Нютон бил да прибегне до намесата на „божествена сила“, която не позволявала на картонената си кула да се срути. „Нужно е непрекъснато чудо, за да не могат слънцето и неподвижните звезди да се сгромолясат една върху друга от силата на привличането“<sup>[4]</sup>, пише той.

За Нютон вселената била като огромен часовник, навит в зората на времето от Бог и работещ непрекъснато, подчинявайки се на трите закона на динамиката без намесата на създателя си. От време на време обаче се налага самият Бог да се намесва и да променя мъничко това-онова, за да предпази вселената от разрушаване. (С други думи, Бог трябва понякога да се намесва, за да попречи на декора на сцената да се срути върху актьорите.)

ПАРАДОКСЪТ НА ОЛБЪРС

Нютон осъзнавал, че за всяка безкрайна вселена е характерен един още по-голям парадокс. Парадоксът на Олбърс започва с въпроса защо през нощта небето е черно. Още по времето на Йоханес Кеплер астрономите разбрали, че ако вселената е еднородна и безкрайна, то накъдето и да погледнете, задължително ще видите светлината на безброй звезди. Рано или късно погледът ни ще попадне върху неизброимо много звезди във всяка посока и така ще възприеме безкрайно количество звездна светлина. Следователно нощното небе би трябвало буквално да пламти! Фактът, че нощното небе е черно, а не бяло, от векове е бил неясен и труден за разбиране парадокс.

Подобно на парадокса на Бентли, парадоксът на Олбърс е заблуждаващо прост, но това не му пречи да разстройва живота на не едно поколение философи и астрономи. И двата парадокса зависят от постановката, че в една безкрайна вселена силата на гравитацията и светлинните лъчи се прибавят, за да дадат в крайна сметка безсмислени резултати. През вековете са били давани не един или два неверни отговора на тези парадокси. Самият Кеплер бил толкова объркан от парадокса, че му се наложило да постулира, че вселената е крайна, затворена в черупка и следователно в нея има само крайно количество звезди, чиято светлина достига очите ни.

Объркването около този парадокс е толкова голямо, че едно проучване от 1987 г. показва, че в цели 70 процента от учебниците по астрономия не му се дава точно обяснение.

На първо място, бихме могли да се опитаме да разрешим парадокса на Олбърс, като приемем, че звездната светлина се поглъща от облаците прах в междузвездното пространство. Именно такъв отговор дал самият Хайнрих Вилхелм Олбърс през 1823 г., когато за първи път ясно постулирал парадокса. „Какъв късмет, че Земята не получава цялата светлина от всяка точка на небесния свод! — пише той. — И все пак, при такава невъобразима яркост и топлина, възлизаща на 90 000 пъти повече от онази, която получаваме сега, Всемогъщият лесно би сътворил същества, способни да оцелеят при такива крайни условия.“<sup>[5]</sup> Олбърс предположил, че животът на Земята е възможен единствено благодарение на това, че междузвездният прах поглъща огромната топлина. Например огненият център на нашата собствена галактика, който би трябвало да доминира над всичко останало в нощното небе, всъщност е скрит от прашни облаци. Ако



погледнем към съзвездието Стрелец, където се намира центърът на Млечния път, вместо огромно огнено кълбо ще видим черно петно.

Но прашните облаци не са в състояние да обяснят парадокса на Олбърс. След безкраен период от време те ще погълнат светлината от безброй звезди и в крайна сметка ще започнат да светят. Така дори те би трябвало да блестят в нощното небе.

Освен това може да се предположи, че колкото по-далеч се намира някоя звезда, толкова по-слаба е светлината ѝ. Това е вярно, но и то не може да бъде посочено като отговор. Ако погледнем в определен участък от небето, ще видим, че най-отдалечените звезди са наистина слаби, но освен това колкото по-надалеч гледате, толкова повече звезди виждате. Тези два ефекта би трябвало се анулират в една однородна вселена и небето през нощта би трябвало да е бяло. (Това е така, защото интензивността на звездната светлина намалява на квадрат от разстоянието до нея, но това се компенсира от факта, че броят на звездите се увеличава на квадрат с увеличаването на разстоянието.)

Колкото и да е странно, първият човек в историята, успял да разреши парадокса, е американският писател фантаст и мистик Едгар Алън По, който от дълги години се интересувал от астрономия. Малко преди смъртта си той публикувал много от наблюденията си, събрани в една разхвърляна философска поема, озаглавена „Еврика — поема в проза“. В един забележителен откъс той пише:

„Ако звездите следваха безкрай една след друга, то небето щеше да е изпълнено с равномерно сияние, също като Млечния път — тъй като нямаше да има абсолютно нито една точка по цялото небе, която да не е заета от звезда. Следователно единственото положение при това състояние на нещата, при което можем да разберем пустите пространства, откривани от телескопите ни накъдето и да ги обърнем, ще бъде да предположим, че невидимият фон [се] намира толкова далеч, че светлината от него все още не е успяла да достигне до нас.“<sup>[6]</sup>

Без да има никакви доказателства, По заключил, че идеята е „прекалено прекрасна, за да няма зрънце Истина в нея“.

Точно това становище е ключът към верния отговор. Вселената не е безкрайно стара. Сътворение е имало. Количеството светлина, достигащо до очите ни, е крайно. Светлината от най-далечните звезди все още не е имала време да стигне до нас. Космологът Едуард Харисън, който първи открил, че именно По е решил парадокса на Олбърс, написал: „Когато за първи път прочетох думите на По, бях поразен — как е възможно един поет, който в най-добрия случай може да се нарече учен-аматьор, да е намерил точното обяснение преди цели 140 години, а в същото време в колежа да продължава да се преподава погрешното обяснение?“<sup>[7]</sup>

През 1901 г. шотландският физик лорд Келвин също открил правилния отговор. Той разбрал, че когато наблюдаваме нощното небе, ние го виждаме такова, каквото е било в миналото, а не в момента — макар и огромна по земните стандарти, скоростта на светлината (299 792,5 км/сек) е все пак крайна и ѝ е нужно време, за да измине разстоянието от отдалечените звезди до нас. Келвин изчислил, че за да бъде нощното небе напълно бяло, вселената би трябвало да се простира на стотици трилиони светлинни години. Но тъй като тя не е толкова стара, небето остава черно. (Има и още една причина за това — продължителността на живота на звездите, която се измерва с милиарди години.)

В последно време стана възможно верността на решението на По да се провери експериментално благодарение на спътници като телескопа „Хъбъл“. На свой ред тези мощни съоръжения ни позволяват да отговорим на един въпрос, който задават дори децата — къде се намира най-далечната звезда? И какво има отвъд нея? За да отговорят на тези въпроси, астрономите програмирали телескопа „Хъбъл“ да изпълни историческа мисия — да направи снимка на най-отдалечената точка от вселената. За да улови изключително слабите излъчвания от най-затънтените кътчета на космоса, телескопът трябвало да извърши безпрецедентна задача — да се насочи към точно определена точка недалеч от съзвездие Орион в продължение на няколко часа, което означава да запази идеално положението си в продължение на 400 обиколки около Земята. Проектът бил толкова труден, че се провеждал повече от четири месеца.

През 2004 г. бе публикувана една зашеметяваща снимка, която стана новина номер едно в целия свят. На нея се виждаха 10 000 новородени галактики, образуващи се от хаоса на самия Голям взрив. „Може би виждаме края на началото“, заяви Антон Кьокемойер от научния институт „Космически телескоп“. На снимката се вижда бъркотия от слабо светещи галактики, намиращи се на повече от 13 милиарда светлинни години от Земята — с други думи, на светлината от тях са й били необходими над 13 милиарда години, за да достигне Земята. Тъй като възрастта на вселената е едва 13,7 години, това означава, че тези галактики са се образували приблизително половин милиард години след сътворението, когато от първичната „супа“ от газове, останали след Големия взрив, започнали да се образуват първите звезди и галактики. „Хъбъл ни отвежда на един хвърлей от самия Голям взрив“<sup>[8]</sup>, посочи астрономът Масимо Стивавели от същия институт.

Но това поражда въпроса какво има отвъд най-далечните галактики? Ако се вгледаме в тази забележителна фотография, ще открием, че между галактиките цари пълен мрак. Именно той е причината нощното небе да е черно. Той е крайният предел за светлината от далечните звезди. На свой ред обаче тази чернота е всъщност фонов микровълново лъчение. Така че окончателният отговор на въпроса защо нощното небе е черно гласи, че то всъщност изобщо не е такова. Ако очите ни бяха в състояние да виждат в микровълновия спектър, а не само видимата светлина, щяхме да виждаме в небето лъчението от самия Голям взрив. В известен смисъл лъчението от Големия взрив се появява всяка нощ. Ако очите ни можеха да улавят микровълни, щяхме да виждаме, че отвъд най-далечната звезда се намира самото сътворение.

#### БУНТОВНИКЪТ АЙНЩАЙН

Законите на Нютон действали толкова добре, че на науката й трябвали повече от два века, преди да предприеме следващата съдбовна стъпка с работата на Алберт Айнщайн. Айнщайн започнал кариерата си като най-малко вероятният кандидат за водач на революция от подобен мащаб. Завършилият през 1900 г. бакалавър от Политехническият институт в Цюрих се оказал без никакви изгледи да си намери работа. Кариерата му била спъвана от преподавателите му,

които не харесвали непочтителния наперен студент, често внасящ суматоха по време на лекции и упражнения. Умолителните му, издаващи крайна потиснатост писма ясно показват дъното, до което е стигнал след завършването си. Самият той се смятал за пълен неудачник и мъчително финансово бреме за родителите си. В едно горчиво писмо той признава, че дори обмислял дали да не сложи край на живота си. „Нещастieto на бедните ми родители, които от толкова години не са видели нито един радостен ден, ми тежи най-много... По-добре изобщо да ме няма на този свят“<sup>[9]</sup>, обезсърчено пише той.

В отчаянието си решил да се откаже от кариерата си и да постъпи на работа в една застрахователна компания. Станал дори детски учител, но влязъл в пререкания с работодателя си и бил изхвърлен. Когато приятелката му Милева Мариц неочаквано забременяла, той с тъга разбрал, че детето им ще се роди извънбрачно, защото нямал средства да се ожени за нея. (Никой не знае какво е станало с дъщеря му Лизерал.) А дълбокият личен шок след внезапната смърт на баща му оставил в сърцето му белег, който така и не изчезнал до края на живота му. Баща му починал с убеждението, че синът му е неудачник.

Макар че 1901–1902 г. е може би най-лошият период от живота на Айнщайн, кариерата му била спасена от пълно съсипване благодарение на състудента му Марсел Гросман, който успял да използва връзките си и да го уреди на работа като нисш чиновник в Швейцарското патентно бюро в Берн.

#### ПАРАДОКСИТЕ НА ОТНОСИТЕЛНОСТТА

На пръв поглед Патентното бюро не било идеалното място за започване на най-голямата революция във физиката от времето на Нютон. След като бързо се справял с купчината заявления за патенти на бюрото си, Айнщайн се връщал към мечтите си от детство. Като малък му попаднала книгата „Популярно естествознание“ на Аарон Бернщайн — „труд, който прочетох на един дъх“, както си спомня по-късно Айнщайн. Бернщайн призовавал читателите да си представят как се носят със скоростта на електричеството по проводниците на телеграфа. Когато бил на шестнадесет, Айнщайн също си задавал подобен въпрос — как ли ще изглежда лъч светлина, ако човек може да се движи с неговата скорост? По-късно той си припомня: „От

парадокса, с който се сблъсках на шестнадесетгодишна възраст, се появи следният принцип — ако преследвам лъч светлина със скорост  $c$  (скоростта на светлината във вакуум), би трябвало да го наблюдавам като пространствено трептящо магнитно поле. Но такова нещо като че ли не съществуваше според опита и уравненията на Максвел.<sup>[10]</sup> Като юноша Айнщайн смятал, че ако можем да се движим със скоростта на светлината, то тя ще ни изглежда замръзнала, подобно на неподвижна вълна. Никой обаче не е виждал замръзнала светлина, така че в представите му имало нещо много объркано.

В началото на ХХ в. два били основните стълба във физиката, върху които се крепяло всичко — теорията на Нютон за механиката и гравитацията и теорията на Максвел за светлината. През 60-те години на ХІХ в. шотландският физик Джеймс Кларк Максвел доказал, че светлината представлява трептящи електрически и магнитни полета, които непрекъснато преминават едно в друго. За свой най-голям потрес Айнщайн открил, че тези два стълба си противоречат и следователно единият от тях е неверен.

В уравненията на Максвел Айнщайн намерил решение на главоблъсканицата, която го тормозела цели десет години. Той открил нещо, което самият Максвел пропуснал — уравненията му показвали, че светлината се движи с постоянна скорост, независимо колко бързо се движи самият наблюдател. Скоростта на светлината  $c$  е една и съща във всички инерционни системи (т.е., системи, движещи се с постоянна скорост). Независимо дали сте неподвижни, возите се във влак или сте яхнали носеща се в космоса комета, светлинният лъч ще ви изпреварва с една и съща скорост. Колкото и бързо да се движите, никога няма да сте в състояние да изпреварите светлината.

Това неизбежно довело до цял куп парадокси. Представете си за момент, че някакъв астронавт се опитва да достигне скоростта на светлинния лъч. Космическият му кораб се ускорява, докато не започне да се движи рамо до рамо с лъча. За хипотетичния наблюдател на Земята ще изглежда, че астронавтът и лъчът се движат редом един до друг. Астронавтът обаче ще каже нещо напълно различно — че светлината го е изпреварила, сякаш корабът му се е намирал в покой.

Въпросът, с който се сблъскал Айнщайн, бил как е възможно двама наблюдатели да имат толкова различни интерпретации на едно и също събитие? Според теорията на Нютон единият винаги може да

достигне светлинния лъч, в света на Айнщайн — това било невъзможно. Той внезапно разбрал, че в самите основи на физиката съществува сериозна пукнатина. Айнщайн си спомня как през пролетта на 1905 г. „в главата му се разразила буря“. В един миг на просветление той най-сетне намерил решението — *времето се движи с различна скорост в зависимост от скоростта, с която вие се движите*. Всъщност колкото по-бързо се движи наблюдателят, толкова по-бавно се излизват секундите. Времето не е абсолютно, както си е мислил Нютон. Според него времето тече еднакво в цялата вселена и една секунда на Земята се равнява на една секунда на Марс или Юпитер. Часовниците тиктакат в абсолютен синхрон във всяко кътче на вселената. За Айнщайн обаче часовниците на различни места отмерват различно време.

Айнщайн си дал сметка, че ако времето може да се променя в зависимост от скоростта, тогава ще се променят и други характеристики като дължина, материя и енергия. Той открил, че с увеличаването на скоростта разстоянията се свиват (понякога това се нарича свиване на Лоренц-Фицджералд<sup>[11]</sup>). Също така, колкото по-бързо се движите, толкова повече се увеличава масата ви. (Всъщност, ако доближите скоростта на светлината, времето ще се забави и почти ще спре, разстоянията ще се свият до нула, а масата ви ще бъде безкрайна, което е абсурдно. Именно това е причината, поради която не можем да преодолеем скоростта на светлината — най-високата скорост във вселената.)

Както Нютон обединил земната физика с физиката на небесните тела, така Айнщайн обединил пространството и времето. Но той също така показал, че материята и енергията са също едно цяло и следователно могат да преминават една в друга. Щом едно тяло става по-тежко с нарастването на скоростта, това означава, че енергията на движението се трансформира в материя. Айнщайн изчислил какво количество енергия ще се превърне в материя и така извел прочутата си формула  $E = mc^2$ , което означава, че и най-малкото количество материя  $m$  се умножава по огромно число (скоростта на светлината, повдигната на квадрат), когато се превръща в енергия  $E$ . Така тайнственият източник на енергия на самите звезди се оказал превръщането на материята в енергия според уравнението, което буквално осветява вселената. Тайната на звездите можела да се изведе

от простото твърдение, че скоростта на светлината е една и съща във всички инерционни системи.

Подобно на предшественика си Нютон, Айнщайн промени нашата гледна точка за сцената на живота. В Нютоновия свят всички актьори знаят точно колко е часът и как се измерват разстоянията. Скоростта на времето и размерите на сцената не се променяли никога. Теорията за относителността обаче ни дава много странна картина на пространството и времето. Във вселената на Айнщайн всички актьори имат часовници, които показват различно време. Това означава, че синхронизирането на всички часовници на сцената е невъзможно. Уговорката за репетиция на обяд означава различно нещо за всеки актьор. Странни неща стават и когато актьорите се носят по сцената. Колкото по-бързо се движат те, толкова по-бавно ще работят часовниците им и толкова по-тежки и сплескани ще стават телата им.

Трябвало да изминат години, преди прозрението на Айнщайн да бъде прието от научната общност. Но самият Айнщайн не стоял със скръстени ръце — той възнамерявал да приложи теорията си към самата гравитация. Разбирал колко трудна е задачата, която сам си бил поставил — да хвърли ръкавица на най-успешната теория по онова време. Авторът на квантовата теория Макс Планк го предупредил: „Като по-възрастен приятел трябва да ти кажа, че ако не успееш още от първия път, няма да ти повярват. Същото ще бъде дори и да успееш.“<sup>[12]</sup>

Айнщайн разбирал, че теорията му противоречи на Нютоновата теория за гравитацията. Според нея гравитацията прекосявала моментално цялата вселена. Това обаче повдигало въпрос, който понякога задават дори децата — какво ще стане, ако Слънцето изчезне? Според Нютон цялата вселена моментално и по едно и също време ще бъде свидетел на изчезването му. Според специалната теория на относителността обаче това е невъзможно, тъй като изчезването на звездата се ограничава от скоростта на светлината. Според тази теория картината на изчезването на Слънцето ще се разпространи като сферична ударна гравитационна вълна, разширяваща се със скоростта на светлината. За наблюдателите извън вълната Слънцето ще продължава да свети, тъй като гравитацията все още не е достигнала до тях. Намиращите се във вътрешността на сферата обаче ще твърдят,



че Слънцето е изчезнало. За да разреши проблема, Айнщайн предложил напълно различна картина на пространството и времето.

#### СИЛАТА КАТО ИЗКРИВЯВАНЕ НА ПРОСТРАНСТВОТО

Нютон възприемал пространството и времето като огромна празна арена, на която се случват събитията според откритите от него закони на движението. Сцената била изпълнена с чудеса и загадки, но по същество била инертна и неподвижна, същински пасивен свидетел на танца на природата. Докато за Айнщайн самата сцена била неразривна и изключително важна част от живота. В неговата вселена пространството и времето не са статични, за каквито ги смятал Нютон, а динамични, изкривяващи и извиващи се по всевъзможни странни начини. Представете си, че сцената на живота е заместена от пружина, така че актьорите леко да потъват под собствената си тежест. При това положение става ясно, че арената е не по-малко важна от самите актьори.

Представете си топка за боулинг, поставена върху матрака. Сега пуснете едно топче да се движи по огънатата повърхност на матрака. То ще се движи по крива линия около топката за боулинг. Привърженик на Нютоновата теория, наблюдаващ движението от разстояние, ще заключи, че топката за боулинг оказва някаква загадъчна сила върху топчето и би могъл да каже, че топката за боулинг упражнява моментално притегляне, което кара топчето да се задвижи към центъра.

Наблюдаващият движението на топчето отблизо релятивист е наясно, че не съществува никаква сила. Просто матракът е огънат и това кара топчето да се движи по крива линия. За този наблюдател няма притегляне, а само тласък, упражнено върху топчето от огънатото легло. Ако заместим топчето със Земята, топката за боулинг — със Слънцето, а матрака — с празното пространство, ще видим, че Земята се движи около Слънцето не заради притеглянето на гравитацията, а защото Слънцето изкривява пространството около нашата планета и това я принуждава да се движи в кръг.

Така Айнщайн стигнал до заключението, че гравитацията прилича по-скоро на тъкан, отколкото на невидима сила, действаща моментално през вселената. Ако тъканта внезапно се разтърси, ще се образуват вълни, които ще се разпространяват по нея с определена



скорост. Това решава парадокса за изчезващото слънце. Ако гравитацията е страничен продукт на изкривяването на пространството и времето, то изчезването на Слънцето може да се сравни с внезапно махане на топката за боулинг от леглото. Когато матракът се изправи в първоначалното си положение, по повърхността му с определена скорост започват да се разпространяват вълни. Свеждайки по този начин гравитацията до изкривяване на пространството и времето, Айнщайн успява да примири гравитацията и относителността.

Представете си мравка, опитваща се да върви по намачкан лист хартия. Движенията ѝ ще приличат на походката на пиян моряк, клатушкащ се наляво-надясно, докато се мъчи да преодолее пресечения терен. Естествено мравката би възразила, че не е пияна, а че ѝ въздейства някаква неизвестна сила, която я кара да се олюлява във всички посоки. За нея празното пространство е изпълнено с мистериозни сили, които ѝ пречат да върви по права линия. Ако обаче погледнем мравката отблизо ще видим, че не ѝ въздействат никакви сили. Тя просто бива бутана от нагънатата хартия. Въздействащите върху нея сили са илюзия, причинена от изкривяването на самото пространство. „Тегленето“ е всъщност „тласкане“, създадено от движението през сгъвките. С други думи, гравитацията не тегли. Поточно е да се каже, че пространството тласка.

До 1915 г. Айнщайн най-сетне бил в състояние да завърши своята т.нар. „Обща теория на относителността“, превърнала се в основата, върху която стъпва цялата съвременна космология. В тази коренно различна картина на вселената гравитацията не е независима вездесъща сила, а резултат от изкривяването на пространството и времето. Теорията била толкова силна, че Айнщайн успял да я събере в едно-единствено уравнение с дължина един-два сантиметра. Според тази блестяща нова теория степента на изкривяване на пространството и времето се определя от съдържащото се в него количество материя и енергия. Представете си как хвърляте камък в езеро и се получават серия вълни, разпространяващи се концентрично от мястото на падането. Колкото по-голям е камъкът, толкова по-изкривена ще стане повърхността на езерото. Същото е и с останалите тела — колкото по-голяма е една звезда, толкова по-изкривено ще бъде пространството и времето около нея.

#### РАЖДАНЕТО НА КОСМОЛОГИЯТА

Айнщайн се опитал да използва следната картина, за да опише вселената като цяло. Без да знае, той се сблъскал с парадокса на Бентли, формулиран векове по-рано. През 20-те години на XX в. най-добрите астрономически данни сочели, че вселената е еднородна и статична. Ето защо Айнщайн започнал с предположението, че тя е равномерно запълнена с прах и звезди. При такъв модел вселената може да се уподоби на голям балон или мехур. Ние живеем на повърхността му, а звездите и галактиките, които виждаме около себе си, могат да се сравнят с нарисувани по повърхността на балона точки.

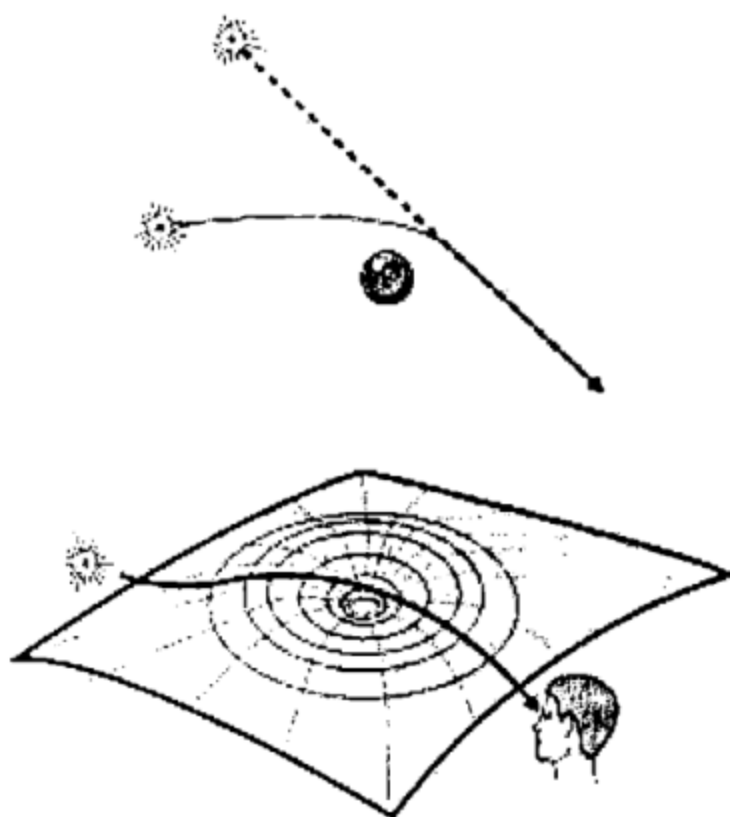
Когато се опитал да реши уравненията си, за своя най-голяма изненада Айнщайн открил, че вселената става динамична. Така той се изправил пред проблема, идентифициран от Бентли повече от двеста години по-рано. Тъй като гравитацията винаги означава привличане, а не отблъскване, всеки краен брой звезди би трябвало да падне към един общ център в огнен катаклизъм. Това обаче противоречи на господстващото в началото на XX в. мнение, според което вселената е статична и еднородна.

Революционерът Айнщайн не можел да си представи, че вселената може да се намира в движение. Подобно на Нютон и безброй други учени, той вярвал в статичната вселена. Ето защо през 1917 г. Айнщайн бил принуден да въведе в теорията си един „изсмукал от пръстите“ фактор — нова сила, наречена „антигравитация“, която отблъсква звездите една от друга. Нарекъл я „космологична константа“ — грозното пате, което приличало на крѝпка към теорията. По онова време Айнщайн използвал антигравитацията като точно противодействие на гравитационното привличане, с което се получава статична вселена. С други думи, вселената станала статична с „декрет“ — свиването ѝ под въздействието на гравитацията се възпирало от действащата навън сила на тъмната материя. (В продължение на седем десетилетия, до направените през последните няколко години открития, на антигравитацията се гледаше едва ли не като на изтърсак.)

През 1917 г. холандският физик Вилем де Ситер намерил друго решение на теорията на Айнщайн, според което вселената била безкрайна, но напълно лишена от материя. Вместо нея във вакуума (космологичната константа) имало само енергия. Тази чиста антигравитационна сила била достатъчна, за да предизвика бързо и

експоненциално разширяване на вселената. Дори при липсата на материя тъмната енергия била в състояние да създаде разширяваща се вселена.

Сега физиците се оказали пред дилема. Вселената на Айнщайн имала материя, но не и движение. Вселената на Де Ситер имала движение, но била лишена от материя. За Айнщайн космологичната константа била нужна, за да неутрализира притеглянето на гравитацията и да създаде статична вселена. За Де Ситер тя сама по себе си била достатъчна за получаването на разширяваща се вселена.



През 1919 г. два екипа потвърдили предположението на Айнщайн, че светлината от далечните звезди се отклонява, когато минава покрай Слънцето. Така изглежда, че в присъствието на Слънцето звездата се е преместила от обичайното си положение. Това се дължи на факта, че Слънцето изкривява пространството и

*времето около себе си. Следователно гравитацията не „тегли“, а по-скоро пространството „тласка“.*

Накрая през 1921 г., докато Европа все още се мъчела да се изправи на крака от разрухата и опустошенията на Първата световна война, различни екипи от астрономи били разпратени из целия свят, за да проверят теорията на Айнщайн. Самият той предположил, че причиненото от Слънцето изкривяване на пространството и времето ще бъде достатъчно, за да отклони лъчите от звездите, минаващи близо до него. Звездната светлина би трябвало да се отклони покрай Слънцето по точен и поддаващ се на изчисляване начин — също както стъклото пречупва светлината. Но тъй като яркостта на Слънцето скрива всички звезди през деня, за да проведат експеримента си, учените трябвало да изчакат слънчево затъмнение.

Екипът под ръководството на британския астрофизик Артър Едингтън отплавал за остров Принципе в Гвинеийския залив, за да установи отклоняването на звездната светлина покрай Слънцето по време на приближаващото затъмнение. Друг екип начело с Андрю Кромлин се установил в Собрал, Северна Бразилия. Събраните данни показвали, че средното отклонение на звездната светлина е 1,79 арксекунди, което потвърждавало предсказанието на Айнщайн за отклоняване от порядъка на 1,74 арксекунди (в рамките на грешките при експеримента). С други думи, светлината действително се отклонявала в близост до Слънцето. По-късно Едингтън споделил, че доказването на теорията на Айнщайн е най-великият момент в живота му.

На 6 ноември 1921 г., на съвместно заседание на Кралското дружество и Кралското астрономическо дружество в Лондон, Нобеловият лауреат и президент на Кралското дружество Дж. Дж. Томпсън тържествено оповестил, че това е „едно от най-големите постижения в историята на човешката мисъл. Не става дума за откриване на неизвестен остров, а на цял континент от нови научни идеи. Това е най-голямото откритие във връзка с гравитацията от времето, когато Нютон публикувал законите си“<sup>[13]</sup>.

(Казват, че по-късно някакъв журналист се обърнал към Едингтън с думите: „Твърди се, че само трима души в света разбират теорията на Айнщайн. Вие несъмнено сте един от тях.“ Едингтън

премълчал, докато накрая негов колега му казал: „Не се правете на скромни, Едингтън.“ „В никакъв случай — свил рамене той. — Просто се чудех кой ли е третият.“<sup>[14]</sup>

На следващия ден лондонският „Таймс“ излязъл с бомбастичното заглавие „Революция в науката — Нова теория за вселената — Идеите на Нютон отхвърлени“. Това отбелязало момента, когато Айнщайн се превърнал в световна знаменитост и вестител от звездите.

Това разгласяване било толкова гръмко и отричането на Айнщайн от принципите на Нютон било тъй радикално, че предизвикало ответна реакция — редица видни физици и астрономи се обявили против теорията му. Начело на критиците застанал професорът по механика на небесните тела Чарлс Лейн Пур от Колумбийския университет, който отбелязал: „Имам чувството, че се скитам с Алиса из Страната на чудесата и пия чай с Лудия шапкар.“<sup>[15]</sup>

Причината, поради която теорията на относителността влиза в противоречие със здравия разум, не е в това, че теорията е погрешна, а защото здравият ни разум не представлява реалността. *Ние* сме аномалията на вселената. Обитаваме едно необичайно място, в което температурите, плътността и скоростите са твърде умерени. В „реалната вселена“ обаче температурите могат да бъдат изпепеляващо високи в ядрата на звездите или смразяващо ниски в дълбокия космос, а субатомните частици профучават в пространството със скорости, близки до тази на светлината. С други думи нашият здрав разум се е развил в една крайно необичайна и странна част от вселената — Земята. Няма нищо чудно, че представите ни не отразяват същността на вселената. Проблемът не е в теорията на относителността, а в убеждението, че здравият ни разум представлява реалността.

#### БЪДЕЩЕТО НА ВСЕЛЕНАТА

Макар и теорията на Айнщайн да е успешна при обясняването на астрономически феномени като отклоняването на звездната светлина около Слънцето и леко колебаещата се орбита на Меркурий, космологичните ѝ следствия са доста объркващи. Тези въпроси до голяма степен бяха изяснени от руския физик Александър Фридман, открил най-общите и реалистични решения на уравненията на Айнщайн. Днес те се преподават в часовете по физика във всяко

училище. (Фридман ги открил през 1922 г., но умрял през 1925 г. и трудът му останал в почти пълно забвение в продължение на години.)

Теорията на Айнщайн може да се представи като серия изключително сложни уравнения, за чието решаване често е нужен компютър. Фридман обаче приел, че вселената е динамична и въвел две опростяващи предпоставки (наречени космологичен принцип) — че вселената е изотропна (изглежда еднакво, независимо в коя посока гледаме) и хомогенна (еднородна, независимо в коя нейна точка се намираме).

Ако приемем тези опростяващи предпоставки, уравненията се съкращават. (Всъщност решенията на Айнщайн и Де Ситер са частни случаи на по-общото решение на Фридман.) Забележително е, че решението му зависи само от три параметъра:

1. *H*, означаващо скоростта на разширяване на вселената (Днес тази стойност се нарича константа на Хъбъл в чест на астронома, който измерил разширяването на вселената.);

2. *Омега*, означаваща средната плътност на материята във вселената, и

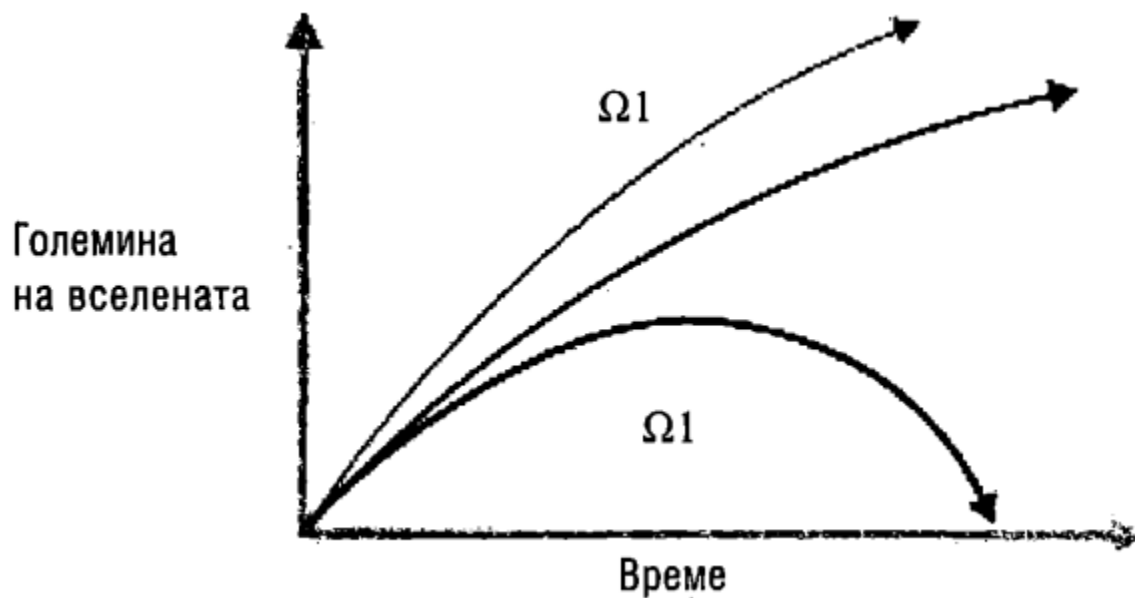
3. *Ламбда* — енергията, свързана с празното пространство, или тъмната енергия.

Мнозина космолози посветили кариерата си на опити да открият точните стойности на трите величини. Неуловимото взаимодействие между трите константи определя бъдещото развитие на цялата вселена. Например, тъй като гравитацията привлича телата, плътността на вселената *Омега* действа като своеобразна спирачка, която забавя разширяването на вселената и променя някои от ефектите от разширяването след Големия взрив. Представете си, че хвърляте камък във въздуха. Обикновено силата на гравитацията е достатъчно голяма, за да промени посоката на движението му и да го накара да падне обратно на земята. Ако обаче хвърлите камъка достатъчно силно, той ще развие скорост, при която може да се освободи от земната и слънчевата гравитация и да отлети завинаги в дълбокия космос. Подобно на хвърления камък, вселената първоначално се разширява заради Големия взрив, но материята (*Омега*) действа като спирачка на това разширяване по същия начин, по който земната гравитация се явява спирачка за камъка.

Нека за момент приемем, че свързаната с празното пространство енергия Ламбда е равна на нула. Нека Омега бъде плътността на вселената, разделена на критичната плътност. (Критичната плътност на вселената е около 10 водородни атома на кубичен метър. Вселената е изключително пусто място — представете си, че откривате средно по един водороден атом в обема на три баскетболни топки.)

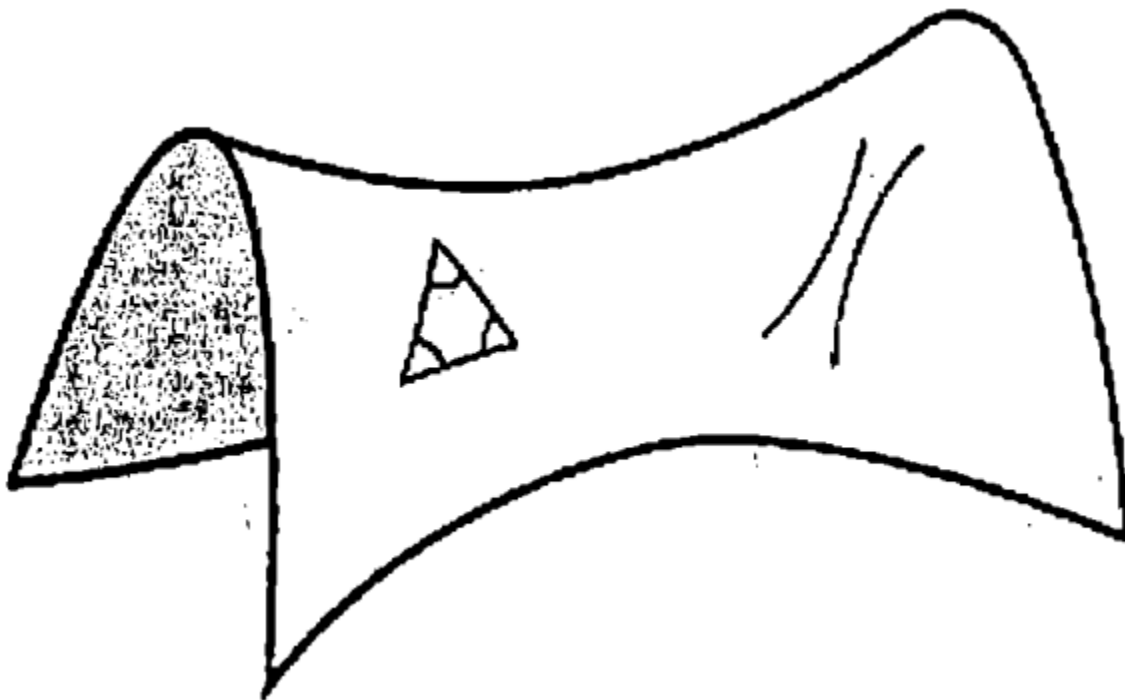
Ако стойността на Омега е по-малка от единица, според учените във вселената няма достатъчно материя, която да спре първоначалното разширяване от Големия взрив. (Също като хвърлянето на камък — ако масата на Земята не е достатъчно голяма, той в крайна сметка ще се озове в космоса.) В резултат на това вселената ще се разширява непрекъснато и накрая ще замръзне, тъй като температурите ще се доближат до абсолютната нула. (Това е принципът, по който работи хладилникът или климатичната инсталация. Когато газът се разширява, той се охлажда. Така например газът, циркулиращ в тръбите на вашия климатик, се разширява и охлажда тръбата, а заедно с нея — и помещението.)<sup>[16]</sup>

Ако Омега е по-голяма от единица, тогава количеството материя във вселената е достатъчно и разширяването ще спре, след което ще започне свиване. (Да се върнем на аналогията с камъка — ако земната маса е достатъчно голяма, камъкът ще достигне до максималната височина, след което ще падне.) Със стремителното скъсяване на разстоянието между звездите и галактиките температурите ще започнат да се повишават. (Всеки, който някога е надувал гумите на колелото си, знае, че сгъстеният газ излъчва топлина. Механичното действие на напompване на въздух се конвертира в топлинна енергия. По същия начин, свиването на вселената превръща гравитационната енергия в топлинна.) Накрая температурите ще станат толкова високи, че всички форми на живот ще загинат с приближаването на вселената към нейния огнен „Голям срыв“. (Астрономът Кен Кросуел нарече процеса „от Сътворението до Кремацията“.)



Еволюцията на вселената има три възможности. Ако Омега е по-малка от единица (и Ламбда е нула), вселената ще се разширява вечно и ще замръзне. Ако Омега е по-голяма от единица, вселената отново ще се свие в себе си в един Голям свив. Ако Омега е равна на единица, тогава вселената е плоска и ще се разширява вечно. (Данните от WMAP показаха, че стойността на Омега плюс Ламбда е единица, което означава, че вселената е плоска. Това твърдение е в съгласие с инфлационната теория.)





*Ако Омега е по-малка от единица (и Ламбда е нула), вселената е отворена и кривината ѝ е отрицателна, подобно на седло. Успоредните линии никога не се пресичат, а сборът на ъглите в един триъгълник е по-малък от  $180^\circ$ .*

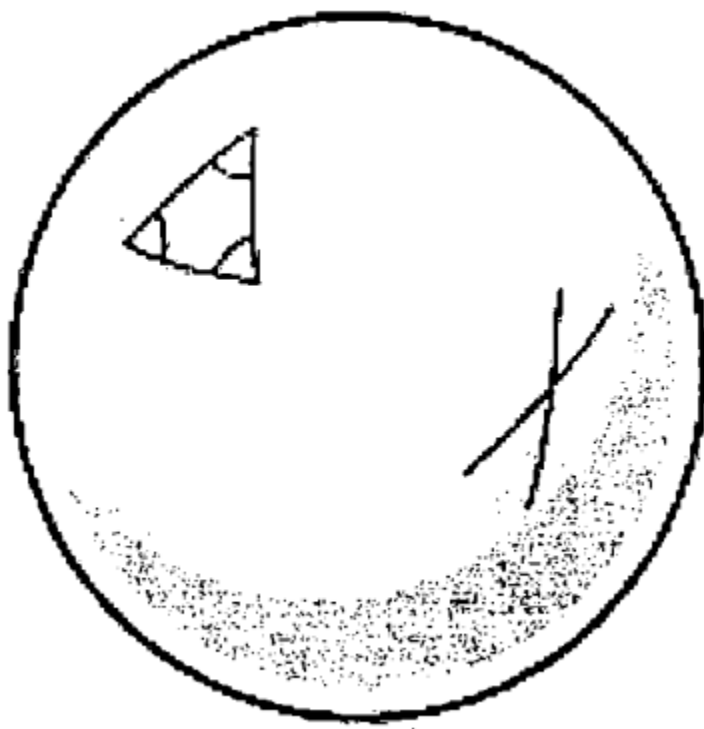
Третата възможност е стойността на Омега да е точно единица. С други думи плътността на вселената се равнява на критичната плътност. Тогава вселената ще се намира между двете крайности, но въпреки това ще продължава да се разширява вечно. (Както ще видим, този сценарий се подкрепя от инфлационната теория.)

И накрая има възможност след Големия срыв да последва нов Голям взрив и вселената да се появи отново. Това е т.нар. теория за пулсиращата вселена.

Фридман показал, че всеки един от тези сценарии определя изкривяването на пространството и времето. Ако Омега е по-малка от едно и вселената се разширява вечно, то безкрайно ще бъде не само времето, но и пространството. В такъв случай вселената е „отворена“, т.е. безкрайна и по отношение на пространството, и по отношение на времето. Когато изчислил кривината на такава вселена, Фридман

открил, че тя е отрицателна. (Също като повърхността на седло или тропет. Ако върху подобна повърхност живее буболечка, за нея успоредните линии никога няма да се пресичат и сборът на ъглите в един триъгълник ще е по-малък от  $180^\circ$ .)

Ако Омега е по-голяма от единица, тогава вселената в крайна сметка ще се свие в себе си. Времето и пространството са крайни. Според Фридман кривината на такава вселена е положителна (подобно на сфера). И накрая, ако Омега е равна на единица, пространството ще е плоско и между него и времето няма да има връзка.



*Ако Омега е по-голяма от единица, вселената е затворена и кривината ѝ е положителна като на сфера. Успоредните линии винаги ще се пресичат, а сборът на ъглите в триъгълника ще е по-голям от  $180^\circ$ .*

Фридман не само предлага първия разбираем подход към космологичните уравнения на Айнщайн, но и ни дава най-реалистичното предположение за Страшния съд и съдбата на вселената

— дали тя ще загине, скована в студ, ще се изпари в Големия сшив или ще пулсира вечно. Отговорът зависи от критичните параметри — плътността на вселената и енергията на вакуума.

Но в картината на Фридман има голям пропуск. Ако вселената се разширява, това означава, че някога е имало начало. Теорията на Айнщайн не казва нищо за подобно начало. Липсващият досега елемент бил моментът на сътворението — Големият взрив. Но трима други учени ще ни дадат най-убедителната картина на раждането на вселената.

---

[1] Превод Валери Петров. — Б.пр. ↑

[2] Bell, p. 105. ↑

[3] Silk, p. 9. ↑

[4] Croswell, p. 8. ↑

[5] Croswell, p. 6. ↑

[6] Smoot, p. 28. ↑

[7] Croswell, p. 10. ↑

[8] New York Times, March 10, 2004, p. A1. ↑

[9] Pais 2, p. 41. ↑

[10] Schilpp, p. 53. ↑

[11] Свиването на движещите се с близка до светлинната скорост тела било открито малко преди Айнщайн от Хендрик Антоан Лоренц и Джордж Франсис Фицджералд, макар че не успели да разберат причината за това. Двамата учени се опитали да анализират ефекта в рамките на Нютоновата физика и приели, че той представлява електромагнитно сплескване на атомите, предизвикано от преминаването им през „етерния вятър“. Силата на идеите на Айнщайн е в това, че той не само извежда цялата специална теория на относителността от един-единствен принцип (постоянната скорост на светлината), но и интерпретира този принцип като универсален и противоречащ на Нютоновата теория. Може би най-близо до изведените от Айнщайн уравнения бил великият френски математик Анри Поанкаре, но единствено Айнщайн разполагал с пълния набор от уравнения и разбирал най-дълбоко проблема. ↑

[12] Pais 2, p. 239. ↑

[13] Folsing, p. 444. ↑

[14] Parker, p. 126. ↑

[15] Brian, p. 102. ↑

[16] Подобно е действието на хладилника, при който вътрешният обем се свързва с околното пространство с тръба. Когато газът попадне в хладилника, той се разширява и охлажда, което охлажда тръбата и храната в хладилника. При излизането от камерата тръбата се свива и затопля. Има и механична помпа, която задвижва газа в тръбата. Така задната част на хладилника се загрява, докато вътрешността му става студена. Звездите действат по обратния принцип. Когато гравитацията свива звездата, тя се нагрява до достигането на температури, при които започват термоядрени реакции. ↑

### 3

## ГОЛЕМИЯТ ВЗРИВ

*„Вселената не е просто по-особена, отколкото предполагаме. Тя е по-особена, отколкото изобщо можем да си представим.“*

Дж. Б. Холдейн

*„Ние хората търсим в историята за сътворението начин за възприемане на света, който да ни разкрие съвършенството, който ни дава познание и същевременно формира мисленето ни. Това искат хората. Това искат душите ни.“*

Джоузеф Камбъл

Списание „Тайм“ от 6 март 1995 г. излезе със снимка на огромната спираловидна галактика М100 на корицата и с гръмкото заглавие „Космологията е в хаос“. Причина за шумотевицата бяха най-новите данни от телескопа „Хъбъл“, според които като че ли излизаше, че вселената е по-млада от най-старата звезда в нея — нещо напълно невъзможно. Данните показваха, че вселената е на възраст между 8 и 12 милиарда години, докато според някои астрономи най-старата звезда е на 14 милиарда години. „Не можете да бъдете по-възрастни от майка си“, остроумно отбеляза Кристофър Импи от университета в Аризона.

Но след като прочетете текста под заглавието, разбирате, че теорията за Големия взрив си е съвсем актуална. Данните, които го отхвърлят, се основават на една-единствена галактика — М100, което едва ли може да се нарече сериозен научен подход. Вратичките според статията са „достатъчно големи, за да мине през тях и корабът «Ентърпрайз»“. Според суровите данни от космическия телескоп

„Хъбъл“ възрастта на вселената може да се изчисли с точност 80–90 процента.

Мисълта ми е, че теорията за Големия взрив не се основава на умозрителни заключения, а на стотици улики от няколко различни източника, които се обединяват около една-единствена последователна и логична теория. (В науката не всички теории се доказват впоследствие. Всеки е свободен да предложи своя теория за възникването на вселената, но тя трябва да обясни стотиците събрани досега данни, които подкрепят теорията за Големия взрив.)

Трите основни „доказателства“ на теорията за Големия взрив се основават на трудовете на трима велики учени, доминиращи в своята област — Едуин Хъбъл, Джордж Гамов и Фред Хойл.

ЕДУИН ХЪБЪЛ, АСТРОНОМЪТ ПАТРИЦИЙ

Макар че теоретичните основи на космологията са поставени от Айнщайн, съвременната, основана на наблюдения космология е била разработена почти самостоятелно от Едуин Хъбъл — може би най-важният астроном на XX век.

Роден през 1889 г. в затътените гори на Маршфийлд, Мисури, Хъбъл бил скромно провинциално момче с големи амбиции. Баща му работел като адвокат и застрахователен агент и естествено настоявал синът му да направи кариера като юрист. Хъбъл обаче бил очарован от книгите на Жул Верн, а звездите направо го омагьосвали. Поглъщал на един дъх такива класики в научната фантастика като „Двадесет хиляди левги под водата“ и „От Земята до Луната“. Освен това бил доста добър боксьор. Мнозина настоявали да стане професионалист и да излезе срещу световния шампион тежка категория Джек Джонсън.

Хъбъл спечелил престижната стипендия „Роудс“ за право в Оксфорд, където възприел маниерниченето на британското висше общество. Започнал да носи костюми от туид, да пуши лула, да говори с характерен английски акцент и да разказва за белезите си от дуели (носят се слухове, че си ги е направил сам).

Въпреки това Хъбъл се чувствал нещастен. Онова, което наистина го мотивирало, не били закононарушенията и съдебните процеси. Още от детството голямата му страст били звездите. Хъбъл не се поколебал да се откаже от правото и постъпил в Чикагския университет и обсерваторията „Маунт Уилсън“, Калифорния, където

се намирал най-големият телескоп на планетата по онова време (огледалото му било с диаметър 100 инча<sup>[1]</sup>). Започвайки толкова късно кариерата си, на Хъбъл му се наложило да бърза. За да навакса изгубеното време, той незабавно се заел да намери отговора на някои от най-сложните и труднорешими загадки на астрономията.

През 20-те години на XX в. вселената била удобно място. Широко разпространено било мнението, че тя се състои единствено от галактиката Млечен път — мъгливата ивица светлина, прорязваща нощното небе и приличаща на разлято мляко. (Самата дума „галактика“ произлиза от старогръцката дума за мляко.) Точно тогава започнал прочутият дебат между астрономите Харлоу Шапли от Харвард и Хебър Къртис от обсерваторията „Лик“. Известен под името „Формата на вселената“, дебатът се въртял около размерите на Млечния път и на самата вселена. Шапли защитавал мнението, че Млечният път представлява цялата видима вселена. Къртис смятал, че отвъд него се намират „спираловидни мъглявини“ — странни и прекрасни петънца виеща се светла омара. (Още през XVIII в. философът Имануел Кант изказал предположението, че тези спираловидни мъглявини са „островни вселени“.)

Хъбъл живо се заинтересувал от дебата. Ключовият проблем бил в това, че определянето на разстоянието до звездите било (и все още е) една от най-мъчните задачи в астрономията. Отдалечената ярка звезда може да изглежда абсолютно еднакво с по-слабо, но намиращо се по-близо до Слънцето светило. Това станало източник на множество разпалени спорове и противоречия между астрономите. За да разреши проблема, Хъбъл се нуждаел от „стандартна свещ“ — обект, излъчващ едно и също количество светлина навсякъде във вселената. (Всъщност огромна част от работата на космолозите заемат опитите да се намерят и калибрират такива стандартни свещи. Много от големите дебати в астрономията се въртят около въпроса доколко надеждни са всъщност тези еталони.) Ако разполагаме със стандартна свещ, която свети еднакво и с една и съща мощност където и да е във вселената, тогава четири пъти по-слабата от нормалното звезда ще бъде просто два пъти по-отдалечена от Земята.

Една нощ, докато проучвал снимка на спираловидната мъглявина Андромеда, Хъбъл получил просветление. Открил в мъглявината променлива звезда (астрономите наричат такива звезди цефеиди),

грижливо каталогизирана от Хенриета Левит. Известно било, че яркостта ѝ равномерно нараства и отслабва и времето, необходимо за един пълен цикъл, се намирало в пряка зависимост с яркостта. Колкото по-ярка е една звезда, толкова по-дълъг е нейният цикъл на пулсиране. Това означава, че само с измерването на цикъла може да се установи яркостта на звездата и оттук да се определи разстоянието до нея. Хъбъл открил, че периодът на въпросната звезда е 31,4 дни, което за негова най-голяма изненада означавало разстояние един милион светлинни години, далеч извън пределите на Млечния път. (Диаметърът на Млечния път е едва 100 000 светлинни години. По-късните изчисления показали, че Хъбъл всъщност е подценил реалното разстояние до Андромеда, което е почти 2 милиона светлинни години.)

Хъбъл повторил експеримента със звезди в други спираловидни мъглявини и открил, че и те се намират далеч извън пределите на Млечния път. С други думи, станало ясно, че спираловидните мъглявини представляват цели островни вселени и че Млечният път е просто една от многото галактики.

Изведнъж размерите на вселената станали огромни. Вместо с една-единствена, тя се оказала изпълнена с милиони, а може би и милиарди галактики. Диаметърът ѝ внезапно нараснал от 100 000 на милиони или милиарди светлинни години.

Само това откритие било достатъчно, за да осигури на Хъбъл място в пантеона на великите астрономи. Той обаче успял да бие собственото си постижение. Хъбъл твърдо решил не само да открие разстоянието до другите галактики, но и да изчисли с каква скорост се движат те.

#### ДОПЛЕРОВИЯТ ЕФЕКТ И РАЗШИРЯВАЩАТА СЕ ВСЕЛЕНА

Хъбъл знаел, че най-простият начин да се изчисли скоростта на далечни обекти е да се анализира промяната в излъчвания от тях звук или светлина, известна като доплеров ефект. Можем да го разпознаем в звука на автомобилите, когато минават покрай нас по магистралата. Полицията го използва, за да изчисли дали не карате с превишена скорост — към колата ви се насочва лазерен лъч, който се отразява обратно до полицейската кола. От промяната в честотата на лазера полицаите могат да определят колко бързо се движите.



Ако една звезда например се движи към вас, излъчваните от нея светлинни вълни са притиснати като гънките на прибран акордеон. В резултат на това дължината на вълната става по-малка. Жълтата звезда ще изглежда леко синкава (защото вълната на синия цвят е по-къса от тази на жълтия). А ако звездата се отдалечава, светлинните ѝ вълни се разтягат и така жълтата звезда ще изглежда червеникава. Колкото по-голямо е отклонението, толкова по-висока е скоростта на звездата. Така ако знаем промяната в честотата на светлината на една звезда, ще можем да определим скоростта ѝ.

При анализа на данните за свое изумление Хъбъл открил, че галактиките се отдалечават от Земята с огромна скорост. Вселената не само се оказала много по-голяма от очакваното, но и се разширявала с огромна скорост. Като се изключат някои дребни отклонения, Хъбъл открил, че при галактиките се наблюдава не синьо, а червено отместване, причинено от отдалечаването им от нас. Откритието показвало, че вселената всъщност не е статична, както предполагали Нютон и Айнщайн, а динамична.

През всички тези векове, през които учените се занимавали с парадоксите на Бентли и Олбърс, никой не се замислял сериозно върху възможността вселената да се разширява. През 1928 г. Хъбъл предприел съдбовно пътуване до Холандия, за да се срещне с Вилем де Ситер. Бил заинтригуван от предположението на Де Ситер, че колкото по-далеч се намира дадена звезда, толкова по-бързо би трябвало да се отдалечава от нас. Представете си надуван балон с галактики, отбелязани като точки върху повърхността му. При разширяването на балона най-близко намиращите се галактики ще се раздалечават една от друга сравнително бавно, докато намиращите се на другия край на балона ще се отдалечават далеч по-бързо.

Де Ситер насърчил Хъбъл да провери чрез измерване на червеното отместване на галактиките дали този ефект може да се открие в събраните данни. Колкото по-голямо е отместването на дадена галактика, толкова по-бързо тя се отдалечава от нас и следователно толкова по-далеч би трябвало да се намира. (Според теорията на Айнщайн от техническа гледна точка червеното отместване не се причинява от отдалечаването на галактиката от Земята, а от разширяването на самото пространство помежду им. Червеното отместване се дължи на това, че светлината от отдалечената

галактика се разтегля от разширяването на пространството и затова изглежда отместена към червения спектър.)

#### ЗАКОНЪТ НА ХЪБЪЛ

Когато се върнал в Калифорния, Хъбъл последвал съвета на Де Ситер и потърсил доказателства за ефекта. Анализът на двадесет и четири галактики показал, че колкото по-отдалечена е дадена галактика, толкова по-бързо тя се отдалечава от нас — точно както показвали и уравненията на Айнщайн. Отношението между двете стойности (скоростта, разделена на разстоянието) било приблизително едно и също. Това отношение бързо добило известност като константата на Хъбъл, или  $H$ . Това е може би най-важната константа в цялата космология, тъй като ни дава скоростта на разширяването на вселената.

Щом вселената се разширява, започнали да разсъждават учените, значи може би тя е имала някакво начало. Всъщност инверсната стойност на константата на Хъбъл ни дава приблизителната възраст на вселената. Да си представим, че гледаме видеозапис на експлозия. Виждаме разхвърчаващите се от центъра ѝ отломки и по тях можем да изчислим скоростта на разширяването. Това обаче означава също, че можем да пуснем записа отзад напред, докато всички отломки не се съберат в една обща точка. Тъй като знаем скоростта на разширяването, можем приблизително да изчислим времето на експлозията.

(Според оригиналните изчисления на Хъбъл възрастта на вселената била около 1,8 милиарда години, което създадо сериозно главоболие на цели поколения космолози — вселената се оказала по-млада от предполагаемата възраст на Земята и звездите. Години по-късно астрономите открили, че светлината от променливите звезди в Андромеда се заглушава от прашни облаци, поради което константата на Хъбъл била с неправилна стойност. Всъщност през последните седемдесет години се водеха цели „Хъбъллови войни“ заради точната стойност на  $H$ . Най-достоверният резултат, с който разполагаме днес, е от сателита *WMAP*.)

През 1931 г., по време на триумфалното си посещение в обсерваторията „Маунт Уилсън“, Айнщайн за първи път се срещнал с Хъбъл. Когато се убедил, че вселената наистина се разширява, той

нарекъл своята космологичната константа „най-голямата ми грешка“. (Все пак, както ще видим при разглеждането на данните от WMAP по-нататък, дори грешка на Айнщайн не е достатъчна, за да разклати основите на космологията.) Докато развеждали съпругата на Айнщайн из огромната обсерватория, ѝ обяснили, че гигантският телескоп се използва за определяне на формата на вселената. Г-жа Айнщайн невъзмутимо отвърнала: „Мъжът ми прави това на обратната страна на пощенски плик.“

#### ГОЛЕМИЯТ ВЗРИВ

Белгийският свещеник Жорж Льомер се запознал с теорията на Айнщайн и бил очарован от идеята, че теорията предполага разширяваща се вселена, а това логично води до заключението, че е имала начало. Той си дал сметка, че тъй като при свиването си газовете се нагорещяват, то по време на раждането си вселената би трябвало да е невъобразимо гореща. През 1927 г. Льомер изказал тезата, че вселената трябва да е започнала съществуването си като „свръхатом“ с невероятно висока температура и плътност, който внезапно експлодирал и положил началото на разширяващата се вселена на Хъбъл: „Еволюцията на света може да се сравни с току-що изгаснал фойерверк — останали са само няколко червени ленти, пепел и дим. Стоящи върху добре изстиналата пепел, ние виждаме бавното отслабване на слънцата и се опитваме да си представим изчезналото великолепие от началото на световите.“<sup>[2]</sup>

(Първият, предложил идеята за първичния „свръхатом“, отново е Едгар Алън По. Той посочил, че материята привлича други видове материя и следователно в началото би трябвало да има всеобща концентрация на атоми.)

Льомер се появявал на конференциите на физиците и досаждал на учените с вижданията си. Те обикновено го изслушвали учтиво и леко насмешливо, след което тихомълком загърбвали идеята. Артър Едингтън, един от водещите физици по онова време, казал: „Като учен аз просто не мога да приема, че сегашната вселена е започнала с взрив... Идеята за внезапно начало на съвременния ред в природата е неприемлива за мен.“<sup>[3]</sup>

С течение на годините обаче неговата настойчивост постепенно изтощила съпротивата на научната общност. Ученият, който щял да стане най-важният говорител и популяризатор на теорията за Големия взрив, в крайна сметка щял да представи и най-убедителното доказателство за верността ѝ.

ДЖОРДЖ ГАМОВ, КОСМИЧЕСКИЯТ ПАЛЯЧО

Ако Хъбъл бил изтънченият патриций на астрономията, то продължителят на делото му е един не по-малко велик учен — Джордж (Георгий) Гамов. В много отношения той бил пълна противоположност на Хъбъл — шегаджия и зевзек, прочут с номерата си и с двадесетте си книги, повечето от които ориентирани към младото поколение. Няколко поколения физици (в това число и аз самият) бяхме възпитани от неговите забавни и информативни трудове за физиката и космологията. По времето, когато теорията за относителността и квантовата теория предизвикваха истинска революция в науката и обществото, книгите му бяха уникални — те бяха единственото достоверно четиво за най-новите научни постижения, достъпно за тийнейджъри.

Докато „редовите“ учени често страдат от липса на идеи и предимно пресяват огромните купища сухи данни, Гамов е един от съзидателните гении на времето си и от него направо извирали идеи, които щели да променят света на ядрената физика, космологията и дори на генетиката. Може би неслучайно Джеймс Уотсън, който заедно с Франсис Крик разкри тайната на молекулата на ДНК, е озаглавил автобиографията си „Гени, Гамов и момичета“. Както си спомня колегата му Едуард Телер, „90 процента от теориите на Гамов бяха погрешни и това лесно можеше да се установи. Но той нямаше нищо против. Беше от онези хора, които не изпитват особена гордост от откритията си. Можеше да подхвърли последната си идея и след това да я вземе на подбив“<sup>[4]</sup>. Оставащите 10 процента от идеите му обаче били достатъчни да преобърнат цялата наука.

Гамов бил роден през 1904 г. в Одеса, по време на първите социални вълнения в Русия. Спомня си как „класите често нямаха никакво значение, когато Одеса биваше бомбардирана от някой вражески кораб, когато гръцки, френски или британски експедиционни корпуси щурмуваха на нож по улиците окопалите се бели, червени и

дори зелени руски части, или когато руснаците от различните цветове се биеха помежду си“<sup>[5]</sup>.

Повратният момент в живота му настъпил, когато отишъл в църквата, отмъкнал тайно малко от хляба за причастие и го занесъл вкъщи след службата. Когато го разгледал под микроскоп, не успял да види никаква разлика между обредния хляб, представляващ плътта на Исус Христос, и обикновения. „Мисля, че този експеримент ме направи учен“<sup>[6]</sup>, заключава той.

Постъпил в Ленинградския университет и бил ученик на Александър Фридман. По-късно, докато бил в университета в Копенхаген, успял да се срещне с такива гиганти във физиката като Нилс Бор. (През 1932 г. Гамов и съпругата му направили неуспешен опит за бягство от Съветския съюз, като преплават на сал разстоянието от Крим до Турция. Щастieto му се усмихнало по-късно, когато отишъл на конференция по физика в Брюксел. С бягството успял да си спечели смъртна присъда в родината си.)

Първият голям успех на Гамов бил през 20-те години в Русия, когато разрешил загадката защо е възможно радиоактивното разпадане. От трудовете на мадам Кюри и други физици учените знаели, че атомът на урана е нестабилен и излъчва радиация под формата на алфа-лъчи (ядра на хелий). Според Нютоновата механика загадъчната ядрена сила, удържаща ядрото в едно цяло, би трябвало да не позволява подобно излъчване. Как тогава било възможно то?

Гамов (наред с Р. У. Гърни и Е. У. Кондън) разбрал, че радиоактивното разпадане е възможно, тъй като принципът на неопределеността в квантовата теория означава, че никой не може да каже къде точно се намира дадена частица и каква е скоростта ѝ. Ето защо съществува известна вероятност тя да „пробие“ или да се промъкне през бариерата. (Днес тази идея е централна в цялата физика и се използва за обясняване свойствата на електронните устройства, черните дупки и на Големия взрив. Самата вселена може да е възникнала чрез „пробив“.)

Като пример Гамов предлага да си представим затворник, ограден от огромните стени на исправително заведение. В класическата Нютонова вселена той не би могъл да избяга по никакъв начин. Но в странния свят на квантовата теория не можем да бъдем абсолютно сигурни къде точно се намира затворникът в даден момент

и с каква скорост се движи. Ако той се блъска достатъчно често в стените на затвора, може да се изчисли, че един ден ще успее да мине направо през тях в грубо несъответствие със здравия разум и Нютоновата механика. Има крайна и поддаваща се на изчисляване вероятност затворникът да се озове извън стените на затвора. За големи тела като затворници ще се наложи да почакаме по-дълго, отколкото е отделеното на вселената време. Но на алфа и другите субатомни частици подобно нещо се случва през цялото време, тъй като те непрекъснато бомбардират стените на ядрото с огромни количества енергия. Според мнозина Гамов би трябвало да получи Нобелова награда за това жизненоважно откритие.

През 40-те години интересите на Гамов започнали да се насочват от теорията на относителността към космологията, която му приличала на пълен със съкровища тайнствен континент. Единственото, което се знаело за вселената по онова време, било, че небето е черно и че вселената се разширява. Гамов бил воден от една-единствена идея — да открие някакви доказателства или „фосили“, доказващи, че преди милиарди години наистина е имало Голям взрив. Това била трудна задача, тъй като космологията не е експериментална наука в истинския смисъл на това понятие. Никой не може да направи експеримент с Големия взрив. Космологията по-скоро прилича на криминалистика — тя търси „следи“ или улики на местопрестъплението, докато експерименталната наука прибегва до прецизни и контролирани експерименти.

#### ЯДРЕНАТА КУХНЯ НА ВСЕЛЕНАТА

Следващият голям научен принос на Гамов е откриването на ядрените реакции, водещи до образуването на най-лекият елемент във вселената. Обичал да ги нарича „праисторическата кухня на вселената“, в която всички елементи се сготвяли от ужасните температури на Големия взрив. Днес този процес се нарича „ядрен синтез“, или изчисляване на относителния дял на елементите във вселената. Идеята на Гамов била, че съществува непрекъсваема верига, започваща от водорода, която може да се създаде, като се добавят нови и нови частици към водородния атом. Цялата Менделеева таблица според него би могла да се получи от горещината на Големия взрив.

Гамов и студентите му смятали, че тъй като в момента на възникването си вселената представлявала невъобразимо гореща колекция от протони и неутрони, това е създавало условия за термоядрен синтез, при който водородните атоми се сливали, за да образуват атомите на хелия. Подобно на водородната бомба или звездата, температурите били толкова високи, че протоните на водорода бивали до такава степен притискани един към друг, че в крайна сметка ядрата се свивали и образували ядро на хелий. По-нататъшните сблъсъци между ядрата на водорода и хелия водели до образуването на следващата група елементи, сред които лития и берилия. Гамов приемал, че по-нататък можело да се стигне до образуването на по-тежки елементи чрез добавяне на все повече и повече субатомни частици към ядрото — с други думи, че всичките стотина елемента, изграждащи видимата вселена, са били „сготвени“ в огнената пещ на Големия взрив.

В характерния си стил Гамов изложил само общите рамки на амбициозната си програма и оставил докторанта си Ралф Алфър да се занимае с детайлите.<sup>[7]</sup> Когато работата била завършена, Гамов не успял да се удържи да даде израз на типичния си хумор и поставил името на физика Ханс Бете като съавтор. Така трудът станал известен като „алфа-бета-гама“.

Гамов открил, че температурата при Големия взрив е била достатъчно висока за образуването на хелия, чиято маса съставлява около една четвърт от масата на вселената. Ако се поеме по обратния път, „доказателство“ за Големия взрив можем да намерим като просто погледнем множеството съществуващи в момента звезди и галактики и си дадем сметка, че те са съставени от около 75 процента водород, 25 процента хелий и следи от други елементи. (Както казва астрофизикът Дейвид Спергъл от Принстън, „всеки път, когато си купувате балон, получавате атоми, създадени в първите няколко минути на Големия взрив“.)<sup>[8]</sup>

В хода на изчисленията си обаче Гамов се натъкнал на проблеми. Теорията му работела добре за най-леките елементи, но елементите с 5 и 8 неутрона и протона са изключително нестабилни и следователно не можели да послужат за „мост“ към елементите с по-голям брой протони и неутрони. Тъй като вселената се състои от тежки елементи с много повече протони и неутрони, това си оставало космическа

загадка. Неуспехът на Гамов да премине преградата на елементите с 5 и 8 частици останал сериозен проблем в продължение на години и обрекъл на неуспех желанието му да покаже, че всички те са създадени в момента на Големия взрив.

#### МИКРОВЪЛНОВО ФОНОВО ЛЪЧЕНИЕ

Същевременно Гамов се интересувал и от една друга идея — ако Големият взрив е бил толкова невъобразимо горещ, то може би и до днес във вселената циркулира малко остатъчна топлина. Откриването ѝ би означавало откриване на „фосилни останки“ от самия Голям взрив. Може би той е бил толкова колосален, че следите му все още изпълват вселената с еднородно лъчение.

През 1946 г. Гамов приемал, че Големият взрив е започнал със свръхгорещо ядро от неутрони. Предположението му било основателно, тъй като по онова време за субатомните частици без електрона, протона и неутрона се знаело съвсем малко. Ако можел да изчисли температурата на това кълбо от неутрони, Гамов би получил и количеството и естеството на лъчението им. Две години по-късно Гамов показал, че отделеното от това свръхнагорещено ядро лъчение би трябвало да действа като „лъчение на черното тяло“. Това е много специфичен вид енергия, отделяна от нагорещено тяло. Тя абсорбира цялата попаднала в нея светлина и в отговор излъчва по характерен начин. Например Слънцето, стопената лава, горящите въглища и нагорещената керамика сияят в жълто-червено и отделят „лъчение на черното тяло“. (Това лъчение било открито за първи път от прочутия майстор на порцелан Томас Уеджуд през 1792 г. Той забелязал, че когато изпича суровите материали в пещта, цветът им се променя от червен през жълт до бял с покачването на температурата.)

Това е важно, тъй като ако се знае цветът на нагорещения обект, може грубо да се изчисли температурата му и обратното — точната формула, определяща отношението между температурата и отделяното лъчение, била изведена през 1900 г. от Макс Планк, което довело до появата на квантовата теория. (Всъщност точно по този начин учените определят температурата на Слънцето. То излъчва предимно жълта светлина, която съответства на температура на черното тяло около  $6000^{\circ}\text{K}$ <sup>[9]</sup>. Така получаваме температурата на външната атмосфера на Слънцето. По същия начин се определя, че температурата на



повърхността на червения гигант Бетелгейзе е около  $3000^{\circ}\text{K}$  — температура на черното тяло, съответстваща на червения цвят, който виждаме и в горящите въглища.)

В статията на Гамов от 1948 г. за първи път се изказва предположението, че лъчението на Големия взрив би трябвало да има една специфична характеристика — лъчение на черното тяло. Тази най-важна характеристика е температурата. Следващата задача на Гамов била да изчисли настоящата температура на лъчението на черното тяло.

Докторантът Ралф Алфър и един друг ученик на Гамов — Робърт Херман — се опитали да завършат изчисленията. Гамов отбелязва: „Ако екстраполираме от Големия взрив до наши дни, ще открием, че за изминалите еони вселената би трябвало се е охладила до около пет градуса над абсолютната нула.“<sup>[10]</sup>

През 1948 г. Алфър и Херман публикували статия, в която подробно обясняват защо остатъчната температура от Големия взрив трябва да е около пет градуса над абсолютната нула (изчисленията им се оказаха забележително близки до известната ни днес температура —  $2,7$  градуса над абсолютната нула). Лъчението, което според тях попада в микровълновия диапазон, би трябвало да се среща във вселената и да я изпълва с еднороден фон.

(Ето и как се стига до такова заключение. В продължение на години след Големия взрив температурата на вселената е била толкова висока, че всеки новопоявил се атом бивал разкъсан на части от хаотични енергийни сблъсъци с други субатомни частици. Така вселената е била матова, а не прозрачна. Всеки светлинен лъч в тази свръхнагорещена обстановка би трябвало да бъде абсорбиран, след като е изминал съвсем малко разстояние, затова вселената е изглеждала замъглена. След 379 000 години обаче температурата се понижила до 3000 градуса и атомите престанали да бъдат разцепвани от сблъсъците. В резултат на това станало възможно формирането на стабилни атоми и светлината можела да пропътува светлинни години, без да срещне преграда. Така за първи път празното пространство станало прозрачно. Лъчението, което вече не било абсорбирано веднага щом се появявало, все още циркулира из вселената и до днес.)

Когато Алфър и Херман представили на учителя си окончателните си изчисления за температурата на вселената, Гамов

бил разочарован. Температурата се оказала толкова ниска, че било изключително трудно да се измери. Трябвала му цяла година, за да приеме най-сетне, че подробностите от изчисленията са верни, но така и изгубил надежда, че ще успее да измери толкова слабо лъчение. Съществуващият през 40-те години инструментариум бил абсолютно неспособен да измери толкова слаб фон. (При по-късните си изчисления, основани на неточни изходни предпоставки, Гамов получил температура до 50 градуса над абсолютната нула.)

Учените изнесли серия лекции и публични изявления, за да популяризират труда си. За съжаление пророческият им резултат останал извън интересите на колегите им. „Изразходвахме ужасно много енергия да популяризираме работата си — казва Алфър. — Никой не захапа, никой не каза, че температурата може да се измери... И така за периода между 1948 и 1955 г. ние почти се отказахме.“<sup>[11]</sup>

Непоколебимият Гамов с книгите и лекциите си станал основен проводник на теорията за Големия взрив. Наложило му се обаче да се изправи срещу могъщ противник, който му бил почти равен. Докато Гамов можел да очарова аудиторията с дяволитите си шеги и остроумие, Фред Хойл я спечелвал с блестящия си ум и агресивно дръзко поведение.

#### ФРЕД ХОЙЛ, ВЕЧНИЯТ ОПОЗИЦИОНЕР

Микровълновото фонов лъчение ни дава „второто доказателство“ за Големия взрив. Човекът, който изглеждал най-малко вероятен кандидат за откривател на третото доказателство, е Фред Хойл — човек, който по ирония на съдбата през цялата си кариера се опитвал да опровергае теорията за Големия взрив.

Хойл бил олицетворение на академичен темерут — блестящ опозиционер, дръзващ да предизвика конвенционалните си колеги с понякога доста заядлив тон. Докато Хъбъл бил истински патриций с маниерите си на благородник от Оксфорд, а Гамов — забавен клоун и енциклопедист, омайващ публиката с остроумните си коментари, шеги и лудории, Хойл приличал на настръхнал булдог и стилът му изобщо не подходдал на достолепните зали на Кембридж, из които витаел духът на великия Исак Нютон.

Хойл е роден през 1915 г. в Северна Англия в семейството на търговец на платове. Родното му място било център на дърводобивната

промишленост. Още от дете изпитвал жив интерес към науката. Радиото току-що се било появило в селото и по-късно Хойл си спомня как двадесет или тридесет души трескаво прокарали жиците на радиоточките до домовете си. Повратният момент в живота му настъпил, когато родителите му подарили телескоп.

Комбинативният стил на Хойл се проявил още в детството му. На тригодишна възраст усвоил таблицата за умножение, след което учителката му заръчала да научи латинските числа. „Що за малоумник трябва да бъдеш, за да пишеш VIII вместо 8? — спомня си с презрение той. — С тъга открих, че съм се родил в свят, доминиран от вилнеещо чудовище, носещо името «закон», което е колкото всемогъщо, толкова и безумно“<sup>[12]</sup>, пише той, когато му казали, че по закон трябвало да тръгне на училище.

Отвращението му към авторитетите се затвърдило от сблъсъка му с една друга учителка, която обяснила на класа, че някакво цвете имало само пет венчелистчета. За да докаже, че не е права, Хойл донесъл в клас цвете с шест венчелистчета. Заради нечуваната проява на неуважение към висшестоящия учителката силно го зашлевила по лявото ухо.<sup>[13]</sup> По-късно Хойл оглушал с него.

#### ТЕОРИЯТА ЗА СТАЦИОНАРНАТА ВСЕЛЕНА

През 40-те години Хойл не бил особено очарован от теорията за Големия взрив. Един от недостатъците ѝ бил, че Хъбъл не взел предвид заглушаването на звездната светлина от облаците космически прах и в резултат на това изчислил, че възрастта на вселената е едва 1,8 милиарда години. Геолозите твърдели, че Земята и Слънчевата система вероятно са много по-стари. Как е възможно вселената да е по-млада от съществуващите в нея планети?

Заедно с колегите си Томас Голд и Херман Бонди Хойл започнал кампания срещу теорията. Според мълвата тяхната теория, известна като теория за стационарната вселена, била вдъхновена от един филм за призрази от 1945 г. с Майкъл Редгрейв, озаглавен „Смъртта на нощта“. Филмът представлява серия от истории за призрази, но особено запомняща се е последната сцена — краят е същият като началото. Така филмът е кръгов, без начало и без край. Това уж вдъхновило тримата да излязат с теория за вселена без начало и без

край. (По-късно Голд внася повече светлина върху историята: „Мисля, че бяхме гледали филма няколко месеца по-рано и след като предложих идеята за стационарната идея, се сетих, че прилича донякъде на него.“<sup>[14]</sup>)

Според този модел отделни части от вселената наистина се разширяват, но в пространството непрекъснато се създава нова материя и така плътността на вселената си остава една и съща. Въпреки че не можела да обясни мистериозния начин, по който материята се получава от нищото, теорията незабавно намерила група поддръжници, които започнали истинска война срещу теоретиците на Големия взрив. На Хойл му се струвало нелогично огненият катаклизъм да се е появил от нищото и да разпръсне галактики във всички посоки. Предпочитал плавното сътворение на материята от нищото. С други думи вселената за него е вечна — без край и без начало. Тя просто съществува.

(Конфронтацията между теорията за стационарната вселена и теорията за Големия взрив прилича на противоречията между геологията и другите науки. В геологията имало продължителен дебат между униформистите (според които Земята се е оформила чрез плавни и постепенни промени, продължаващи милиони години) и катастрофистите (според които промените настъпили бързо в резултат на катаклизъм). Макар че униформизмът все още обяснява голяма част от геологическите и екологичните особености на планетата, никой не може да отрече сблъсъците с комети и метеори, довели до масови измириания, или разделянето и движението на континентите.)

#### ЛЕКЦИИ ПО БИ БИ СИ

Хойл никога не изпуснал възможността да се опълчи срещу противниците си. През 1949 г. двамата с Гамов били поканени от Би Би Си да проведат дебат върху произхода на вселената. По време на предаването Хойл влязъл в историята с удара срещу опонента си: „Тези теории се основават на хипотезата, че цялата материя във вселената е била създадена в един голям взрив в някакъв момент от далечното минало.“ Името останало. Теорията била кръстена „Големия взрив“ от най-непримиримия ѝ враг. (По-късно Хойл твърдял, че не е имал намерение да прозвучи пренебрежително: „В никакъв случай не исках

думите ми да се изтълкуват като унижителни. Искях да бъдат точно в целта.“<sup>[15]</sup>)

(През изминалите години поддръжниците на Големия взрив положиха героични усилия да променят името на теорията, тъй като не са доволни от едва ли не вулгарното му значение и от факта, че е дадено от най-големия враг на теорията. Пуристите особено силно подскочат и защото името е неточно. Първо, Големият взрив не е бил голям (тъй като е започнал от някакъв вид сингулярност или образуването на черна дупка, много по-малка от атом) и второ, не е имало взрив (тъй като в космоса няма звук, през който да се разпространяват звукови вълни). През август 1993 г. списание „Скай енд Телескоп“ спонсорира конкурс за намиране на подходящо име на теорията за Големия взрив. Бяха подадени 13 000 предложения, но журито така и не успя да определи някое, което да е по-добро от оригиналното име.)

Хойл останал знаменит с небезизвестната си серия радиопредавания за наука по Би Би Си. През 50-те години компанията планирала всяка събота вечер да излъчва на живо беседи на известни учени. Един от поканените гости се отказал в последния момент и продуцентите били принудени спешно да намерят заместник. Свързали се с Хойл, който се съгласил да участва. Когато обаче продуцентите проверили досието му, открили в него бележка, на която пишело: „НЕ КАНЕТЕ ТОЗИ ЧОВЕК.“

За щастие продуцентите игнорирали ужасното предупреждение на предшествениците си и така Хойл изнесъл петте си знаменити лекции. Тези превърнали се в класика предавания на Би Би Си буквално омагьосали страната и дори вдъхновили младото поколение астрономи. Уолас Сарджънт си спомня влиянието на лекциите върху себе си: „На петнадесетгодишна възраст чух серията лекции «Вселената» на Фред Хойл. Идеята, че знаем каква е температурата и плътността в центъра на Слънцето, направо ми подежда като гръм от ясно небе. На онази възраст подобно познание ми се струваше недостижимо. Става въпрос не само за изумителните числа, а за самия факт, че изобщо можеш да ги научиш.“<sup>[16]</sup>

ЯДРЕНИЯТ СИНТЕЗ В ЗВЕЗДИТЕ

Хойл се отнасял с презрение към празното умуване и се заел да провери доколко вярна е теорията му за стационарната вселена. Той си давал сметка, че елементите не са били сготвени в пещта на Големия взрив, както смятал Гамов, а в ядрата на звездите. Ако всичките стотина елемента са възникнали там, то не би имало и нужда от Голям взрив.

В серия основополагащи статии от края на 40-те и 50-те Хойл и колегите му изложили в детайли как при ядрените реакции в ядрото на една звезда (вместо по време на Големия взрив) могат да се добавят протони и неутрони към ядрата на водорода и хелия, докато не се получат по-тежки елементи — поне до желязо. (Учените разрешили затруднителната Гамов загадка как да се създадат елементи с атомно тегло над 5. С гениална прозорливост Хойл се досетил, че ако съществува непознат дотогава нестабилен изотоп на въглерода, получен от три ядра хелий, той би могъл да просъществува достатъчно дълго, за да изпълни ролята на „мост“ и да позволи получаването на по-тежки елементи. В ядрата на звездите тази непозната нестабилна форма на въглерода би могла да просъществува достатъчно, за да се прибавят към нея нови неутрони и протони и да се получат елементи с маса над 5 и 8. Когато въпросният изотоп наистина бе открит, той доказва по един блестящ начин, че ядреният синтез наистина може да се извършва не по време на Големия взрив, а в звездите. Хойл дори създал обемиста компютърна програма, която е в състояние да определи почти единствено въз основа на основните параметри разпределението на елементите, които виждаме в действителност.)

Но дори огромните температури на звездите не са достатъчни, за да „сготвят“ по-тежки от желязото елементи като мед, никел, цинк, уран и т.н. (По ред причини, една от които е отблъскването между протоните в ядрото и липсата на свързваща енергия, е изключително трудно да се извлече енергия чрез сливането на по-тежки от желязото елементи.) За целта била необходима още по-голяма пещ — експлозия на масивна звезда или свръхнова. При предсмъртните гърчове на гигантите температурата може да достигне трилиони градуси и се отделя достатъчно енергия за „сготвянето“ на тежки елементи. Това означава, че елементите след желязото биха могли да бъдат изхвърлени единствено от атмосферите на експлодиращите свръхнови.

През 1957 г. Хойл, Маргарет и Джефри Бърбидж и Уилям Фаулър публикуваха може би най-подробния труд, описващ всички стъпки, необходими за получаване на наличните във вселената елементи и предсказващ относителното им разпределение. Точността на аргументите им била толкова убедителна, че дори Гамов трябвало да се съгласи, че Хойл е дал най-неуστοимата картина на ядрения синтез. По характерния за него начин, Гамов дори скалпил следния текст, написан в библейски стил. В началото, когато Бог създавал елементите,

„... той така се развълнувал от броенето, че пропуснал да спомене петицата и така не могли да се формират по-тежки елементи. Бог се разочаровал изключително много и отначало понечил да свие Вселената отново и да започне от самото начало. Но това не било толкова лесно. Затова, бидейки всемогъщ, Бог решил да поправи грешката си по по-приемлив начин. И рекъл Бог: «Да бъде Хойл.» И стана Хойл. И погледнал Бог към Хойл... И му заповядал да сътвори тежки елементи по какъвто му се хареса начин. И Хойл решил да направи тежките елементи в звездите и да ги разпръска чрез експлозии на свръхнови.“<sup>[17]</sup>

#### ДОВОДИ ПРОТИВ ТЕОРИЯТА ЗА СТАЦИОНАРНАТА ВСЕЛЕНА

През десетилетията обаче на няколко фронта започнали постепенно да се трупат свидетелства против теорията за стационарната вселена. Хойл установил, че се е впуснал в предрешена борба. Според неговата теория, тъй като вселената не се развива, а само непрекъснато създава нова материя, в миналото тя би трябвало да изглежда по същия начин, по който я виждаме и сега. Съвременните галактики би трябвало да са идентични с галактиките преди милиарди години. Следователно теорията за стационарната вселена би могла да се отхвърли, ако има данни за големи еволюционни промени в миналото.

През 60-те години в дълбокия космос бяха открити загадъчни източници на огромни количества енергия, кръстени „квазари“, или

квазизвездни обекти. (Името било толкова сполучливо, че по-късно бе дадено дори на една телевизионна компания.) Квазарите генерират невъобразими количества енергия и имат огромни червени отмествания, което означава, че се намират на самия край на видимата вселена и че са осветили небесата по времето, когато вселената е била съвсем млада. (Днес астрономите смятат, че квазарите са огромни млади галактики, захранвани от мощността на гигантски черни дупки.) Не разполагаме с данни за съществуващи в момента квазари, макар че според теорията за стационарната вселена би трябвало да ги има. Очевидно те са изчезнали преди милиарди години.

Теорията на Хойл има още един сериозен проблем. Учените разбират, че количеството хелий във вселената е прекалено голямо, за да съответства на предсказанията за стационарна вселена. Познатият от детските балони и цепелините газ се среща доста рядко на Земята, но е вторият по количество елемент във вселената след водорода. На нашата планета хелият се среща толкова рядко, че всъщност е бил открит за първи път в короната на Слънцето. (През 1868 г. учените анализирали преминаваща през стъклена призма слънчева светлина. Лъчът се разложил на характерните спектрални линии и цветове, но учените установили и слаби спектрални линии, причинени от загадъчен и непознат дотогава елемент. Погрешно решили, че става въпрос за някакъв вид метал и му дали характерното за тази група елементи окончание на „*ium*“. Името на елемента произлиза от гръцката дума за слънце „хелиос“. През 1895 г. хелият бил открит в уранови залежи на Земята и учените със смущение разбрали, че става въпрос не за метал, а за газ. Така името на открития извън Земята елемент се оказало погрешно.)

Ако първоначалният хелий е бил създаден предимно в звездите, както смята Хойл, то той би трябвало да се среща доста рядко и да се намира в близост до ядрото на звездата. Всички астрономически данни обаче показват, че на практика хелият се среща в изобилие и съставлява около една четвърт от масата на атомите в цялата вселена. Установено било, че разпространението му във вселената е равномерно — точно както предполагал Гамов.

Днес знаем, че и в теорията на Гамов, и в теорията на Хойл се съдържа зрънце истина относно ядрения синтез. Първоначално Гамов смятал, че всички химични елементи са остатъци или пепел от



Големия взрив. Теорията му обаче станала жертва на проблема с атомните тегла 5 и 8. Хойл бил убеден, че ще може напълно да опровергае теорията за Големия взрив, като покаже, че звездите могат и сами да „сготвят“ елементи без никаква чужда помощ. Теорията му обаче не е в състояние да обясни огромното количество хелий, което наблюдаваме във вселената.

По същество Гамов и Хойл ни дават доста задоволителна картина на ядрения синтез. Най-леките елементи с маси до 5 и 8 наистина са се образували при Големия взрив, както смятал Гамов. Съвременните открития в областта на физиката показват, че при Големия взрив се е образувала по-голямата част от деутерия, хелий-3, хелий-4 и литий-7. По-тежките елементи до желязото обаче са се сформирали в ядрата на звездите, както предполагал и Хойл. Ако добавим по-тежките от желязото елементи (като мед, цинк и злато), изхвърлени от избухналите свръхнови, ще получим пълна картина, обясняваща относителния дял на елементите във вселената. (Всяка теория, наемаща се да обори концепциите за съвременната космология, ще трябва да се нагърби с тежката задача да обясни разпределението на стотите елемента и милиардите им изотопи във вселената.)

#### КАК СЕ РАЖДАТ ЗВЕЗДИ

Един страничен продукт на разгорещените дебати върху ядрения синтез е сравнително пълното описание на жизнения цикъл на звездите. Една типична звезда като нашето Слънце започва съществуването си като голямо кълбо от дифузен водород, наречено протозвезда, което постепенно започва да се свива под силата на гравитацията. При свиването си то се върти бързо (което често води до формирането на двойна звездна система, при която двете звезди се гонят една друга по орбитите си, или до формирането на планети в равнината на въртене). Ядрото на звездата се нагорещява неимоверно, докато не достигне температура от един милион или повече градуса, когато започва сливането на водородните атоми и образуването на хелий.

След като звездата засвети, тя се нарича звезда от главната редица и може да просъществува в този си вид около 10 милиарда години, превръщайки бавно водорода в ядрото си в хелий. В момента

нашето Слънце се намира по средата на този процес. След като водородът се изчерпа, звездата започва да изгаря хелий, като при това увеличава размера си до орбитата на Марс и се превръща в „червен гигант“. След като хелият в ядрото свърши, външните слоеве на звездата се разнасят и остава самото ядро — „бяло джудже“ с размери, приблизително колкото Земята. При тази звезда по-леките елементи се сливат, докато не образуват желязо. По-малките звезди като нашето Слънце ще завършат живота си в пространството като парчета мъртъв ядрен материал под формата на звезди-джуджета.

При звезди с маса, надвишаваща слънчевата между десет и четиридесет пъти, процесът на ядрен синтез протича много по-бързо. Когато такава звезда се превърне в червен гигант, ядрото ѝ бързо консумира по-леките елементи и прилича на хибридна звезда — бяло джудже в червен гигант. Когато процесът на сливане достигне етапа на създаване на желязо, отделянето на енергия спира и в крайна сметка работилата милиарди години ядрена пещ изгасва. Звездата се свива изключително бързо, при което се създава огромно налягане, буквално натикващо електроните в ядрата. (Плътноста може да надхвърли 400 милиарда пъти плътността на водата.) При това температурата може да стигне до трилиони градуси. Гравитационната енергия, свита в такъв малък обем, експлодира навън като свръхнова. Огромните температури отново дават начало на ядрения синтез и така могат да се получават елементи, попадащи в периодичната таблица след желязото.

Например червеният гигант Бетелгейзе, който лесно можем да видим в съзвездията Орион, е нестабилен. Той може всеки момент да се превърне в свръхнова и да изпълни съседните райони с огромни количества гама и рентгенови лъчи. Когато това се случи, свръхновата ще се вижда през деня, а нощем ще свети много по-ярко от Луната. (Навремето бе изказано предположението, че освободените колосални количества енергия от свръхнова са станали причина за изчезването на динозаврите преди 65 милиона години. Всъщност свръхнова на разстояние около петдесет светлинни години наистина е способна да унищожи живота на Земята. За щастие гигантите Спика и Бетелгейзе са отдалечени на 260 и 522 светлинни години — прекалено далеч, за да причинят сериозни щети на Земята при превръщането си в свръхнови. Някои учени обаче смятат, че частичното измиране на морски видове

преди около 2 милиона години е било причинено от избухване на свръхнова на разстояние 120 светлинни години от нас.)

Това означава също, че нашето Слънце не е истинската „майка“ на Земята. Макар много народи да почитат Слънцето като бога, който е сътворил земята, това е вярно само отчасти. Макар че Земята наистина е била образувана от Слънцето (като част от отломките и праха, обикалящи около Слънцето преди около 4,5 милиарда години), нашата звезда е едва толкова гореща, колкото да преобразува водорода в хелий. Това означава, че нашата истинска „звезда-майка“ в действителност е някое неизвестно светило или група светила, загинали преди милиарди години като свръхнови и изпълнили околните мъглявини с по-тежки от желязото елементи, от които е съставено тялото ни. Собствените ни тела в буквалния смисъл на думата са съставени от космически прах от звезди, светили милиарди години преди нашето Слънце.

След експлозията на свръхновата остава едно малко тяло, наречено неутронна звезда, съставено от твърда ядрена материя с диаметър едва няколко десетки километра, приблизително колкото Манхатън. (Неутронните звезди били предсказани за първи път през 1933 г. от швейцарския астроном Фриц Цвики, но изглеждали толкова фантастично, че в продължение на десетилетия учените не приемали съществуването им.) Тъй като неутронната звезда излъчва неравномерно и се върти извънредно бързо, тя прилича на морски фар. За наблюдателя от Земята тя сякаш пулсира и затова такива звезди се наричат пулсари.

При много големите звезди, имащи маса може би над 40 пъти по-голяма от слънчевата, след експлодирането им като свръхнови биха могли да останат неутронни звезди, чиято маса е колкото три слънчеви. Гравитацията на подобно тяло е толкова голяма, че е в състояние да преодолее отблъскващите сили между неутроните и звездата да се свие окончателно и да се превърне в може би най-екзотичния обект във вселената — черна дупка, върху която ще се спрем по-подробно в 5 глава.

#### ПТИЧИТЕ ИЗПРАЖНЕНИЯ И ГОЛЕМИЯТ ВЗРИВ

Последният удар в сърцето на теорията за стационарната вселена бе нанесен през 1965 г. с откритието на Арно Пензиас и Робърт Уилсън. Докато търсели радиосигнали от космоса с помощта на 6-

метровия радиотелескоп на Лабораториите „Бел“ в Ню Джързи, двамата уловили нежелателен шум. Решили, че по всяка вероятност става въпрос за аберация, тъй като шумът като че ли идвал еднакво силно от всички посоки, а не от конкретна звезда или галактика. Предполагайки, че шумът може би е причинен от мръсотия и отпадъци, двамата грижливо избърсали онова, която Пензиас описва като „покрытие от бял диелектрик“ (известно повече като покривало срещу птичи изпражнения) пред отвора на радиотелескопа. Шумът като че ли започнал да се чува още по-силно. Без да осъзнават, двамата учени случайно се натъкнали на микровълновото фонове лъчение, предсказано от групата на Гамов още през 1948 г.

Тук историята на космологията прилича донякъде на криминале, в което три групи детективи се мъчат да разрешат един и същ случай, без да знаят за съществуването на колегите си. От една страна, Гамов, Алфър и Херман изложили теорията за микровълновото лъчение още през 1948 г. и предсказали, че температурата му е около 5 градуса над абсолютната нула. Изследователите обаче се отказали от опитите си да измерят фоновото излъчване, тъй като по онова време не разполагали с достатъчно прецизни уреди. През 1965 г. Пензиас и Уилсън открили лъчението, но така и не разбрали какво представлява то. Междувременно третата група, ръководена от Робърт Дике от Принстън, преоткрила теорията на Гамов и колегите му. Те се опитали да уловят фоновото излъчване, но оборудването им било направо за окайване и нямали никакви шансове за успех.

Край на тази комична ситуация поставил един общ приятел — астрономът Бърнард Бърк, който разказал на Пензиас за работата на Дике. Когато двата екипа най-сетне се свързали, станало ясно, че Пензиас и Уилсън са уловили сигнали от самия Голям взрив. За това изключително важно откритие двамата получиха Нобелова награда през 1978 г.

Да се върнем малко назад. Двата най-видни защитници на противоположните теории Хойл и Гамов имали съдбоносна среща в един кадилак през 1956 г., която би могла да промени хода на космологията. „Спомням си, че Джордж ме взеше в един бял кадилак“, разказва Хойл. Гамов повторил убеждението си, че Големият взрив е оставил след себе си сияние, което би трябвало да се долавя дори в момента. Последните му изчисления обаче изкарвали

температурата на това сияние около 50 градуса над абсолютната нула. Тогава Хойл направил зашеметяващо откровение. Попаднала му някаква забравена статия на Андрю Макелър от 1941 г., според която температурата в дълбокия космос не е по-висока от 3 градуса — в противен случай ще протичат химични реакции, при които ще се получат повече радикали на въглеродорода (CH) и въглероден нитрат (CN). Чрез измерването на количеството на тези съединения може да се определи температурата на космическото пространство. Авторът открил, че плътността на откритите молекули CN съответства на температура около 2,3°K. С други думи, Гамов не знаел, че фоновото лъчение с температура 2,7°K било измерено косвено още през 1941 г.

„Дали защото в кадилака беше прекалено удобно, или защото Джордж искаше температурата да е по-висока от 3°K, а аз предпочитам да е абсолютна нула, двамата пропуснахме шанса да забележим откритието, направено девет години по-късно от Арно Пензиас и Боб Уилсън“<sup>[18]</sup>, спомня си Хойл. Ако екипът на Гамов не беше направил грешка в изчисленията и бе получил по-ниски температури, или ако Хойл не бе такъв яростен противник на теорията за Големия взрив, може би историята на космологията щеше да бъде друга.

#### ЛИЧНИ ПОСЛЕДИЦИ ОТ ГОЛЕМИЯ ВЗРИВ

Откриването на микровълновото лъчение от Пензиас и Уилсън оказало силно влияние върху кариерите на Гамов и Хойл. За Хойл работата на двамата откриватели била едва ли не смъртоносен удар. През 1965 г. на страниците на „Найчър“ той най-сетне призна официално поражението си и посочи като причини да се откаже от теорията си за стационарната вселена микровълновото лъчение и огромното количество хелий. Всъщност най-много го объркал фактът, че теорията му изгубила прогностичната си сила: „Смята се, че «стационарната вселена» е убита от микровълновото лъчение, но истинският ѝ гробокопач всъщност е психологията... Именно в микровълновия фон съществува един важен феномен, който не е предсказан... Той ми разказа играта за много години.“<sup>[19]</sup> (По-късно Хойл се отметна от думите си и се опита да предложи нови варианти на теорията за стационарната вселена, но всеки следващ опит бе още по-неприемлив.)

За съжаление въпросът за приоритета оставил горчив привкус у Гамов. Ако четем между редовете, ще открием, че той бил лично засегнат, че трудът му и работата на Алфър и Херман рядко се споменават. Вежлив както винаги, той запазил чувствата за себе си, но в личната си кореспонденция се оплаква, че физиците и историците напълно подминавали постиженията на екипа му.

Макар че откритието на Пензиас и Уилсън представлявало съкрушителен удар срещу теорията за стационарната вселена и спомогнало теорията за Големия взрив да застане на здрава експериментална основа, в разбирането на структурата на разширяващата се вселена имало огромни празнини. Например, ако искаме да разберем развитието на една Фридманова вселена, трябва да знаем стойността на Омега (средната плътност на материята). Определянето ѝ обаче стана доста проблематично, след като се оказа, че по-голямата част от вселената е съставена не от познатите атоми и молекули, а от една странна нова субстанция, наречена „тъмна материя“, чиято маса превишава десетократно масата на обикновената материя. Водещите в тази област отново не били взети насериозно от останалата част от астрономическата общност.

#### ОМЕГА И ТЪМНАТА МАТЕРИЯ

Темата за тъмната материя е може би една от най-странните теми на космологията. През 30-те години ексцентричният швейцарски астроном Фриц Цвики от „Кал Тек“ забелязал, че галактиките от купа Кома не се движат правилно според Нютоновите закони за гравитацията, а скоростта им е толкова висока, че купът би трябвало да се разпадне. Единственият начин според него Кома да се запази като цяло е в него да има стотици пъти повече материя, отколкото се вижда през телескопа. Или Нютоновите закони не били верни за галактическите разстояния, или имало огромни количества липсваща невидима материя, която държала купа в едно цяло.

Това била първата индикация в историята, че има някакъв много сериозен пропуск по отношение на разпределението на материята във вселената. За съжаление поради няколко причини огромната част от астрономите отхвърлили пионерския труд на Цвики.

Първо те не били склонни да приемат, че Нютоновият закон за гравитацията, доминиращ във физиката от няколко столетия, можел да

се окаже неверен. За решаването на подобни кризи вече имало прецеденти. Когато анализирали орбитата на Уран, астрономите установили, че тя леко се отклонява от уравненията на Исак Нютон. В такъв случай или Нютон грешал, или съществувала някаква неизвестна дотогава планета, която въздействала върху Уран. Втората интерпретация се оказала вярна — през 1846 г. само за няколко часа бил открит Нептун след анализиране на местоположението му, предсказано от законите на Нютон.

Освен това съществувал въпросът за личността на Цвики и начина, по който астрономите се отнасят към „аутсайдерите“. Цвики бил мечтател, който често бивал подиграван или игнориран. През 1933 г. заедно с Валтер Бааде въвел термина „свръхнова“ и правилно предсказал, че след експлодирането на звездата ще остане малка неутронна звезда с диаметър около 20 км. Идеята изглеждала толкова нереална, че била взета на подбив на страниците на „Лос Анджелис Таймс“ от 19.01.1934 г. Цвики бил бесен от малката елитна група астрономи, които според него се опитвали да го пратят в задънена улица, крадели идеите му и му отказвали достъп до големите телескопи. (Малко преди смъртта си през 1974 г. той публикува каталог на галактиките с подзаглавие „Напомняне за Върховните жреци на американската астрономия и техните сикофанти<sup>[20]</sup>“. Предговорът представлява унищожителна критика на затворената и самовлюбена природа на астрономическия елит, склонен да стъпква отцепници като него. „Днешните подлизурковци и откровени крадци като че ли имат пълното право — особено в американската астрономия — да присвояват откритията и нововъведенията на вълците единаци, които не са конформисти“<sup>[21]</sup>, пише той. Цвики нарича тези особи „сферични кучи синове“, защото „са кучи синове откъдето и да ги погледнеш“. Особено го разгневил фактът, че бил подминат и Нобеловата награда за откриването на неутронна звезда била присъдена другиму.)<sup>[22]</sup>

Любопитният въпрос за движението на галактиките бе преоткрит през 1962 г. от Вера Рубин. Тя проучи въртенето на нашата галактика и се натъкна на същия проблем — астрономическата общност посрещна откритието ѝ също толкова студено. Обикновено колкото по-далеч от Слънцето е някоя планета, толкова по-бавно е движението ѝ и обратно. Неслучайно Меркурий е кръстен на бога на скоростта, тъй като се

намира най-близо до Слънцето, а Плутон се движи десет пъти по-бавно от Меркурий, защото е най-отдалечената планета. Но когато анализираща сините звезди в нашата галактика, Вера Рубин открила, че те се въртят около центъра на Млечния път с една и съща скорост независимо от разстоянието им до него и следователно нарушават предписанията на Нютоновата механика. На практика се оказало, че скоростта на въртене на Млечния път е толкова висока, че галактиката ни би трябвало да се е разлетяла на парчета. Тя обаче съществува съвсем стабилно вече около 10 милиарда години. Оставало си загадка обаче защо скоростта на въртене е равномерна. За да не се разпадне, масата на нашата галактика би трябвало да е десет пъти по-голяма, отколкото предполагали учените. Оказва се, че цели 90 процента от материята в Млечния път липсва!

Вера Рубин била игнорирана отчасти поради факта, че е жена. С известна болка тя си спомня, че когато кандидатствала за поста главен специалист в колежа „Суортмор“ и споделила, че обича да рисува, интервюиращият я попитал дали не се е замисляла за кариера, в която да рисува картини с астрономически обекти. „Това стана редовна фраза в семейството ми — спомня си тя. — Всеки път когато с някой се случеше нещо неприятно, го питахме дали не се е замислял за кариера на художник на астрономически обекти.“ Когато казала на учителя си по физика, че е приета във „Васар“, той отвърнал: „Ще си добре, стига да стоиш настрана от науката.“ „Трябва да имаш огромно самочувствие, за да можеш да слушаш подобни неща и да не се съсипеш“<sup>[23]</sup>, споделя тя.

След завършването си Вера Рубин кандидатствала и била приета в Харвард, но се отказала от мястото, защото се омъжила и заедно със съпруга си (химик) се преместили в Корнел. (Получила официален отговор от Харвард, в края на който на ръка било написано: „Проклети жени! Всеки път когато попадна на добра специалистка, тя неизменно се омъжва.“) Неотдавна Вера Рубин участва в конференция по астрономия в Япония и беше единствената жена. „Всеки път, когато разказвам тази история, започвам да плача. Нищо не се е променило кой знае колко за едно поколение...“, признава тя.

Въпреки всичко убедителната ѝ работа и постиженията на други учени постепенно започнаха да убеждават астрономическата общност, че проблемът за липсващата маса действително съществува. През 1978



г. Рубин и колегите ѝ проучиха данните от единадесет спираловидни галактики. Всички те се въртят прекалено бързо, за да се запазят заедно според законите на Нютон. През същата година холандският радиоастроном Албер Босма публикува най-пълния за времето си анализ на десетки спираловидни галактики. Почти при всички тях се наблюдава същото явление. Това като че ли окончателно убеди астрономическата общност в съществуването на тъмната материя.

Най-простото решение на този сериозен проблем е да се приеме, че галактиките са заобиколени от невидимо хало (цветен ореол), съдържащо десет пъти повече материя, отколкото звездите. Оттогава насам бяха разработени по-съвършени средства за отчитане на количеството тъмна материя. Един от най-впечатляващите начини е да се измери изкривяването на звездната светлина при преминаването ѝ през нея. Подобно на лещите на очилата, тъмната материя може да отклонява светлината (заради огромната си маса и гравитацията). Неотдавна задълбоченият компютърен анализ на фотографиите от „Хъбъл“ даде възможност на учените да съставят карти на разпределението на тъмната материя във вселената.

Правят се усиления опити да се разбере от какво е съставена тъмната материя. Според някои учени тя представлява обикновена материя с тази особеност, че излъчва много малко светлина (т.е., съставена е от кафяви джуджета, неутронни звезди, черни дупки и т.н., които са почти невидими). Подобни обекти се означават като „барионична материя“ — т.е., материя, съставена от познати бариони (като протоните и неутроните) и всички те носят общото название МАСНО (съкращение от *Massive Compact Halo Objects* — масивни компактни хало-тела).

Други смятат, че тъмната материя може да се състои от изключително гореща не-барионична материя като неутроните (наречена гореща тъмна материя). Неутроните обаче се движат толкова бързо, че не могат да съставляват по-голямата част от струпванията на тъмна материя и галактики, както ги виждаме. Трети пък бързат да заявят, че тъмната материя представлява напълно нов тип материя, наречена „студена тъмна материя“ или *WIMPS* (*Weakly Interacting Massive Particles* — слабо взаимодействащи масивни частици), които са основен кандидат за обясняването на тъмната материя.

САТЕЛИТЪТ COBE

Само с помощта на обикновен телескоп — основният черноработник на астрономията от времето на Галилей — учените не могат да разрешат загадката на тъмната материя. Астрономията се развива дотолкова, доколкото може да ѝ позволи стандартната, намираща се на Земята оптика. През 90-те години обаче се появи ново поколение апарати, използващи последните постижения на технологиите — сателити, лазери и компютри, които напълно промениха облика на космологията.

Един от първите плодове на тези новости бе сателитът *COBE*, изведен в орбита през ноември 1989 г. Докато работата на Пензиас и Уилсън потвърди само част от подкрепящите теорията за Големия взрив данни, *COBE* изнамери много повече основни данни, които съответстваха на предположението на Гамов и колегите му от 1948 г. за наличието на лъчение на черното тяло.

През 1990 г. на среща на Американското астрономическо общество всички 1500 участници изпълниха залата с овации, когато видяха резултатите от *COBE* на графиката, показваща почти пълно съвпадение с микровълновото фоново лъчение с температура 2,728°K.

„Когато в скалите били открити фосили, те категорично доказали теорията за възникването на видовете. *COBE* откри фосилите [на вселената]“<sup>[24]</sup>, отбеляза астрономът Джеремая П. Острикер от Принстън.

Изображенията от *COBE* обаче бяха доста неясни. Например учените искаха да анализират „горещите петна“ или флуктуациите във фоновото лъчение, които би трябвало да заемат около един градус от небето. Уредите на *COBE* обаче можеха да доловят единствено флуктуации с размер над 7 градуса и не бяха достатъчно чувствителни, за да са в състояние да регистрират по-малките. Учените бяха принудени да чакат резултатите от *WMAP*, който трябваше да бъде изведен в орбита след края на века, за да може най-сетне да даде отговор на редица важни въпроси и загадки.

---

[1] 254 см. — Б.пр. ↑

[2] Lemonick, p. 26. ↑

[3] Croswell, p. 37. ↑

[4] Smoot, p. 61. ↑

[5] Gamov 1, p. 14. ↑

[6] Croswell, p. 39. ↑

[7] Croswell, p. 40. ↑

[8] New York Times, April 29, 2003, p. F3. ↑

[9] Международно приета температурна скала, при която  $0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$ . — Б.пр. ↑

[10] Gamov 1, p. 142. ↑

[11] Croswell, p. 41. ↑

[12] Croswell, p. 42. ↑

[13] Croswell, p. 42. ↑

[14] Croswell, p. 43. ↑

[15] Croswell, pp. 45–46. ↑

[16] Croswell, p. 111. Последната, пета лекция на Хойл предизвикала най-силно разбунване на духовете, защото в нея той критикува религията. С характерната си безцеремонност Хойл заявил, че решаването на проблема със Северна Ирландия е да се тикне зад решетките всеки свещеник и служител на църквата. „Нито една религиозна разпра, за която съм чел или виждал, не заслужава смъртта и на едно-единствено дете“, казва той (Croswell, p. 43). ↑

[17] Gamow 1, p. 127. ↑

[18] Croswell, p. 63. ↑

[19] Croswell, pp. 63–64. ↑

[20] Подмазвачи, блюдолизци (старогр.). — Б.пр. ↑

[21] Croswell, p. 101. ↑

[22] За разлика от Цвики, който в края на живота си публично изразил огорчението си от игнорирането на откритията му, Гамов си замълча, когато бе подминат при присъждането на Нобелова награда, макар че в личната си кореспонденция изразява разочарованието си. Вместо това той насочи значителна част от таланта и креативността си към проучването на ДНК и в крайна сметка разкри една от тайните на природата при образуването на аминокиселините. Нобеловият лауреат Джеймс Уотсън дори призна приноса му, като постави името на Гамов в заглавието на автобиографията си. ↑

[23] Croswell, p. 91. ↑

[24] Scientific American, July 1992, p. 17. ↑

## 4

### ИНФЛАЦИЯ И ПАРАЛЕЛНИ ВСЕЛЕНИ

*„Нищо не може да възникне от нищото.“*

Лукреций

*„Приемам, че вселената наистина се е появила от нищото преди около  $10^{10}$  години... По мое скромно мнение, нашата вселена е просто едно от нещата, които се случват от време на време.“*

Едуард Трайън

*„Вселената е най-големият безплатен обяд.“*

Алан Гът

В класическия научнофантастичен роман на Пол Андерсън „Тау нула“ хората изстрелват космически кораб на име „Леонора Кристийн“ с мисия да достигне най-близките звезди. Корабът може да побере екипаж от петдесет души и да развива скорости, близки до скоростта на светлината. По-важното е, че в случая се използват принципите на специалната теория на относителността, според която времето в кораба забавя хода си с увеличаването на скоростта на движение. Така полетът до близките звезди, отнемащ десетилетия на Земята, за астронавтите трае само няколко години. За наблюдателя на Земята корабът изглежда замръзнал във времето, сякаш е във филм със забавени кадри. За астронавтите обаче времето тече напълно нормално. Когато корабът намали скоростта си и хората се спуснат на новия свят, ще открият, че са изминали тридесет светлинни години за далеч по-кратко време.

Самият кораб е инженерно чудо, задвижвано с постояннотокови термоядрени двигатели, които черпят водород от околното пространство и го изгарят, за да получат неизчерпаема енергия. Скоростта му е толкова висока, че екипажът дори може да наблюдава доплеровото отместване на светлината — звездите пред тях са синкави, а оставащите назад изглеждат червеникави.

Изведнъж настъпва катастрофата. На десетина светлинни години от Земята корабът попада в турбулентност при преминаването си през облак междוזвезден прах и механизмът за намаляване на скоростта се поврежда непоправимо. Ужасеният екипаж се оказва пленник на кораба беглец, ускоряващ се все повече и повече и приближаващ скоростта на светлината. Всички безпомощно гледат как цели звездни системи профучават покрай тях за някакви си минути. За една година корабът пропътува половината галактика. Накрая скоростта му става толкова огромна, че достига другите галактики за месеци, докато на Земята са изминали милиони години. Накрая астронавтите се носят с толкова близка до светлинната скорост (тау нула), че самата вселена започва да остарява пред очите им.

В един момент виждат как разширяването на вселената спира и тя започва да се свива. Температурите рязко се повишават и хората с ужас разбират, че приближава Големият срыв. Всички казват молитвите си, докато температурата продължава устремно да се покачва, галактиките се събират в една и пред тях започва да се оформя космическият първичен атом. Огнената смърт изглежда неминуема.

Единствената им надежда е материята да се свие в ограничен обем с ограничена плътност и те със своята огромна скорост да успеят бързо да минат през нея. По някакво чудо щитовете им успяват да ги предпазят, докато прелитат през първичния атом и стават свидетели на раждането на нова вселена. Светът около тях отново започва да се разширява. Хората гледат със страхопочитание как пред очите им се образуват звезди и галактики. Успяват да поправят кораба си и избират галактика, която е достатъчно стара, за да съдържа по-тежки елементи. Накрая успяват да открият способна да поддържа живот планета и основават колония, за да продължат човешката раса.

Романът е писан през 1967 г., когато между астрономите се водеха ожесточени спорове за съдбата на вселената — дали тя ще загине от голям срыв или от дълбоко замразяване, дали безкрайно ще

пулсира или ще продължи да съществува вечно в едно и също състояние. Оттогава дебатът като че ли поутихна и се появи една нова теория, наречена теория за инфлационната вселена.

#### РАЖДАНЕТО НА ИНФЛАЦИЯТА

„ЗАБЕЛЕЖИТЕЛНА ДОГАДКА“, написал Алан Гът в дневника си през 1979 г. Причина за въодушевлението му било разбирането, че може би му е хрумнала една от най-големите идеи в космологията. Гът бе направил първата по-основна ревизия на теорията за Големия взрив за последните петдесет години чрез едно плодотворно наблюдение — открил, че може да реши някои от великите загадки на космологията, ако приеме, че в момента на раждането си вселената се е разширила изключително бързо — невъобразимо по-бързо, отколкото предполагат повечето физици. Гът открил, че ако това хиперразширяване действително се е случило, ще може без усилия да реши някои от най-сложните въпроси на космологията, които до момента си оставаха без обяснение. Това била идея, която щяла да революционизира космологията. (Последните данни, включително и дошлите от сателита WMAP, са в съгласие с това предположение.) Тя не е единствената космологична теория, но засега е най-простата и най-убедителната.

Забележително е, че такава проста идея е в състояние да реши толкова много трънливи въпроси. Един от проблемите, които инфлацията решава така елегантно, е проблемът за плоската вселена. Астрономическите данни показват, че заоблеността на вселената е много близка до нулата — всъщност много по-близка, отколкото би трябвало да бъде според стандартната теория за Големия взрив. Това би могло да се обясни с предположението, че вселената се е разширила изключително бързо при възникването си, подобно на бързо надуван детски балон. Ние приличаме на мравки върху повърхността на балона и сме прекалено малки, за да можем да видим заоблеността му. Рязкото разширяване е разгънало континуума пространство-време толкова много, че той ни изглежда плосък.

Историческото значение на откритието на Гът е и в това, че то представлява приложение на различни раздели — от физиката на елементарните частици, занимаваща се с най-малките тела във вселената, до космологията, изучаваща вселената като цяло, в това число и възникването ѝ. Днес разбираме, че най-дълбоките загадки на

вселената не могат да намерят отговор без физиката на изключително малкото — света на квантовата теория и физиката на елементарните частици.

#### В ТЪРСЕНЕ НА ЕДИНСТВО

Гът е роден през 1947 г. в Ню Брънзуик, Ню Джързи. За разлика от Айнщайн, Гамов или Хойл, при него нямало уред или някакво знаменателно събитие, което да го накара да се устреми към света на физиката. Никой от родителите му не е завършил колеж и не проявявал особени интереси към науката. Самият Гът обаче признава, че винаги се е интересувал от отношението между математиката и законите на природата.

Като студент в Масачузетския технологичен институт през 60-те, Гът сериозно обмислял да специализира физика на елементарните частици. Особено силно се впечатлил от новата революционна вълна във физиката — търсенето на единство на всички фундаментални сили. От векове Светият граал на физиците било откриването на обединяваща теория, която да е в състояние да обясни всички явления във вселената по възможно най-простия и последователен начин. Още от времето на древните гърци учените смятали, че вселената такава, каквато я виждаме в момента, е всъщност куп отломки от някаква по-висша простота и нашата цел е да разкрием нейното единство.

След две хиляди години проучвания върху естеството на материята и енергията физиците открили, че цялата вселена се задвижва само от четири фундаментални сили. (Опитали се да намерят и евентуална пета сила, но засега всички резултати в тази посока са отрицателни или съмнителни.)

Първата сила е гравитацията, която поддържа Слънцето цяло и движи планетите по небесните им пътища. Ако гравитацията внезапно се „изключи“, звездите в небето ще експлодират, Земята ще се разпадне и всички ние ще бъдем запарени в космоса със скорост около 1500 км/ч.

Втората фундаментална сила е електромагнитната — същата, която осветява градовете ни и благодарение на която съществуват телевизията, клетъчните телефони, радиото, лазерните лъчи и интернетът. Ако електромагнитната сила внезапно спре, нашата цивилизация моментално ще се озове един-два века назад, потопена в

мрак и тишина. Това бе много добре илюстрирано от голямото спиране на тока през 2003 г. в Америка, което парализира целия Североизток. Ако изследваме микроскопски електромагнитната сила, ще видим, че тя всъщност е съставена от миниатюрни частици (или кванти), наречени фотони.

Третата сила е слабата ядрена сила, която е причина за радиоактивността. Слабата сила не е достатъчно силна, за да задържи ядрото на атома цяло и поради това му позволява да се разпада. Ядрената медицина в болниците зависи изключително от слабата ядрена сила. Благодарение на нея ядрото на Земята се нагорещява от радиоактивните материали и отделя огромна енергия под формата на изригващи вулкани. На свой ред слабата ядрена сила се основава на взаимодействието между електроните и неутрино (призрачни частици, които нямат почти никаква маса и могат да преминат през трилиони километри олово, без да си взаимодействат с него). Тези електрони и неутрино си обменят други частици, наречени W- и Z-бозони.

Ядрата на атомите се държат в едно цяло благодарение на силната ядрена сила. Без нея ядрата щяха да се дезинтегрират, атомите щяха да се разпаднат и познатият ни свят би преминал в еднородна маса. Силната ядрена сила е причина за съществуването на стотината елементи, изпълващи вселената. Заедно двете ядрени сили са причина от звездите да се излъчва светлина според уравнението на Айнщайн  $E = mc^2$ . Без тях вселената щеше да е тъмна, температурата на Земята щеше да е изключително ниска и океаните щяха да замръзнат до дъно.

Изумителното при тези четири сили е, че те нямат нищо общо помежду си и се характеризират с различни стойности и свойства. Например гравитацията е най-слабата от тях — цели  $10^{36}$  пъти по-слаба от електромагнитната сила. Земята тежи 6 трилиона трилиона килограма и въпреки това огромната ѝ маса и гравитация лесно могат да се анулират от електромагнитната сила. Например гребенът ви може да повдигне малки парченца хартия чрез статичното електричество и така да преодолее гравитацията на цялата планета. Освен това гравитацията е само привличане. Електромагнитната сила може да бъде привличане и отблъскване, в зависимост от заряда на частицата.

ЕДИНСТВО В ГОЛЕМИЯ ВЗРИВ



Един от фундаменталните въпроси, пред които са изправени физиците, е защо вселената трябва да се управлява от четири точно определени сили? И защо те трябва да изглеждат толкова различни, с различни стойности, различни начини на взаимодействие и различна физика?

Айнщайн пръв се залавя със задачата да обедини четирите сили в една обща и последователна теория, като отначало обединява гравитацията с електромагнетизма. Той не успял, тъй като далеч изпреварил времето си. Тогава се знаело прекалено малко за силната ядрена сила, за да може да се изведе реалистична обща теория на полето. Но пионерското дело на Айнщайн отворило очите на физиката за една възможна „теория на всичко“.

Целта на общата теория на полето изглеждала абсолютно безнадеждна през 50-те, особено като се има предвид, че физиката на елементарните частици се намирала в пълен хаос — учените разцепвали атоми, за да открият „елементарните градивни единици“ на материята, но вместо това се натъквали на стотици и стотици други частици. „Физика на елементарните частици“ се превърнала в противоречие на термини, в същинска космическа шега. Гърците смятали, че ако разделяме материята на все по-малки и малки части, нещата стават все по-прости. Случило се тъкмо обратното — на физиците не им достигнали буквите в гръцката азбука, за да означат новите частици. Опенхаймер дори се пошегувал, че Нобеловата награда за физика трябва да се присъди на учен, който *не* е открил нито една нова частица за годината. Нобеловият лауреат Стивън Уайнбърг започнал да се пита дали човешкият ум е в състояние да разкрие тайната на ядрената сила.

Тази бъркотия и объркване донякъде поутихнали през 60-те, когато Мъри Гелман и Джордж Цвайг от „Кал Тек“ предложиха идеята за кварките — частиците, от които са съставени протоните и неутроните. Според тяхната теория три кварка правят протон или неутрон, а един кварк и един антикварк правят мезон (частицата, която държи ядрото в едно цяло). Това е само частично решение (тъй като днес сме затрупани с различни видове кварки), но въпреки това успя да внесе раздвижване в изпадналата в полулетаргия област.













През 1967 г. Стивън Уайнбърг и Абдъс Салам направиха зашеметяващ пробив, като доказаха, че е възможно обединяването на





слабата ядрена сила с електромагнетизма. Според новата им теория електроните и неутриното (наречени лептони) си взаимодействат помежду си, като си разменят  $W^-$  и  $Z$ -бозони, както и фотони. Като третират  $W^-$  и  $Z$ -бозоните наравно с фотоните, двамата създадоха теория, която обединява двете ядрени сили. През 1979 г. Стивън Уайнбърг, Шелдън Глашоу и Абдъс Салам получиха Нобелова награда за колективната им работа върху обединяването на две от четирите сили — слабата ядрена и електромагнитната — и за постиженията им в разбирането на силната ядрена сила.

През 70-те години физиците анализираха данните от линейния ускорител на елементарни частици в Станфорд (*SLAC — Stanford Linear Accelerator Center*), който изстрелваше интензивни лъчи от електрони, за да проникнат във вътрешността на протона. Учените откриха, че силната ядрена сила, която задържа кварките в протона, може да се обясни чрез въвеждането на нови частици, наречени глюони, които са кванти на силното ядрено взаимодействие. Така свързващата протона сила може да се обясни като обмен на глюони между кварките. Това доведе до създаването на нова теория за силната ядрена сила, наречена квантова хромодинамика.

И така, към средата на 70-те стана възможно да се обединят три от силите (с изключение на гравитацията) и да се получи т.нар. Стандартен модел — теория за кварки, електрони и неутрино, които си взаимодействат чрез обмен на глюони,  $W^-$  и  $Z$ -бозони и фотони. Това бе кулминацията на продължилия десетилетия усилен труд в областта на физиката на елементарните частици. Понастоящем теорията е в съответствие с всички експериментални данни без изключение.

Макар Стандартният модел да е една от най-успешните физични теории на всички времена, той е изключително нескопосан. Трудно е да се повярва, че на фундаментално ниво вселената може да работи според теория, която изглежда същата с бели конци. Така например в нея има деветнадесет условни параметъра, които просто са включени без никаква причина (т.е., различните маси и сили на взаимодействие не се определят от теорията, а са получени чрез експерименти; в идеалния случай, при една истинска обща теория, тези константи би трябвало да се определят от самата теория, без за целта да се разчита на външни опити).

	Кварки		Глуони	
Първо поколение	 нагоре	 надолу	 електрон	 неутрино
Второ поколение	 чар	 странност	 мюон	 мюон-неутрино
Трето поколение	 горе	 долу	 тау	 тау-неутрино

W-бозон
Z-бозон
глуони
Хигс-частици

Това са субатомните частици, съдържащи се в Стандартния модел — най-успешната теория на елементарните частици. Състои се от кварки, които изграждат протоните и неутроните, лептони като електрона и неутрино и много други частици. Обърнете внимание, че има три идентични копия на субатомни частици, което си остава загадка. Тъй като не включва гравитацията (и изглежда толкова троваво), Стандартният модел не може да се смята за окончателната теория.

Освен това има три точни копия на елементарни частици, наречени поколения. Трудно е да се приеме, че на природата ѝ е нужно да използва три еднакви копия на субатомни частици. Като се изключат масите им, тези поколения са пълни дубликати. (Например копията на електрона включват частиците мюон, който тежи 200 пъти, и тау, която тежи 3500 пъти повече от електрона.) И освен всичко това, в Стандартния модел изобщо не се споменава за гравитацията, макар че тя е може би най-изразената сила във вселената.

Тъй като Стандартният модел изглежда толкова скалъпен независимо от поразителните си експериментални успехи, физиците се опитаха да развият друга теория, наречена Велика обща теория (*GUT — Grand Unified Theory*), която разглежда наравно кварки и лептони. Освен това теорията поставя на едно и също ниво глюоните,  $W^-$  и  $Z$ -бозоните. (Тя обаче също не може да бъде наречена „окончателна теория“, защото гравитацията продължава да се изключва. Както ще видим, явно е прекалено трудно тя да бъде обединена с останалите три сили.)

От своя страна програмата за обединяване въведе нова парадигма в космологията. Идеята бе проста и елегантна — в момента на Големия взрив четирите фундаментални сили са били обединени в една обща и загадъчна „свръхсила“. И четирите величини са имали еднаква сила и са били част от едно по-голямо цяло. Вселената е започнала съществуването си в състояние на съвършенство. При разширяването и бързото ѝ охлаждане обаче тази първоначална свръхсила започнала да се „пропуска“ и отделните сили успели да се обособят като самостоятелни.

Според тази теория охлаждането на вселената след Големия взрив е аналогично на замръзването на водата. Когато е в течно състояние, водата е еднородна. При замръзването ѝ обаче в нея се образуват милиони миниатюрни кристали. Когато водата замръзне окончателно, от първоначалната ѝ еднородност не остава нищо и ледът се състои от множество пукнатини, мехури и кристали.

С други думи, съвременната вселена е ужасно разнебитена. Тя далеч не е еднородна и симетрична, а се състои от назъбени планински ридове, вулкани, урагани, скалисти астероиди и избухващи звезди, които не представляват едно последователно цяло. Нещо повече — ние виждаме четирите фундаментални сили без никаква връзка помежду

им. А причината вселената да е в такова плачевно състояние е в това, че тя е прекалено стара и студена.

Въпреки че е започнала съществуването си в състояние на съвършено единство, вселената е претърпяла множество фазови преходи или промени на състоянието си, при които в хода на охлаждането четирите фундаментални сили се освобождавали една след друга. Целта на физиците е да се върнат назад и да реконструират стъпките, през които е минала вселената и които са я довели от състоянието на съвършенство до онова разнебитено положение, в което я виждаме днес.

Ето защо ключът е да се разбере как точно са възникнали и са протекли фазовите преходи, наричани от физиците „спонтанно разчупване“. Независимо дали става дума за топене на лед, кипене на вода, образуване на дъждовни облаци или охлаждане след Големия взрив, фазовите преходи могат да свържат две напълно различни състояния на материята. (За да илюстрира колко мощни могат да бъдат тези преходи, артистът Боб Милър бе задал гатанката: „Как ще окачите във въздуха четвърт милион килограма вода, без да ги поддържате по никакъв начин?“ Отговор: „Направете си облак.“<sup>[1]</sup>)

#### ФАЛШИВИЯТ ВАКУУМ

Когато една от силите се отдели от останалите, процесът може да се сравни с разбиването на язовирна стена. Реките текат надолу, защото водата се движи в посока към най-ниското количество енергия, което е на морското равнище. Най-ниското енергийно състояние се нарича вакуум. Съществува обаче и едно друго необичайно състояние, наречено фалшив вакуум. Ако например преградим реката, язовирната стена ще изглежда стабилна, но всъщност ще се намира под огромно напрежение. Ако в нея се появи и най-малката пукнатина, напрежението може внезапно да я разбие и от фалшивия вакуум (преградената река) да се освободи огромно количество енергия, която да предизвика катастрофални наводнения в посока към истинския вакуум (морското равнище). Ако спонтанно разрушим язовирната стена и направим рязък преход към истински вакуум, под водата могат да се окажат цели селища.

По същия начин според Великата обща теория вселената е започнала съществуването си в състояние на фалшив вакуум, при

което трите сили са били обединени в една обща. Това състояние обаче е било нестабилно и вселената спонтанно се е разчупила и е извършила преход от фалшивия вакуум, при който силите са били обединени, към истински, при който силите съществуват отделно една от друга.

Това е било известно, преди Гът да се заеме да анализира Великата обща теория. Той обаче забелязал нещо, което останалите пропускали. В състояние на фалшив вакуум вселената се разширява експоненциално, точно както предсказал Де Ситер още през 1917 г. Именно космологичната константа — енергията на фалшивия вакуум — кара вселената да се разширява с такава огромна скорост. Гът си задал съдбовния въпрос — може ли това експоненциално разширяване на Де Ситер да реши някои от проблемите на космологията?

#### ПРОБЛЕМЪТ С МОНОПОЛЮСИТЕ

Едно от предположенията на редица обединяващи теории е появата на множество монополюси в началото на вселената. Монополюсът представлява самостоятелен магнитен север или юг. В природата полюсите винаги се срещат заедно. Ако вземете един магнит, неизменно ще откриете, че той притежава неразривно свързани северен и южен полюс. Ако вземете чук и разбиете магнита на две, няма да получите два монополюса — вместо това ще разполагате с два по-малки магнита, като всеки от тях ще има своя двойка полюси.

Проблемът обаче е в това, че през вековете на експерименти учените така и не са открили доказателства за съществуването на монополюси. Тъй като никой не е попадал на подобно нещо, Гът бил озадачен защо обединяващите теории предричали съществуването им. „Подобно на митичния еднорог, монополюсът продължава да омайва човешкия ум, независимо от липсата на достоверни наблюдения“<sup>[2]</sup>, отбелязва той.

И точно тогава получил прозрение. За миг всички части от мозайката се наредили. Гът разбрал, че ако вселената е започнала съществуването си в състояние на фалшив вакуум, тя би трябвало да се разширява експоненциално, точно както предположил навремето Де Ситер. Учените не са успели да открият монополюс само защото те се намират във вселена, която е много по-голяма от онова, което се предполага.

Това откровение било източник на възхищение и радост за Гът. Такова просто наблюдение би могло съвсем лесно да обясни проблема с монополюсите. Но Гът си давал сметка, че предположението му ще има последици, далеч надхвърлящи първоначалната му идея.

#### ПРОБЛЕМЪТ С ПЛОСКАТА ВСЕЛЕНА

Теорията на Гът дава отговор на проблема за плоската вселена, който вече разгледахме. Стандартната представа за Големия взрив не е в състояние да обясни защо вселената е толкова плоска. През 70-те години се смяташе, че плътността на материята във вселената, означена като Омега, е около 0,1. Фактът, че стойността ѝ е сравнително близка до критичната плътност 1,0 толкова милиарди години след Големия взрив, създаваше сериозни затруднения на физиците. При една разширяваща се вселена Омега би трябвало да се променя с времето. Стойността ѝ обаче е неудобно близка до единица, което описва идеално плоско пространство.

Уравненията на Айнщайн показват, че каквато и приемлива стойност да е имала в зората на времето, днес Омега би трябвало да е почти нула. За да бъде съвременната ѝ стойност толкова близка до единица милиарди години след Големия взрив, е нужно чудо. Това в космологията се нарича проблем на фината настройка. Бог или някакъв създател е трябвало да „избере“ стойността на Омега с фантастична точност, за да бъде тя днес около 0,1. За да може стойността ѝ да е между 0,1 и 10, една секунда след Големия взрив Омега трябва да е била 100 000 000 000 000. С други думи, при раждането на вселената стойността трябва да е избрана с точност едно на сто трилиона, което е трудно за възприемане от човешкия ум.

Представете си, че се опитвате да поставите молив в изправено положение на върха му. Обикновено моливът пада, каквито и усилия да правите. Всъщност за целта е необходима фина настройка и огромна точност. А сега си представете, че трябва да нагласите молива така, че той да се задържи не една секунда, а цели години! Това горедолу може да ви даде представа що за настройка е необходима, за да може днес стойността на Омега да е такава, каквато я измерваме. И най-малката грешка ще доведе до коренно различни от единица стойности. Защо тогава Омега е толкова близка до единица при положение, че стойността би трябвало да е съвсем друга?

За Гът отговорът бил очевиден. Вселената просто се е разширила толкова много, че е станала плоска. Поради това астрономите решили, че стойността на Омега е около единица — подобно на човек, който не вижда хоризонта и затова решава, че Земята е плоска.

#### ПРОБЛЕМЪТ С ХОРИЗОНТА

Рязкото разширяване на вселената не само обяснява данните за плоската вселена, но и решава проблема с хоризонта. Въпросният проблем се основава на простото разбиране, че нощното небе изглежда сравнително еднородно, независимо в коя посока гледаме. Ако завъртите глава на 180 градуса, ще видите същата картина, въпреки че току-що сте наблюдавали части от вселената, отдалечени помежду си на десетки милиарди светлинни години. Мощните телескопи, взиращи се в небето, също не могат да регистрират особени отклонения. Спътниците ни показват, че фоновото излъчване е също изключително еднородно. Накъдето и да обърнем поглед, температурата на фоновото лъчение се отклонява с не повече от една десетохилядна от градуса.

Това обаче представлява проблем, тъй като скоростта на светлината е най-високата възможна скорост във вселената. Не е възможно в рамките на съществуването на вселената светлината или каквато и да било информация да премине от единия край на небето до другия. Например, ако гледаме към микровълновото лъчение в една посока, то е пътувало повече от 13 милиарда години от времето на Големия взрив. Ако обърнем глави в обратната посока, ще видим идентично фоново лъчение, което също е пътувало над 13 милиарда години. Тъй като температурата им е една и съща, двете лъчения би трябвало да се намират в термичен контакт по време на раждането на вселената. Не съществува обаче начин, по който някаква информация да може да измине разстоянието между две противоположни точки в нощното небе (разделени от повече от 26 милиарда светлинни години).

Ситуацията се влошава още повече, ако погледнем към небето 379 000 години след Големия взрив, когато фоновото лъчение току-що е възникнало. Ако погледнем противоположната част на небето, ще видим, че лъчението е почти същото. Но според изчисленията на теорията за Големия взрив, между тези противоположни точки има 90 милиона светлинни години (поради разширяването на пространството след взрива). Няма обаче начин светлината да е изминала 90 милиона



светлинни години само за 379 000 години. Информацията би трябвало да се движи много по-бързо от скоростта на светлината, а това е невъзможно.

Според всички правила вселената би трябвало да изглежда доста тромаво и противоположните ѝ части да са прекалено раздалечени, че помежду им да може да има някакъв контакт. Как тогава е възможно тя да изглежда толкова еднородна, щом светлината просто няма достатъчно време, за да смеси и разпространи информация от една далечна част до друга? (Робърт Дике от Принстън нарече това проблем с хоризонта, тъй като хоризонтът е най-далечната видима точка — най-далечното място, до което може да стигне светлината.)

Но според Гът рязкото разширяване е в състояние да разреши и този проблем. Той предполага, че нашата видима вселена е просто нищожно малък участък от първоначалното огнено кълбо. Самият участък е еднороден по плътност и температура. Инфлацията обаче внезапно е разширила участъка еднородна материя с фактор  $10^{50}$ , много по-бързо от скоростта на светлината, поради което днес сме свидетели на една забележително еднородна вселена. Така че причината небето и фоновото лъчение да са толкова еднообразни е в това, че видимата вселена е била в миналото малък еднороден участък от първоначалното кълбо, който внезапно се е разширил.

#### РЕАКЦИИ СПРЯМО ИНФЛАЦИОННАТА ТЕОРИЯ

Макар Гът да бил сигурен, че инфлационната теория е вярна, при първите си публични изявления той бе малко нервен. Когато излага теорията си през 1980 г., Гът признава: „Все още се тревожех, че някаква част от теорията може да се окаже ужасно погрешна. Страхувах се също да не се окаже пълен глупак в космологията.“ Теорията му обаче е толкова елегантна и силна, че всички физици незабавно разбраха колко важна е тя. „Вие решихте най-важния проблем на космологията!“<sup>[3]</sup>, възкликнал нобеловият лауреат Мъри Гелман. Шелдън Глашоу признал на Гът, че Стивън Уайнбърг бил „бесен“, когато чул за инфлацията. „Нима Стив има някакви възражения?“, с тревога запитал Гът. „Не — отвърнал Глашоу. — Яд го е, че сам не се е сетил.“<sup>[4]</sup> Учените не можеха да проумеят как са могли да пропуснат едно толкова просто решение. Физиците теоретици,

изумени от широтата на теорията на Гът, я приеха с небивал ентузиазъм.

Това имало последици и върху предложенията за работа. Поради слабото търсене на специалисти Гът бил изправен пред заплахата да остане безработен. „Намирах се на самия ръб“<sup>[5]</sup>, признава той. Изведнъж започнал да получава предложения за работа от водещи университети, но не и от онзи, който стоял на първо място в списъка му — Масачузетския технологичен институт. Точно тогава му попаднала курабийка с късметче, в което прочел: „Очаква ви вълнуваща възможност, стига да не проявите прекалена нерешителност.“ Това му дало кураж да се обади в МТИ и да се поинтересува дали нямат свободни места. Бил направо поразен, когато няколко дни по-късно от института му се обадили и му предложили преподавателско място. В следващата курабийка късметчето гласяло: „Не действайте под въздействие на моментния си импулс.“ Гът не обърнал внимание на съвета и решил да приеме предложението. „Пък и какво толкова може да има в някаква си курабийка?“, казал си той.

Въпреки това все още имало сериозни проблеми. Астрономите далеч не били чак толкова впечатлени от теорията на Гът, тъй като тя имала един сериозен недостатък — давала невярно предположение за стойността на Омега. Фактът, че Омега може да е приблизително равна на единица, може да се обясни с рязкото разширяване. Инфлационната теория обаче отива много по-далеч и предвижда Омега (или Омега плюс Ламбда) да е точно 1,0, което означава плоска вселена. През следващите години с натрупването на нови данни за огромното количество тъмна материя, стойността на Омега леко се повиши и достигна 0,3. Това обаче е потенциален убиец на инфлационната теория. Макар че теорията станала повод за написването на над три хиляди статии по физика за едно десетилетие, за астрономите инфлацията продължавала да изглежда странно. Според тях наличните данни би трябвало да направят инфлацията невъзможна.

Някои астрономи се оплакаха, че занимаващите се с физика на елементарните частици учени дотолкова са обсебени от красотата на инфлационната теория, че са склонни да игнорират експерименталните факти. („Тази «инфлационна» теория звучи налудничаво. Фактът, че се приема насериозно от хора, които седят удобно на столовете си, не я прави автоматично вярна“<sup>[6]</sup>, пише астрономът Робърт Киршнер от

Харвард. Роджър Пенроуз от Оксфорд я нарече „мода, наложена от специалисти по физика на елементарните частици, заели се да се занимават с космология... Дори мравоядите смятат децата си за прекрасни“<sup>[7]</sup>.)

Гът смятал, че рано или късно данните ще покажат, че вселената е плоска. Онова, което наистина го притеснявало, е, че първоначалната картина страда от един малък, но жизненоважен недостатък, който не може да се разбере напълно и до наши дни. Инфлацията е идеална за решаването на редица сериозни въпроси на космологията. Проблемът е там, че Гът не знаел как да спре инфлацията.

Да си представим, че загреваме тенджерата с вода до точката на кипене. Малко преди да кипне, тя се намира в най-високо енергийно състояние. Водата иска да кипне, но не може, тъй като са й необходими някакви примеси, за да започне да образува мехури. Щом обаче мехурите се появят, водата бързо преминава в по-ниското енергийно състояние на истинския вакуум и тенджерата се изпълва с мехури. Накрая те стават толкова големи, че започват да се сливат, докато тенджерата не се напълни равномерно с пара. Когато всички мехури се слеят, фазовият преход от вода към пара приключва.

В първоначалната картина на Гът всеки мехур е част от нашата вселена, който се разширява във вакуума. Но когато направил изчисленията, Гът открил, че мехурите не се сливат правилно и вселената се получава невероятно тромава. С други думи, теорията му оставя пълна с мехури тенджерата, които никога не се сливат, за да образуват еднородна пара. Като че ли тенджерата на Гът не е в състояние да образува вселената, каквато я виждаме днес.

През 1981 г. Андрей Линде от института „Лебедев“ в Москва, Пол Дж. Стейнхард и Андреас Албрехт от Пенсилванския университет намериха изход от главоблъсканицата, като предположиха, че ако един-единствен мехур фалшив вакуум се разширява достатъчно дълго, той в крайна сметка ще изпълни цялата тенджерата и ще създаде еднородна вселена. С други думи, всичко около нас би могло да бъде продукт на един-единствен мехур, който е толкова голям, че е изпълнил вселената. Не е нужно да имаме голям брой сливащи се мехури, за да получим еднородна пара. Достатъчен е и един-единствен, стига да се разширява достатъчно дълго.

Да се върнем на аналогията с язовирната стена и фалшивия вакуум. Колкото по-дебела е стената, толкова повече време е нужно на водата, за да премине през нея. Ако стената е достатъчно дебела, тогава преминаването на водата ще бъде достатъчно забавено. Ако вселената бъде оставена да се разширява с фактор  $10^{50}$ , то един-единствен мехур би имал достатъчно време, за да реши проблемите с хоризонта, плоскостта и монополусите. С други думи, ако пробивът се забави достатъчно, вселената се разширява толкова дълго, че да стане плоска и да разреши монополусите. Но въпреки това остава въпросът какъв механизъм може да удължи такова огромно разширяване?

В крайна сметка, този завързан проблем стана известен като „проблемът за елегантния изход“ — т.е., как да разширяваме вселената достатъчно дълго, за да може един-единствен мехур да създаде цялата вселена. През годините бяха предложени над петдесет механизма за разрешаването му. (Проблемът е измамно труден. Аз самият опитах няколко решения. Сравнително лесно е да се предизвика скромно разширение в ранната вселена. Изключително трудно обаче се оказва да накараш вселената да се разширява с фактор  $10^{50}$ . Разбира се, въпросният фактор би могъл просто да се въведе ръчно, но подходът е некоректен.) С други думи процесът на рязко разширяване се смяташе за решение на проблемите за монополусите, хоризонта и плоската вселена, но никой не можеше да каже какво точно предизвиква инфлацията и какво я е накарало да спре.

#### ХАОТИЧНА ИНФЛАЦИЯ И ПАРАЛЕЛНИ ВСЕЛЕНИ

Андрей Линде не се развълнувал особено от факта, че никой не приел решението на проблема за елегантния изход. „Просто имах чувството, че не е възможно Бог да не е използвал такава чудесна възможност да опрости работата си“<sup>[8]</sup>, признава той.

Накрая Линде предложи нова версия на инфлационната теория, която като че ли елиминираше някои недостатъци на предишните версии. Неговият модел предвижда вселена, в която на произволни места в пространството и времето се случват спонтанни пробиви. Всеки път при подобен пробив се създава вселена, която рязко се разширява до известни граници. Тъй като процесът е хаотичен, в крайна сметка ще се получи мехур, в който инфлацията продължава

достатъчно дълго, за да създаде нашата вселена. Логичното заключение от тази идея е, че инфлацията е непрекъсната и вечна и непрекъснато има големи взривове, при които от едни вселени се появяват нови. Според тази картина вселените могат да се „пъпкуват“ една от друга и да създадат „мултивселена“.

Според теорията на Линде спонтанните пробиви могат да се случват навсякъде в нашата вселена и да позволят от нея да се появи нова вселена. Това означава също, че нашата собствена вселена може да е възникнала от някоя друга. В хаотичния инфлационен модел мултивселената е вечна, дори това да не се отнася за съставлящите я вселени. Някои от тях могат да имат много високи стойности на Омега, поради което моментално ще загинат от Голям свив, настъпващ непосредствено след Големия взрив. При други Омега може да е много малка и те ще се разширяват вечно. Накрая мултивселената ще бъде доминирана от онези вселени, които се разширяват рязко в огромни размери.

Като погледнем назад се оказва, че идеята за паралелните вселени ни е наложена принудително. Инфлационната теория представлява сливане на традиционната космология с постиженията на физиката на елементарните частици. Бидейки квантова теория, според физиката на елементарните частици съществува крайна вероятност да се случат малко вероятни събития, като например създаването на паралелни вселени. Така щом приемаме, че е възможно създаването на една вселена, ние автоматично отваряме врата за възможността да се създадат безкраен брой паралелни вселени. Замислете се например как квантовата теория описва електрона. Поради принципа на неопределеността той не съществува в една определена точка около ядрото, а във всички едновременно. Електронният „облак“ около ядрото представлява електрон, намиращ се едновременно на много места. Този принцип е залегнал в основата на химията и позволява на електроните да свързват молекулите в едно цяло. Причината нашите молекули да не се разпадат е в това, че паралелният танц на електроните около ядрата ги държи заедно. По същия начин някога вселената е била по-малка и от електрон. Когато приложим квантовата теория към вселената, ние сме принудени да допуснем възможността тя да съществува в много състояния едновременно. С други думи, щом започнем да прилагаме квантовите флуктуации към вселената, ние сме

почти принудени да допуснем съществуването на паралелни вселени. Като че ли нямаме особени възможности за избор.

#### ВСЕЛЕНАТА ОТ НИЩО

На пръв поглед може да се възрази срещу идеята за мултивселената, тъй като тя като че ли е в разрез с познатите природни закони, като този за запазване на материята и енергията. Общото количество материя/енергия в една вселена може да е много малко. Материалното съдържание на вселената, в това число звездите, планетите и галактиките, е огромно и положително число. Съдържащата се в гравитацията енергия обаче може да е отрицателна. Ако прибавим положителната енергия на материята към отрицателната енергия на гравитацията ще получим резултат, близък до нула! В известен смисъл *такива вселени са свободни*. Те могат да се появят направо от вакуума почти без усилие. (Ако вселената е затворена, тогава общото ѝ енергийно съдържание може да бъде равно на нула.)

(За да стане по-ясно, представете си магаре, което пада в голяма яма. За да го измъкнем, трябва да добавим енергия към магарето. Щом то се озове горе и застане на земята, това означава, че енергията му е нулева. Следователно, докато е било в ямата, магарето трябва да е имало отрицателна енергия — наложило ни се е да добавяме енергия, за да го поставим в нулево състояние. По същия начин — е необходимо да приложим енергия, за да изведем някоя планета от Слънчевата система. Щом се озове в дълбокия космос, енергията на планетата ще е нула. Тъй като ни се налага да влагаме енергия, за да я измъкнем и да я поставим в нулево енергийно състояние, планетата е имала отрицателна гравитационна енергия, докато се е намирала вътре в системата.)

Всъщност, за да се създаде вселена като нашата, е необходимо нищожно малко общо количество материя — може би по-малко от една унция (28,3 г). Както обича да казва Гът, „вселената може да се окаже безплатен обяд“. Идеята за създаването на вселена от нищото бе предложена за първи път през 1973 г. от физика Едуард Трайън от Хънтър Колидж към Нюйоркския университет в една статия в „Нейчър“. Трайън предположи, че вселената е „просто едно от нещата, които се случват от време на време“ поради квантовите флуктуации във вакуума. (Въпреки че нужното за създаване на вселена общо

количество материя може да е близко до нула, тази материя трябва да е свита и невероятно плътна, както ще видим в 12 глава.)

Подобно на мита за Пан Ку, тук също имаме пример за основаваща се на *creatio ex nihilo* космология. Макар че теорията за възникналата от нищото вселена не може да се докаже по конвенционален начин, идеята ни дава отговор на съвсем практични въпроси за вселената. Например защо тя не се върти? Всичко около нас се върти — като започнем от пумпалите и стигнем до ураганите, планетите, галактиките и квазарите. Въртенето е като че ли универсална характеристика на материята. Но самата вселена не се върти. Ако погледнем галактиките в небето, общото им въртене се анулира. (Това е абсолютно случайно, защото, както ще видим в 5 глава, ако вселената се въртеше, то пътуването във времето щеше да бъде нещо съвсем обичайно и писането на история щеше да е невъзможно.) Причината вселената да не се върти може да се дължи на факта, че се е появила от нищото. Тъй като вакуумът не се върти, не би трябвало да очакваме общо въртене във вселената. Всъщност, възможно е всички мехури-вселени в мултивселената да имат нулево общо въртене.

Защо положителните и отрицателните електрически заряди се уравновесяват абсолютно точно? Обикновено когато говорим за управляващите вселената космически сили, ние мислим повече за гравитацията, отколкото за електромагнетизма. Причината за това е идеалното равновесие между положителните и отрицателните заряди. В резултат общият заряд на вселената е нула и затова именно гравитацията доминира във вселената, а не електромагнитната сила.

Макар че го възприемаме като нещо разбиращо се само по себе си, анулирането на положителните и отрицателните заряди е забележително и е проверено експериментално.<sup>[9]</sup> (Разбира се, между зарядите има локален дисбаланс и именно затова можем да виждаме мълнии. Но общият сбор на зарядите дори при гръмотевичните бури е нула.) Ако в тялото ни имаше дори 0,00001 процент разлика между броя на положителните и отрицателните заряди, щяхме мигновено да бъдем разкъсани на парчета, които щяха да бъдат изхвърлени в космоса от електромагнитната сила.

Може би отговорът на тези главоблъсканици е в това, че вселената е произлязла от нищото. Тъй като вакуумът има нулево

въртене и заряд, всяка новородена от нищото вселена също трябва да има нулево въртене и заряд.

(В това правило има едно очевидно изключение — защо вселената е съставена от материя, а не от антиматерия? Тъй като материята и антиматерията са противоположности (антиматерията има заряд, който е точно противоположен на заряда на материята), бихме могли да приемем, че Големият взрив е създал еднакви количества и от двете. Проблемът обаче е в това, че материята и антиматерията ще се анихилират взаимно при контакт и ще се сведат до гама-лъчи. А това означава, че не би трябвало да ни има. Вселената би трябвало да бъде хаос от гама-лъчи вместо купища обикновена материя. Ако Големият взрив е бил идеално симетричен (или ако се е появил от нищото), тогава би трябвало да очакваме образуването на равни количества материя и антиматерия. Тогава защо ни има? Решението, предложено от руския физик Андрей Сахаров, е, че Големият взрив изобщо не е бил симетричен. В момента на сътворението е съществувало малко отклонение в симетрията между материя и антиматерия, при което материята е била повече и благодарение на това вселената е такава, каквато я виждаме. (Нарушената по време на Големия взрив симетрия се нарича CP-симетрия, която обръща зарядите и двойките частици материя-антиматерия.) Ако вселената се е появила от „нищото“, то може би въпросното нищо не е било идеално празно, а в него е имало малко нарушаване на симетрията, което днес позволява слабо доминиране на материята над антиматерията. Произходът на това нарушаване на симетрията все още не може да се обясни.)<sup>[10]</sup>

#### КАК БИХА МОГЛИ ДА ИЗГЛЕЖДАТ ДРУГИТЕ ВСЕЛЕНИ

Идеята за мултивселената е привлекателна, защото единственото, което трябва да приемем, са хаотичните спонтанни пробиви. Всеки път когато една вселена поражда друга, физическите константи на новата вселена се различават от оригиналите си и така се създават нови природни закони. Това обаче поражда интересния въпрос как изглеждат тези други вселени. Ключът за разбирането на физиката на паралелните вселени е да разберем начина на възникването им — т.е., да разберем точно как се получават спонтанните пробиви.

Когато се случва спонтанен пробив и се ражда нова вселена, това нарушава симетрията във вселената родител. За физика красотата



означава симетрия и простота. Ако една теория е красива, това означава, че в нея има мощна симетрия, способна да обясни множество данни по най-компактния и икономичен начин. По-точно, едно уравнение се смята за красиво, ако остава едно и също, когато разменим компонентите му. Едно голямо предимство в намирането на скритите симетрии в природата е в това, че можем да докажем, че феномените, които на пръв поглед са съвсем различни, са всъщност свързани симетрично проявления на едно и също нещо. Например можем да покажем, че електричеството и магнетизмът са два аспекта на един и същ обект, защото в уравненията на Максвел съществува симетрия, която позволява смяната на единия с другия. По същия начин Айнщайн показва, че относителността може да превърне пространството във време и обратно, защото двете са част от един и същ обект — тъканта на континуума пространство-време.

Помислете си за снежинката и нейната прекрасна шесторна симетрия, която е източник на безкрайно възхищение. Красотата ѝ си остава същата, когато завъртим снежинката на  $60^\circ$ . Това също означава, че всяко уравнение, с което се опитаме да опишем снежинката, трябва да отразява този факт — че снежинката остава една и съща при завъртане на  $60^\circ$ . Математически можем да кажем, че симетрията ѝ е  $C_{(6)}$ .

В такъв случаи симетриите кодират скритата красота на природата. Но в реалността те са ужасно нарушени. Четирите фундаментални сили с нищо не приличат една на друга. Всъщност вселената е пълна с отклонения и дефекти. Ние сме заобиколени от фрагменти и късове от първоначалната симетрия, разбита на пух и прах от Големия взрив. Както казва физикът Дейвид Грос, „тайната на природата е симетрията, но голяма част от текстурата на света се дължи на механизми за нейното разрушаване“<sup>[11]</sup>.

Представете си как едно прекрасно огледало се разбива на хиляди парчета. Първоначалното огледало има идеална симетрия. Можете да го завъртите под всякакъв ъгъл и то ще продължи да отразява светлината по един и същ начин. След счупването му обаче тази симетрия се нарушава. Определянето как точно е нарушена симетрията определя и как е счупено огледалото.

#### НАРУШАВАНЕ НА СИМЕТРИЯТА

Да вземем развитието на ембрион. В ранните си стадии, само няколко дни след зачеването, той представлява идеална сфера от клетки, които по нищо не се различават помежду си. Ембрионът изглежда по един и същ начин, независимо как го завъртаме. Физиците ще кажат, че на този етап той има симетрия  $O_{(3)}$  — т.е., че остава един и същ, независимо как и по коя ос го въртим.

Макар че е прекрасен и елегантен, такъв ембрион е и доста безполезен. Като идеална сфера той не може да изпълнява никакви полезни функции или да взаимодейства с околната среда. След време обаче тази симетрия се нарушава, ембрионът развива малка глава и тяло и започва да прилича на кегла за боулинг. Макар че първоначалната симетрия е нарушена, ембрионът продължава да има остатъчна симетрия — той остава един и същ, ако го завъртим по едната му ос. Ембрионът има цилиндрична симетрия. Математически можем да кажем, че първоначалната  $O_{(3)}$  симетрия на сферата е била сведена (или нарушена) до  $O_{(2)}$  — симетрията на цилиндъра.

Разбиването на сферичната  $O_{(3)}$  симетрия обаче би могло да премине по различен начин. Морската звезда например няма цилиндрична или билатерална симетрия. Вместо тях при нарушаването на сферичната симетрия се е получила  $C_{(5)}$  симетрия (която си остава една и съща при завъртане на  $72^\circ$ ), която ѝ придава формата на петолъчка. Така начинът на нарушаване на симетрията  $O_{(3)}$  определя формата на организма при раждането му.

По същия начин учените смятат, че вселената е започнала съществуването си в състояние на идеална симетрия, при която всички сили са били обединени в една-единствена. Вселената е била красива и симетрична, но доста безполезна. Животът във вида, в който го познаваме, не би могъл да съществува в това идеално състояние. За да възникне той, симетрията на вселената трябва да се наруши при охлаждането ѝ.

#### СИМЕТРИЯТА И СТАНДАРТНИЯТ МОДЕЛ

И така, ако искаме да разберем как биха могли да изглеждат паралелните вселени, ние трябва първо да разберем симетриите на силното, слабото и електромагнитното взаимодействие. Например силната ядрена сила се основава на три кварка, които учените

означават с фиктивен „цвят“ (например червен, бял или син). Трябват ни уравнения, които да останат едни и същи при замяната на цветните кварки един с друг. Казваме, че уравненията имат симетрия  $SU_{(3)}$  — т.е., че когато разместим трите кварка, уравненията ще си останат същите. Учените смятат, че теория със симетрия  $SU_{(3)}$  ни дава най-точното описание на силните взаимодействия (наречени квантова хромодинамика). Ако разполагахме с някакъв гигантски суперкомпютър, на теория бихме могли да изчислим всички свойства на протона и неутрона и всички характеристики на ядрената физика, започвайки само от масата на кварките и силата на взаимодействието помежду им.

По същия начин нека кажем, че имаме два лептона — един електрон и едно неутрино. Ако можем да ги разменяме в уравнение, ще имаме симетрия  $SU_{(2)}$ . Можем също да прибавим и светлината, чиято симетрия е  $U_{(1)}$ . (Тази симетрична група размества различните компоненти или поляризации на светлината.) Така симетричната група на слабото и електромагнитното взаимодействие ще бъде  $SU_{(2)} \times U_{(1)}$ .

Ако просто съшием трите теории в едно цяло, естествено ще получим  $SU_{(3)} \times SU_{(2)} \times U_{(1)}$ , или симетрия, която смесва поотделно трите кварка и двата лептона (но не и кварки с лептони). Получената теория е Стандартният модел, който, както видяхме по-горе, е може би една от най-успешните теории на всички времена. Както отбелязва Гордън Кейн от Мичиганския университет, „всичко, което се случва в нашия свят (с изключение на ефектите на гравитацията), е резултат от взаимодействията между частиците в Стандартния модел...“<sup>[12]</sup>. Някои от предсказанията му бяха проверени в лабораторни условия и се оказа, че достоверността им е сто милиона към едно. (Двадесет физици получиха Нобелови награди за разработването и съгласуването на отделните части от Стандартния модел в едно цяло).

Най-сетне е възможно да се състави теория, която съчетава силното, слабото и електромагнитното взаимодействие в една цяла симетрия. Най-простата Велика обща теория, която прави това, сменя местата на всичките пет частици (три кварка и два лептона) едновременно. За разлика от симетрията на Стандартния модел, симетрията на Великата обща теория може да смесва кварки и лептони (което означава, че протоните могат да се разпаднат в електрони). С

други думи, Великите общи теории съдържат симетрия  $SU_{(5)}$  (разместване на всичките пет частици. През годините бяха анализирани много други симетрични групи, но  $SU_{(5)}$  е може би минималната, която съответства на наличните данни).

При спонтанното разчупване първоначалната  $SU_{(5)}$  симетрия може да се разпадне по няколко начина. Единият е тя да се сведе до  $SU_{(3)} \times SU_{(2)} \times U_{(1)}$  с точно 19 свободни параметъра, които са ни необходими за описание на нашата вселена. Така получаваме познатата ни вселена. На практика обаче съществуват много начини за нарушаване на симетрията на Великата обща теория. Най-вероятно е паралелните вселени да имат напълно различни остатъчни симетрии, или най-малко стойностите на 19-те параметъра в тях да са различни. С други думи, стойностите на фундаменталните сили могат да са различни в различните вселени, което води до огромни промени в структурата им. Ако например намалим стойността на ядрената сила, може да се попречи на образуването на звезди и вселената да остане в пълен мрак, при което възникването на живот е невъзможно. Ако стойността на ядрената сила се увеличи, звездите ще изгорят горивото си толкова бързо, че за появата на живот просто няма да има време.

Възможно е да се промени и симетричната група, което ще създаде напълно различни вселени от частици. В някои от тях протонът може да не е стабилен и да се разпада бързо на антиелектрони. В такива вселени не може да има живот във вида, в който го познаваме, тъй като всичко бързо ще се дезинтегрира в мъртва мъгла от електрони и неутрино. Други вселени пък могат да нарушат симетрията по различен начин, така че да се появят по-стабилни частици като протоните. В такава вселена би могло да има огромно разнообразие от странни и непознати ни химични елементи. Животът в нея би могъл да бъде далеч по-сложен от живота в нашата вселена, с много повече елементи, от които да се образуват подобни на ДНК съединения.

Можем също да нарушим първоначалната симетрия така, че да получим повече от една  $U_{(1)}$  симетрия — т.е., да съществува повече от един вид светлина. Това би била една наистина странна вселена, чиито обитатели ще могат да „виждат“, използвайки не само един, а няколко вида сили. Очите на живите същества биха могли да имат най-

разнообразни рецептори, предназначени за улавянето на различните форми на „светлинно“ лъчение.

Не е учудващо, че има стотици, а може би и безброй начини за нарушаване на симетриите. На свой ред всяко от решенията може да съответства на напълно различна вселена.

#### ПОДЛЕЖАЩИ НА ПРОВЕРКА ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

За съжаление възможността да се провери теорията за мултивселената, в която съществуват много вселени с различен набор от физични закони, понастоящем е невъзможно. За да достигнем до тези други вселени, би трябвало да можем да пътуваме със скорост, превишаваща скоростта на светлината. Едно от предимствата на инфлационната теория обаче е в това, че тя прави предположения за нашата вселена, които *могат* да се проверят.

Тъй като инфлационната теория по същество е квантова, тя се основава на принципа на неопределеността на Хайзенберг, който е крайъгълен камък на квантовата механика. (Принципът на неопределеността гласи, че не можем да измерим нещо като скоростта и положението на електрон с безкрайна точност. Колкото и прецизни да са инструментите ни, в измерванията ни винаги ще има елемент на несигурност. Ако знаем скоростта на електрона, не можем да кажем какво е точното му местоположение; ако знаем положението му, не можем да знаем скоростта му.) Приложен към първоначалното огнено кълбо, появило се при Големия взрив, този принцип означава, че космическата експлозия не е била безкрайно „гладка“. (Ако е била идеално еднородна, тогава щяхме да знаем точно траекториите на субатомните частици от Големия взрив насетне, което е в противоречие с принципа на неопределеността.) Квантовата теория ни позволява да изчислим големината на тези вълнички или флуктуации в първоначалното огнено кълбо. Ако след това разширим тези квантови вълни, ще можем да изчислим минималния им брой, който би трябвало да виждаме в микровълновото фоново лъчение 379 000 години след Големия взрив. (А ако продължим с разширяването им до днес, би трябвало да открием сегашното разпределение на галактичните купове. Нашата галактика би трябвало да се съдържа в една от онези малки флуктуации.)

Първоначалният повърхностен преглед на данните от *COBE* не показва отклонения или флуктуации в микровълновия фон. Това предизвика известно безпокойство сред физиците, тъй като идеално равномерният фон би бил в разрез не само с инфлационната теория, но и с цялата квантова механика, тъй като нарушава принципа на неопределеността. А това би разтърсило цялата съвременна физика и би сринало до основи квантовата физика на XX век.

За огромно облекчение на учените се оказа, че при подробен анализ на компютърно увеличените данни от *COBE* се открива мъглив набор от вълни, представляващи вариации в температурата от порядъка на едно на 100 000 — минималното отклонение, допускано от квантовата теория. Тези безкрайно малки вълни са в съответствие с инфлационната теория. „Напълно съм пленен от фоновото лъчение — признава Гът. — Сигналът беше толкова слаб, че дори не можеше да се улови до 1965 г., а сега измерваме флуктуации от порядъка на една стохилядна.“<sup>[13]</sup>

Въпреки че получените днес експериментални доказателства постепенно започват да подкрепят инфлационната теория, на учените им е все още трудно да разрешат натрапчивия проблем със стойността на Омега — факта, че тя е 0,3 вместо 1,0.

#### СВРЪХНОВИТЕ — ВРЪЩАНЕ КЪМ ЛАМБДА

Въпреки че инфлационната теория се подкрепя с данните от *COBE*, през 90-те астрономите продължаваха да мърморят, че тя е в крещящо противоречие с експерименталните данни за Омега. Вълната започна да се обръща през 1998 г., когато се получиха данни от напълно неочаквана страна. Астрономите се опитаха да изчислят скоростта на разширяване на вселената в далечното минало. Вместо да анализират променливите звезди, както бе правил Хъбъл през 20-те, те започнаха да изучават свръхновите в галактики, отдалечени на милиарди светлинни години от нас (и съответно съществували преди милиарди години). Особено внимание отделиха на свръхновите от тип Ia, които са идеално пригодени за стандартни свещи.

Астрономите знаят, че свръхновите от този тип имат приблизително една и съща яркост. (Яркостта на свръхнови тип Ia е известна толкова добре, че могат да се калибрират и най-малките отклонения в нея — колкото по-ярка е звездата, толкова по-бавно

отслабва тя.) Такива свръхнови се получават, когато бяло джудже в двойна система постепенно изсмуква вещество от звездата спътник. Така бялото джудже постепенно увеличава масата си, докато тя не стане 1,4 от слънчевата — максимално възможната за този клас звезди. Когато превиши тази граница, бялото джудже колапсира и експлодира като свръхнова. Тъкмо затова яркостта на свръхновите тип Ia е толкова еднородна — това е естествен резултат, когато бялото джудже достигне точно определена маса и след това се свива под силата на гравитацията. (Както показва Субрахманян Чандрасекар през 1935 г., при бялото джудже силата на гравитацията се уравновесява от силата на отблъскване между електроните, наречена „електронно дегенеративно налягане“. Ако масата на бялото джудже надхвърли 1,4 слънчеви маси, гравитацията преодолява силата на отблъскване и звездата изпада в колапс, при който се получава свръхнова.)<sup>[14]</sup> Някои силно отдалечени свръхнови са избухнали далеч в миналото и чрез изследването им може да се изчисли скоростта на разширяване на вселената преди милиарди години.

При неутронните звезди имаме гравитация, свиваща кълбо от чисти неутрони. Границата на Чандрасекар в случая е около 3 слънчеви маси, тъй като неутроните също се отблъскват помежду си. Ако неутронната звезда стане по-масивна от границата на Чандрасекар, тя ще колапсира в черна дупка.

Два независими екипа (водени от Сол Пърлмутър и Брайън П. Шмит) очакваха да открият, че макар и все още да продължава, разширяването на вселената се е забавило. Това бе твърдото убеждение на няколко поколения астрономи, преподавано във всеки курс по космология — че първоначалното разширяване на вселената постепенно се забавя.

След като анализираха по около дузина свръхнови, екипите откриха, че ранната вселена не се е разширявала толкова бързо, колкото се бе предполагало (т.е., червените отмествания на свръхновите, а следователно и скоростта им, са по-малки от очакваното). Когато сравниха скоростта на разширяване на ранната вселена със съвременното състояние, астрономите откриха, че днес вселената е значително по-голяма, отколкото би трябвало. За свой най-голям ужас двата екипа достигнаха до поразителното заключение, че

скоростта на разширяване на вселената *нараства*, при това *експоненциално*.

Учените с изумление установиха, че не са в състояние да напаснат тези данни с каквато и да било стойност на Омега. Единственият начин да стане това е отново да се въведе Ламбда — енергията на вакуума, въведена за първи път от Айнщайн. Нещо повече — оказа се, че Омега е смазана от необичайно висока стойност на Ламбда, което кара вселената да се разширява по начина, предположен от Де Ситер. Двата екипа стигнаха до това обезпокояващо заключение независимо един от друг, но се страхуваха да публикуват резултатите си поради исторически силното предубеждение, че стойността на Ламбда е нула. Както каза Джордж Джейкъби от обсерваторията на Кит Пийк, „Ламбда винаги е крайна концепция и всеки, проявил достатъчно безразсъдство да твърди, че стойността ѝ не е 0, се третира като побъркан“<sup>[15]</sup>.

„Все още клатех невярващо глава, но бяхме проверили всичко... — спомня си Шмит. — Изобщо не ми се искаше да разгласявам резултата, защото бях абсолютно сигурен, че ще бъдем унищожени.“<sup>[16]</sup> Но след като двата екипа публикуваха едновременно резултатите си през 1998 г., огромният порой данни не можеше да се пренебрегне с лека ръка. Ламбда, „най-голямата грешка“ на Айнщайн, която бе почти напълно забравена от съвременната космология, се върна с гръм и трясък на сцената след забрава, продължила цели деветдесет години!

Физиците бяха смаяни. Едуард Уитън от Института за модерни проучвания в Принстън го нарече „най-странното експериментално откритие, откакто се занимавам с физика“<sup>[17]</sup>. Когато стойността на Омега 0,3 се прибави към стойността на Ламбда 0,7, сумата (в рамките на експерименталната грешка) е равна на 1,0, точно както предполагаше инфлационната теория. Сякаш пъзелът се нареди пред очите на космолозите и те видяха липсващото звено в инфлационната теория. То идваше от самия вакуум.

Резултатът бе потвърден по един блестящ начин от *WMAP*, който показва, че свързаната с Ламбда енергия, или тъмната енергия, представлява 73 процента от цялата материя и енергия във вселената, което я прави основното парче от гигантския пъзел.



Може би най-големият принос на сателита *WMAP* е в това, че дава на учените увереността, че са на прав път към „Стандартен модел“ в космологията. Въпреки че все още съществуват огромни празнини, астрофизиците започват да виждат от данните общите черти на една стандартна теория. Според картината, която можем да съставим днес, еволюцията на вселената е преминала през различни фази, докато се е охлаждала. Преходът от една фаза към друга представлява нарушаване на симетрия и отделяне на една от фундаменталните сили. Ето и самите фази и крайъгълни камъни, както ги познаваме днес:

### *1. Преди $10^{-43}$ секунди — ерата на Планк*

Не се знае почти нищо сигурно за ерата на Планк. При енергията на Планк ( $10^{19}$  милиарда електронволта) гравитацията е толкова силна, колкото и останалите квантови сили. Вследствие на това четирите сили на вселената вероятно са били обединени в една „свръхсила“. Може би вселената е съществувала в идеална фаза на „нищо“, или празно многомерно пространство. Симетрията, която смесва четирите сили и оставя уравненията едни и същи, най-вероятно е „свръхсиметрия“ (в 7 глава ще се спрем по-подробно върху нея). Поради неизвестни причини, тази загадъчна симетрия била нарушена и се е образувал малък мехур — нашата вселена-ембрион, може би в резултат на произволна квантова флуктуация. Този мехур е бил с размерите на „дължината на Планк“, която е  $10^{-33}$  сантиметра.

### *2. $10^{-43}$ секунди — ерата на Великата обща теория*

Налице е нарушаване на симетрията, което създава бързо разширяващ се мехур. В хода на разширяването четирите фундаментални сили рязко се разделят една от друга. Първо се е отделила гравитацията, освобождавайки ударна вълна през цялата вселена. Първоначалната симетрия на свръхсилата се свежда до по-малка симетрия, вероятно съдържаща симетрията на Великата обща теория  $SU_{(5)}$ . Останалите силно, слабо и електромагнитно взаимодействие все още са обединени. Поради неясни причини през тази фаза вселената се разширява неимоверно бързо, вероятно с фактор  $10^{50}$ , което принуждава пространството да се разшири много

по-бързо от скоростта на светлината. Температурата е била около  $10^{32}$  градуса.

### 3. $10^{-34}$ секунди — край на инфлацията

При отделянето на силната ядрена сила от останалите две температурата пада до  $10^{27}$  градуса. (Симетрията на Великата обща теория се разпада на  $SU_{(3)} \times SU_{(2)} \times U_{(1)}$ .) Инфлационният период завършва и вселената продължава да се разширява според стандартния модел на Фридман. Състои се от нагорещена плазмена „супа“ от свободни кварки, глюони и лептони. Свободните кварки се обединяват в съвременните протони и неутрони. Вселената е все още изключително малка, едва колкото нашата Слънчева система. Материята и антиматерията се анихилират, но малко по-голямото количество материя (от порядъка на една милиардна) остава и представлява материята, която виждаме днес. (Това е енергийният обхват, който се надяваме да достигнем през следващите няколко години с помощта на ускорителя на частици, наричан *LHC — Large Hadron Collider*.)

### 4. 3 минути — образуване на ядра

Температурата пада достатъчно, за да могат да се образуват ядра, които да не бъдат разкъсани от огромната жегата. Водородът се слива в хелий (създавайки съвременното отношение 75 процента водород/25 процента хелий). Образуват се минимални количества литий, но синтезът на по-тежки елементи спира, тъй като ядрата с 5 частици са прекалено нестабилни. Вселената е матова, тъй като светлината се поглъща веднага щом се излъчи. Този период бележи края на първоначалното огнено кълбо.

### 5. 379 000 години — раждане на атомите

Температурата пада до 3000 градуса. Електроните се установяват около ядрата, без да бъдат откъсвани, и така се образуват атомите. Фотоните могат да пътуват свободно, без да бъдат погълнати. Точно това лъчение е уловено от *COBE* и *WMAP*. Някога матовата и изпълнена с плазма вселена вече е прозрачна. Вместо да е бяло, небето става черно.

### *6. 1 милиард години — образуване на звезди*

Температурата пада до 18 градуса. Започват да се оформят квазари, галактики и галактични купове като страничен продукт на малките квантови флуктуации в първоначалното огнено кълбо. Звездите джуджета започват да „готвят“ леките елементи въглерод, кислород и азот. Експлодиращите звезди изхвърлят в пространството по-тежки от желязото елементи. Това е най-далечната ера, достъпна за телескопа „Хъбъл“.

### *7. 6,5 милиарда години — разширяване на Де Ситер*

Постепенно разширяването на Фридман приключва и вселената започва да се ускорява и навлиза във фаза, наречена ускоряване на Де Ситер, причинено от загадъчна антигравитационна сила, за която все още не се знае нищо.

### *8. 13,7 милиарда години — днес*

Настоящето. Температурата е паднала до 2,7 градуса. Заобиколени сме от сегашната вселена с нейните галактики, звезди и планети. Вселената продължава да се разширява с нарастваща скорост.

#### **БЪДЕЩЕТО**

Въпреки че инфлационната теория е в състояние да обясни такъв широк кръг от загадки на вселената, това не доказва, че тя е вярна. (Освен това, както ще видим в 7 глава, напоследък се появиха и алтернативни теории.) Резултатът от анализа на свръхновите трябва да се провери отново и отново, като се вземат предвид и фактори като междוזвездния прах и аномалиите при образуването на свръхнови. „Димящото дуло“, което окончателно ще докаже или опровергае инфлационната теория, са „гравитационните вълни“, образувани в момента на Големия взрив. Подобно на микровълновото фоново лъчение, тези вълни би трябвало да продължават да отекват във вселената и всъщност могат да се открият от гравитационни детектори, както ще видим в 9 глава. Инфлационната теория прави определени предсказания за естеството на гравитационните вълни и тези детектори би трябвало да могат да ги открият.

Но едно от най-интригуващите предсказания на инфлационната теория не може да бъде проверено пряко — съществуването на

„вселени-бебета“ в рамките на мултивселената, всяка от които се подчинява на малко по-различен набор природни закони. За да разберем пълните последици от теорията за мултивселената, първо трябва да разберем, че инфлационната теория изцяло се възползва от странните последици както от уравненията на Айнщайн, така и от квантовата теория. Според теорията на Айнщайн е възможно да съществуват много вселени, а според квантовата механика имаме средства да преминаваме от една вселена в друга. А в рамките на едно ново виждане, известно като М-теория, може би ще разполагаме с окончателна теория, способна да разреши веднъж завинаги всички въпроси относно паралелните вселени и пътуването във времето.

---

[1] Cole, p. 43. ↑

[2] Guth, p. 30. ↑

[3] Guth, pp. 186–187. ↑

[4] Guth, p. 191. ↑

[5] Guth, p. 18. ↑

[6] Kirschner, p. 188. ↑

[7] Rees 1, p. 171. ↑

[8] Croswell, p. 124. ↑

[9] Rees 2, p. 100. ↑

[10] Учените потърсиха антиматерия във вселената и откриха малки количества от нея (освен няколкото потока антиматерия близо до ядрото на Млечния път). Тъй като материята и антиматерията на практика не могат да се различат една от друга, разделянето им е изключително трудна задача. Един от начините е да се търси характерното гама-лъчение от 1,02 милиона електронволта. Това е сигурната следа за наличието на антиматерия, тъй като е минималното количество енергия, отделяно при сблъсъка между електрон и антиелектрон. Но когато претърсваме вселената, не виждаме големи количества гама-лъчи с такава енергия. Това означава, че антиматерията в нашата вселена се среща рядко. ↑

[11] Cole, p. 190. ↑

[12] Scientific American, June, 2003, p. 70. ↑

[13] New York Times, July 23, 2002, p. F7. ↑

[14] Границата на Чандрасекар може да се изведе по следния начин. От една страна, силата на гравитацията свива бялото джудже до

такава степен, че разстоянието между електроните в него става все по-малко и по-малко. От друга страна, съществува принципът на изключване на Паули, според който два електрона не могат да имат едно и също квантово число, което да описва състоянието им. Това означава, че два електрона не могат да заемат точно една и съща точка с едни и същи свойства, така че съществува сборна сила, която ги отблъсква (освен електростатичното отблъскване). С други думи, съществува насочено навън сборно налягане, което не позволява на електроните да се сблъскат помежду си. Следователно можем да изчислим масата на бялото джудже, когато тези две сили (на отблъскването и на привличането) се анулират взаимно. Така се получава границата на Чандрасекар, която е 1,4 слънчеви маси. ↑

[15] Croswell, p. 204. ↑

[16] Croswell, p. 222. ↑

[17] New York Times, July 23, 2002, p. F7. ↑

# **ВТОРА ЧАСТ**

## **МУЛТИВСЕЛЕНАТА**

## ПОРТАЛИ КЪМ ДРУГИ ИЗМЕРЕНИЯ И ПЪТУВАНЕ ВЪВ ВРЕМЕТО

*„Може би във всяка свиваща се черна дупка се крие зърното на нова разширяваща се вселена.“*

Сър Мартин Рийс

*„Черните дупки могат да са проходи към другаде. Някои смятат, че ако се спуснем в черна дупка, може би ще се появим на друго място във вселената и в друга епоха... Може би черните дупки са входове към Страни на чудесата. Но дали те имат своите Алиси или бели зайци?“*

Карл Сейгън

Общата теория на относителността е като троянски кон. На пръв поглед тя е великолепна. Благодарение на нея човек лесно може да се докосне до общите характеристики на космоса, в това число изкривяването на светлинния лъч и самия Голям взрив, както и да ги измери с астрономическа точност. Тя може да интегрира в себе си дори инфлационната теория, ако въведем в ранната вселена космологичната константа. Тези решения ни дават най-завладяващата теория за раждането и смъртта на вселената.

Във вътрешността на коня обаче се спотайват какви ли не демони и зли духове — черни дупки, бели дупки, дупки-червеи и дори машини на времето, които здравият разум не може да възприеме. Тези аномалии се смятат за толкова безумни, че дори самият Айнщайн е бил убеден, че не могат да съществуват в природата. В продължение на години той се борел упорито срещу странните решения. Днес обаче знаем, че подобни аномалии не могат да се подминат с лека ръка. Те са

неразривна част от общата теория на относителността и всъщност могат дори да бъдат средство за спасение за всяко разумно същество, изправено пред заплахата на Големия студ.

Може би най-странната от тези аномалии е възможността да съществуват паралелни вселени и портали между тях. Ако си припомним метафората на Шекспир за света като сцена, то общата теория на относителността позволява съществуването на врати-трапове. Но ще открием, че вместо към мазето те водят към паралелни сцени, подобни на първоначалната. Представете си, че сцената на живота се състои от множество сцени, разположени една над друга. На всяка от тях актьорите казват своите реплики и се разхождат напред-назад уверени, че тяхната е единствената, в пълно неведение за съществуването на алтернативните реалности. И ако някой ден случайно паднат през някоя от вратите на пода, ще се озоват на съвсем друга сцена с нови закони, нови правила и нов сценарий.

Но ако съществуват безброй вселени, възможно ли е на някоя от тях, подчиняваща се на различни физически закони, да съществува живот? Точно този въпрос си задава Айзък Азимов в класическия научнофантастичен роман „Самите богове“, в който създава паралелна вселена, в която ядрената сила е различна от нашата. С премахването на обичайните закони на физиката и въвеждането на нови се появяват цял куп завладяващи възможности.

Разказът започва през 2070 г., когато ученият Фредерик Халъм забелязва, че обикновеният волфрам-186 по някакъв начин се е преобразувал в мистериозния плутоний-186, който има прекалено много протони и би трябвало да е нестабилен. Халъм предполага, че този странен елемент се е появил от паралелна вселена, в която ядрената сила е много по-голяма и превъзмогва отблъскването между протоните. Странният плутоний-186 отделя невъобразими количества енергия във формата на електрони, която може да бъде овладяна. Така се стига до създаването на прочутата електронна помпа на Халъм, която слага край на енергийната криза на Земята и прави създателя си богат. Всичко обаче си има своята цена. Ако в нашата вселена проникне достатъчно количество плутоний-186, ядрената сила като цяло ще се повиши. Това означава, че при термоядрените процеси ще се отделя повече енергия, Слънцето ще засвети по-ярко и в крайна сметка ще експлодира, помитайки цялата Слънчева система!



Междувременно обитателите на паралелната вселена гледат на всичко това по различен начин. Тяхната вселена загива. Ядрената сила е прекалено голяма, звездите консумират водородното си гориво с огромна скорост и скоро ще умрат. Те уреждат размяната, при която безполезният плутоний-186 пристига в нашата вселена в замяна на ценния волфрам-186, който им позволява да създадат позитронна помпа, способна да спаси техния свят. Макар и да разбират, че с това ще повишат ядрената сила в нашата вселена и звездите в нея ще експлодират, това не ги вълнува.

По всичко личи, че над Земята е надвиснала катастрофа. Човечеството е станало зависимо от свободната енергия на Халъм и отказва да приеме, че Слънцето скоро ще експлодира. Появява се друг учен с гениално решение на заплетената ситуация. Той е убеден в съществуването на паралелни вселени и успешно модифицира мощен ускорител на частици, с който създава дупка в пространството, свързваща нашата вселена с безброй други. Започва да търси сред тях и най-сетне открива една паралелна вселена, която е напълно пуста с изключение на „космическо яйце“, съдържащо безкрайно количество енергия, но с по-слаба ядрена сила.

Източвайки енергия от това яйце, ученият може да създаде нова енергийна помпа и същевременно да отслаби ядрената сила в нашата вселена, като по този начин ще попречи на Слънцето да експлодира. Но това също има своята цена — ядрената сила в паралелната вселена ще се увеличи, което ще доведе до нейното експлодиране. Ученият обаче решава, че експлозията просто ще накара космическото яйце да се „излюпи“, създавайки нов голям взрив. Така в крайна сметка той ще се окаже акушер на нова разширяваща се вселена.

Романът на Азимов е един от малкото, които използват законите на ядрената физика, за да развият история за алчност, интриги и спасение. Азимов е прав в предположението си, че промяната на стойностите на фундаменталните сили в нашата вселена ще има катастрофални последици, че звездите ще засветят по-ярко и накрая ще експлодират, ако ядрената сила се увеличи. Това поражда неизбежния въпрос — съвместими ли са паралелните вселени със законите на физиката? И ако е така, какво е необходимо, за да се достигне до такава вселена?

За да разберем тези въпроси, първо трябва да разберем природата на дупките-червеи, отрицателната енергия и, разбира се, онези мистични обекти, носещи названието „черни дупки“.

#### ЧЕРНИ ДУПКИ

През 1783 г. английският астроном Джон Мичъл пръв си задал въпроса какво ще се случи, ако някоя звезда стане толкова голяма, че дори светлината да не бъде в състояние да я напусне. Той знаел, че всяко тяло има „скорост на напускане“ — скоростта, необходима за преодоляването на гравитационното привличане. (Например за Земята тя е 40 000 км/ч — скоростта, която трябва да развие всяка ракета, за да преодолее земното притегляне.)

Мичъл се запитал какво ще стане, ако някоя звезда стане толкова масивна, че скоростта на напускане стане равна на скоростта на светлината. Гравитацията ѝ ще бъде толкова огромна, че нищо, дори самата светлина, не би могла да се освободи от нея. Следователно за външния наблюдател обектът ще изглежда черен. Откриването на такова тяло в космоса ще бъде в известен смисъл невъзможно, тъй като то би трябвало да е невидимо.

„Тъмните звезди“ на Мичъл били забравени за около век и половина. Въпросът обаче отново се появил през 1916 г., когато немският физик Карл Шварцшилд, докато участвал във войната на руския фронт, успял да открие точно решение на уравненията на Айнщайн за масивните звезди. Дори до наши дни това решение си остава най-простото и най-елегантното от всички предложени. Айнщайн бил поразен от факта, че Шварцшилд бил в състояние да намери частно решение на сложните му тензорни уравнения, докато се мъчел да се спаси от вражеските снаряди. Не по-малко било изумлението му, че решението имало странни последици.

Погледнато от страни, решението на Шварцшилд може да представя гравитацията на всяка обикновена звезда. Айнщайн бързо го използвал, за да изчисли гравитацията на Слънцето и сравнил резултата с по-ранните си изчисления, които били само приблизителни. Айнщайн останал завинаги благодарен на Шварцшилд за решенията. Но във втората му статия се посочвало, че около много масивна звезда ще има въображаема „магическа сфера“ с изключително странни свойства. Това било точката, от която връщане

назад няма. Всеки, преминал границите на „магическата сфера“, ще бъде моментално всмукан в звездата и ще изчезне завинаги. Дори светлината не е в състояние да напусне сферата, ако попадне в нея. Шварцшилд не подозирал, че чрез уравненията на Айнщайн всъщност преоткрива тъмната звезда на Мичъл.

Следващата му задача била да изчисли радиуса на сферата (известен като радиус на Шварцшилд). За тяло с размерите на нашето Слънце, той е около 3 км. (За Земята радиусът на Шварцшилд е около 1 см.) Това означава, че ако Слънцето се свие до 3 км, то ще се превърне в тъмна звезда и ще поглъща всеки обект, преминал критичната граница.

От експериментална гледна точка съществуването на магическата сфера не представлявала проблем, тъй като било е невъзможно Слънцето да бъде свито до подобни размери. Не е бил известен никакъв механизъм, способен да създаде подобна фантастична звезда. Но от теоретична гледна точка решението представлявало същинска катастрофа. Макар че общата теория на относителността би могла да даде блестящи резултати като отклоняването на звездната светлина около Слънцето, самата тя губи смисъла си, когато доближите самата магическа сфера, в която гравитацията е безкрайна.

По-късно холандският физик Йоханес Дросте излязъл с още по-налудничаво решение. Той доказал, че според теорията на относителността светлинните лъчи ще се отклонят извънредно много, докато преминават покрай подобно масивно тяло. Всъщност на разстояние 1,5 мерни единици от радиуса на Шварцшилд светлината ще влезе в орбита около звездата. Дросте показал, че според общата теория на относителността отклоненията във времето около масивните звезди са много по-големи от онези, които са предвидени в специалната теория. Според него, докато приближавате магическата сфера, за страничния наблюдател ще изглежда, че часовникът ви започва да отчита времето все по-бавно и по-бавно, докато не спре напълно в момента, когато достигнете границата ѝ. На практика, отстрани ще изглежда, че сте замръзнали във времето. Тъй като в този момент спира самото време, според някои физици подобен странен обект изобщо не може да съществува. За да станат нещата още по-интересни, математикът Херман Вейл показва, че ако някой реши да

изследва какво има вътре в сферата, може да открие цяла нова вселена от другата ѝ страна.

Всичко това било толкова фантастично, че дори Айнщайн не можел да го приеме. По време на една конференция в Париж през 1922 г. математикът Жак Адамар запитал какво би станало, ако тази „сингулярност“ наистина съществува, т.е., какво ще стане, ако гравитацията стане безкрайна при радиуса на Шварцшилд. „Това ще бъде истинска катастрофа за теорията — отвърнал Айнщайн. — И е много трудно да се каже *a priori* какво ще стане във физически смисъл, защото формулите там са неприложими.“<sup>[1]</sup> По-късно Айнщайн щял да нарече това „катастрофа на Адамар“, но смятал, че всички тези противоречия около тъмните звезди са чиста спекулация. Първо, никой никога не е виждал толкова чудати обекти и може би те не съществуват — т.е., те не са физически. Освен това, ако попаднете на такова тяло, ще бъдете смазани. И тъй като никой не е в състояние да премине през магическата сфера (тъй като времето е спряло), никой не би могъл да попадне в тази паралелна вселена.

През 20-те години темата не давала покой на физиците. А през 1932 г. бащата на теорията за Големия взрив Жорж Льомерт направил важно откритие. Той доказал, че магическата сфера изобщо не представлява сингулярност, в която гравитацията е безкрайна, а само математическа илюзия, създадена вследствие избирането на неподходящ математически модел. (Ако при анализирането на магическата сфера се използва друга система от координати или променливи, сингулярността ще изчезне.)

Тръгвайки от тази резултат, космологът Х. П. Робъртсън се заел да преразгледа решението на Дросте, според което времето спира на границата на магическата сфера. Той открил, че времето всъщност престава да тече само от гледната точка на наблюдателя, следящ навлизането на космическия кораб в сферата. От гледна точка на самия кораб обаче на гравитацията ще ѝ е нужна частица от секундата, за да го погълне. С други думи, ако някой астронавт има лошия късмет да премине през магическата сфера, той ще бъде смазан почти моментално, а страничният наблюдател ще има чувство, че падането му продължава хилядолетия.

Този резултат бил изключително важен. Той означава, че магическата сфера е достижима и не може да се пренебрегне като

математическа уродливост. Учените трябвало сериозно да се замислят какво става с телата, преминаващи през сферата. Физиците изчислили как би изглеждало пътуването през нея. (Днес тази магическа сфера се нарича хоризонт на събитията. Хоризонтът е най-далечната точка, която можем да видим. Радиусът на хоризонта на събитията се нарича радиус на Шварцшилд.)

Ако приближавате черна дупка, ще видите светлина, попаднала там преди милиарди години, по времето на възникването на самата черна дупка. С други думи, пред вас ще се разкрие историята на живота на черната дупка. Когато се приближите, приливните вълни постепенно ще разкъсат атомите на тялото ви, докато дори ядрата им не заприличат на спагети. Пътуването през хоризонта на събитията ще бъде еднопосочно, тъй като гравитацията ще бъде толкова силна, че неизбежно ще се озовете точно в центъра на черната дупка, където ще бъдете смазани. Преминете ли хоризонта на събитията, връщане назад няма. (За целта е нужно да пътувате по-бързо от светлината, а това е невъзможно.)

През 1939 г. Айнщайн написал статия, в която се опитва да опровергае съществуването на тъмни звезди. Според него подобни тела не могат да се образуват в естествени условия. Той започва с допускането, че всяка звезда се образува от въртяща се сфера от газ, прах и отломъци, която постепенно се свива под силата на гравитацията. След това доказва, че този сбор от въртящи се частици никога не може да колапсира до радиуса на Шварцшилд. В най-добрия случай масата ще се свие до 1,5 мерни единици от радиуса на Шварцшилд, което не е достатъчно за образуването на черна дупка. (За да се премине тази граница е нужно да се пътува по-бързо от скоростта на светлината.) „Резултатът от това изследване ясно показва защо «сингулярностите на Шварцшилд» не съществуват във физическата реалност“<sup>[2]</sup>, пише Айнщайн.

Артур Едингтън също имал големи резерви относно черните дупки и цял живот подозирал, че те изобщо не биха могли да съществуват. Веднъж дори заявил, че би трябвало „да има закон на Природата, който да забранява на звездите да се държат по такъв абсурден начин“<sup>[3]</sup>.

По ирония на съдбата, през същата година Дж. Робърт Опенхаймер (бъдещият баща на атомната бомба) и ученикът му

Хартланд Шнайдер показали с помощта на друг механизъм, че черна дупка всъщност *може* да се образува. Вместо да приемат, че тя се получава от въртяща се сфера частици, която се свива под силата на собствената си гравитация, те използвали като изходна точка масивна стара звезда, която е изразходвала ядреното си гориво и поради това имплодира (спуква се навътре) под действието на гравитацията. Например умиращ гигант с маса 40 пъти колкото слънчевата може да изразходва горивото си и да се свие до радиуса на Шварцшилд (в случая — 130 км), което неминуемо означава гравитационен колапс и образуване на черна дупка. Черните дупки, предположили Опенхаймер и Шнайдер, са не само възможни, но и могат да бъдат естествен край за милиардите гиганти в галактиката. (Може би именно идеята за имплозията, предложена от Опенхаймер през 1939 г., го е вдъхновила за имплодиращия механизъм, използван само няколко години по-късно в атомната бомба.)

#### МОСТЪТ АЙНЩАЙН-РОЗЕН

Въпреки че според Айнщайн черните дупки са прекалено фантастични, за да съществуват в действителност, това не му попречило иронично да покаже, че дори са още по-фантастични, отколкото се предполага, като предположил, че в центъра на черната дупка има дупка-червей. За математиците това са свързани пространства. Физиците ги наричат дупки-червеи, защото създават алтернативни преки пътища между две точки, подобно на дупката на червей. Можете да ги срещнете и като портали към други измерения. Както и да ги кръстите, тези проходи може би някой ден ще се окажат единственото средство за пътуване към други измерения.

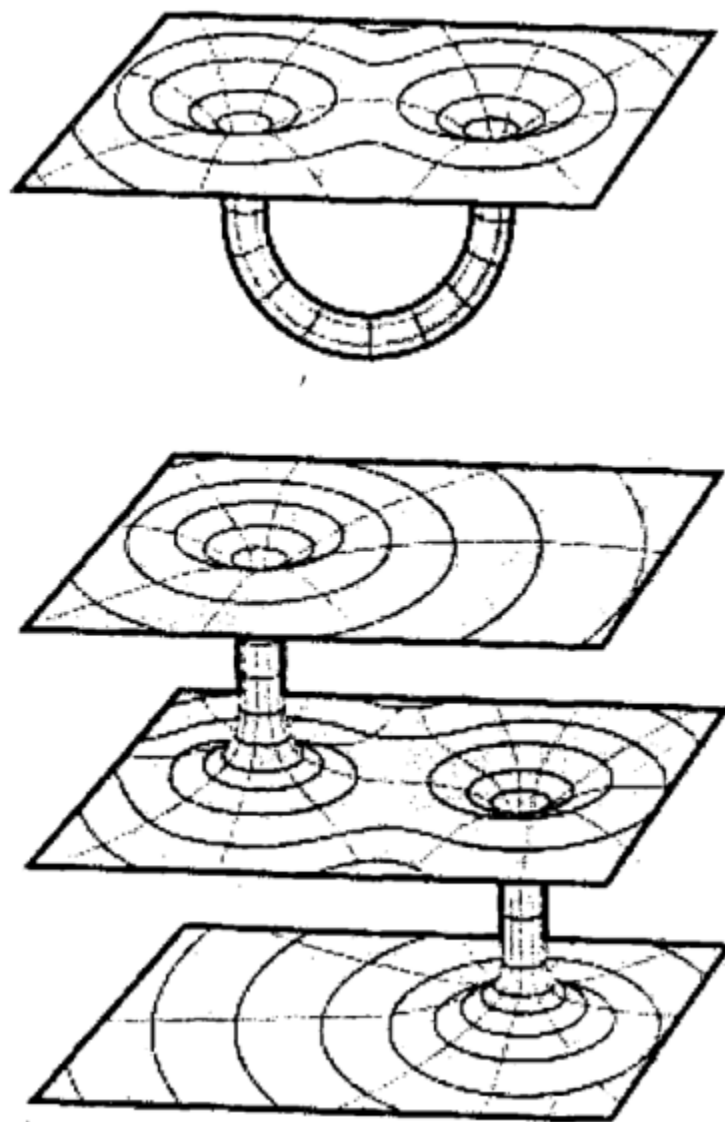
Първият човек, популяризирал тези дупки, е Чарлс Доджсън, пишец под псевдонима Луис Карол. В „Алиса в Огледалния свят“ той представя дупка-червей като огледало, свързващо Оксфорд със Страната на чудесата. Като професионален математик и оксфордска знаменитост, Доджсън бил добре запознат със свързаните пространства. По определение свързано пространство е такова пространство, в което ласото не може да се стегне до точка. Обикновено всяка примка може без усилия да се свие до точка. Но ако вземем една поничка, то ще можем да поставим ласото около нея така, че то да огражда дупката на поничката. При стягането на примката ще

се окаже, че не можем да я свием в една точка, а в най-добрия случай — едва до обиколката на поничката.

Математиците били възхитени от факта, че са открили обект, който е абсолютно непотребен в описаното пространство. Но през 1935 г. Айнщайн и ученикът му Нейтан Розен въвели дупките-червеи в света на физиката. Двамата се опитвали да използват решението на черната дупка за елементарните частици. Айнщайн никога не харесвал съществуващата още от времето на Нютон идея, че гравитацията на една частица става безкрайна с приближаването до нея. Тази „сингулярност“ според него би трябвало да се премахне, тъй като била напълно безсмислена.

На Айнщайн и Розен им хрумнала идеята да представят електрона (обикновено смятан за малка точка без каквато и да било структура) като черна дупка. Така общата теория на относителността можела да се използва за обясняване на загадките на квантовия свят в общата теория на полето. Двамата започнали със стандартното решение за черната дупка, наподобяващо голяма ваза с дълга шия. След това разрязали шията и я съединили с огледално решение за черна дупка. За Айнщайн тази странна, но симетрична конфигурация би трябвало да е лишена от характеристиките на новообразувана черна дупка и би могла да действа като електрон.

За съжаление идеята на Айнщайн да представи електрона по този начин се провалил. Днес обаче космолозите предполагат, че мостът Айнщайн-Розен може да действа като портал между две вселени. Можем да се движим свободно в едната от тях, докато случайно не попаднем в черна дупка и не бъдем изплюти от другата страна (през бяла дупка).



*Мостът Айнщайн-Розен. В центъра на черната дупка има „гърло“, което свързва пространството и времето с друга вселена или друга точка в нашата вселена. Макар пътуването през стационарна черна дупка да е фатално, въртящата се черна дупка има подобна на пръстен сингулярност, така че е възможно да се мине през този пръстен и съответно — по моста на Айнщайн-Розен. Все пак, това засега са само предположения.*

За Айнщайн всяко решение на уравненията му би трябвало да кореспондира с физически възможен обект, стига да започва от



физически приемлива отправна точка. Той самият не се безпокоял, че някой може да пропадне в черна дупка и да се озове в паралелна вселена. В центъра приливните вълни би трябвало да станат безкрайни и гравитационното поле би трябвало да разнесе на парчета атомите на всеки, успял по невнимание да попадне вътре. (Мостът Айнщайн-Розен се отваря за миг, но се затваря толкова бързо, че нито едно тяло не може да мине през него достатъчно бързо, за да успее да достигне до другата страна.) Според Айнщайн, макар и дупките-червеи да могат да съществуват, нито едно живо същество не е в състояние да мине през тях и да разкаже какво има оттам.

#### ЗАВЪРТАНЕ НА ЧЕРНИТЕ ДУПКИ

През 1963 г. обаче това виждане започнало да се променя. Новозеландският математик Рой Кер открил решения на уравненията на Айнщайн, описващи може би по най-реалистичен начин една умираща звезда — въртяща се черна дупка. Поради запазването на ъгловата инерция по време на гравитационния колапс звездата започва да се върти все по-бързо (това е причината въртящите се галактики да приличат на въртящи се фойерверки, а кънкьорите да се завъртат по-бързо, когато приберат ръцете до тялото си). Така въртящата се звезда може да се свие до пръстен от неутрони, който ще остане стабилен поради огромната центробежна сила, която уравновесява силата на гравитацията. Изумителната характеристика на подобна черна дупка е в това, че ако някой попадне в нея, той *няма да бъде* смазан, а ще премине през моста Айнщайн-Розен и ще се озове в паралелна вселена. „Минавате през магическия пръстен и — presto! — озовавате се в напълно различна вселена, където радиусът и масата са негативни!“<sup>[4]</sup>, възкликнал Кер пред свой колега след като направил откритието си.

С други думи, рамката на огледалото на Алиса е нещо като въртящия се пръстен на Кер. Всяко пътуване през пръстена на Кер обаче ще бъде едноточено. Ако минете през хоризонта на събитията около пръстена на Кер, гравитацията няма да бъде достатъчна, за да ви смаже, но не би ви позволила да се върнете обратно. (Всъщност черната дупка на Кер има два хоризонта на събитието. Някои предполагат, че за обратното пътуване ще ви е необходим втори пръстен, свързващ паралелната вселена с нашата.) В известен смисъл,

черната дупка на Кер може да се сравни с асансьор в небостъргач. Асансьорът представлява моста Айнщайн-Розен, който свързва отделните етажи, всеки от които представлява отделна вселена. Етажите в небостъргача са безброй и всеки се различава от останалите. Асансьорът обаче не може да се движи надолу. Съществува единствено бутон „нагоре“. Щом напуснете някой етаж (или вселена), няма да можете да се върнете, тъй като сте преминали хоризонта на събитията.

Физиците са разделени в мнението си колко стабилен би могъл да бъде пръстенът на Кер. Някои изчисления сочат, че ако някой се опита да мине през него, самото му присъствие ще дестабилизира черната дупка и порталът ще се затвори. Ако например в черната дупка на Кер попадне светлинен лъч, с приближаването към центъра енергията му ще се увеличи неимоверно и лъчът ще се измести към синия спектър — т.е., ще повиши честотата си. При приближаването си към хоризонта на събитията енергията му ще бъде толкова огромна, че би убила всеки, който се опита да премине през моста Айнщайн-Розен. Освен това лъчът ще създаде свое собствено гравитационно поле, което ще взаимодейства с черната дупка и може би ще унищожи прохода.

С други думи, макар някои физици да смятат, че черната дупка на Кер е най-реалистичната от всички модели и наистина би могла да свързва паралелни вселени, не е ясно колко безопасно би било да се стъпи на моста или колко стабилен може да се окаже входът.

#### НАБЛЮДЕНИЕ НА ЧЕРНИ ДУПКИ

Поради странните свойства на черните дупки съществуването им се смяташе за фантастика до началото на 90-те. „Ако преди десет години откриехте обект в центъра на някоя галактика и го наречете черна дупка, половината от колегите ви щяха да решат, че не сте в ред“<sup>[5]</sup>, отбеляза през 1998 г. астрономът Дъглас Ричстоун от Мичиганския университет. Оттогава досега с помощта на телескопа „Хъбъл“, рентгеновия телескоп „Чандра“ (който измерва емисиите рентгенови лъчи от мощни звездни и галактични източници) и Големия радиотелескоп, състоящ се от серия мощни радиотелескопи в Ню Мексико, астрономите идентифицираха няколкостотин черни дупки. Всъщност мнозина смятат, че повечето от галактиките с огромни купове в средата имат черни дупки в центровете си.

Както бе предсказано, всички открити в космоса черни дупки се въртят изключително бързо. Според данните от „Хъбъл“ скоростта на въртене на някои от тях е около милион и половина километра в час. В самия им център може да се види плоско кръгло ядро, често достигащо диаметър около една светлинна година. Вътре в това ядро се крие хоризонтът на събитията и самата черна дупка.

Тъй като самите черни дупки са невидими, астрономите използват косвени методи за установяване на съществуването им. Те се опитват да идентифицират на снимките „акреционния диск“ („диска на натрупване“) от въртящ се газ, който заобикаля черната дупка. Астрономите вече притежават колекция от прекрасни снимки на подобни дискове. (Те са почти универсални за най-бързо въртящите се обекти във вселената. Дори нашето собствено Слънце може би е имало подобен диск по време на образуването си преди 4,5 милиарда години, от който по-късно са се образували планетите. Причината за образуването им е в това, че те представляват най-ниското енергийно състояние за толкова бързо въртящо се тяло.) С помощта на Нютоновите закони за движението, астрономите могат да изчислят масата на централния обект, като знаят скоростта на въртящите се около него звезди. Ако масата на централния обект има скорост на избягване, равна на скоростта на светлината, тогава дори самата светлина не е в състояние да го напусне, което означава косвено доказателство за съществуването на черна дупка.

Хоризонтът на събитията се намира в центъра на акреционния диск. (За съжаление той е прекалено малък, за да може да се различи със средствата на съвременната технология. Астрономът Фулвио Мелиа твърди, че заснемането на хоризонт на събитията е „Светият граал“ на науката за черните дупки.) Далеч не целият газ, обикалящ около черната дупка, минава през хоризонта на събитията. Част от него минава покрай него и бива изхвърлен с огромна скорост обратно в космоса, образувайки две дълги струи, излизащи от северния и южния полюс на черната дупка. Това дава на черната дупка вид на въртящ се пумпал. (Причина за изхвърлянето на струите по подобен начин вероятно са магнитните силови линии на колапсиращата звезда. С увеличаването на интензитета си, те са се концентрирали около полюсите. Докато звездата продължава да претърпява гравитационен колапс, тези линии се събират в две тръби, излизащи от полюсите.

Когато йонизираните частици попаднат върху звездата, те следват тези тесни магнитни линии и биват изхвърлени като реактивни струи през полярните магнитни полета.)

Засега са различени два типа черни дупки. Първият е звездна черна дупка, при която умиращата звезда е смазана от гравитацията, докато не имплодира. Вторият тип се открива по-лесно. Това са галактичните черни дупки, които се спотайват в самия център на огромните галактики и квазари и масата им надвишава милиони и милиарди пъти масата на Слънцето.

Неотдавна бе открита черна дупка и в центъра на Млечния път. За съжаление центърът на галактиката ни не може да се види заради облаците космически прах. В противен случай всяка нощ щяхме да виждаме огромно светещо кълбо в съзвездие Стрелец. Центърът на Млечния път щеше да свети може би по-ярко от Луната и да бъде най-яркият обект в нощното небе. А в самото сърце на галактическото ядро се намира черна дупка, чиято маса се равнява на около 2,5 милиона слънчеви. Що се отнася до размерите ѝ, тя е може би около една десета от радиуса на орбитата на Меркурий. Това не е особено голяма черна дупка по галактични стандарти — квазарите могат да имат далеч по-големи черни дупки с маса, надхвърляща няколко милиарда пъти масата на Слънцето. Черната дупка в задния ни двор понастоящем е доста невзрачна.

Следващата най-близка галактическа черна дупка се намира в центъра на съседната галактика Андромеда. Масата ѝ е колкото 30 милиона слънчеви маси, а радиусът ѝ на Шварцшилд е около 95 милиона километра. (В центъра на галактиката Андромеда има най-малко два масивни обекта, представляващи може би остатъци от друга галактика, погълната преди милиарди години от Андромеда. Ако в далечно бъдеще нашият Млечен път се сблъска със съседката си, може би и той ще свърши в „стомаха“ ѝ.)

Една от най-прекрасните фотографии на подобна черна дупка е направена от телескопа Хъбъл в центъра на галактика NGC 4261. Досегашните картини от радиотелескопите показваха две грациозни струи, излизащи от северния и южния полюс, но никой не знаеше на какво се дължат те. „Хъбъл“ успя да заснеме самия център на галактиката и разкри диск с диаметър около 400 светлинни години. В самия му център се намира малката точица на акреционния диск с

диаметър около една светлинна година. Самата черна дупка, която си остава невидима за „Хъбъл“, тежи около 1,2 милиарда пъти повече от Слънцето.

Подобни галактически черни дупки са толкова мощни, че са в състояние да погълнат цели звезди. През 2004 г. NASA и Европейската космическа агенция обявиха, че са открили огромна черна дупка в една далечна галактика, поглъщаща наведнъж звезда. Рентгеновият телескоп „Чандра“ и Европейската космическа лаборатория „Нютон“ наблюдаваха едно и също събитие — поток рентгенови лъчи от RX J242-11, свидетелстващи за поглъщането на звезда от огромна черна дупка в центъра на галактиката. Предполага се, че масата на тази черна дупка е колкото 100 милиона слънчеви маси. Изчисленията показаха, че когато звездата е доближила гибелно близо до хоризонта на събитията, невъобразимо силната гравитация я е изкривила и разпънала, докато не я е разкъсала на парчета, изхвърляйки издайническият поток рентгенови лъчи. „Тази звезда бе разпъната до точката на пречупване. Просто е изкарала лош късмет да навлезе в територията на зъл съсед“<sup>[6]</sup>, отбеляза астронома Шефани Комоса от института „Макс Планк“ в Гарчинг, Германия.

Съществуването на черните дупки помогна за решаването на множество стари загадки. Например галактиката М-87 винаги е будела любопитството на астрономите, защото изглежда като масивно кълбо от звезди, от което излиза странна „опашка“. Тъй като излъчва големи количества радиация, отначало учените предполагаха, че опашката представлява поток от антиматерия. Днес обаче астрономите откриха, че тя се дължи на огромна черна дупка, тежаща може би 3 милиарда слънчеви маси и представляваща огромна плазмена струя, която се изхвърля навън от галактиката, а не навлиза в нея.

Още по-забележително откритие бе направено от рентгеновия телескоп „Чандра“, който успя да надникне през една малка пролука в облака космически прах към далечния космос и да съзре група черни дупки на самия край на видимата вселена. Групата се състои от общо 600 обекта. Въз основа на това астрономите предполагат, че в цялото нощно небе има може би най-малко 300 милиона черни дупки.

ИЗТЪЧВАТЕЛИ НА ГАМА-ЛЪЧИ

Споменатите по-горе обекти вероятно съществуват от милиарди години. Днес обаче астрономите имат рядката възможност да търсят черни дупки, образуващи се буквално пред очите ни. Някои от тях вероятно са мистериозните излъчватели на гама-лъчи, които изпускат най-големите количества енергия във вселената. По отношение на мощност те са превъзхождани единствено от Големия взрив.

Изучаването на излъчвателите на гама-лъчи имат интересна история, започваща от времето на Студената война. В края на 60-те САЩ се страхуваха, че Съветският съюз или някоя друга държава може тайно да взриви атомна бомба в някоя пустинна част на Земята или дори на Луната в разрез с подписаните договорености. Ето защо САЩ изстреляха сателита „Вела“, предназначен да засича „атомните проблясъци“, или нерегламентираните детонации на атомни бомби. Тъй като ядреният взрив протича на различни етапи, следващи микросекунди един след друг, всяка бомба дава характерен двоен проблясък, които може да се засече от сателит. („Вела“ наистина засече два такива проблясъка през 70-те, недалеч от брега на Острова на принц Едуард в Южна Африка, в присъствието на израелски бойни кораби. Тези наблюдения все още са обект на дебати в разузнавателните служби.)

Пентагонът силно се стресна, когато „Вела“ улови сигнали от неимоверно мощни ядрени взривове в космоса. Нима Съветите тайно правят опити в открития космос благодарение на някаква неизвестна висока технология? Обезпокоени, че руснаците може да са ги изпреварили във военно отношение, американските военни се обърнаха към най-големите учени да анализират плашещите сигнали.

След разпадането на Съветския съюз по-нататъшното засекретяване на тази информация стана безпредметно и Пентагонът изсипа тонове данни на астрономите, които направо се смаяха. За първи път от десетилетия беше разкрит напълно нов астрономически феномен с огромно научно значение. Астрономите бързо разбраха, че излъчвателите на гама-лъчи, както ги нарекоха, имат огромна мощност и само за няколко секунди отделят толкова енергия, колкото ще отдели Слънцето за целия период на съществуването си (около 10 милиарда години). Но същевременно тези явления са и много краткотрайни — след засичането им от спътника отслабваха до такава степен, че докато земните телескопи успеят да се насочат в нужната посока, от тях вече

не оставаше и следа. (Повечето излъчватели съществуват между 1 и 10 секунди, като най-краткият е продължил 0,1 секунда, а най-продължителния — няколко минути.)

Съвременните космически телескопи и екипите за бързо реагиране промениха способността ни да откриваме излъчвателите на гама-лъчи. Понастоящем, благодарение на една сложна поредица от процедури, се засичат по около три излъчвателя на ден. Веднага след засичането от сателита астрономите бързо локализират точните координати на енергийния източник с помощта на компютри и насочват колкото се може повече телескопи и сензори в нужната посока.

Данните от уредите са наистина поразителни. В сърцето на тези излъчватели на гама-лъчи се таи обект, чийто диаметър често е само няколко десетки километра. С други думи невъобразимата космическа мощ на излъчвателите е концентрирана в район с размерите, да речем, на Ню Йорк. В продължение на години водещите кандидати за подобни събития бяха сблъскващи се неутронни звезди в двойна звездна система. Според тази теория орбитите на тези неутронни звезди с времето се нарушават и тъй като се движат по смъртоносна спирала, те рано или късно се сблъскват и отделят огромни количества енергия. Подобни събития са изключително редки, но тъй като вселената е огромна и излъчвателите я озаряват цялата, би трябвало да се наблюдават по няколко пъти на ден.

През 2003 г. обаче учените събраха нови данни, според които излъчването на гама-лъчи е резултат от избухването на „хипернова“, при което се образува масивна черна дупка. Благодарение на бързата реакция на телескопите и сателитите астрономите откриха, че излъчванията наподобяват на огромни свръхнови. Тъй като експлодиращата звезда има изключително силно магнитно поле и излъчва заредени частици при полюсите си, може да изглежда сякаш свръхновата е по-наситена с енергия, отколкото е в действителност — т.е., че ние наблюдаваме излъчвателите само ако са насочени директно към Земята и ни създават погрешното впечатление, че са по-мощни.

Ако наистина излъчвателите на гама-лъчи са черни дупки в процес на формиране, то следващото поколение космически телескопи би трябвало да е в състояние да ги анализира в големи подробности и може би да отговори на някои от най-наболелите въпроси относно

пространството и времето. Например, щом черните дупки могат да усукват пространството като козунак, дали правят същото и с времето?

#### МАШИНАТА НА ВРЕМЕТО НА ВАН СТОКЪМ

Теорията на Айнщайн свързва времето и пространството в неразривно единство. В резултат на това всяка дупка-червей, свързваща две отдалечени точки в пространството, би могла да свързва и две отдалечени точки във времето. С други думи, теорията на Айнщайн позволява пътуването във времето.

Самата концепция за времето е претърпяла развитие през вековете. За Нютон времето е като стрела — веднъж изстреляна, тя никога не променя курса си и пътува безпогрешно и равномерно към целта си. След това Айнщайн въведе концепцията за изкривеното пространство и времето стана по-скоро като река, която леко ускорява или забавя хода си, докато извива меандрите си из вселената. Но Айнщайн се безпокоял, че тази река може да се изкриви обратно в себе си. Може би в нея се спотайват скрити водовъртежи и разклонения.

Тази възможност била реализирана през 1937 г., когато У. Дж. Ван Стокъм открил решение на уравненията на Айнщайн, които позволяват пътуването във времето. Той започнал с безкраен въртящ се цилиндър. Макар че е невъзможно да се направи безкраен предмет, той изчислил, че ако подобен цилиндър се върти със скорост, равна или близка на скоростта на светлината, той ще повлече тъканта на пространството и времето около себе си. (Това се нарича повличане на кадъра и вече е регистрирано върху детайлни снимки на въртящи се черни дупки.)

Всеки, проявил достатъчно смелост да се доближи до подобен цилиндър, ще бъде въввлечен около него и ще набере фантастична скорост. Всъщност за страничния наблюдател пътешественикът ще се движи по-бързо от светлината. Макар че отначало и самият Ван Стокъм не си давал сметка за това, след една пълна обиколка около цилиндъра всъщност ще пътувате назад във времето и ще се върнете на изходна позиция, преди да сте тръгнали. Ако излезете от стаята си, ще се върнете в нея, да кажем, в 18:00 предишната вечер. Колкото по-бързо се върти цилиндърът, толкова по-назад във времето ще отидете (единственото ограничение в случая е, че не можете да се върнете в момент преди създаването на самия цилиндър).



Тъй като цилиндърът е като украсен майски кол, около който се танцува, с всяка обиколка около него ще се връщате все по-назад и по-назад във времето. Разбира се, подобно решение може да се отхвърли, тъй като цилиндрите не могат да бъдат безкрайно дълги. Освен това, ако подобно съоръжение може да се построи, центробежните му сили ще бъдат толкова огромни, че материалът, от който е изграден цилиндърът, ще се разпадне.

#### ВСЕЛЕНАТА НА ГЪДЕЛ

През 1949 г. големият математик-логик Курт Гьодел открил още по-странно решение на уравненията на Айнщайн. Той приема, че цялата вселена се върти. Подобно на цилиндъра на Ван Стокъм, и в този случай въртенето повлича след себе си подобното на меласа пространство-време. Пътувайки с космически кораб из вселената на Гьодел, в крайна сметка ще се върнете в изходната си точка, но в минал момент.

Във вселената на Гьодел астронавтът може да пътува между всеки две точки на пространството и времето. Всяко събитие във всеки момент може да се достигне, независимо преди колко години се е случило. Поради гравитацията вселената на Гьодел има тенденция да се свие сама в себе си и затова трябва да има центробежна сила, която да уравновесява силата на привличане. С други думи, вселената трябва да се върти с някаква скорост. Колкото по-голяма е вселената, толкова по-силна е тенденцията към свиване и съответно толкова по-бързо трябва да е въртенето ѝ, за да се избегне колапсът.

Например Гьодел изчислил, че вселена с размери колкото нашата трябва да се завърта веднъж на всеки 70 милиарда години, а минималният радиус за пътуването, необходимо за връщане във времето, е 16 милиарда светлинни години. За да можете да се върнете назад обаче трябва да се движите със скорост съвсем малко под светлинната.

Гьодел много добре осъзнавал парадоксите, които биха могли да възникнат от решението му — възможността да срещнете сами себе си в миналото и така да промените хода на историята.

„Ако в такъв свят направите достатъчно пространна обиколка с космически кораб, бихте могли да се върнете в който и да било момент от миналото, настоящето и бъдещето — точно както на други светове е възможно пътуването в пространството — пише той. — Това състояние обаче като че ли е абсурдно, тъй като пътешественикът има възможност да се върне в близкото минало на местата, където е живял той самият. Там би могъл да попадне на човека, който е самият той в по-ранен етап от живота си, и би могъл да стори нещо, за което самият той няма спомен.“<sup>[7]</sup>

Айнщайн бил много обезпокоен от решението на своя приятел и колега от Института по модерни изследвания в Принстън. Отговорът му е доста красноречив:

„По мое мнение, есето на Курт Гьодел представлява много важен принос към общата теория на относителността, особено по отношение на анализа на концепцията за време. Този проблем ме безпокоеше още докато разработвах теорията си, но така и не успях да си го изясня... Разграничаването на «по-ранно — по-късно» или на точки, намиращи се на голямо в космологичен смисъл разстояние, е изоставено и се получават парадоксите относно посоката на причинно-следствената връзка, които посочва г-н Гьодел... Интересно би било да се прецени дали те не трябва да се изключат от физични съображения.“<sup>[8]</sup>

Отговорът на Айнщайн е интересен поради две причини. Първо, той признава, че възможността за пътуване във времето го е притеснявала още докато е формулирал общата теория на относителността. Тъй като времето и пространството се разглеждат като парче гума, Айнщайн се тревожел, че тъканта на континуума

може да се огъне и усуче до такава степен, че да е възможно пътуване във времето. Второ, той отхвърля решението на Гюдел от „физични съображения“ — т.е., защото вселената не се върти, а се разширява.

Когато Айнщайн починал, не било никаква тайна, че уравненията му позволявали странни феномени като пътуване във времето и дупки-червеи. Никой обаче не им отдавал особено значение, тъй като учените смятали, че те не биха могли да се реализират на практика. Съществувал консенсус, че решенията нямат почва в реалния свят — ако се опитате да достигнете до паралелна вселена през черна дупка, ще загинете; вселената не се върти; не можете да правите безкрайни цилиндри. Ето защо пътуването във времето се смятал за чисто академичен въпрос.

#### МАШИНАТА НА ВРЕМЕТО НА ТОРН

Въпросът за пътуването във времето сякаш бе забравен в продължение на три и половина десетилетия до 1985 г., когато астрономът Карл Сейгън пишеше романа си „Контакт“ и искаше да използва в него начин, по който героинята му да може да стигне до звездата Вега. Пътуването трябваше да е двупосочно — от Земята до Вега и обратно, — но не би могло да се осъществи чрез черните дупки или дупките-червеи. Сейгън се обърнал за съвет към физика Кип Торн, който шокира света с намирането на нови решения на уравненията на Айнщайн, позволяващи пътуване във времето без много от предишните проблеми. През 1988 г. заедно с колегите си Майкъл Морис и Ълви Юрчестър Торн доказа, че е възможно да се построи машина на времето, стига да може по някакъв начин да се получат такива странни форми на материята и енергията като „екзотичната отрицателна материя“ и „отрицателна енергия“. Отначало физиците се отнесоха скептично към това решение, тъй като никой не бе виждал екзотична материя, а отрицателната енергия съществува в нищожно малки количества. Въпреки това решението представлява пробив в разбирането ни за пътуването във времето.

Огромното преимущество на отрицателната материя и енергия е в това, че те могат да обърнат дупката-червей и да направят двупосочното пътуване възможно, без да се налага да се безпокоим за хоризонта на събитията. Всъщност групата на Торн откри, че пътуването през подобна машина на времето може да бъде доста

приятно в сравнение със стреса, който изпитваме по време на полета с пътнически авиолайнер.

Проблемът обаче е в това, че екзотичната (или отрицателна) материя има твърде необикновени качества. За разлика от антиматерията (за чието съществуване се знае и която най-вероятно ще попадне под въздействието на земното гравитационно поле), отрицателната материя ще попадне нагоре от земята, защото притежава антигравитация. Вместо да се привлича, тя се отблъсква от обикновената и от друга отрицателна материя. Това означава, че откриването ѝ — ако изобщо я има — е доста трудна задача. При образуването на Земята преди 4,5 милиарда години цялата отрицателна материя би трябвало да се е отдалечила, така че в момента тя може би се рее някъде из открития космос, далеч от всички планети. (Отрицателната материя може би никога няма да се сблъска с някоя изпречила се на пътя ѝ звезда или планета, тъй като се отблъсква от обикновената материя.)

Докато никой никога не е виждал отрицателна материя (и е напълно възможно тя да не съществува), отрицателната енергия е възможна, но се среща изключително рядко. През 1993 г. Хенрик Казимир показва, че две незаредени успоредни метални плочи могат да създадат отрицателна енергия. Обикновено ще очакваме, че плочите ще останат неподвижни, защото им липсва заряд. Казимир обаче посочи, че между тях съществува слабо привличане. Всъщност тази малка сила е била измерена още през 1948 г. и било доказано, че отрицателната енергия е наистина възможна. Ефектът на Казимир използва едно много странно свойство на вакуума. Според квантовата теория празното пространство е изпълнено с „виртуални частици“, които се появяват и изчезват от нищото. Това нарушаване на закона за запазване на енергията е възможно заради принципа на неопределеността на Хайзенберг, който позволява прекриването на класическите закони, стига това да става за много кратък момент. Например поради този принцип има известна вероятност електрон и антиелектрон да се появят от нищото и да се анихилират помежду си. Тъй като плочите са много близко една до друга, тези виртуални частици не могат толкова лесно да се появят между тях. И тъй като количеството им в околното пространство е по-голямо, това създава насочена отвън навътре сила, която леко тласка плочите една към

друга. Този ефект бе измерен прецизно от Стивън Ламоро в националната лаборатория в Лос Аламос през 1996 г. Силата на привличане бе нищожна (равняваща се на 1/30 000 от теглото на мравка). Колкото по-малко е разстоянието, толкова по-силно е привличането между плочите.

Ето как би могла да работи машината на времето на Торн. Някоя напреднала цивилизация би могла да започне с две успоредни плочи, разделени от изключително малко пространство. След това тези плочи биха могли да се преобразят в сфера, състояща се от външна и вътрешна обвивка. Между две такива сфери би могло по някакъв начин да се опъне тунел през пространството. Така във всяка от тях ще има отвор на дупка-червей.

Обикновено времето тече еднакво и за двете сфери. Но ако поставим едната от тях в космически кораб, пътуващ със скорост, близка до скоростта на светлината, времето в него ще се забави и така двете сфери вече няма да са синхронни. Часовникът в кораба работи много по-бавно, отколкото на Земята. И ако някой скочи в сферата на Земята, той ще мине през дупката червей и ще се озове на космическия кораб, т.е., в миналото. (Тази машина на времето обаче не може да ви закара по-назад във времето от момента, в който е създадена.)

#### ПРОБЛЕМИ С ОТРИЦАТЕЛНАТА ЕНЕРГИЯ

Макар че оповестяването на решението на Торн предизвика истинска сензация, при осъществяването му на практика възникват някои значителни трудности, с които трудно би се справила и една много развита цивилизация. Първо, трябва да се добият големи количества отрицателна енергия, която се среща изключително рядко. Този тип дупка-червей зависи изцяло от богат приток на отрицателна енергия, за да може входът ѝ да стои отворен. Ако някой се заеме да добива отрицателна енергия чрез ефекта на Казимир (получените по този начин количества са нищожно малки), то дупката-червей би трябвало да е много по-малка от атом, което прави пътуването през нея неосъществимо. Съществуват и други начини за добиване на отрицателна енергия освен ефекта на Казимир, но всички те са доста трудни за манипулиране. Например физиците Пол Дейвис и Стивън Фулинг показаха, че тази енергия се образува и акумулира от бързо въртящо се огледало. За съжаление огледалото трябва да се движи с

почти светлинна скорост. И, подобно на ефекта на Казимир, полученото количество отрицателна енергия и в този случай е много малко.

Друг начин за извличане на отрицателна енергия е да се използват мощни лазерни лъчи. В рамките на енергийните състояния на лазера има и „притиснати“, при които положителната и отрицателната енергия съществуват едновременно. Този ефект обаче е също много труден за манипулиране. Типичният импулс отрицателна енергия трае не повече от  $10^{-15}$  секунди, след което следва импулс положителна енергия. Отделянето на двете състояния е възможно, макар че е изключително трудно постижимо. Ще се спра по-подробно на този въпрос в 11 глава.

Наскоро се оказа, че в близост до хоризонта на събитията на една черна дупка също има отрицателна енергия. Както показаха Джейкъб Бекенщайн и Стивън Хокинг, черната дупка не е съвършена — тя бавно отделя енергия.<sup>[9]</sup> Това става благодарение на принципа на неопределеността, според който е възможно лъчението да си пробие път през огромната гравитация. Тъй като изпаряващата се черна дупка губи енергия, хоризонтът на събитията постепенно намалява. Обикновено, ако в нея попадне положителна материя (звезда например), хоризонтът на събитията се разширява. Но ако хвърлим в черната дупка отрицателна енергия, резултатът ще е обратен. Така изпаряването на черните дупки създава отрицателна енергия в близост до хоризонта на събитията. (Някои предлагат отворът на червеевата дупка да се разположи непосредствено до събитийния хоризонт, за да може по-лесно да се събира отрицателната енергия. Това обаче може да е изключително трудно и опасно, тъй като рискувате във всеки момент да преминете хоризонта.)

Хокинг показва, че отрицателната енергия е необходима за стабилизиране на всички решения на дупките-червеи. Ходът на разсъждения е съвсем прост. Обикновено положителната енергия може да създаде отвор на дупка-червей, която да концентрира материя и енергия. Така светлинните лъчи се събират в един при влизането си в отвора. Ако обаче се появят от другата страна, това означава, че би трябвало да се разфокусират някъде в центъра на дупката червей. Единственият начин да се получи това е при наличието на отрицателна енергия. Нещо повече — отрицателната енергия е отблъскваща, което е

необходимо условие за запазването на дупката-червей от колапсиране под въздействието на гравитацията. Ето защо ключът към построяването на машина на времето или дупка-червей е да се открият достатъчни количества отрицателна енергия, за да може отворът да се поддържа открит и стабилен. (Редица физици показаха, че при наличието на силни гравитационни полета отрицателните енергийни полета се срещат доста често. Така че може би някой ден за задвижването на машината на времето ще се използва гравитационна отрицателна енергия.)

Друго препятствие за създаването на устройство за пътуване във времето е въпросът къде може да се намери дупка-червей. Торн разчита на факта, че дупките-червеи се появяват естествено в онова, което се нарича пространствено-времева пяна. Така се връщаме към въпроса, зададен преди повече от две хилядолетия от древногръцкия философ Зенон, известен със своите апории — какво е най-малкото разстояние, което може да се измине?

На времето Зенон математически доказал, че е невъзможно да се пресече река. Той първо забелязал, че ширината на реката може да се раздели на безброй отделни точки. И тъй като за изминаването на безкрайно много точки ще е необходимо безкрайно много време, прекосяването на реката е невъзможно. Всъщност самото движение ставало абсолютно невъзможно. (Необходими били две хилядолетия и разработването на математическия анализ, за да може най-сетне да се намери решение на главоблъсканицата. Може да се покаже, че през безброй точки може да се премине за определен период от време, което в крайна сметка прави движението възможно от математическа гледна точка.)

Джон Уилър от Принстън се заел да анализира уравненията на Айнщайн, за да намери най-малкото възможно разстояние. Той открил, че на невъобразимо малки разстояния от порядъка на дължината на Планк ( $10^{-33}$  см) теорията на Айнщайн предсказва, че кривината на пространството ще е доста голяма. С други думи, на такива разстояния пространството далеч не е гладко, а силно изкривено — т.е., прилича на пяна. Така пространството се оказва съставено от малки мехури, които непрекъснато се появяват и изчезват във вакуума. Дори празното пространство на такива разстояния непрекъснато кипи от такива мехурчета пространство-време, които всъщност са малки дупки-червеи

и вселени-бебета. Обикновено „виртуалните частици“ се състоят от двойки електрон и антиелектрон, които се появяват и миг след това се анихилират помежду си. Но на Планкови разстояния мехурчетата, представляващи цели вселени и дупки-червеи, могат да се появят от нищото, само за да изчезнат отново във вакуума. Нашата собствена вселена може да е започнала съществуването си като едно подобно мехурче, което се е появило в континуума пространство-време и изведнъж се е разширило поради причини, които все още не разбираме.

Тъй като дупките-червеи са естествени за пространствено-времевата паяна, според Торн една високоразвита цивилизация би могла да ги извлече от нея, да ги разшири и да ги стабилизира с помощта на отрицателната енергия. Макар и изключително труден, този процес не противоречи на законите на физиката.

Макар и да изглежда теоретически възможна (колкото и да е трудна за осъществяване от инженерна гледна точка), машината на времето на Торн се сблъсква с трети неприятен проблем — пътуването във времето не противоречи ли на фундаменталните закони на физиката?

#### ВСЕЛЕНА В СПАЛНЯТА

През 1992 г. Стивън Хокинг се опита да намери веднъж завинаги отговор на въпроса за пътуването във времето. Самият той инстинктивно е срещу пътуването във времето — ако то е нещо толкова обичайно, колкото ходенето на пикник през уикенда, би трябвало да виждаме навсякъде около нас тълпи туристи от бъдещето, които ни зяпат с отворени уста и правят снимки.

Физиците обаче често цитират една мисъл от епичния роман на Т. Х. Уайт „Някогашният и бъдещ крал“, в който обществото на мравките постановява, че „всичко, което не е забранено, е задължително“<sup>[10]</sup>. С други думи, ако не съществуват принципи, които да забраняват пътуването във времето, то това пътуване е физически възможно. (Причината за това е в принципа на неопределеността. Щом нещо не е забранено, квантовите ефекти и флуктуации в крайна сметка ще го направят възможно, стига да сме достатъчно търпеливи. Т.е., ако нещо не е забранено, то рано или късно се случва.) В отговор на това Стивън Хокинг предложи „хипотеза за защита на хронологията“, която

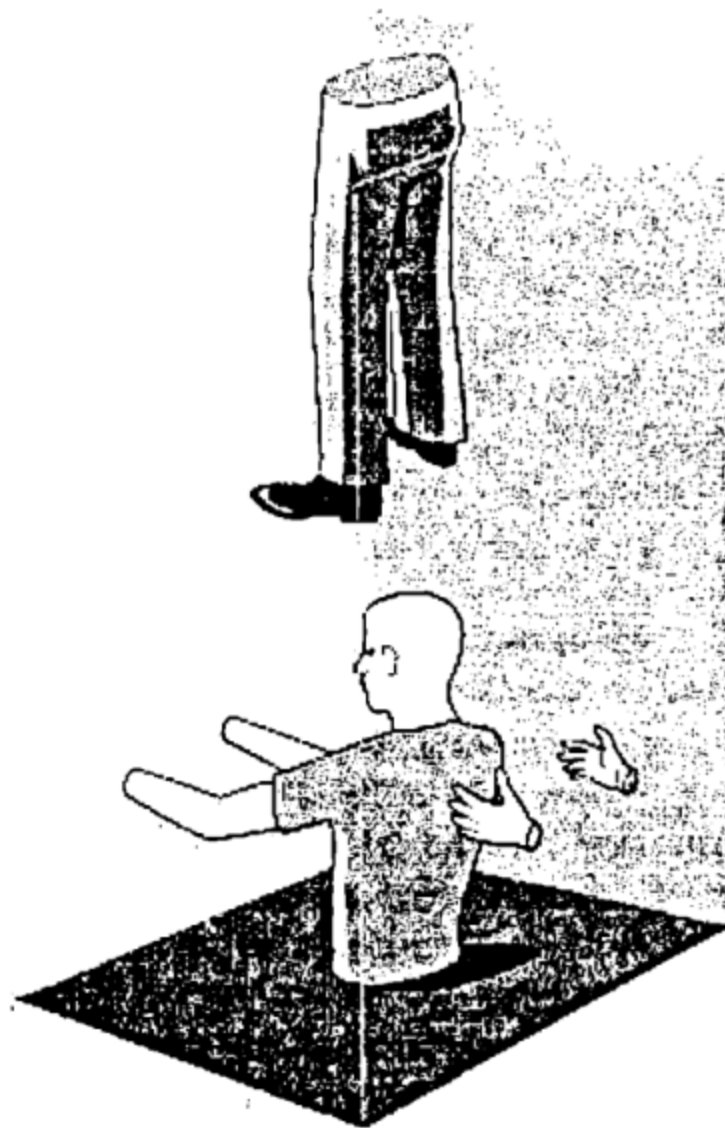


не позволява пътуването във времето и така „прави историята безопасна за историците“. Според тази хипотеза пътуването във времето е невъзможно, защото нарушава определени физични принципи.

Тъй като с решенията за дупките-червеи се работи изключително трудно, Хокинг започва да излага аргументите си, като анализира опростената вселена на Чарлс Майснер от университета в Мериленд, в която има всичко нужно за пътуване във времето. Пространството на Майснер е идеализирано и в него вашата спалня например може да представлява цялата вселена. Да кажем, че всяка точка на лявата стена е идентична със съответната точка на дясната. Иначе казано, че ако закрачите енергично към лявата стена няма да си разбиеете носа, а ще минете през нея и ще се появите през дясната стена. Това означава, че лявата и дясната стена в известен смисъл са свързани, подобно на стената на цилиндър.

Освен това точките на предната стена са идентични с точките на задната, а на тавана — с онези на пода. Така в каквато и посока да тръгнете, ще преминете направо през стените на стаята си и ще се озовете отново в нея. Няма измъкване. С други думи, вашата спалня е наистина цялата вселена!

Най-странното в случая е, че ако се вгледате в лявата стена, ще откриете, че тя е прозрачна и зад нея се вижда точно копие на спалнята. Всъщност ще имате точен клонинг на самия себе си в другата стая, макар че ще можете да виждате само задната си част и никога — предната. Ако погледнете нагоре или надолу, отново ще видите свои копия. Всъщност ще има безкрайна поредица от тях, заобикаляща ви отвсякъде.



*В пространството на Майснер цялата вселена се побира в спалнята ви. Противоположните стени са напълно идентични помежду си, така че ако влезете в едната от тях, незабавно ще се появите през другата. Същото се отнася и за тавана и пода. Пространството на Майснер често е обект на изучаване, защото има топологията на дупка-червей, но е много по-лесно за математическо описание. Ако стените се движат, пътуването във времето ще е възможно в рамките на вселената на Майснер.*

Осъществяването на контакт със самия себе си е доста трудна задача. Всеки път когато обръщате глава, за да зърнете лицето на някой от клонингите, той ще прави същото и погледите ви така и няма да се срещнат. Ако обаче спалнята ви е достатъчно малка, бихте могли да протегнете ръка и да докоснете рамото на клонинга пред вас. И ще се шокирате, когато двойникът зад вас е направил същото и ви е докоснал по рамото. Освен това можете да протегнете двете си ръце и да хванете клонингите си от двете ви страни и да получите една безкрайна верига от хванали се за ръце клонинги. В резултат ще сте протегнали ръце през цялата вселена, за да докоснете самите себе си. (Не е препоръчително да наранявате клонингите си. Ако вземете пистолет и го насочите срещу клонинга срещу вас, най-добре е добре да си помислите дали да натискате спусъка — клонингът отзад също е насочил пистолет във вас!)

Да приемем, че в пространството на Майснер стените около вас се свиват. Сега нещата стават съвсем интересни. Да кажем, че някой гигант стиска спалнята и дясната стена се приближава към вас със скорост 3 км/ч. Ако тръгнете към лявата стена, ще се появите през движещата се дясна, но скоростта ви ще е с 3 км/ч по-висока, така че сега ще се движите с 6 км/ч. Всеки път когато правите пълна обиколка, ще получавате допълнително ускорение от 4 км/ч. След многобройни обиколки на вселената ще пътувате със скорости от 6, 9, 12 км/ч и т.н., докато постепенно не се доближите до скоростта на светлината.

В една критична точка скоростта ви в тази вселена на Майснер ще е толкова висока, че ще започнете да се движите назад във времето. На практика ще можете да посетите всяка една предишна точка в континуума пространство-време. Хокинг подложи на подробен анализ това пространство и откри, че от математическа гледна точка лявата и дясната стена са почти идентични с двата отвора на дупката-червей. С други думи, спалнята ви прилича на дупка-червей, в която двете противоположни стени са еднакви и приличат на еднаквите отвори на тунела през континуума пространство-време.

След това Хокинг посочи, че пространството на Майснер е нестабилно както в класически, така и в квантов смисъл. Ако например насочите запалено фенерче към лявата стена, лъчът ще натрупва енергия всеки път, когато се появява през дясната. Светлината ще получи синьо отклонение и накрая ще получи безкрайно много

енергия — нещо, което е невъзможно. Или енергията ще бъде толкова огромна, че ще създаде свое собствено чудовищно гравитационно поле, което ще свие вселената/дупката-червей. Така се получава, че дупката-червей колапсира, ако се опитаме да минем през нея. Освен това може да се окаже, че т.нар. енергийно-инерционен тензор, който измерва енергийното и материалното съдържание на пространството, става безкраен, тъй като лъчът може да премине безброй пъти през двете стени.

За Хокинг това е *coupe de grace*<sup>[11]</sup> за пътуването във времето — квантовите ефекти на лъчението се натрупват, докато станат безкрайни и създадат дивергенция, която убива пътешественика във времето и затваря дупката-червей.

След излизането на труда на Хокинг въпросът за дивергенцията предизвика оживена дискусия в специализираната литература и учените заеха съответно позиции за и против защитата на хронологията. Всъщност неколцина се опитаха да намерят изход от доказателствата на Хокинг, като подберат подходящи за дупки-червеи условия — различни размери, дължина и т.н. Те откриха, че при някои от решенията енергийно-инерционният тензор наистина създава дивергенция, докато в други остава добре формулиран. Руският физик Сергей Красников разгледа въпроса за дивергенцията за няколко типа дупки-червеи и стигна до заключението, че „няма абсолютно никакви доказателства, че машината на времето задължително трябва да е нестабилна“<sup>[12]</sup>.

В един момент мнението на учените се обърна до такава степен против позицията на Хокинг, че физикът от Принстън Ли-Ксин Ли дори предложи „антизащита на хронологията“: „Не съществува физичен закон, който да забранява появата на затворени времеподобни криви.“<sup>[13]</sup>

През 1998 г. Хокинг бе принуден донякъде да отстъпи: „Фактът, че енергийно-инерционният тензор [в някои случаи] не създава дивергенция, не подкрепя хипотезата за защита на хронологията.“ Това не означава, че пътуването във времето е възможно, а само че познанията ни са все още непълни. Физикът Матю Висер твърди, че неуспехът на предположението на Хокинг „не трябва да се разглежда като окуражаване на ентусиастите относно пътуването във времето, а като индикация, че решаването на въпросите за защитата на

хронологията изисква съществуването на цялостна теория на квантовата гравитация“<sup>[14]</sup>.

Днес Хокинг вече не твърди, че пътуването във времето е абсолютно невъзможно, а само че е крайно малко вероятно и неосъществимо. И наистина, огромната част от доводите са против пътуването във времето. Но това не означава, че то трябва да се отрече напълно. Ако някой успее да открие начин за овладяване на големи количества положителна и отрицателна енергия и да реши проблема със стабилността, пътуването във времето може да се окаже наистина възможно. (И може би причината да не сме затрупани от туристи от бъдещето е в това, че най-ранният момент, до който могат да се върнат те, е моментът на създаването на машината на времето. Явно подобни устройства все още няма.)

#### МАШИНАТА НА ВРЕМЕТО НА ГОТ

През 1991 г. Дж. Ричард Гот III от Принстън предложи друго решение на уравненията на Айнщайн, позволяващи пътуване във времето. Подходът му бе интересен, защото е коренно нов и няма нищо общо с въртящи се тела, дупки-червеи и отрицателна енергия.

Гот е роден през 1947 г. в Луисвил, Кентъки, и все още е запазил мекия си южняшки акцент, който звучи малко екзотично в безредния и буен свят на теоретичната физика. Интересите му към науката са още от детска възраст, когато станал член на клуб за любители-астрономи и с интерес се взираше в нощното небе.

В гимназията Гот спечелил престижното съревнование „Търсене на научни таланти“ на Уестингхаус и оттогава останал неизменно свързан с него, заемайки дълги години поста председател на журито. След като завършил математика в Харвард, Гот се прехвърлил в Принстън, където работи и досега.

Докато се занимавал с проучванията си по космология, той се заинтересувал от „космическите струни“ — останки от Големия взрив, чието съществуване се предсказва от редица теории. Ширината им може да бъде по-малка от тази на ядрото на атом, но масата им може да съперничи на масата на звезда и да се простират на милиони светлинни години в пространството. Отначало Гот намери решение на уравненията на Айнщайн, позволяващи съществуването на космическите струни. Ако вземем две от тях и ги насочим една срещу

друга, е възможно да ги използваме като машина на времето точно преди да се сблъскат. Първо, Гот откри, че ако направим обиколка около сблъскващите се космически струни, пространството се свива и придобива странни свойства. Знаем, че ако обиколим например една маса, ще направим завъртане на 360 градуса. Ако обаче някой космически кораб обикаля около две струни, той прави по-малко от 360 градуса заради свиването на пространството. (Това е топология на конуса. Ако направим пълна обиколка около конус също ще открием, че сме изминали по-малко от 360 градуса.) Така, ако обикаляме бързо около двете струни, можем на практика да превишим скоростта на светлината (от гледна точка на страничния наблюдател), тъй като общото разстояние е по-малко от очакваното. Това обаче не нарушава специалната теория на относителността, тъй като от наша гледна точка космическият ни кораб ще се движи по-бавно от светлината.

Но това също означава, че ако обикаляте около сблъскващите се космически струни, можете да се върнете назад в миналото. „Силно се развълнувах, когато открих това решение — спомня си Гот. — То използва единствено материя с положителна плътност, която се движи по-бавно от светлината. За разлика от него решенията на дупките-червеи изискват екзотичната отрицателна енергия или материя с отрицателна плътност (нещо, което тежи по-малко от нищо).“<sup>[15]</sup>

Има обаче едно препятствие — енергията, необходима за задействането на машината на времето, е невъобразима. „За пътуване назад в миналото са необходими космически струни с маса около 10 милиона милиарда тона на сантиметър, движещи се в противоположни посоки със скорост най-малко 99,999 999 996 процента от скоростта на светлината. Наблюдавали сме високоенергийни протони, движещи се най-малко толкова бързо, следователно подобни скорости са постижими“<sup>[16]</sup>, отбелязва Гот.

Някои критици посочиха, че космическите струни (ако изобщо съществуват) са изключително рядко, а сблъскващи се такива — още по-рядко явление. Ето защо Гот излезе със следното предположение. Високоразвита цивилизация открива космическа струна някъде в дълбокия космос. С помощта на огромни космически кораби и апарати тя успява да превърне струната в леко извит правоъгълник, който да колапсира под действието на собствената си гравитация и двете прави части на струната да прелетят с огромна скорост една покрай друга и

за един кратък момент да създадат машина на времето. „За да можем да направим една обиколка и да се върнем година назад във времето, ще ни е нужна колапсираща струна с маса и енергия, по-голяма от половин галактика“<sup>[17]</sup>, признава все пак Гот.

#### ПАРАДОКСИ НА ВРЕМЕТО

Другата традиционна причина физиците да отричат пътуването във времето са свързаните с това парадокси. Например, ако се върнете назад в миналото и убиете собствените си родители, преди да се родите, собственото ви съществуване става невъзможно. Това е важен довод, тъй като науката се основава на логически последователни идеи. Достатъчен е един истински времеви парадокс, за да бъде изключена възможността за пътуване във времето.

Свързаните с времето парадокси могат да се групират в няколко категории:

1. Парадокс на дядото. Променяте миналото по такъв начин, че настоящето става невъзможно. Например отивате в далечното минало да видите динозаврите и без да искате, настъпвате някой малък космат бозайник, който е прародител на човешкия вид. Унищожавате собствения си корен и по силата на логиката не можете да съществувате.

2. Информационен парадокс. От бъдещето пристига информация, което означава, че тя може да няма произход. Например някой учен изобретява машина на времето и се връща в миналото, за да даде планове на машината на самия себе си. Тайната на пътуването във времето няма да има произход, тъй като машината, с която разполага младият учен, не е създадена от него, а му е била дадена от негово друго „аз“.

3. Парадокс на измамника. Човек знае какво ще бъде бъдещето и прави така, че то да стане невъзможно. Например правите машина на времето, която ви отнася в бъдещето и там разбирате, че ви е писано да се ожените за момиче на име Джейн. На шега обаче решавате да предпочетете Хелън, с което бъдещето ви става невъзможно.

4. Сексуален парадокс. Ставате баща на самия себе си, което е биологически невъзможно. В една история на английския философ Джонатан Харисън героят не само създава, но и изяжда самия себе си. В „Зомбита“ на Робърт Хайнлайн героят е едновременно своя майка,

баща, дъщеря и син — цяло фамилно дърво в една личност. (За повече подробности вижте бележката. Разкриването на сексуалния парадокс е доста деликатна работа и изисква познания както върху пътуването във времето, така и в строежа на ДНК.)<sup>[18]</sup>

В „Краят на вечността“ Айзък Азимов предвижда „полиция на времето“, която се грижи за недопускането на тези парадокси. При филмовата поредица „Терминатор“ решаващият фактор е информационният парадокс — микрочип, добит от робот от бъдещето, позволява на учените да създадат раса роботи, които стават разумни и завладяват света. С други думи, тези суперроботи нямат създател. Дизайнът им просто се е появил от останките на един от самите тях, дошъл от бъдещето в настоящето. В „Завръщане в бъдещето“ Майкъл Дж. Фокс се мъчи да избегне парадокса на дядото, когато се връща в миналото и среща майка си на тийнейджърска възраст, която (естествено) се влюбва в него. Но ако тя отблъсне ухажването на бъдещия баща, самото съществуване на Фокс ще се окаже под въпрос.

Сценаристите с готовност нарушават законите на физиката, за да направят своите холивудски хитове. Тези парадокси обаче се приемат съвсем насериозно в научната общност. Всяко тяхно решение трябва да бъде съвместимо с теорията на относителността и с квантовата теория. Например, за да има съвместимост с теорията на относителността, реката на времето просто не може да има край. Не можете да заприщите времето. Според общата теория на относителността то представлява гладка и непрекъсната повърхност, която не може да бъде разкъсана и нарязана на парчета. Можем да променим топологията му, но не и да го спрем. Това означава, че ако убиете родителите си, преди да сте се родили, няма просто да изчезнете. Това ще бъде нарушаване на законите на физиката.

Понастоящем учените клонят към две възможни решения на тези парадокси на пътуването във времето. Руският космолог Игор Новиков смята, че сме принудени да действваме по такъв начин, че да не се получават парадокси. Ако реката на времето се извие сама в себе си и създаде водовъртеж, според Новиков някаква „невидима ръка“ задължително ще се намеси и ще ни попречи да създадем парадокс. Този подход обаче поражда проблеми със свободната воля. Ако се върнем в миналото и срещнем родителите си, преди да сме се родили, ние може да си мислим, че имаме свободната воля да действваме както



преценим. Според Новиков обаче съществува неоткрит засега физичен закон, който не позволява каквито и да било действия, които могат да променят бъдещето (като например убийството на родителите или попречване на собственото раждане). „Не можем да пратим човек в Рая, който да помоли Ева да не къса ябълката от дървото“<sup>[19]</sup>, отбелязва той.

Каква е тази загадъчна сила, която би ни попречила да променим миналото и да създадем парадокс? „Подобно ограничаване на свободната воля е необичайно и мистериозно, но не му липсват паралели — пише Новиков. — Например аз мога да искам да ходя по тавана без помощта на специално оборудване. Законът на гравитацията не ми позволява — ако опитам, ще падна. Това означава, че свободната ми воля е ограничена.“<sup>[20]</sup>

Парадокси на времето обаче могат да се получат, ако в миналото бъдат изпратени неодушевени предмети, които са лишени от свободна воля. Да предположим, че изпатите в миналото автомати и инструкции за употребата им непосредствено преди историческата битка между Александър Велики и персийския цар Дарий III през 330 г. пр.Хр. Това би могло да промени цялата европейска история (и днес може би щяхме да говорим някаква версия на персийски вместо на европейски език).

Всъщност дори и най-малката намеса в миналото може да предизвика неочаквани промени в настоящето. Например в теорията на хаоса се използва метафората „ефект на пеперудата“. В критичните моменти при образуването на климатичните условия на Земята дори и най-слабото размахване на крилете на някоя пеперуда може да наруши баланса и да предизвика ужасен ураган. И най-малките неодушевени предмети, пратени назад в миналото, неминуемо ще го променят по непредсказуем начин.

Вторият начин да се решат парадоксите на времето е да се приеме, че реката на времето се разделя плавно на два ръкава и образува две отделни вселени. С други думи, ако се върнете в миналото и застреляте родителите си, преди да сте се родили, вие всъщност ще убиете хора, които са генетично идентични с вашите родители, но съществуват в алтернативна вселена, в която никога не сте се раждали. Родителите ви във вашата собствена вселена ще се отърват живи и здрави.

Тази втора хипотеза се нарича „теория за многото светове“ и се основава на идеята, че всички възможни квантови светове е възможно и да съществуват. Това елиминира откритите от Хокинг безкрайни дивергенции, тъй като лъчението не минава отново и отново през дупката-червей, както е в пространството на Майснер, а го прави само веднъж.<sup>[21]</sup> Всеки път, когато светлината минава през дупката-червей, тя се озовава в друга вселена. Може би този парадокс стига до най-дълбокия въпрос на квантовата теория — как може една котка да бъде едновременно жива и мъртва?

За да отговорят на тези въпроси, физиците са принудени да приемат две ексцентрични решения — или че съществува космическо съзнание, което наблюдава всички ни, или че съществува безкраен брой квантови вселени.

---

[1] Parker, p. 151. ↑

[2] Thorne, p. 136. ↑

[3] Thorne, p. 162. ↑

[4] Rees 1, p. 84. ↑

[5] Astronomy Magazine, July 1998, p. 44. ↑

[6] Rees 1, p. 88. ↑

[7] Nahin, p. 81. ↑

[8] Nahin, p. 81. ↑

[9] Бекенщайн и Хокинг бяха сред първите учени, приложили квантовата механика към физиката на черните дупки. Според квантовата теория съществува крайна вероятност субатомна частица да успее да се измъкне от гравитационното поле на черната дупка, поради което черната дупка бавно излъчва енергия. ↑

[10] Thorne, p. 137. ↑

[11] Смъртоносен удар (фр.). — Б.пр. ↑

[12] Nahin, p. 521. ↑

[13] Nahin, p. 522. ↑

[14] Nahin, p. 522. ↑

[15] Gott, p. 104. ↑

[16] Ibid. ↑

[17] Gott, p. 110. ↑

[18] Един добре познат пример на сексуалния парадокс бе описан от английския философ Джонатан Харисън в разказ, излязъл

през 1979 г. на страниците на списание „Анализис“ и представляващ истинско предизвикателство за читателите.

Млада дама на име Йокаста Джоунс открива стара машина за дълбоко замразяване, а вътре в нея — дълбоко замразен красив млад мъж. След като го разтопява и съживява, Дъм (името на мъжа) казва на Йокаста, че притежава книга, в която се описва устройството на фризер, способен да запазва хората живи, както и на машина на времето. Двамата се влюбват, женят се и не след дълго си раждат момченце, което кръщават Дий.

Години по-късно порасналият вече Дий тръгва по стъпките на баща си и решава да построи машина на времето. Този път баща и син пътуват заедно назад в миналото, като вземат книгата със себе си. Пътуването им обаче завършва трагично и двамата се озовават в далечното минало, а хранителните им запаси бързо се изчерпват. Дий разбира, че краят наближава и прави единственото нещо, което може да му помогне да оцелее — убива баща си и го изяжда. След това благодарение на книгата конструира фризера, влиза в него и се подлага на дълбоко замразяване.

Много години по-късно Йокаста намира фризера и решава да съживи Дий. За да прикрие кой е, Дий се представя за Дъм. Двамата се влюбват, раждат си момченце, което кръщават Дий... и цикълът продължава.

В редакцията пристигнали стотици писма като реакция на провокацията на автора. Един читател твърдял, че разказът е „толкова екстравагантен, че ще се разглежда като *reductio ad absurdum* на несигурната предпоставка, върху която се основава цялата история — възможността за пътуване във времето“. Обърнете внимание, че в разказа не се съдържа парадокса на дядото, тъй като Дий изпълнява събитията от миналото, срещайки се с майка си. (Налице е обаче информационният парадокс, тъй като книгата с тайната на дълбокото замразяване и пътуването във времето се появява от нищото, а самата тя е жизненоважна за действието.)

Друг читател обърнал внимание и на странен биологически парадокс. Тъй като едната половина от ДНК на всеки човек е от майката, а другата — от бащата, то половината ДНК на Дий би трябвало да е от г-жа Джоунс, а другата половина — от баща му Дъм. Дий обаче всъщност е Дъм. Следователно Дий и Дъм трябва да имат

една и съща ДНК, тъй като са един и същ човек. Това обаче е невъзможно, тъй като според законите на генетиката половината от гените им е дошла от г-жа Джоунс. С други думи историите за пътуване във времето, в които героят се връща в миналото, среща майка си и създава сам себе си, нарушават законите на генетиката.

Някои могат да решат, че има изход от сексуалния парадокс. Ако можете да станете своя майка и баща, тогава цялата ви ДНК ще идва от вас самия. В „Зомбита“ на Робърт Хайнлайн едно момиче се подлага на операция за смяна на пола и се връща два пъти в миналото, за да стане своя собствена майка, баща, син и дъщеря. Но дори и в тази изключително странна история има неуловимо нарушение на законите на генетиката.

Джейн израства като сираче. Един ден среща и се влюбва в някакъв красив непознат. Ражда момиче, което бива отвлечено при загадъчни обстоятелства. Раждането на детето е минало с усложнения за Джейн и лекарите принудително я превръщат от жена в мъж. Годици по-късно мъжът среща пътешественик във времето, който го връща в миналото и така той среща младата Джейн. Двамата се влюбват и Джейн забременява. След това мъжът отвлича собствената си дъщеря и се връща още по-назад в миналото, за да остави бебето в дом за сираци. Джейн израства, за да се срещне един ден с красив непознат. Сюжетът почти избягва сексуалния парадокс. Половината от гените са на Джейн като млада, а другата половина — от Джейн в образа на красивия непознат. Има обаче една уловка — промяната на пола не може да превърне X-хромозомата в Y-хромозома и следователно тук също се натъкваме на сексуален парадокс. ↑

[19] Hawking, pp. 84–85. ↑

[20] Ibid. ↑

[21] В крайна сметка, за да се намери решение на тези сложни математически задачи, трябва да се тръгне към нов вид физика. Например мнозина физици като Стивън Хокинг и Кип Торн използват т.нар. полукласическо осредняване — т.е., прибегват до хибридна теория. Те приемат, че субатомните частици се подчиняват на квантовия принцип, но позволяват на гравитацията да бъде гладка и неквантирана (т.е., изхвърлят от изчисленията си гравитоните). Тъй като всички дивергенции и аномалии се причиняват от гравитоните, полукласическият подход не страда от несъвършенства. Може обаче да

се покаже математически, че той е непоследователен — т.е., че в крайна сметка отговорите му са погрешни, поради което на резултатите от тези изчисления не може да се има вяра — особено в най-интересните области като центъра на черната дупка, входа в машината на времето и момента на Големия взрив. Обърнете внимание, че много от „доказателствата“, според които пътуването във времето е невъзможно, или че не можете да контролирате миналото чрез черна дупка, са направени със средствата на полукласическото осредняване и следователно са ненадеждни. Това е причината, поради която трябва да преминем към квантова теория на гравитацията като струнната теория и М-теорията. ↑

## 6

### ПАРАЛЕЛНИ КВАНТОВИ ВСЕЛЕНИ

*„Спокойно мога да заявя, че никой не разбира квантовата механика.“*

Ричард Файнман

*„Всеки, който не се шокира от квантовата теория, просто не я разбира.“*

Нилс Бор

*„Безкрайно невероятният двигател представлява чудесно изобретение, правещо възможно прекосяването на огромни междувъзвездни пространства за нищожно малка част от секундата, като при това се избягва онова досадно мотаене из хиперпространството.“<sup>[1]</sup>*

Дъглас Адамс

В превърналия се в бестселър чалнат фантастичен роман на Дъглас Адамс „Пътеводител на галактическия стопаджия“ главният герой се натъква на най-изкусния начин за пътуване в космоса. Вместо да използва дупки-червеи, хиперпространствени двигатели или портали към други измерения, космическият кораб успява да овладее принципа на неопределеността, за да профучава за миг през огромните пуси пространства между галактиките. Ако можем по някакъв начин да контролираме вероятността на някои невероятни събития, тогава всичко ще бъде възможно, дори движението със свръхсветлинна скорост и пътуването във времето. Достигането на далечни звезди за секунди е много малко вероятно, но ако някой успее да подчини

квантовите вероятности, дори невъзможното ще стане нещо съвсем обичайно за него.

Квантовата теория се основава на идеята, че за всяко възможно нещо, независимо колко фантастично или безумно е то, съществува вероятност да се случи. Тя на свой ред е в основата на теорията за инфлационната вселена — след Големия взрив е имало квантов преход към ново състояние, в което вселената внезапно се е разширила до невъобразими размери. Оказва се, че цялата вселена може да се е появила от крайно невероятен квантов скок. Макар че Адамс пише шеговито, ние физиците си даваме сметка, че ако можем по някакъв начин да контролираме тези вероятности, ще бъдем в състояние да вършим неща, които по нищо не биха се различавали от магията. Но засега промяната на вероятността за едно или друго събитие далеч надхвърля възможностите на технологиите.

Понякога задавам на студентите си в университета простички задачи, като например да изчислят каква е вероятността да се разтворят и да се появят от другата страна на тухлена стена. Според квантовата теория съществува нищожно малка, но все пак поддаваща се на изчисляване вероятност това да стане. Или пък вероятността да се изпарим от дневната и да се озовем на Марс. Според квантовата теория по принцип нищо не пречи да се появим от нищото на Червената планета. Разбира се, вероятността за това е толкова малка, че може да ни се наложи по-дълго време, отколкото ѝ е отпуснато на вселената. Ето защо можем спокойно да загърбим невероятните събития в ежедневието си. На субатомно ниво обаче тези вероятности са жизненоважни и от тях зависи функционирането на електрониката, компютрите и лазерите.

Навярно малцина знаят, че електроните редовно се дематериализират и се появяват отново от другата страна на стените в компонентите на вашия компютър или компактдисково устройство. На практика съвременната цивилизация би рухнала, ако електроните не можеха да бъдат на две места по едно и също време. (Молекулите на телата ни също биха се разпаднали при отсъствието на този странен принцип. Представете си две слънчеви системи, които се сблъскват в пространството под въздействието на Нютоновия закон за гравитацията. Ще се получи хаотична бъркотия от планети и астероиди. По същия начин, ако атомите се подчиняваха на

Нютоновите закони, те щяха незабавно да се разрушат при сблъсъка им с друг атом. Два атома остават свързани в стабилна молекула благодарение на факта, че електроните могат да бъдат едновременно на толкова много места, че образуват електронен „облак“, който свързва атомите в едно цяло. Така че причината молекулите да са стабилни и вселената да не се е разпаднала се дължи на това, че електроните могат да се намират на много места едновременно.)

Но щом електроните могат да съществуват в паралелни състояния между съществуването и несъществуването, защо това да не се отнася и за цялата вселена? В края на краищата в един момент от съществуването си тя е била по-малка и от електрон. Започнем ли да прилагаме квантовия принцип към нея, ние неминуемо сме принудени да допуснем съществуването на паралелни вселени.

Точно тази вероятност изследва Филип К. Дик в смуцаващия си фантастичен роман „Човекът във високия замък“. В него се разказва за алтернативна вселена, отделила се от нашата след едно-единствено съдбоносно събитие. През 1933 г. световната история се променя, след като куршумът на един наемен убиец убива президента Рузвелт по време на първия му мандат. Вицепрезидентът Гарнър поема поста му и започва политика на изолационизъм, която отслабва военната мощ на Съединените щати. Неподготвени за атаката над Пърл Харбър и неспособни да се възстановят след загубата на тихоокеанския си флот, през 1947 г. САЩ са принудени да капитулират пред Япония и Германия. Страната е разделена на три части. Германците контролират Източното крайбрежие, японците — Западното, а между тях е оставена една несигурна буферна зона — Скалистите планини. В тази паралелна вселена някакъв мистериозен автор пише книга със заглавие „И скакалци земята покриха“ — цитат от забранената от нацистите Библия. В нея се разказва за алтернативна вселена, в която Рузвелт оживява, а САЩ и Великобритания побеждават нацистите. Мисията на героинята е да разбере дали има някаква истина в историята за вселена, в която демокрацията и свободата побеждават тиранията и расизма.

#### ЗОНАТА НА ЗДРАЧА

Светът на „Човекът във високия замък“ е отделен от нашия с един-единствен незначителен инцидент — точно насоченият куршум



на убиеца. Възможно е обаче паралелният свят да се отдели от нашия и от нещо още по-нищожно — едно-единствено квантово събитие, като например космически лъч.

В един от епизодите на телевизионната серия „Зоната на здрача“ героят се събужда и установява, че съпругата му не го познава. Жената крещи да се махне или ще се обади в полицията. Докато скита из града, човекът открива, че дългогодишните му приятели също не го познават, сякаш никога не е съществувал. Накрая посещава дома на родителите си, където остава потресен до дъното на душата си. Майка му и баща му твърдят, че никога не са го виждали и че никога не са имали син. Останал без приятели, семейство и дом, героят броди безцелно из града и накрая заспива като бездомник на една пейка в парка. Когато отваря очи, открива, че се намира в удобното легло до съпругата си. Когато обаче тя се обръща, той с ужас установява, че това не е съпругата му, а напълно непозната жена, която вижда за първи път през живота си.

Възможни ли са подобни абсурдни ситуации? Може би. Ако героят бе задал някои разкриващи въпроси на майка си, може би щеше да открие, че тя е направила спонтанен аборт и затова няма син. Понякога е достатъчен един-единствен космически лъч или частица от космоса да уцели ДНК на зародиша, за да предизвика мутация, която да доведе до помятане. В подобен случай едно-единствено квантово събитие е в състояние да раздели два свята — един, в който живеете като обикновен и порядъчен гражданин, и друг, който е абсолютно същият с тази разлика, че никога не сте се раждали.

Преминаването между тези светове е възможно според законите на физиката. Вероятността за това обаче е астрономически малка. Но както виждате, квантовата теория ни представя вселената като много по-странно място от онова, което описва Айнщайн. Според теорията за относителността сцената на живота, на която играем ролите си, може да е направена от гума и актьорите да се движат по криви траектории. Подобно на Нютоновия свят, актьорите от света на Айнщайн си казват репликите от написан преди постановката сценарий. В квантовата пиеса обаче участниците изведнъж захвърлят сценария и започват да играят на своя глава. Куклите късат въжетата си. Цари свободната воля. Актьорите могат да изчезват и да се появяват, и дори нещо повече — да ги виждаме едновременно на две места. Когато

произнасят репликите си, те никога не знаят със сигурност дали не се обръщат към някой, който може внезапно да изчезне и да се появи другаде.

#### ТИТАНИЧНИЯТ УМ — ДЖОН УИЛЪР

Може би никой с изключение на Айнщайн и Бор не се е борил повече с абсурдите и успехите на квантовата теория от Джон Уилър. Дали цялата физическа реалност не е просто илюзия? Съществуват ли паралелните квантови вселени? В миналото, когато не се занимавал с тези неразрешими квантови парадокси, Уилър прилагал вероятностите в устройството на атомни и водородни бомби и бил един от пионерите в изучаването на черните дупки. Той е последният от гигантите, или „титаничните умове“, както ги нарича ученикът му Ричард Файнман, борец се със смахнатите следствия на квантовата теория.

Именно Уилър пръв изнамери подходящия термин „черна дупка“ през 1967 г. на една конференция в Института на NASA за космически изследвания „Годърт“ в Ню Йорк след откриването на първите пулсари.<sup>[2]</sup>

Джон Уилър е роден през 1911 г. в Джаксънвил, Флорида. Баща му бил библиотекар, но инженерството било отличителната черта на рода му. Трима от чичовците му били минни инженери и в работата си често използвали експлозиви. Идеята за използването на динамита му действала завладяващо и той много обичал да гледа експлозии. (Един ден най-неразумно експериментирал с парче динамит, което гръмнало в ръката му и отнесло част от палеца и върха на показалеца. По чисто съвпадение същото се случило и с Айнщайн, докато учел в колежа — след предизвикана от невнимание експлозия се наложило да му направят няколко шева.)

Уилър бил преждевременно развито дете. Отрано овладял математическия анализ и жадно поглъщал всяка книга за новата област, за която говорили приятелите му — квантовата механика. Буквално пред очите му в Европа Нилс Бор, Вернер Хайзенберг и Ервин Шрьодингер създавали нова теория, разкриваща неочаквано тайните на атома. Само няколко години по-рано последователите на философа Ернст Мах отричаха съществуването на атомите и твърдяха, че те никога не са били наблюдавани в лабораторни условия и вероятно са просто измислица. Малко вероятно е да съществува нещо,

което не може да се наблюдава, твърдели те. Големият немски философ Людвиг фон Болцман, положил основите на термодинамиката, се самоубил през 1906 г. донякъде и заради многобройните подигравки, предизвикани от предположението му за съществуването на атомите.

И най-ненадейно, само за няколко си години (между 1925 и 1927 г.), тайните на атома започнали да се разнищват. Никога досега в съвременната история (с изключение на 1905 г., когато излязъл трудът на Айнщайн) за толкова кратко време не е имало научно постижение от подобен мащаб. Уилър искал да бъде част от тази революция, но много добре разбирал, че САЩ са провинция за физиката — в страната нямало нито един физик, който да може да се мери с големите светила. Уилър последвал примера на Дж. Робърт Опенхаймер — напуснал Щатите и заминал за Копенхаген, за да се учи при един от най-големите — Нилс Бор.

Направените дотогава експерименти показвали, че електроните имат поведение и на частици, и на вълни. Този странен дуализъм най-сетне бил обяснен от квантовата физика — докато танцува около ядрото на атома, електронът има вид на частица, но се съпровожда и от загадъчна вълна. През 1925 г. австрийският физик Ервин Шрьодингер предложил уравнение (известното вълново уравнение на Шрьодингер), описващо точно движението на тази вълна. Означена с гръцката буква *пси*, тя давала нечувано точни предсказания за поведението на атомите и именно това положило началото на революцията във физиката. Изведнъж, едва ли не от самото начало, учените били в състояние да надзърнат в самия атом и да изчислят как електроните се носят по орбитите си, преминават от едно състояние в друго и как съединяват атомите в молекули.

Квантовият физик Пол Дирак дори изтъкнал, че физиката скоро щяла да превърне цялата химия в най-обикновено инженерство: „Физичните закони, необходими за математическата теория на по-голямата част от физиката и за цялата химия вече са напълно познати и трудността е само в това, че прилагането им води до прекалено сложни за решаване уравнения.“<sup>[3]</sup> Колкото и забележителна да била тази *пси*-функция, все още си оставало загадка какво точно представлявала тя.

Най-сетне през 1928 г. физикът Макс Борн излязъл с идеята, че тази вълнова функция показва вероятността за откриване на електрона в която и да било точка. С други думи, никога не можем да бъдем

сигурни къде точно се намира частицата — можем единствено да изчислим вълновата ѝ функция, която ще ни каже каква е вероятността да я открием в определена позиция. И така, щом атомната физика може да се сведе до вълни на вероятност даден електрон да се намира на едно или друго място и ако електронът е в състояние да се намира на две места едновременно, как можем да определим къде всъщност се намира той?

Бор и Хайзенберг в крайна сметка формулирали пълния набор рецепти в квантовата готварска книга, съставена блестящо чрез атомни експерименти със забележителна прецизност. Вълновата функция само ни казва каква е вероятността електронът да се намира тук или там. Ако в определена точка стойността на функцията е голяма, това означава, че най-вероятно електронът се намира именно там (и обратното — ако стойността е малка, електронът по-скоро ще отсъства). Например, ако можем да „видим“ вълновата функция на даден човек, тя ще изглежда почти като самия човек. Същевременно обаче функцията леко се просмуква в пространството, което означава, че има някаква малка вероятност човекът да се намира на Луната. (Всъщност вълновата функция на човека се простира из цялата вселена.)

Това също означава, че вълновата функция на някое дърво може да ни каже каква е вероятността то да е изправено или паднало, но не е в състояние да определи точното му състояние. Разбира се, здравият разум ни казва, че телата се намират в точно определени състояния. Когато поглеждаме към дървото, то е пред очите ни — или право, или паднало, но никога и двете едновременно.

За да разрешат несъответствието между вълните от вероятност и нормалното ни възприемане на заобикалящата ни реалност, Бор и Хайзенберг приели, че след направеното от страничен наблюдател измерване вълновата функция магически „колапсира“ и електронът остава в определено състояние — т.е., ние виждаме изправеното дърво едва след като сме погледнали към него. *С други думи, процесът на наблюдение определя окончателното състояние на електрона.* Наблюдението е жизненоважно за съществуването. След като погледнем към електрона, неговата вълнова функция колапсира и той заема определено положение, при което нямаме нужда от вълнови функции.

Най-общо казано, постулатите на школата на Бор в Копенхаген могат да се обобщят по следния начин:

1. Цялата енергия се излъчва на дискретни порции, наречени кванти. (Например квантът на светлината е фотонът. Квантите на слабото ядрено взаимодействие са  $W^-$  и  $Z$ -бозоните, на силното — глюонът, а квантът на гравитацията се нарича гравитон, който тепърва предстои да се види в лабораторни условия.)

2. Материята съществува под формата на частици, но вероятността да открием частицата в определена точка се изразява като вълна. От своя страна тази вълна се подчинява на специфично вълново уравнение (като уравнението на Шрьодингер).

3. Преди наблюдението тялото съществува във всички възможни състояния едновременно. За да се определи състоянието му, ние трябва да проведем наблюдение, което „колапсира“ вълновата функция и тялото приема определено състояние. Самият акт на наблюдаване унищожава вълновата функция и тялото се установява в точно определено реално състояние. Вълновата функция е изпълнила предназначението си — тя ни е дала точната вероятност да открием тялото точно в това състояние.

#### ДЕТЕРМИНИЗЪМ ИЛИ НЕОПРЕДЕЛЕНОСТ

Квантовата теория е най-успялата физична теория на всички времена. Нейна висша формулировка е Стандартният модел — плодът на десетилетия експерименти с ускорители на частици. Части от тази теория бяха подложени на тест и доказани с точност до една десетомилиардна. Ако се включи и масата на неутриното, Стандартният модел става съвместим с всички експерименти със субатомни частици без изключение.

Но независимо от това колко успешна е квантовата теория, експериментално тя се основава на постулати, които са отприщили същински бури от философски и теологични спорове през последните осемдесет години. Вторият постулат предизвикал особено силно раздразнението на теолозите, защото повдига въпроса кой всъщност решава съдбата ни. В продължение на векове философи, теолози и учени силно се интересуваха от бъдещето и дали е възможно да узнаем какво ни очаква. В „Макбет“ отчаяният от неспособността да повдигне воала на бъдещето Банко произнася следните думи:

*Ако умеете да различите  
сред семето на времето зърната,  
които ще кълнят, от тез, които  
са ялови, съдбата предскажете...*

(Първо действие, Трета сцена)

[4]

Шекспир пише тези стихове през 1606 г. Осемдесет години по-късно един друг англичанин — Исак Нютон — проявява дързостта да твърди, че знае отговора на този древен въпрос. И Нютон, и Айнщайн вярвали в концепцията, известна като детерминизъм, според която по принцип могат да се определят всички бъдещи събития. За Нютон вселената представлявала гигантски часовников механизъм, задействан от Бог в зората на времето. Той работи оттогава по напълно предсказуем начин, подчинявайки се на трите закона на динамиката. Френският математик и научен съветник на Наполеон Пиер Симон дьо Лаплас написал, че с помощта на законите на Нютон бъдещето може да се предскаже със същата точност, с която познаваме миналото. Според него, ако някой узнае положението и скоростта на всяка частица във вселената, то „за подобен разум не би имало нищо несигурно и бъдещето ще се представи пред него също като миналото“<sup>[5]</sup>. Когато Лаплас представил на Наполеон капиталния си труд „Небесна механика“, императорът отбелязал: „Написал сте този огромен труд за небесата, без нито веднъж да споменете за Бог.“ „Нямах нужда от тази хипотеза, сир“, отвърнал Лаплас.

За Нютон и Айнщайн идеята за свободната воля, ръководеща съдбата ни, е илюзия. Айнщайн нарича нормалното ни възприемане на заобикалящия ни свят, твърдите тела, които докосваме и които са истински и съществуват в определени състояния, „обективна реалност“. Ето и най-ясното представяне на неговата позиция:

„Аз съм детерминист, принуден да действа така, сякаш съществува свободна воля, защото ако желая да живея в цивилизовано общество, трябва да действам по съответния начин. Знам, че от философска гледна точка

убиецът не е отговорен за престъпленията си, но предпочитам да не сядам с него на една маса... Аз не мога да контролирам онези мистериозни жлези, в които природата подготвя самата същност на живота. Хенри Форд го нарича свой Вътрешен глас, а за Сократ това е неговият демон — всеки човек обяснява по свой начин факта, че човешката воля не е свободна... Всичко е предопределено — както началото, така и краят, от сили, върху които нямаме власт. Това важи както за насекомото, така и за звездата. Човешките същества, растенията и космическият прах — всички ние се носим в загадъчния танц, чийто ритъм се определя от невидим музикант.“<sup>[6]</sup>

Теолозите също се борели с този проблем. Повечето религии вярват в някакъв вид предначертаване на пътя и идеята, че Бог е не само всемогъщ и вездесъщ, но и всезнаещ (в това число и бъдещето). В някои религии това означава, че Бог знае дали ще отидем в рая или в ада още преди да сме се родили. Всъщност някъде на небето има „книга на съдбата“, в която са изброени всички наши имена, дати на раждане, простъпки и триумфи, радости и мъки, дори и датата на смъртта ни и дали след това ни очаква живот в рая или вечно проклятие.

(Именно този деликатен теологически въпрос за предначертаната съдба донякъде станал причина за разделяне на католическата църква през 1517 г., когато Мартин Лутер заковал деветдесет и петте си тезиси на входа на църквата във Витенберг. С тях той атакувал практиката да се продават индулгенции — на практика подкупи, осигуряващи на богатите места в рая. Лутер сякаш казвал — може би Бог знае нашето бъдеще и съдбите ни са наистина предрешени, но Той не може да бъде убеден да промени мнението си от нашите богати дарения за църквата.)

За приемащите концепцията за вероятността учени най-противоречивият постулат от всички е третият, изтормозил цели поколения физици и философи. „Наблюдението“ е доста разтеглива и зле дефинирана концепция. Освен това тя зависи от факта, че на практика съществуват два вида физика — на странния свят на

субатомните частици, в който електроните могат да бъдат на две места едновременно, и на макроскопичния свят, в който живеем и който като че ли се подчинява на обичайните Нютонови закони.

Според Бор между света на елементарните частици и познатия ни заобикалящ ни свят се издига невидима „стена“. Макар че светът на елементарните частици се подчинява на смахнатите правила на квантовата теория, ние самите живеем от другата страна на стената — в света на добре дефинираните планети и звезди, в който вълните вече са колапсирани.

Уилър, който имал късмета да изучи квантовата механика от самите ѝ създатели, обичал да обобщава двете школи. Той дава за пример трима съдии по бейзбол, обсъждащи отбелязването на точки по време на мач. При вземането на решения съдиите казват:

Първи номер: Отсъждам ги, сякаш ги виждам.

Втори номер: Отсъждам ги по начина, по който са.

Трети номер: Те *не съществуват*, докато не ги отсъдя.<sup>[7]</sup>

За Уилър вторият съдия е Айнщайн, според когото съществува абсолютна реалност извън човешкия опит. Айнщайн я нарича „обективна реалност“ — идея, че обектите могат да съществуват в определено състояние и без намесата на човека. Третият съдия е Бор, според когото реалността започва да съществува едва след като е направено наблюдение.

#### ДЪРВЕТАТА В ГОРАТА

Понякога физиците гледат на философите определено високомерно и обичат да цитират Цицерон, според когото „няма нищо толкова абсурдно, че да не е било казано от философи“. Математикът Станислав Улам, който се отнасял крайно скептично към даването на високопарни наименования на глупави концепции, някога казал: „Лудостта е способност да се намират фини разлики между различни видове глупости.“<sup>[8]</sup> Самият Айнщайн също не останал назад: „Нима цялата философия не прилича на написана върху пчелен мед? Изглежда прекрасно, когато я съзерцаваме, но след миг от нея остава единствено безформена каша.“<sup>[9]</sup>

Физиците обичат и апокрифната история, разказана уж от един университетски ректор, който направо се вбесил, когато се запознал с



бюджета на факултетите по физика, математика и философия. „Защо физиците непрекъснато искат толкова скъпо оборудване? — възнегодувал той. — На математиците не им трябва пари за нищо друго, освен за хартия, моливи и кошчета за боклук. А философите са по-добре дори от тях — не отварят дума за кошчета!“<sup>[10]</sup>

Възможно е обаче последни да се смеят именно философите. Квантовата теория е непълна и се гради на несигурна философска основа. Квантовите противоречия ни карат да се върнем отново към трудовете на философи като епископа Бъркли от XVIII в., според когото обектите съществуват само защото има кой да ги наблюдава. Тази философия се нарича солипсизъм или идеализъм. Привържениците ѝ твърдят, че ако в гората падне някое дърво, но няма кой да го види, то всъщност не е паднало.

Сега разполагаме с квантова реинтерпретация на дърветата. Не знаем дали нещо е паднало или не, преди да направим наблюдение. На практика дървото съществува едновременно във всички възможни състояния — то може да е подпалено, паднало, отсечено, нарязано и т.н. В момента на наблюдаването дървото се озовава в определено състояние и едва тогава можем да видим, че например е паднало.

Сравнявайки философските трудности на теорията на относителността и квантовата теория, Файнман отбелязва: „Навремето вестниците пишеха, че само дванадесет души разбирали теорията на относителността. Не вярвам да е имало такова нещо... От друга страна спокойно мога да кажа, че никой не разбира квантовата механика.“<sup>[11]</sup> Според него квантовата механика „описва природата като абсурдна от гледната точка на здравия разум. И същевременно е напълно съвместима с експерименталните данни. Така че се надявам, че можете да приемете природата такава, каквата е — т.е., абсурдна“<sup>[12]</sup>. Това доста смуги редица практикуващи физици, които изведнъж получиха усещането, че градят теориите си върху пясък. „С известно неудобство признавам, че цял живот съм работил според теоретична рамка, която никой не разбира напълно“<sup>[13]</sup>, пише Стивън Уайнбърг.

В традиционната наука наблюдателят се мъчи да бъде колкото се може по-безстрастен към света. (Както казва един шегаджия, „винаги можеш да познаеш учения в стриптийз бар — той е единственият, който гледа публиката“.) А сега за първи път се оказва, че е невъзможно да се раздели наблюдател от наблюдавано. Както

отбелязва Макс Планк, „науката не е в състояние да разреши най-голямата загадка на Природата, тъй като ние самите сме част от мистерията, която се опитваме да разкрием“<sup>[14]</sup>.

#### ПРОБЛЕМЪТ С КОТКАТА

Откривателят на вълновото уравнение Ервин Шрьодингер решил, че нещата са отишли прекалено надалеч и признал на Бор, че съжалява, че изобщо е предложил вълновата теория, щом тя въвежда концепцията за вероятност във физиката.

За да унищожи идеята за вероятностите, той предложил експеримент. Представете си затворена в кутия котка. Вътре в кутията има бутилка с отровен газ, свързана с чук, който на свой ред е свързан с гайгеров брояч, поставен до парче уран. Никой не спори, че радиоактивното разпадане на атома на урана е чисто квантово явление, което не може да се предскаже. Да кажем, че има 50 процента вероятност атомът на урана да се разпадне през следващата секунда. Ако това стане, гайгеровият брояч ще се задейства, чукът ще разбие бутилката и ще убие котката. Невъзможно е да кажете дали котката е жива или мъртва, преди да сте отворили кутията. Всъщност, за да опишат животното, физиците трябва да използват вълновата функция на живата и мъртвата котка — т.е., поставяме котката в неприятното положение да е наполовина жива и наполовина мъртва.

Да отворим кутията. Надзърнем ли вътре, ни правим наблюдение, вълновата функция колапсира и виждаме, че котката е, да речем, жива. За Шрьодингер това звучало глупаво. Как е възможно котката да е едновременно жива и мъртва, само защото не сме я държали под око? Нима тя започва да съществува едва когато я наблюдаваме? Айнщайн също не бил особено щастлив от тази интерпретация. Когато в дома му идвали гости, той им казвал: „Вижте луната.“ Дали тя започва да съществува, когато някоя мишка погледне към нея? За Айнщайн отговорът бил не. Но в известен смисъл, той би могъл да бъде и положителен.

Накрая се стигнало до историческия сблъсък между Айнщайн и Бор на конференцията в Солвей през 1930 г. По-късно Уилър ще отбележи, че това бил най-големият известен му дебат в историята на науката. За тридесет години не му се е случвало да чуе за спор между

двама по-велики умове върху по-дълбок въпрос, имащ такива огромни последствия за нашето разбиране за вселената.

Винаги дръзкият, предизвикателен и изключително красноречив Айнщайн излязъл с цяла канонада „мисловни експерименти“, целящи унищожаването на квантовата теория. Непрестанно мънкащият Бор се олюлявал при всяка следваща атака. „За мен беше истинско удоволствие да присъствам на диалога между Бор и Айнщайн — спомня си физикът Пол Еренфест. — Беше като партия шах с все нови и нови ходове. Нещо като вечен двигател от втория тип, решен да пробие през неопределеността. Бор неизменно пуфтеше философски с лулата си и се мъчеше да намери начин да обори всеки следващ пример. Айнщайн беше като същинска кукла на пружина, изскачаща живо от кутията си всяка сутрин. О, беше наистина прекрасно. Аз лично почти безрезервно подкрепям Бор и съм против Айнщайн. Сега той се държи към Бор по същия начин, както противниците на собствената му теория в миналото.“<sup>[15]</sup>

Накрая Айнщайн предложил експеримент, който според него щял да нанесе окончателен удар на квантовата теория. Да си представим кутия, в която са затворени фотони. Ако кутията има затвор, той може да се отвори за съвсем кратко време и да освободи един фотон. Ние можем да измерим точно скоростта на затвора и енергията на фотона, и следователно сме в състояние да определим състоянието на протона с безкрайна точност, с което нарушаваме принципа на неопределеността.

„Това бе тежък удар за Бор — пише Еренфест. — Тогава не успя да намери решение. Цялата вечер си остана намусен и обикаляше всички присъстващи, мъчейки се да ги убеди, че това не може да е вярно, тъй като ако А. е прав, това ще означава край на физиката. Само че така и не успя да намери опровержение. Никога няма да забравя как двамата опоненти напускаха университетския клуб. Величественият Айнщайн крачеше спокойно с дяволита усмивка на лице, а Бор се тътреше до него, очевидно извън себе си.“<sup>[16]</sup>

Когато по-късно Еренфест се срещнал с Бор, той буквално бил загубил дар слово. Единственото нещо, което можел да произнесе отново и отново, било: „Айнщайн... Айнщайн... Айнщайн...“

На следващия ден Бор, който прекарал напрегната безсънна нощ, успял да намери малка пукнатина в аргумента на Айнщайн. След

освобождаването на фотона кутията става малко по-лека, тъй като материята и енергията са едно цяло. Това означава, че кутията леко се повдига под въздействието на гравитацията, тъй като енергията е маса според собствената теория на Айнщайн. Това обаче внася елемент на неопределеност в енергията на фотона. Ако измерим неопределеността на масата и неопределеността на скоростта на затвора ще открием, че кутията се подчинява точно на принципа на неопределеността. Бор използвал собствената теория на Айнщайн за гравитацията, за да го опровергае! Айнщайн бил победен.

Твърдят, че след като Айнщайн заявил, че „Бог не играе на зарове“, Бор му отвърнал: „Спрете да казвате на Бог какво да прави.“ В крайна сметка Айнщайн признал, че Бор е успял да обори аргументите му. „Убеден съм, че в теорията му несъмнено се съдържа зрънце истина“<sup>[17]</sup>, пише по-късно той. (Въпреки това Айнщайн се отнасял с презрение към физиците, които не успявали да проумеят неуловимите парадокси на квантовата теория: „Разбира се, днес всеки шарлатанин смята, че знае отговора, а всъщност заблуждава сам себе си.“<sup>[18]</sup>)

След тези и други разгорещени дебати с квантовите физици, Айнщайн най-после се отказал, но предприел друг подход. Той признал, че квантовата теория е вярна, но само в определена област и като приблизително описание на реалната истина. Айнщайн искал да абсорбира квантовата теория в една по-обща и могъща теория, наречена обща теория на полето — по същия начин, по който теорията на относителността генерализирала (но не унищожила) теорията на Нютон.

(Този дебат между Айнщайн и Шрьодингер от една страна и Бор и Хайзенберг от друга не може да се подмине с лека ръка, тъй като „мисловните експерименти“ вече могат да се проведат в лабораторни условия. Макар че учените не могат да направят котката едновременно жива и мъртва, с помощта на нанотехнологиите те са в състояние да манипулират отделни атоми. Неотдавна тези важни експерименти бяха проведени с молекула, съдържаща 60 въглеродни атома, така че „стената“ на Бор, която разделя големите тела от квантовите, рязко започна да се руши. Днес експериментаторите дори размишляват какво е необходимо, за да се покаже, че състоящият се от хиляди атоми вирус може да се намира на две места едновременно.)

БОМБАТА

За съжаление дискусиите върху тези занимателни парадокси били прекъснати с идването на Хитлер на власт през 1933 г. и трескавите опити за създаване на атомна бомба. От години било известно, че според прословутото уравнение на Айнщайн  $E = mc^2$  в атома се съдържа огромно количество енергия. На повечето учени обаче и през ум не им минавало, че има начин за овладяването ѝ. Дори откривателят на атомното ядро Ърнест Ръдърфорд бил категоричен: „Енергията, получена от разбиването на атома, не става за нищо. Всеки, който очаква трансформацията на атомите да се превърне в сериозен източник на енергия, говори празни приказки.“<sup>[19]</sup>

През 1939 г. Бор предприел съдбовното пътуване до Ню Йорк, за да се срещне с ученика си Джон Уилър. Големият учен носел страшни новини — Ото Хан и Лизе Майтнер показали, че ядрото на урана може да се разцепи на две, при което се отделят два или повече неутрона, които на свой ред разцепват други ядра и слагат началото на верижна реакция, способна да превърне цял град в развалини. (Според квантовата механика никога не можем да сме сигурни дали някой неутрон ще разцепи ядрото на ураниевия атом, но можем да изчислим с невероятна точност вероятността милиардите ураниеви атоми в бомбата да се разцепят. Точно в това е силата на квантовата механика.)

Изчисленията показвали, че атомната бомба би могла да се окаже напълно осъществимо оръжие. Два месеца по-късно Бор, Юджин Уигнър, Лео Сцилард и Уилър се събрали в стария кабинет на Айнщайн в Принстън, за да обсъдят перспективите за изработване на атомна бомба. Според Бор за целта щели да са необходими ресурсите на цяла държава. (Няколко години по-късно Сцилард ще убеди Айнщайн да напише прословутото писмо до президента Рузвелт, с което го приканва да се заеме с изработването на атомна бомба.<sup>[20]</sup>)

През същата година нацистите, които много добре си давали сметка, че катастрофалното освобождаване на енергия от ураниевия атом може да им осигури непобедимо оръжие, наредили на студента на Бор Хайзенберг да се заеме с разработването на атомна бомба. Среднощните дискусии върху квантовата вероятност за разцепване на атоми станали невероятно сериозни, а залогът бил бъдещето на човечеството. Скоро споровете за намирането на живи котки щели да отстъпят пред умуванията каква е вероятността да се разцепи ядрото на ураниевия атом.

През 1941 г., когато нацистите държали в ръцете си по-голямата част от Европа, Хайзенберг се срещнал тайно със стария си ментор Бор в Копенхаген. Подробностите около срещата все още са забулени в тайна. На нея са посветени не един и два успешни филмови сценария, а историците спорят по темата и до ден-днешен. Дали Хайзенберг е предложил да саботира нацистката атомна бомба? Или се е опитвал да привлече Бор на страната на Хитлер? (Шест десетилетия по-късно, през 2002 г., повечето от загадките относно намеренията му най-сетне бяха разбулени — роднините на Бор публикуваха негово писмо до Хайзенберг, написано през 50-те, но така и останало неизпратено. В него Бор припомня думите на Хайзенберг, че победата на германците е неминуема. Тъй като нямало начин да се спре военната им машина, единственото логично решение било Бор да работи за тях.<sup>[21]</sup>)

Бор бил ужасен и потресен до дъното на душата си. Треперейки, категорично отказал да позволи трудът му върху квантовата теория да попадне в ръцете на нацистите. Немците държали Дания и ученият предприел бягство към свободата със самолет, по време на което едва не се задушил от липсата на кислород.

Междувременно в Колумбийския университет Енрико Ферми показал, че верижната ядрена реакция е осъществима. След като стигнал до това заключение, той хвърлил поглед към небостъргачите на Ню Йорк и си дал сметка, че една-единствена бомба е в състояние да унищожи всичко, което се издигало пред очите му. Уилър, който също разбирал колко високи са станали залозите, доброволно напуснал Принстън и се присъединил към Ферми в мазето на Стаг Фийлд в Чикагския университет, където двамата построили първия ядрен реактор и провъзгласили официално началото на атомната ера.

През следващото десетилетие Уилър станал свидетел на някои от най-паметните постижения в областта на ядреното въоръжаване. По време на войната той бил един от надзорниците на резервата Ханфорд в щата Вашингтон, където се добивал плутоният, необходим за бомбите, които щели да унищожат Нагасаки. Няколко години по-късно работел върху създаването на водородната бомба и присъствал на първото ѝ изпитание през 1952 г., когато парче от Слънцето се стоварило върху малък остров в Тихия океан и унищожило всичко около себе си. Но в крайна сметка Уилър се върнал към първата си

любов — загадките на квантовата теория, — след като бил на предната линия на историята в продължение на повече от десет години.

#### СУМИРАНЕ ПО ТРАЕКТОРИИ

Един от безбройните студенти на Уилър след войната бил Ричард Файнман, който се натъкнал на най-простият и същевременно вероятно най-дълбок начин за обобщаване на плетениците на квантовата теория. (Една от последиците от тази идея ще му спечели Нобелова награда през 1965 г.) Да кажем, че искате да прекосите стаята. Според Нютон би трябвало просто да поемете по най-краткия път от точка А до точка В, наречен още класическа траектория. Според Файнман обаче първо трябва да вземете предвид всички възможни пътища. Това включва и пътища, преминаващи през Марс, Юпитер, най-близката звезда и дори такива, които водят назад във времето чак до Големия взрив. Независимо колко смахнати и напълно невероятни изглеждат тези пътища, вие сте длъжни да ги вземете предвид. След това Файнман номерирал всяка траектория, давайки точно определени правила за изчисляване на номера. Колкото и странно да изглежда, като сумирате номерата на всички възможни пътища, ще получите вероятността да изминете разстоянието от точка А до точка В според стандартната квантова механика. Това било наистина забележително откритие.

Файнман открил, че сумата на номерата на траекториите, които са прекалено странни и нарушават Нютоновите закони на движението, обикновено се анулира и дава малък резултат. Това било началото на квантовите флуктуации — т.е., те представят пътища, чиято сума е много малка. Файнман открил също, че нормалната Нютонова траектория не се анулира и така получава най-голяма сума — т.е., това е траекторията с най-голяма вероятност. Така нашето нормално възприятие на физическата вселена се оказва просто най-вероятното състояние сред безброй други. Всички останали състояния обаче продължават да съществуват и някои от тях ни връщат назад до ерата на динозаврите, запращат ни до най-близката свръхнова или до границите на вселената. (Тези странни траектории създават малки отклонения от нормалния Нютонов път, но за щастие свързаната с тях вероятност е изключително малка.)



С други думи, колкото и странно да изглежда, при всяко преминаване през стаята вашето тяло успява да „надуши“ предварително всички възможни пътища — дори минаващите през далечните квазари и Големия взрив — и да ги сумира. С помощта на мощен математически инструмент (наречен функционални интеграли) Файнман показал, че Нютоновата траектория е просто най-вероятната, а не единствената. С математическата си находчивост той успял да докаже, че колкото и поразителна да изглежда, тази картина е точен еквивалент на обикновената квантова механика. (Всъщност чрез този подход Файнман намерил решение на вълновото уравнение на Шрьодингер.)

Силата на това „сумиране по траектории“ е в това, че днес, когато формулираме всеобщите теории, инфлацията и дори струнната теория, ние използваме „интегралния път“ на Файнман. Днес този метод се преподава във всяко висше училище по света и засега е най-мощният и удобен начин за формулиране на квантовата теория.

(Аз го използвам ежедневно в собствените си проучвания. Всяко използвано от мен уравнение е получено чрез сумиране по траектории. Когато като студент се запознах с подхода на Файнман, той промени коренно представата ми за вселената. Интелектуално разбих абстрактната математика на квантовата теория и общата теорията относителността, но именно идеята, че докато прекосявам стаята по някакъв начин успявам да надуша пътищата, които биха ме отвели до Марс или далечните звезди, промени светогледа ми. Получих странна умозрителна картина на самия себе си — живеещия в квантов свят. Започнах да разбирам, че квантовата теория е далеч по-чужда от последствията от теорията на относителността.)

Когато Файнман разработил странната си формулировка, намиращият се по онова време в Принстън Уилър се втурнал в намиращия се по съседство кабинет на Айнщайн и се заел да го убеждава колко елегантна и мощна е новата теория. Започнал развълнувано да обяснява сумирането по траектории, без да си дава сметка отначало колко смахнато звучало всичко това на слушателя му. Най-накрая Айнщайн поклатил глава и отново повторил, че все още не вярва, че Бог играе на зарове с вселената. Признал пред Уилър, че може и да не е прав, но въпреки това настоял, че си е заслужил правото да допуска грешки.



Повечето физици свиват рамене и вдигат ръце всеки път, когато се сблъскат с побъркващите парадокси на квантовата механика. За повечето практикуващи учени квантовата механика е набор от рецепти и правила, успяващи да намерят със свръхестествена точност правилните вероятности. Както казва приелият духовнически сан физик Джон Полкингхорн, „философската нагласа на средния специалист по квантова механика не е по-голяма от тази на средния автомобилен механик“<sup>[22]</sup>.

Някои от най-изтъкнатите умове във физиката обаче са се борили с тези въпроси. Например съществуват няколко начина за решаване на котешкия проблем на Шрьодингер. Първият, защитаван от Нобеловия лауреат Юджин Уигнър и други, е, че *съзнанието определя битието*. Според Уигнър „не е възможно логичното формулиране на законите на квантовата механика, без да се вземе предвид съзнанието [на наблюдателя]... Самото изучаване на заобикалящия ни свят води до заключението, че върховната реалност е съдържанието на съзнанието“<sup>[23]</sup>. Или, както пише поетът Джон Кийтс, „нищо не е истинско, преди да се изпита“<sup>[24]</sup>.

Но ако правя наблюдение, кой ще определи в какво състояние се намирам самият аз? Трябва да има още някой, който да ме наблюдава и да накара вълновата ми функция да колапсира. Понякога наричат този някой „приятелят на Уигнър“. Това обаче означава, че някой трябва да наблюдава приятеля на Уигнър, а също приятеля на приятеля на Уигнър и т.н. Съществува ли космическо съзнание, което наблюдава цялата вселена и така определя цялата верига приятели?

Един от физиците, които твърдо вярват в централната роля на съзнанието, е Андрей Линде, един от създателите на теорията за инфлационната вселена.

„Като човешко същество нищо не ми дава правото да твърдя, че вселената съществува при липсата на наблюдатели. Ние с вселената сме едно цяло. Когато казвате, че вселената съществува и без наблюдатели, аз не мога да намеря никакъв смисъл в думите ви. Не мога да си

представя една стройна теория на всичкото, която да игнорира съзнанието. Записващото устройство не може да изиграе ролята на наблюдател заради онзи, който ще прегледа записа. За да видим, че нещо се случва и да си кажем, че нещо се е случило, трябва да имаме вселена, записващо устройство и нас самите... При липсата на наблюдатели с вселената ни е свършено.“<sup>[25]</sup>

Според философията на Линде вкаменелостите на динозаврите не съществуват, докато не ги видим. Щом погледът ни падне върху тях, те започват да съществуват, сякаш ги е имало милиони години. (Придържащите се към това становище физици винаги държат да подчертаят, че тази картина е експериментално съвместима със свят, в който вкаменелостите на динозаврите са наистина на милиони години.)

(Онези, на които не им допада въвеждането на елемента съзнание във физиката, твърдят, че камерата може да наблюдава електрон и следователно вълновите функции могат да колапсират и без наличието на съзнателни същества. Но тогава кой ще каже, че съществува самата камера? Нужен е друг апарат, който да „наблюдава“ първия и да колапсира неговата собствена вълнова функция. Втората камера на свой ред се нуждае от трета, тя — от четвърта и така до безкрай. Ето защо използването на камери не отговаря на въпроса как колапсират вълновите функции.)

#### ДЕКОХЕРЕНТНОСТ

Един от начините за частично решаване на тези трънливи философски въпроси, който започна да набира популярност сред физиците, е известен като декохерентност. Начинът бе формулиран за първи път през 1970 г. от немския физик Дитер Зех. Той забелязал, че в реалния свят не можем да отделим котката от нейното обкръжение. Котката се намира в постоянен контакт с молекулите на въздуха, кутията и дори с космическите лъчи, които я пронизват по време на експеримента. Колкото и да са незначителни, тези взаимодействия оказват радикално влияние върху вълновата функция — ако се повлияе и в най-малка степен, тя ще се раздели на две вълнови функции — тази

на мъртвата или на живата котка, които няма да си взаимодействат. Зех показва, че за колапсирането на вълновата функция е достатъчен контактът и с една-единствена молекула. Който да доведе до постоянно отделяне на функциите на мъртвата и живата котка, които вече няма да комуникират помежду си. С други думи, котката е била в контакт с молекулите на въздуха още преди да сме отворили кутията и следователно вече е жива или мъртва.

Зех направи ключовото наблюдение, което всички останали бяха пропуснали — за да бъде едновременно жива и мъртва, вълновите функции на двете състояния на котката трябва да трептят в почти пълна синхронност — състояние, наречено кохерентност. На практика обаче това е почти невъзможно. Създаването на кохерентни обекти в лабораторни условия е изключително трудно. (Трудно е да получите повече от няколко кохерентно трептящи атома заради взаимодействията отвън.) В реалния свят телата взаимодействат с околната среда, което може да наруши двете вълнови функции и да ги накара да изпаднат в състояние на декохерентност — т.е., да престанат да са синхронни и да се разделят. Зех показва, че щом двете функции престанат да вибрират във фаза една с друга, те престават да си взаимодействат.

#### МНОЖЕСТВО СВЕТОВЕ

На пръв поглед декохерентността изглежда много добро решение, тъй като вълновата функция вече колапсира не под въздействието на съзнанието, а поради влиянието на външния свят. Това обаче все още не отговаря на фундаменталния въпрос, който не давал покой на Айнщайн — как точно природата „избира“ състоянието, в което да колапсира? Кой или какво определя окончателното състояние на котката, когато я докосне някоя въздушна молекула? Тук теорията за декохерентността просто заявява, че двете вълнови функции се разделят и престават да си взаимодействат, но това не е отговор на първоначалния въпрос дали котката е жива или мъртва. С други думи, декохерентността премахва нуждата от съзнание в квантовата механика, но не решава въпроса на Айнщайн как природата „избира“ финалното състояние на котката. Тук теорията на Зех мълчи.

Съществува обаче едно естествено разширение на декохерентността, което решава въпроса и напоследък печели все повече привърженици сред физиците. Този подход е предложен за първи път от друг ученик на Уилър — Хю Еверет III, който дискутира възможността котката да е едновременно жива и мъртва, но в две различни вселени. Когато през 1957 г. Еверет представил докторската си дисертация, почти никой не му обърнал внимание. С годините обаче интересът към „множеството светове“ започна да расте. Днес заниманията с парадоксите на квантовата теория отново са в центъра на вниманието на теоретичната физика.

Според тази коренно нова интерпретация котката е едновременно жива и мъртва, защото вселената се е разделила на две. В едната котката е мъртва, а в другата — жива. Всъщност това разделяне се образува при всеки квантов преход и така се образува една безкрайна поредица от разделящи се вселени. Според сценария всяка една вселена е възможна и е не по-малко реална от останалите. Обитателите на отделните светове могат разпалено да твърдят, че именно *тяхната* вселена е истинската, а всички останали са въображаеми или фалшиви. Тези паралелни светове не са ефимерни призраци — във всеки от тях има твърди тела и конкретни събития, които са толкова истински и обективни, колкото и всички останали.

Предимството на тази интерпретация е в това, че можем да изоставим третото условие — колапсирането на вълновата функция. Вълновите функции никога не колапсират, а продължават да се развиват, разделяйки се на други вълнови функции в безкрайно дърво, всеки клон на което представлява цяла вселена. Голямото предимство на интерпретацията е, че тя е по-проста от интерпретацията от Копенхаген — при нея не се изисква колапсиране на функцията. За сметка на това получаваме вселени, които непрекъснато се разделят на милиони и милиони разклонения. (Някои не могат да разберат как биха могли да проследят всички тези размножаващи се светове. Вълновото уравнение на Шрьодингер го прави автоматично. Достатъчно е просто да проследим еволюцията на вълновата функция, за да получим всички разклонения на вълната.)

Ако тази интерпретация е вярна, то в този момент тялото ви съществува заедно с вълновите функции на влезли в смъртна схватка динозаври. В стаята ви трепти и вълновата функция на свят, в който

германците са спечелили Втората световна война, Земята се посещава от извънземни, а вие изобщо не сте се раждали. Световите от „Човекът във високата кула“ и „Зоната на здрача“ са сред всички останали вселени в дневната ви. Номерът е, че не можете да си взаимодействате с тях, тъй като те са в състояние на декохерентност.

Както казва Алан Гът, „има вселена, в която Елвис е все още жив“<sup>[26]</sup>. Или, както пише физикът Франк Вилчек: „Ние сме обсебени от съзнанието, че съществуват милиони леко различаващи се наши копия, живеещи паралелния си живот, и че всеки миг се появяват още наши двойници и поемат към своето алтернативно бъдеще.“ Авторът отбелязва, че историята на Древна Гърция и оттам на западния свят би могла да се развие по съвсем друг начин, ако Елена от Троянската война не е била такава пленителна красавица, а е имала грозна брадавица на носа. „Какво пък, брадавиците могат да се появят от мутацията в една-единствена клетка, предизвикана от излагане на ултравиолетовите лъчи. Заключение: съществуват безкрайно много светове, в които Елена е имала брадавица на носа.“<sup>[27]</sup>

Сещам се за един цитат от класическия научнофантастичен роман на Олаф Стапледон „Звездотворец“: „Всеки път, когато някое същество се изправи пред няколко възможни избора, то ги прави всичките и по този начин създава множество... различни истории на космоса. Тъй като във всяка еволюционна стъпка съществуват множество същества и всички те непрекъснато се изправят пред избор, комбинациите между пътищата им са безброй и във всеки миг се появяват безброй различни вселени.“<sup>[28]</sup>

Умът ни се взима при мисълта, че според подобна интерпретация на квантовата механика редом с нас съществуват и всички останали възможни светове. Макар че за достигането им може би ще са ни нужни дупки-червеи, тези квантови реалности съществуват в същото помещение, в което се намираме и самите ние. Има ги където и да отидем. Ключовият въпрос е ако това е вярно, защо не виждаме непрекъснато алтернативните вселени около себе си? Точно тук се намесва декохерентността — нашата вълнова функция се е отделила от другите светове (т.е., не е във фаза с тях) и ние вече не сме свързани с тях. Това означава, че и най-малкото взаимодействие с околната среда попречва на различни вълнови функции да си взаимодействат. (В 11 глава споменавам едно възможно изключение от правилото, което

позволява на разумни същества да пътешестват между квантовите реалности.)

Това не ви ли се струва прекалено странно, за да е възможно? Нобеловият лауреат Стивън Уайнбърг оприличава тази теория за множеството вселени на радиото. Заобиколени сме от стотици радиовълни, излъчвани от различни радиостанции. Кабинетите и домовете ни са изпълнени непрекъснато с тях. Ако включите обаче радиото, можете да слушате само една честота — останалите са в декохерентност и не са във фаза помежду си. Всяка станция има различна енергия, или честота. В резултат на това приемникът може да улавя само едно предаване в конкретен момент.

По същия начин, ние в нашата вселена сме „настроени“ на честотата, съответстваща на нашата физическа реалност. Съществуват обаче безкрайно много паралелни реалности, към които не можем да се „настроим“. Въпреки че тези светове много си приличат един на друг, всеки от тях притежава различна енергия. И тъй като всяка от тези вселени се състои от трилиони и трилиони атоми, разликите в енергията могат да бъдат доста големи. Тъй като честотата на вълните е пропорционална на тяхната енергия (според закона на Планк), вълните на всеки свят трептят на различна честота и не могат да си взаимодействат по абсолютно никакъв начин.

Странно, но след като възприеха тази необичайна гледна точка, учените могат да изведат всички решения на копенхагенския подход, без да им се налага да колапсират вълновата функция. С други думи, експериментите с копенхагенската интерпретация или с интерпретацията за многото светове ще дадат абсолютно еднакви резултати. Колапсирането на вълновата функция на Бор е математически еквивалент на взаимодействието с околната среда. С други думи, котката на Шрьодингер може да бъде жива и мъртва едновременно, ако намерим начин да я изолираме напълно от всеки атом или космически лъч. Разбира се, това е практически невъзможно.

Щом се осъществи контакт с космически лъч, вълновите функции на мъртвата и живата котка се разделят и се получава впечатлението за колапсиране.

МАТЕРИЯ ОТ ИНФОРМАЦИЯ

При подновения интерес към проблема за измерване в квантовата теория Уилър се превърна в доайен на квантовата физика и започна да се появява на многобройните конференции, организирани в негова чест. Някои поддръжници на Ню Ейдж, останали силно заплени от въпроса за съзнанието във физиката, дори започнаха да го величаят като някакъв гуру. (Самият Уилър обаче далеч не се чувстваше поласкан от подобни асоциации. Веднъж за своя най-голяма изненада и тревога откри, че е поставен в една програма наред с трима парапсихолози и бързо направи изявлението, от което е и фразата: „Където има дим, там има дим.“<sup>[29]</sup>)

След седемдесет години работа върху парадоксите на квантовата теория Уилър бе първият, който признава, че не знае отговорите на всички въпроси. Не престава да подлага на съмнение предположенията си. Когато го питат за проблема на измерването в квантовата механика, той отговаря: „Този въпрос направо ме подлудява. Признавам си — понякога напълно сериозно споделям идеята, че светът е продукт на въображението, а в други моменти смятам, че съществува вън и независимо от нас. Напълно безрезервно подкрепям думите на Лайбниц — светът може да е фантасмагория, а съществуването — нищо повече от сън, но въпреки това този плод на въображението е достатъчно реален за мен, ако при подходящото използване на разума си не оставаме излъгани от него.“<sup>[30]</sup>

Днес теорията за многото светове или декохерентността става все по-популярна сред физиците. Самият Уилър обаче е загрижен, че тя изисква „прекалено много излишен багаж“ и предлага още едно решение на проблема с котката на Шрьодингер, което нарича „то от бит“ (*it from bit*). Това е нестандартна теория, започваща с предположението, че информацията е в основата на всичко съществуващо. Според Уилър, когато погледнем към Луната, към някоя галактика или атом, тяхната същност е в информацията, съдържаща се в тях. Самата информация пък се е появила тогава, когато вселената е започнала да наблюдава себе си. Уилър рисува кръгова диаграма, представляваща историята на вселената. В началото тя започва съществуването си, защото е била наблюдавана. Това означава, че „то“ (материята във вселената) се е появило, когато е бил наблюдаван „бит“ (информация) от вселената. Нарича тази вселена „съучастническа“ — т.е., вселената се адаптира към нас, както и ние към нея и самото ни

съществуване я прави възможна. (Тъй като няма консенсус относно проблема с измерването в квантовата механика, повечето физици засега изчакват с реакциите си към тази теория.)

#### КВАНТОВИ КОМПЮТРИ И ТЕЛЕПОРТИРАНЕ

Подобни философски дискусии може да ни се струват безнадеждно отвлечени и абсолютно неприложими на практика. Вместо да спорят колко дяволи могат да се съберат на върха на една игла, квантовите физици като че ли се мъчат да определят на колко места едновременно може да се намира даден електрон.

Това обаче не са безцелни разсъждения на затворените в кулите си от слонова кост учени. Един ден може би те ще имат напълно практическо приложение — ще се използват за поддържане на световната икономика. Богатствата на цели държави може да зависят от несигурното положение на котката на Шрьодингер. Може би тогава компютрите ни ще правят изчисленията си в паралелни вселени. Днес почти цялата компютърна инфраструктура се основава на силициевы транзистори. Законът на Мур, според който изчислителната мощ се удвоява на всеки осемнадесет месеца, е в сила заради способността ни да вграждаме все по-малки и по-малки транзистори в силициевы чипове благодарение на ултравиолетови лъчи. И макар че революционизира технологията, законът на Мур не може да действа вечно. Слоевете в последния модел чипове „Пентиум“ са с дебелина двадесет атома. Може би след петнадесет-двадесет години ще използваме чипове с големина 5 атома. На подобни невъобразимо малки разстояния сме принудени да изоставим Нютоновата механика и да възприемем квантовата, в която господства принципът на неопределеността на Хайзенберг. Вследствие на това вече не знаем къде точно се намира електронът. Това означава, че ще има къси съединения всеки път когато електроните излязат от изолаторите и полупроводниците, вместо да си стоят в тях.

В бъдеще ще стигнем до положението да не можем да поставяме повече транзистори върху силициевите плочки. Краят на Силициевата епоха приближава. Може би след нея ще последва квантовата ера. Силициевата долина ще се превърне в Ръждивия пояс. Някой ден може би ще сме принудени да впрегнем в изчисленията си самите атоми и да създадем нови компютърни архитектурни конфигурации.



Съвременните компютри работят на основата на бинарната система — всяко число се изписва с нули и единици. Спинът на атомите обаче може да бъде едновременно насочен нагоре, надолу или настрани. Компютърните битове (нулите и единиците) ще се заместят от „кубитове“ (каквото и да е между нулата и единицата), с което изчислителната мощ ще нарасне неимоверно в сравнение със съвременните машини.

Например един квантов компютър би могъл да разтърси основите на международната сигурност. Съвременните големи банки, многонационални корпорации и индустриални държави кодират тайните си с помощта на сложни алгоритми. Голяма част от кодовете се основават на умножаването на огромни числа. Намирането на число със сто цифри може да отнеме векове на обикновен компютър. За квантовата изчислителна машина обаче подобна задача не би представлявала никакъв проблем.

За да разберем как би работил един квантов компютър, нека си представим, че сме наредили серия от атоми, чиито спинове са насочени в една посока в магнитното поле. Когато ги осветим с лазерен лъч, много от спиновете ще сменят позицията си. Като измерим отразената лазерна светлина, ние записваме сложната математическа операция на разсейването на светлината. Ако изчислим този процес с помощта на квантовата теория и подхода на Файнман, трябва да вземем предвид всички възможни положения на атомите, завъртени във всички възможни посоки. Дори и най-простото квантово изчисление, което би трябвало да отнеме частица от секундата, би се оказало почти непосилно за стандартен компютър, независимо колко време му отпуснем.

Както посочи Дейвид Дъч от Оксфорд, това означава, че когато използваме квантови компютри, ще трябва да изчисляваме всички възможни паралелни вселени. Макар и да не можем да осъществяваме пряк контакт с тях, атомният компютър би могъл да ги изчисли, използвайки състоянията на спиновете. (Ние не сме кохерентни с останалите вселени в стаята си, но това не се отнася за атомите в квантовия компютър, които по конструкция трептят кохерентно.)

Макар че потенциалът на квантовите компютри е наистина зашеметяващ, на практика същото се отнася и за свързаните с осъществяването им проблеми. Понастоящем световният рекорд за

броя на използваните в един квантов компютър атоми е седем. В най-добрия случай можем да умножим три по пет и да получим петнадесет — нещо, което едва ли ще ни се стори особено впечатляващо. За да може да съперничи и на обикновен лаптоп, квантовият компютър се нуждае от стотици, а може би и хиляди кохерентно трептящи атоми. Тъй като сблъсъкът и с една молекула би довел до нарушаването на кохерентността, ще ни трябва изключително чиста среда, в която да изолираме тестовите атоми. (За построяването на квантов компютър, който да работи по-бързо от съвременните компютри, са ни необходими хиляди и милиони атоми. А това означава, че от квантовата епоха все още ни делят десетилетия.)

#### КВАНТОВО ТЕЛЕПОРТИРАНЕ

Може да се окаже, че има и още едно практично приложение на безсмислената на пръв поглед дискусия за паралелните квантови вселени — квантовото телепортиране. „Телепортаторът“ от „Стар Трек“ и други научнофантастични произведения за пренасяне на хора и оборудване през пространството, изглежда като чудодейно средство за моментално преодоляване на огромни разстояния. Но колкото и примамлива да е, идеята за телепортирането спъва физиците, защото изглежда, че нарушава принципа на неопределеността. Когато измерваме атом, ние нарушаваме състоянието му и затова не можем да създадем негово точно копие.

През 1993 г. обаче бе намерена вратичка от този аргумент, наричана понякога квантова обвързаност. Тя се основава на един стар експеримент, предложен през 1935 г. от Айнщайн и колегите му Борис Подолски и Нейтан Розен (т.нар. парадокс *АПР*) с цел да се покаже колко абсурдна е всъщност квантовата теория. Да кажем, че има експлозия и два електрона отлитат в противоположни посоки със скорост, близка до скоростта на светлината. Тъй като електроните могат да се въртят като пумпал, приемаме, че спиновете им са корелирани — т.е., ако спинът на единия електрон сочи нагоре, то спинът на другия е насочен надолу (и общият им спин е равен на нула). Преди обаче да направим измерването, ние не знаем накъде точно сочи спинът на всеки от електроните.

Да изчакаме няколко години. Двата електрона са се отдалечили на огромно разстояние един от друг. Ако сега измерим единия и

открием, че спинът му е насочен нагоре, то моментално разбираме какъв е спинът на втория електрон. Получава се така, че спинът на единия електрон *принудително* определя спина на другия. Това означава, че моментално научаваме нещо за частица, намираща се на светлинни години от нас. (Оказва се, че информацията пътува по-бързо от светлината, което противоречи на специалната теория на относителността.) Така Айнщайн показва, че измерването на една двойка частици нарушава принципа на неопределеността. Нещо повече — става ясно, че квантовата механика е далеч по-смахната, отколкото изглежда на пръв поглед.

Дотогава учените смятали, че вселената е локална и че нарушенията в една нейна част се разпространяват навън от източника. Айнщайн показал, че квантовата механика е по същество *нелокална* — промените в една точка могат моментално да се отразят в отдалечени части на вселената. Айнщайн нарича това „призрачно действие от разстояние“, което за него било пълен абсурд. Следователно, посочва той, квантовата теория би трябвало да е погрешна.

(Критиците на квантовата механика могат да решат парадокса Айнщайн-Подолски-Розен като приемат, че ако разполагаме с достатъчно прецизни апарати, могат наистина да определят в каква посока се въртят електроните. Неопределеността на спина е фикция, дължаща се на несъвършенството на инструментариума. Учените въвели концепцията за скритите променливи — т.е., трябва да има някаква скрита субквантова теория, в която няма никаква неопределеност и която се основава на нови променливи, наречени скрити.)

Залозите станаха особено високи през 1964 г., когато Джон Бел подложи *АПР* и скритите променливи на кисел тест. Той показва, че ако някой проведе *АПР*-експеримента, би трябвало да има цифрова корелация между спиновете на двата електрона, зависеща от използваната теория. Ако теорията за скритите променливи е вярна, както смятат скептиците, тогава спиновете би трябвало да са свързани по един начин. Ако квантовата механика е вярна, връзката би трябвало да е друга. С други думи, квантовата механика (основата на съвременната атомна физика) ще триумфира или ще се сгромоляса само заради един-единствен експеримент.

Експериментите обаче непрекъснато показват, че Айнщайн греши. В началото на 80-те Алан Аспект и негови колеги във Франция проведоха АПР-експеримент с два отдалечени на 13 м детектора, които измерват спина на фотони, излъчвани от атоми на калция. През 1997 г. бе проведен експеримент с детектори, отдалечени на 11 км. И в двата случая квантовата теория победи. Оказва се, че някакъв вид информация *наистина* пътува по-бързо от светлината. Въпреки че Айнщайн греши за АПР-експеримента, той е прав за по-широкия въпрос за комуникацията със свръхсветлинни скорости. Макар и да ни позволява да научим моментално за нещо в другия край на галактиката, АПР-експериментът не ни позволява да комуникираме по такъв начин. Казано просто, така не можем да изпратим морзово съобщение. АПР-експериментът ни позволява да придобием информация за другия край на галактиката, но не и да предаваме полезна (т.е., подредена) информация.

Бел описва ефекта, използвайки примера на математика Бертелсман. Той имал странният навик всеки ден да носи зелен чорап на единия си крак и син на другия, като ги избирал случайно. Ако един ден видите, че на левия му крак има син чорап, по-бързо от светлината ще научите, че десният чорап е зелен. Но това знание не ви позволява да обмените информация. Разкриването на информацията е нещо различно от предаването ѝ. АПР-експериментът не означава, че можем да общуваме чрез телепатия, да пътуваме по-бързо от светлината или във времето, а че не можем напълно да отделим самите себе си заобикалящия ни свят.

Всичко това ни кара да погледнем на вселената по друг начин. Съществува космическа „обвързаност“ между всеки атом на тялото ни и атомите, отдалечени на светлинни години от нас. Тъй като цялата материя е възникнала от една-единствена експлозия, която наричаме Големия взрив, в известен смисъл атомите на тялото ни са свързани с атомите в другия край на вселената чрез някаква своеобразна космическа квантова паяжина. Свързаните частици приличат на близнаци, които все още споделят обща пъпна връв (тяхната вълнова функция), която може да е дълга светлинни години. Случващото се с единия компонент на двойката автоматично засяга и другия и следователно информацията за едната частица моментално разкрива състоянието на другата. Свързаните двойки действат като един обект,

въпреки че могат да са разделени от огромно разстояние. (За да бъдем по-точни, тъй като вълновите функции на частиците в Големия взрив някога са били свързани и кохерентни, те биха могли да са отчасти свързани и милиарди години по-късно, така че нарушенията в едната част на вълновата функция да въздействат и върху другата.)

През 1993 г. учените предложиха да използват концепцията за АПР-обвързването за намиране на механизъм за квантово телепортиране. През 1997 и 1998 г. учените от „Кал Тек“, университета в Аарус, Дания, и Университета на Уелс проведеха първото експериментално квантово телепортиране на един фотон през маса. Самюел Браунстейн от Уелския университет, който участвал в екип, сравни свързаните частици с влюбени, „които се познават толкова добре, че могат да отговорят какво прави другият дори ако са на различни полюси“<sup>[31]</sup>.

(При експериментите с квантовото телепортиране са нужни три тела, наречени А, В и С. Нека В и С са свързаните близнаци. Макар че могат да се намират на огромно разстояние помежду си, връзката между тях се запазва. Нека В да влезе в контакт с А — тялото, което трябва да се телепортира. В „сканира“ А, така че съдържащата се в А информация се прехвърля в В и автоматично се предава и на близнака С. Така С се превръща в точно копие на А.)

Квантовото телепортиране бързо набира скорост. През 2003 г. учените от Женевския университет в Швейцария успяха да телепортират фотони през фиброоптичен кабел на разстояние 2 км. Фотони с дължина на вълната 1,3 мм в едната лаборатория бяха телепортирани във фотони с различна дължина на вълната (1,55 мм) в другата лаборатория. „Възможно е в рамките на моя живот да успеем да телепортираме и по-големи обекти като молекули, но пренасянето на наистина големи тела е невъзможно с технологиите, които можем да си представим“<sup>[32]</sup>, отбеляза Никола Жизен, един от участниците в проекта.

Друго важно постижение бе направено през 2004 г., когато учените от Националния институт за стандарти и технология (NIST) телепортираха не просто квант светлина, а цял атом. Те успяха успешно да свържат два берилиеви атома и прехвърлиха характеристиките на единия върху другия.

Съществува огромен потенциал за приложението на квантовото телепортиране. Трябва обаче да се отбележи, че с него са свързани някои сериозни практически проблеми. Първо, в процеса на телепортиране първоначалният обект се разрушава, така че не можем да направим негов точен двойник. Възможно е съществуването на едно-единствено копие. Второ, не можем да телепортираме тяло по-бързо от светлината. Теорията на относителността е в сила дори за квантовото телепортиране. (За да телепортирате А в С, се нуждаете от посредника В, който ги свързва и се движи по-бавно от светлината.) Третото и може би най-важното ограничение на квантовото телепортиране е същото, пред което се изправя и квантовото изчисляване — въпросните тела трябва да са кохерентни. И най-слабото взаимодействие с околната среда унищожава квантовото телепортиране. Все пак се приема, че в рамките на нашия век можем да станем свидетели на първото телепортиране на вирус.

Телепортирането на човек може да породи други проблеми. „Засега основната ни грижа е огромното количество информация — отбелязва Браунстейн. — И с най-добрите комуникационни канали, с които разполагаме в момента, прехвърлянето на цялата информация ще трае цяла вечност.“<sup>[33]</sup>

#### ВЪЛНОВАТА ФУНКЦИЯ НА ВСЕЛЕНАТА

Може би ще разберем напълно квантовата теория, когато я приложим не към отделни фотони, а към вселената като цяло. Стивън Хокинг се шегува, че всеки път когато чуе за проблема с котката, посяга към пистолета си. Той предлага свое решение — да се намери вълновата функция на цялата вселена. Ако вселената е част от вълнова функция, тогава няма нужда от наблюдател (той трябва да е извън вселената).

В квантовата теория всяка частица е асоциирана с определена вълна. Вълната ни казва каква е вероятността частицата да се намира в дадено положение. Когато е била съвсем млада, вселената е била по-малка от субатомна частица. Ето защо тя може би също притежава вълнова функция. Тъй като електронът може да съществува в много състояния едновременно и тъй като вселената е била по-малка от електрон, може би тя също е съществувала в множество състояния, описвани от някаква свърхвълнова функция.

Това е вариант на теорията за многото светове — не е нужно да прибягваме до наблюдател, който да следи цялата вселена. Но вълновата функция на Хокинг напълно се различава от функцията на Шрьодингер. При вълновата функция на Шрьодингер във всяка точка на континуума пространство-време съществува вълнова функция. При Хокинг за всяка вселена има отделна вълна. Вместо *пси*-функцията, описваща всички възможни състояния на електрона, Хокинг въвежда *пси*-функция, описваща всички възможни състояния на вселената. При обикновената квантова механика електронът съществува в обикновеното пространство. Във вълновата функция на вселената обаче самата вълнова функция съществува в „свръхпространство“ — пространството на всички възможни вселени, въведени от Уилър.

Тази основна вълнова функция (да я наречем майката на всички вълнови функции) се подчинява не на уравнението на Шрьодингер (което е в сила за отделните електрони), а на уравнението на Уилър-Девит, което важи за всички възможни вселени. В началото на 90-те Хокинг заяви, че може да реши отчасти тази вълнова функция на вселената и да покаже, че най-вероятно в нея е съществувала изчезналата космологична константа. Статията провокира много спорове, тъй като зависеше от сумирането по всички възможни вселени. Хокинг направи това изчисление, като включи и дупките-червеи, свързващи нашата вселена с всички останали. (Представете си безкраен океан от сапунени мехури, свързани чрез тънки нишки или дупки-червеи, и се опитайте да ги съберете.)

В крайна сметка мнозина се усъмниха в метода на Хокинг. Беше посочено, че сумата от всички възможни вселени е математически непостижима, поне докато не разполагаме с „теория на всичко“, която да ни ръководи. Критиците твърдят, че докато не се появи подобна теория, никой не може да се доверява наистина на изчисленията за машините на времето, дупките-червеи, момента на Големия взрив и вълновите функции на вселената.

Днес обаче редица физици смятат, че най-сетне сме открили теорията на всичко, макар тя все още да не е в напълно завършен вид. Става въпрос за струнната теория или за по-висшата ѝ версия М-теорията. Дали тя ще ни позволи да „разчетем замисъла на Бог“, както смяташе Айнщайн?

- [1] Превод С. Асланян. ↑
- [2] Bartusiak, p. 62. ↑
- [3] Cole, p. 68. ↑
- [4] Превод Валери Петров. ↑
- [5] Cole, p. 68. ↑
- [6] Brian, p. 185. ↑
- [7] Bernstein, p. 96. ↑
- [8] Weinberg 2, p. 103. ↑
- [9] Pais 2, p. 318. ↑
- [10] Barrow 1, p. 185. ↑
- [11] Barrow 3, p. 143. ↑
- [12] Greene 1, p. 111. ↑
- [13] Weinberg 1, p. 85. ↑
- [14] Barrow 3, p. 378. ↑
- [15] Folsing, p. 589. ↑
- [16] Folsing, p. 591; Brian, p. 199. ↑
- [17] Folsing, p. 591. ↑
- [18] Kowalski, p. 156. ↑
- [19] New York Herald Tribune, Sept. 12, 1933. ↑
- [20] Въпросното писмо е връчено на президента на 11.10.1939 г.

— Б.пр. ↑

- [21] New York Times, Feb. 7, 2002, p. A12. ↑
- [22] Rees 1, p. 244. ↑
- [23] Crease, p. 67. ↑
- [24] Barrow 1, p. 458. ↑
- [25] Discover magazine, June 2002, p. 48. ↑
- [26] Цитат от „Паралелни светове“ на Би Би Си, 2002. ↑
- [27] Wilczek, pp. 128–129. ↑
- [28] Rees 1, 246. ↑
- [29] Bernstein, p. 131. ↑
- [30] Bernstein, p. 132. ↑
- [31] National Geographic News, www.nationalgeographic.com, Jan.

29, 2003. ↑

- [32] Ibid. ↑
- [33] Ibid. ↑



## М-ТЕОРИЯТА — МАЙКАТА НА ВСИЧКИ СТРУНИ

*„За онзи, който може да улови вселената от една унифицирана гледна точка, цялото сътворение ще му изглежда като уникална истина и необходимост.“*

Ж. Д'Аламбер

*„Имам чувството, че сме толкова близо до струнната теория, че в най-оптимистичните моменти си представям как някой ден завършената форма направо ще падне от небето в нечий skut. Когато обаче реализмът надделее, смятам, че в момента се намираме в процес на създаване на много по-дълбока теория от всички съществуващи досега и че след десетилетия, когато стана прекалено стар, за да мога да мисля свързано по подобни въпроси, младите физици ще трябва да решават дали всъщност наистина разполагаме с окончателна теория.“*

Едуард Уитън

Класическият роман на Хърбърт Уелс „Невидимият“ започва с необичайна случка. Една студена зимна утрин в странноприемницата се появява облечен по особен начин непознат. Лицето му е изцяло покрито с бинтове, а очите му са скрити от тъмносини очила.

Отначало местните жители го съжеляват, предполагайки, че е претърпял някаква ужасна злополука. Но не след дълго в селото започват да стават странни неща. Един ден хазяйката влиза в празната му стая и изпищява при вида на дреха, която се носи сама във въздуха. Из помещението се разхвърчали шапки, чаршафите изведнъж

подскачили, столовете започнали да се движат и „мебелите полудели“, спомня си с ужас тя.

Не след дълго из селото плъзват слухове. Накрая жителите се събират и отиват при странния непознат. За тяхно удивление той бавно започва да сваля бинтовете си. Тълпата замира. Под превръзките няма нищо. Всъщност непознатият е невидим. Настава хаос, всички започват да крещат и да тичат напред-назад. Селяните се опитват да заловят невидимия човек, който с лекота отблъсква нападенията им.

След като извършва ред дребни престъпления, невидимият намира свой стар приятел и му разказва необичайната си история. Истинското му име е г-н Грифин от университетския колеж. Започнал да изучава медицина, когато открил революционен метод за промяна на начина, по който плътта пречупва и отразява светлината. Тайната се криела в четвъртото измерение. „Открих общия принцип... формула, геометричен израз, включващ четири измерения“<sup>[1]</sup>, разказва той на д-р Кемп.

За съжаление, вместо да използва великото си откритие за доброто на човечеството, Грифин е обзет от мисли за грабежи и лични облаги. Предлага на приятеля си да му стане помощник. Двамата заедно биха могли да плякосат целия свят. Приятелят му обаче е ужасен и разкрива Грифин на полицията. Стига се до последното преследване, по време на което невидимият получава смъртоносна рана.

Подобно на останалите добри научнофантастични истории, в романа на Хърбърт Уелс също има научна жилка. Всеки, който успее да се измъкне в четвъртото пространствено измерение (което днес се нарича пето, тъй като четвъртото е времето), ще стане наистина невидим и може дори да придобие способности, които обикновено се приписват на призраци и богове. Представете си например, че някакви митични същества живеят в двуизмерния свят на масата, както е в излезлия през 1884 г. роман „Плоска земя“ на Едуин Абът. Целият им живот преминава в пълно неведение за цяла вселена — третото измерение, — която ги заобикаля.

Но ако някой учен от Плоската земя успее да направи експеримент, който му позволи да се издигне на сантиметри над масата, той ще стане невидим, тъй като светлината ще минава под него, сякаш не съществува. Реейки се над Плоската земя, той би могъл да наблюдава как животът тече долу на масата. Реенето в

хиперпространството си има предимства, тъй като всеки намиращ се в него ще притежава силата на истински бог.

Освен че светлината ще минава под него и ще го прави невидим, той самият би могъл да минава над останалите тела. С други думи, ученият би могъл просто да изчезва по свое желание и да минава през стени. Достатъчно му е да се озове в четвъртото измерение, за да изчезне от вселената на Плоската земя. А когато скочи отново върху масата, за обитателите на онзи свят той внезапно ще се материализира от нищото. Би могъл да избяга от всяка тъмница. Затворът в Плоската земя ще бъде просто начертан около престъпника кръг, така че той би могъл с лекота да се озове в третото измерение и да се измъкне.

От подобно хиперсъщество не би могла да се скрие никаква тайна. Златото в трезорите би се виждало с лекота от третото измерение, тъй като самия трезор е просто правоъгълник. Би било детска игра да посегнеш и да вземеш златото, без дори да ти се налага да влизаш с взлом в трезора. Биха могли да се правят операции, без да се налага да се реже кожата.

По същия начин Хърбърт Уелс се опитва да изрази идеята, че в един четириизмерен свят ние сме като обитателите на Плоската земя, живеещи в пълно неведение за по-висшите нива на съществуване, които вероятно се намират точно над нашето. Ние смятаме, че вселената се състои от всичко, което можем да видим, без да подозираме, че буквално под носовите ни може би съществуват цели други вселени. Макар и да се намират само на сантиметри над нас, носещите се в четвъртото измерение вселени ще си останат невидими.

Тъй като хиперсъществото ще притежава свръхчовешки възможности, приписвани обикновено на духове или призраци, в едно друго свое произведение Уелс се пита дали е възможно по-висшите измерения да се обитават от свръхестествени същества. Той задава един ключов въпрос, който днес е обект на множество спекулации и изследвания — възможно ли е в тези други измерения да съществуват непознати за нас физични закони? В повестта „Чудното посещение“ от 1885 г. изстреляният от викария куршум случайно уцелва ангел, който тъкмо минава през нашето измерение. Поради някаква космическа причина нашето измерение случайно се сблъскало с паралелна вселена и така ангелът се озовал в нашия свят. „Може би съществуват множество триизмерни вселени, разположени една до друга“<sup>[2]</sup>, пише

Уелс. Викарият разпитва ранения ангел и за своя огромна изненада открива, че нашите природни закони не важат за неговия свят. Например в неговата вселена няма равнини, а цилиндри, така че самото пространство е изкривено. (Цели две десетилетия преди появата на общата теория на относителността Уелс се занимава с идеята за вселена с изкривени повърхности!) „Тяхната геометрия е различна, тъй като пространството е изкривено по такъв начин, че равнините им са цилиндри — разказва викарият. — Техният закон за гравитация не се подчинява на обратната квадратна сила и имат двадесет и четири основни цвята вместо три.“ Повече от век след излизането на повестта физиците разбират, че в паралелните вселени наистина могат да съществуват различни закони на физиката, с други набори елементарни частици, атоми и химични взаимодействия. (Както ще видим в 9 глава, направени са няколко експеримента, целящи да установят наличието на паралелни вселени, носещи се непосредствено над нашата.)

Концепцията за хиперпространството е завладявала въображението на художници, музиканти, мистици, теолози и философи, особено в началото на XX в. Според занимаващата се с история на изкуството Линда Далраймпъл Хендерсън интересът на Пабло Пикасо към четвъртото измерение повлияло възникването на кубизма. (Очите на жените са нарисувани така, че да гледат право към нас, дори когато носовете им са представени в профил, което ни позволява да ги виждаме изцяло — отпред, отзад и отстрани едновременно.) В прочутата картина *Christus Hypercubus* на Салвадор Дали Исус Христос е разпънат на тесаракт — разгънат четириизмерен куб. В „Постоянството на паметта“ Дали се опитва да предаде идеята за времето като четвърто измерение чрез меките часовници. В „Слизаща по стълбите гола жена (№ 2)“ на Марсел Дюшам виждаме слизащата фигура на части — друг опит за предаване на четвъртото измерение върху двуизмерното платно.

#### М-ТЕОРИЯТА

Днес загадките и легендите около четвъртото измерение се възкресяват поради напълно различна причина — разработването на струнната теория и нейната последна инкарнация, известна като М-теория. От историческа гледна точка идеята за хиперпространството срещаше упоритата съпротива на физиците, които с презрение

твърдяха, че другите измерения са приоритет на всякакви мистици и шарлатани. Онези смелчаци, които сериозно изказваха предположение за съществуването на невиджани светове, обикновено ставаха обект на подигравки.

С появата на М-теорията всичко това се промени. Днес другите измерения са в центъра на радикална революция, тъй като учените са принудени да се изправят пред най-големия проблем на съвременната физика — пропастта между квантовата механика и общата теория на относителността. Забележително е, че тези две теории представляват цялото ни познание за вселената на фундаментално ниво. Понастоящем М-теорията е в състояние да обедини двете на пръв поглед несъвместими велики теории за вселената в едно съгласувано цяло и така да създаде една „теория на всичкото“. М-теорията е единствената от всички предложени през изминалия век теории, която може да бъде достоен кандидат за „разчитане на замисъла на Бог“, както се изразява Айнщайн.

Единствено в десет- или единадесетизмерно хиперпространство бихме могли да разполагаме с „достатъчно място“ за обединяване на всички фундаментални сили в една-единствена елегантна теория. Тя би трябвало да е в състояние да отговори на вечните въпроси: Какво е било преди началото? Възможно ли е да се обърне посоката на времето? Могат ли порталите към другите измерения да ни отведат на другия край на вселената? (Въпреки че критиците правилно посочват, че проверката на тази теория не е по силите на сегашните ни способности, в момента се планират редица експерименти, които могат да променят ситуацията. Върху тях ще се спрем допълнително в 10 глава.)

През последните петдесет години всички опити за създаване на едно наистина обединено описание на вселената се проваляха с гръм и трясък. Това не е трудно за разбиране от концептуална гледна точка. Общата теория на относителността и квантовата теория са диаметрално противоположни в почти всяко отношение. Общата теория на относителността е теорията за много големите обекти — черни дупки, големи взривове, квазари и разширяващи се вселени. Тя се основава на математиката на гладките повърхности, както чаршафите лягат върху матрака. Квантовата теория е точно обратното — тя описва света на невъобразимо малкото — атоми, протони, неутрони и кварки. Тя се основава на идеята за дискретни порции енергии, наречени кванти. За

разлика от теорията на относителността, според квантовата теория могат да се изчислят единствено вероятностите за събитията и затова никога не можем да бъдем абсолютно сигурни къде точно се намира електронът. Двете теории се основават на различни видове математика, различни изходни постановки, различни физични принципи и различни области. Нищо чудно, че всички опити за обединяването им се провалят.

Гигантите на физиката след Айнщайн — дори такива като Ервин Шрьодингер, Вернер Хайзенберг, Волфганг Паули и Артър Едингтън — правели опити да разработят обща теория на полето, но резултатите се оказали плачевни. През 1928 г. Айнщайн случайно предизвикал бурната реакция на медиите с ранна версия на своята обща теория на полето. „Ню Йорк Таймс“ дори публикувал части от труда му, включително и уравнения. От Англия Едингтън писал на Айнщайн: „Може би ще се изненадате да научите, че един от най-големите универсални магазини в Лондон («Селфридж») постави на прозорците си вашата статия (шестте страници една до друга), така че всеки минаващ да може да я прочете. Събират се огромни тълпи.“<sup>[3]</sup>

През 1946 г. Ервин Шрьодингер също налупал въдицата, когато решил, че е открил прословутата обща теория на полето. Много набързо — нещо съвсем нетипично за времето си (но не и днес) — свикал пресконференция, на която дошъл дори премиерът на Ирландия Иймън де Валера. Когато го запитали дали наистина е уверен, че е успял най-сетне да изнамери общата теория на полето, Шрьодингер отвърнал: „Смятам, че успях. Ако греша, ще се изложи като последния глупак.“<sup>[4]</sup> (От „Ню Йорк Таймс“ разбрали за пресконференцията и разпратили текста на Айнщайн и други физици за коментар. Айнщайн с тъга забелязал, че Шрьодингер е преоткрил една стара теория, която самият той предложил преди години, но била отхвърлена. Въпреки любезния отговор Шрьодингер се почувствал дълбоко унизен.)

През 1958 г. Джеръми Бърнстейн участвал в семинар в Колумбийския университет, на което Волфганг Паули представил своята версия на общата теория на полето, разработена заедно с Вернер Хайзенберг. Присъстващият Нилс Бор никак не изглеждал впечатлен. Накрая станал от мястото си и казал: „Всички отзад сме убедени, че теорията ви е безумна. Не можем да решим обаче дали е достатъчно безумна.“<sup>[5]</sup>

Паули моментално разбрал какво искал да каже Бор — че теорията Хайзенберг-Паули е прекалено конвенционална и обикновена, за да бъде обща теория на полето. За да се „прочете замисълът на Бог“, трябва да се разработят коренно различна математика и идеи.

Мнозина физици са убедени, че зад всичко съществува една проста, елегантна и убедителна теория, която въпреки това е достатъчно безумна и абсурдна, за да бъде вярна. Джон Уилър от Принстън посочва, че през XIX в. обясняването на огромното разнообразие на живота на Земята изглеждало безнадеждна задача, но след като Чарлс Дарвин предложил тезата си за естествения подбор, се появила една-единствена теория, представляваща необходимият за целта инструмент.

Нобеловият лауреат Стивън Уайнбърг използва друга аналогия. Според географските карти, описващи дръзките пътешествия на откривателите след Колумб, би трябвало да има „северен полюс“, но не съществувало пряко доказателство за това. На всяка карта на Земята на мястото на полюса зеела огромна празнина и затова първите откриватели просто приели, че полюсът съществува, макар че никой така и не отишъл там. Съвременните физици са като онези мореплаватели — откриват редица индиректни свидетелства за съществуването на всеобща теория, но не могат да стигнат до консенсус какво би трябвало да представлява тя.

#### ИСТОРИЯ НА СТРУННАТА ТЕОРИЯ

Една от теориите, която несъмнено е „достатъчно безумна“, за да бъде обща теория на полето, е струнната теория, или М-теорията. Тя била открита съвсем случайно, приложена към неподходящ проблем, захвърлена като напълно безполезна и ненадейно съживена като „теория на всичко“. И в последния си анализ — тъй като е невъзможно да се правят малки промени, без да се унищожи цялата теория — тя ще се окаже или „теория на всичко“, или „теория на нищото“.

Причината за тази странна история се крие в това, че теорията е била разработвана отпред назад. Обикновено при теориите — като тази на относителността например — се започва с фундаменталните физични принципи. След това тези принципи се смилат до група основни класически уравнения. Накрая се изчисляват квантовите

флуктуации на уравненията. Струнната теория се е развила наопаки, започвайки със случайното откриване на нейната квантова теория. Физиките и до днес се чудят на какви точно физични принципи се основава.

Произходът на струнната теория може да се проследи до 1968 г., когато двамата млади физици Габриеле Венециано и Махико Сузуки от Европейския център за ядрени изследвания (*CERN*) в Женева независимо един от друг разлиствали учебник по математика и попаднали на бета-функцията на Ойлер — забравен математически израз на Леонард Ойлер от XVIII в., който по една случайност сякаш се отнасял за света на елементарните частици. С огромна изненада открили, че абстрактната формула като че ли описва сблъсъка на два мезона с огромни енергийни заряди. Моделът на Венециано скоро се превърнал в истинска сензация и се появили стотици статии, опитващи се да го обобщят и да опишат ядрените сили.

С други думи, теорията била открита съвсем случайно. Едуард Уитън от Института за модерни изследвания (когото мнозина сочат като творческия двигател на много от зашеметяващите постижения на теорията) отбелязва: „По принцип физиките от XX в. не би трябвало да имат привилегията да се занимават с тази теория. По принцип струнната теория не би трябвало да има как да бъде разработена...“<sup>[6]</sup>

Много добре си спомням какво оживление създаде появата на струнната теория. По онова време все още бях студент по физика в Калифорнийския университет в Бъркли. Няма да забравя как преподавателите клатеха глави и заявяваха, че по такъв начин наука не може да се прави. В миналото физиката обикновено се основавала на безкрайно подробни описания на заобикалящия ни свят, формулиране на няколко работни хипотези, внимателна проверка на идеите спрямо наличните данни и педантично повтаряне на процеса отново и отново. Струнната теория представляваше абсолютно интуитивен метод, основаващ се просто на познаването на верния отговор. Подобни спиращи дъха скокове не би трябвало изобщо да са възможни.

Тъй като субатомните частици не могат да се видят дори и с най-мощните микроскопи, за анализа им физиките разчитат на бруталния, но ефективен начин да ги смачкват чрез огромни количества енергия. Милиарди долари са похарчени за построяването на огромни „атомни разбивачи“ или ускорители на частици с много километри дължина, в



които се създават лъчи от сблъскващи се една в друга субатомни частици. След опита физиците грижливо измерват останките от сблъсъка. Целта на този мъчителен процес е да се извлекат серии числа, наречени матрица на разпръсването, или  $S$ -матрица. Този набор числа е особено важен, тъй като съдържа в себе си цялата достъпна за физиката на елементарните частици информация — т.е., ако знаем  $S$ -матрицата, можем да изведем свойствата на частиците.

Една от целите на физиката на елементарните частици е да се предскаже математическата структура на  $S$ -матрицата за силните взаимодействия — толкова трудна задача, че някои физици я смятаха за непосилна. Можете да си представите каква сензация предизвикаха Венециано и Сузуки, когато просто разпознаха  $S$ -матрицата, ровейки се в стар учебник.

Моделът бил напълно различен от всичко познато до този момент. Обикновено когато някой предлага нова теория (като тази за кварките), учените започват да я човъркат, да променят някои прости параметри (като масата на частиците или силата на сливането). Моделът на Венециано бе толкова прецизно изработен, че и най-малкото нарушаване на основните му симетрии правеха на пух и прах цялата формула. Подобно на деликатно обработено парче кристал, всеки опит за промяна на формата ѝ можеше да я пръсне на парчета.

От стотиците тривиални опити за промяна на параметрите ѝ и оттук — за унищожаването на красотата ѝ, днес не е оцелял нито един. Единствените, които все още се помнят, са опитите да се разбере защо изобщо работи тази теория — т.е., опитите да се разберат симетриите ѝ. В Края на краищата физиците разбраха, че тази теория няма каквито и да било поддаващи се на настройка параметри.

Колкото и да е забележителен, моделът на Венециано също има няколко проблема. Първо, физиците разбраха, че той не представлява цялостна картина, а само едно приблизително решение на окончателната  $S$ -матрица. Бънджи Сакита, Мигуел Вирасоро и Кейджи Кикава (които тогава бяха в университета на Уисконсин) се досетиха, че  $S$ -матрицата може да се разглежда като безкрайна серия от елементи и че моделът на Венециано е само първият и най-важен елемент. (Най-общо казано всеки елемент в серията представлява броят начини, по които частиците могат да се сблъскат една с друга. Те постулираха някои от правилата, чрез които могат приблизително да се изградят по-

висши елементи. В докторската си дисертация реших да завърша тази програма и да направя всички възможни корекции в модела на Венециано. Двамата с колегата ми Л. П. Ю успяхме да изчислим безкрайния набор коригиращи елементи към модела.)

Накрая Йоширо Намбу от Чикагския университет и Тецуо Гото от университета в Нихон идентифицираха ключовата характеристика, благодарение на която моделът работи — трептящата струна. (По същата тема работеха и Ленард Съскайнд и Холгър Нилсен.) Когато една струна се сблъсква с друга, тя създава описваната от модела на Венециано S-матрица. Според това виждане частицата не е нищо друго, освен трептене или нота на струна. (По-късно ще се спрем подробно на тази концепция.)

Нещата се развиваха бързо. През 1971 г. Джон Шварц, Андре Невьо и Пиер Рамон генерализираха струнния модел и включиха в него нов елемент, наречен спин, като по този начин го направиха реалистичен кандидат за взаимодействията между частиците. (Както ще видим, всички субатомни частици се въртят като миниатюрни пумпали. Стойността на спина в квантови единици е или цяло число като 0,1 или 2, или половин цяло число, като  $1/2$ ,  $3/2$  и т.н. Забележителното е, че струната на Невьо-Шварц-Рамон дава точно такива спинове.)

Това обаче не ме задоволяваше. Двойният резонансен модел, както го нарекоха, представляваше несвързана колекция от странни формули и изсмукани от пръстите правила. Цялата физика от последните сто и петдесет години се основаваше на „полета“, въведени за първи път от английския учен Майкъл Фарадей. Представете си магнитните линии, създадени от магнита. Тези силови линии изпълват целия космос, подобно на паяжина. Във всяка точка от пространството можем да измерим силата и посоката на магнитните силови линии. Подобно на тях, полето е математически обект, който приема различни стойности във всяка точка на пространството. Така полето ни дава силата на магнитната, електрическата и ядрената сила във всяка точка на вселената. Поради това фундаменталното описание на електричеството, магнетизма, ядрената сила и гравитацията се основава на полета. Защо струните да бъдат по-различни? Нужна бе една „полева теория на струните“, позволяваща да се обобщи цялото съдържание на теорията в едно-единствено уравнение.

През 1974 г. реших да се заема с този проблем. Заедно с Кейджи Кикава от университета в Осака успяхме успешно да извлечем полевата теория на струните. В едно съвсем кратко уравнение с дължина не повече от 3 см успяхме да обобщим цялата съдържаща се в струнната теория информация.<sup>[7]</sup> След като формулирахме полевата теория на струните, трябваше да убедя научната общност в нейната сила и красота. През лятото на същата година участвах на една конференция по теоретична физика в центъра „Аспен“ в Колорадо и изнесох доклад пред малка, но подбрана група физици. Бях доста нервен — присъстваха Нобеловите лауреати Мъри Гелман и Ричард Файнман, прочути с навика си да задават резки и неудобни въпроси, които често караха говорещия да съжاليا, че е взел думата. (По време на един свой доклад Стивън Уайнбърг начерта на черната дъска ъгъл и го oznaчи с  $W$  в своя чест. Файнман веднага се поинтересува какво означава буквата. Уайнбърг понечи да отговори, когато Файнман изкрещя „Грешка!“ (*Wrong!*) и взриви аудиторията. Въпреки настъпилата веселба Уайнбърг все пак се смя последен. Ъгълът представляваше ключова част от теорията му, която обединяваше електромагнитното и слабото ядрено взаимодействие и която по-късно му донесе Нобелова награда.)

В изложението си подчертах, че полевата теория на струните може да даде най-простия и всеобхватен подход към струнната теория, която представляваше до голяма степен сбирщина от несвързани помежду си формули. С нашия подход струнната теория можеше да се опише с едно-единствено кратко уравнение. Всички свойства на модела на Венециано, всички елементи на безкрайната апроксимация на пертурбациите и всички свойства на въртящите се струни можеха да се извлекат от формула, която можеше да се напише и върху листче от курабийка с късметчета. Обърнах внимание на прекрасните симетрии на струнната теория, която я прави така мощна и приятна за окото. Когато се движат в континуума пространство-време, струните се носят по двуизмерни повърхности, приличащи на ивици. Теорията остава една и съща независимо какви координати използваме, за да опишем това двуизмерно пространство. Никога няма да забравя как след лекцията Файнман дойде при мен и ми каза: „Може и да не съм напълно съгласен със струнната теория, но докладът ви беше един от най-прекрасните, които съм слушал.“

ДЕСЕТТЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Но едва поела по пътя си, струнната теория започна да се разнищава. Клод Ловелас откри, че в оригиналния модел на Венециано има малка математическа пукнатина, която може да се елиминира, ако континуумът пространство-време имаше двадесет и шест измерения. Освен това се оказа, че суперструнният модел на Невьо, Шварц и Рамон може да съществува само при наличието на десет измерения.<sup>[8]</sup> Това шокира физиците. Подобно нещо бе неவிждано в цялата история на науката. Никъде другаде не може да се намери теория, която сама да избира измеренията си. Теориите на Нютон и Айнщайн например могат да се формулират в каквото и да било измерение. Прочутата обратна квадратна сила на гравитацията например може да се преобразува в обратна кубична сила за четири измерения. А струнната теория можеше да съществува само при определено количество измерения.

От практична гледна точка това бе истинска катастрофа. Всеобщо се приемаше, че нашата вселена съществува в трите измерения на пространството (дължина, височина и ширина) и в четвъртото измерение на времето. Допускането на вселена с десет измерения означаваше, че теорията по-скоро трябва да се причисли към научната фантастика. Защитниците на теорията станаха обект на подигравки. (Джон Шварц си спомня как докато пътували в асансьора, Ричард Файнман ехидно го попитал: „Джон, в колко измерения живееш днес?“<sup>[9]</sup>) Както и да се опитваха да спасят модела, той бързо се срина. Само заклетите ентузиастични продължиха да работят върху струнната теория — една нелека и твърде самотна задача по онова време.

Двама от ентузиастите, които продължиха да работят през онези мрачни години, бяха Джон Шварц от „Кал Тек“ и Жьоел Шерк от Висшето училище за естествени науки в Париж. Дотогава се смяташе, че струнният модел описва само силните ядрени взаимодействия. Съществуваше обаче един проблем — моделът предсказваше странна частица, която не се появяваше при силните взаимодействия, има нулева маса и две квантови единици спин. Всички опити да се отърват от досадната частица се проваляха. Всеки път когато някой се опитваше да я елиминира, моделът рухваше и губеше магическите си свойства. Сякаш тази нежелана от никого частица държеше цялата му тайна.

Шерк и Шварц направиха дръзкото предположение, че пукнатината в модела е може би истинска благословия. Ако непокорната частица със спин две се интерпретира като гравитон

(частицата на гравитацията, която би трябвало да съществува според теорията на Айнщайн), тогава теорията включва в себе си теорията за гравитацията на Айнщайн! (С други думи, общата теория на относителността просто се появява като най-ниско трептене или нота на суперструната.) По ирония на съдбата, докато останалите квантови теории се мъчеха по всякакъв начин да избягват по какъвто и да било повод гравитацията, струнната теория настоява за наличието ѝ. (Това всъщност е една от привлекателните ѝ черти — гравитацията трябва да присъства, иначе теорията ще е непоследователна.) С този дързък ход учените разбраха, че струнният модел е бил прилаган към неподходящ проблем. Той не би трябвало да бъде просто теория на силните ядрени взаимодействия, а „теория на всичко“. Както посочи Уитън, една от привлекателните черти на струнната теория е в това, че тя изисква наличието на гравитация. Докато стандартните теории на полето от десетилетия не можеха да включат гравитацията, за струнната теория тя е просто задължителна.

Въпреки това оригиналната идея на Шерк и Шварц продължи да бъде подминавана, без да ѝ се обръща внимание. За да може теорията да опише едновременно гравитацията и света на елементарните частици, струните трябваше да бъдат с дължина едва  $10^{-33}$  (дължината на Планк), или с други думи — милиард милиарди пъти по-малки от протона. А това бе прекалено, за да се приеме от останалите учени.

Към средата на 80-те обаче другите опити да се достигне до обща теория на полето започнаха да се препъват. Теориите, опитващи се наивно да прикачват гравитацията към Стандартния модел, затъваха в тресавището на безкрайностите (които ще обясня съвсем накратко). Всеки път когато някой се опитваше да бракосъчетае насила гравитацията с другите квантови сили, се стигаше до математически противоречия, които убиваха теорията. (Айнщайн смятал, че може би при създаването на вселената Бог е нямал избор. Една от причините може да е в това, че съществува една-единствена теория, която е свободна от всички тези математически противоречия.)

Математическите противоречия са два основни вида. Първият е проблемът с безкрайностите. Обикновено квантовите флуктуации са нищожно слаби. Квантовите ефекти обикновено са само малки поправки към Нютоновите закони за движението. Ето защо можем в повечето случаи да ги игнорираме в нашия едромащабен свят — те са

прекалено малки, за да се забелязват. Когато обаче в квантовата теория се включи и гравитацията, флуктуациите стават безкрайни, което е безсмислено. Второто математическо противоречие е свързано с „аномалиите“ — малки аберации в теорията, които се появяват, когато добавяме квантови флуктуации към дадена теория. Тези аномалии съсипват оригиналната симетрия на теорията и така я лишават по най-брутален начин от първоначалната ѝ сила.

Представете си например конструктор на космически кораб, който трябва да проектира аеродинамично средство за безпрепятствено движение в атмосферата. Ракетата трябва да притежава безупречна симетрия, за да намали триенето на въздуха (в случая — цилиндрична симетрия, така че ракетата да остава една и съща както и да я завъртим по надлъжната ос). Такава симетрия се нарича  $O_{(2)}$ . Съществуват обаче два потенциални проблема. Първо, ракетата се движи с огромна скорост и в крилете ѝ могат да започнат вибрации. Обикновено те са прекалено слаби за движещите се под звуковата бариера самолети. При пътуването със свръхзвукови скорости обаче тези флуктуации стават все по-интензивни и са способни да откъснат крилото. Подобни дивергенции тормозят всяка квантова теория на гравитацията. Обикновено те са прекалено малки и могат да се пренебрегнат, но при квантова теория на гравитацията направо ви избухват в лицето.<sup>[10]</sup>

Вторият проблем е свързан с появата на пукнатини по корпуса на ракетата. Те разрушават първоначалната  $O_{(2)}$  симетрия и макар отначало да са малки, могат да се увеличат и да разкъсат корпуса. Подобни „пукнатини“ са в състояние да унищожат и симетриите в теорията на гравитацията.

Има два начина за решаването на тези проблеми. Единият е да се намери решение тип „Бърза помощ“ — пукнатините да се закърпят, крилете да се подсилят с шини и да се надяваме, че ракетата няма да гръмне в атмосферата. Повечето физици постъпват именно така при опитите си да бракосъчетаят гравитацията с квантовата теория. Опитват се да замажат проблемите. Вторият начин е всичко да се започне отначало — с нова форма и нови екзотични материали, способни да издържат на изпитанията на пътуването в космоса.

Физиците прекараха десетилетия в опити да закърпят квантовата теория на гравитацията само за да открият, че безнадеждно се оплитат във все повече отклонения и аномалии. Постепенно учените започнаха

да разбират, че решението е да загърбят подхода на „Бързата помощ“ и да изградят напълно нова теория.<sup>[11]</sup>

#### ПОБЕДОНОСНАТА СТРУНА

През 1984 г. нещата около струнната теория коренно се промениха. Джон Шварц от „Кал Тек“ и Майк Грийн от колежа „Куин Мери“ в Лондон показаха, че струнната теория не страда от всички онези противоречия, обезсмислили толкова много други теории. Физиците вече знаеха, че в струнната теория няма математически дивергенции. Шварц и Грийн обаче показаха, че в нея липсват и аномалии. В резултат на това струнната теория се превърна в основен (а днес и единствен) кандидат за теория на всичко.

Най-неочаквано теорията, смятана за отдавна мъртва, възкръсна и от „теория на нищото“ се превърна в „теория на всичко“. Безброй физици отчаяно се опитваха да прочетат статиите за струнната теория. От изследователски лаборатории по цял свят се понесоха лавини от нови публикации. Старите материали, събирали прах по библиотеките, внезапно станаха хитове. Идеята за паралелни вселени, смятана навремето за прекалено смахната, за да бъде приемлива, сега стана основна тема на стотици конференции и десетки хиляди публикации.

(В един момент нещата излязоха от контрол, когато някои физици заболяха от „нобелова треска“. През август 1991 г. списание „Дискавър“ дори излезе със сензационното заглавие „Новата теория на всичко — учен се справя с върховната загадка на вселената“. В статията се цитираше един физик, втурнал се с всички сили по пътя към славата. „Нямам намерение да бъда скромен. Ако нещата проработят, ще спечеля Нобеловата награда“<sup>[12]</sup>, гръмко заявяваше той. Когато критиците изтъкнаха, че струнната теория все още се намира в бебешката си фаза на развитие, той презрително отвърна: „Най-големите светила казват, че ще са нужни четиристотин години, за да се докаже теорията. Аз пък им казвам да си затварят устата.“)

Треската за злато бе в разгара си.

В крайна сметка се стигна до реакция срещу „печелившия вагон“. Един физик от Харвард подигравателно изтъкна, че струнната теория изобщо не е дял от физиката, а по-скоро на чистата математика, философия, а защо не и религия. Нобеловият лауреат Шелдън Глашоу от Харвард пое атаката, сравнявайки печелившия вагон на

суперструнната теория с програмата „Звездни войни“ (която погълна огромни средства и въпреки това никога не може да бъде проверена). Глашоу заяви, че всъщност страшно се радва, че толкова много млади физици работят върху струнната теория, защото това осигурявало място на наследника му. Когато го запитаха за коментара на Уитън, че струнната теория може да се окаже господстващата теория във физиката за следващите петдесет години подобно на квантовата механика за изминалия половин век, той отвърна, че струнната теория ще доминира във физиката по същия начин, по който доминираше и теорията на Калуза-Клайн (която смята за „смахната“) — с други думи, никак. Глашоу се опита да държи привържениците на струнната теория по-далеч от Харвард, но следващото поколение физици не последваха примера му и скоро самотният глас на Нобеловия лауреат заглъхна. (Оттогава в Харвард постъпиха неколцина млади теоретици.)

#### КОСМИЧЕСКАТА МУЗИКА

Някога Айнщайн бе казал, че ако една теория не е в състояние да предложи физическо изображение, разбираемо и за дете, то тя е по всяка вероятност безполезна. За щастие зад струнната теория има много проста физическа картина, основана на музиката.

Според струнната теория, ако разполагахме с някакъв съвършен микроскоп, позволяващ ни да надзърнем в сърцето на електрона, ще видим не голяма колкото точка частица, а трептяща струна. (Която е изключително къса — дължината ѝ е  $10^{-33}$  см, или дължината на Планк, поради което всички субатомни частици изглеждат като точки.) Ако дръпнем струната, трептенето ѝ ще се промени и неутронът може да се превърне в неутрино. Дърпаме я отново и вместо неутрино получаваме кварк. Всъщност ако продължаваме да дърпаме достатъчно упорито струната, ще получим всяка известна елементарна частица. Така струнната теория може лесно да обясни огромния брой частици. Те не са нищо друго, освен различни „ноти“, които могат да се изсвирят на суперструната. Ще дам за сравнение струната на цигулка — за нея нотите ла, си или до не са фундаментални. Можем да получим всички ноти от гамата, просто като дърпаме струната по различни начини. Например си не е по-фундаментална от сол. Всички те не са нищо друго, освен ноти на струната на цигулката. По същия начин фундаментални са не електроните и кварките, а самата струна.



Всъщност всички елементарни частици във вселената могат да се разглеждат просто като различни вибрации на струната. А законите на физиката са „хармониите“ на струната.

Струните могат да си взаимодействат, като се разделят и свързват отново, като по този начин създават взаимодействията, които наблюдаваме между електроните и протоните в атомите. Така чрез струнната теория можем да възпроизведем всички закони на атомната и ядрената физика. „Мелодиите“, които могат да се възпроизведат със струните, съответстват на законите на химията. Така вселената може да се разглежда като една огромна симфония за струнни инструменти.

Струнната теория обяснява не само частиците на квантовата теория като музикални ноти на вселената, но и теорията на относителността на Айнщайн — най-ниското трептене на струната, или частицата със спин 2 и нулева маса, може да се интерпретира като гравитон — частица или квант на гравитацията. Ако изчислим взаимодействията между тези гравитони, ще получим точно старата теория на Айнщайн за гравитацията, но в квантова форма. Когато се движи, прекъсва и променя, струната ограничава неимоверно континуума пространство-време. Когато анализираме това ограничаване, отново ще открием старата обща теория на относителността. Така струнната теория спретнато обяснява теорията на Айнщайн без допълнителни средства. Едуард Уитън изтъкна, че ако Айнщайн не бе открил теорията на относителността, неговата теория би го направила като страничен продукт на струнната теория. В известен смисъл общата теория на относителността не е свободна.

Красотата на струнната теория е в това, че може да се оприличи на музика. Музиката осигурява метафората, с чиято помощ сме в състояние да разберем вселената както на субатомно, така и на космическо ниво. Както пише известният цигулар Йехуди Менухин, „музиката създава ред от хаоса — ритъмът налага единодушие над разногласията, мелодията — приемственост в разпокъсаността, а хармонията — съвместимост сред противоречията“<sup>[13]</sup>.

Айнщайн бе писал, че търсенето на обща теория на полето в крайна сметка ще му позволи да „прочете замисъла на Бог“. Ако струнната теория е вярна, днес ние виждаме, че замисълът на Бог представлява космическа музика, звучаща в десетизмерно хиперпространство. Както отбелязва Готфрид Лайбниц, „музиката е

скритото математическо упражнение на душата, която не осъзнава, че изчислява“<sup>[14]</sup>.

Исторически връзката между музиката и науката била установена някъде около V в. пр.Хр., когато питагорейците открили законите на хармонията и ги описали математически. Те забелязали, че издаваният от лирата тон съответства на дължината на струната. Ако дължината се удвои, тонът пада с цяла октава. Ако се скъси с две трети, тонът се качва с една пета. Така законите на музиката и хармонията могат да се сведат до точни числови съотношения. Нищо чудно, че мотото на питагорейците било „Всички неща са числа“. Отначало те били толкова доволни от получения резултат, че се опитали да приложат законите на хармонията към цялата вселена. Опитът им се провалил поради изключително сложното устройство на материята. Все пак в известен смисъл физиците се връщат към тяхната мечта с помощта на струнната теория.

Коментирайки тази историческа връзка, Джейми Джеймс отбелязва: „Музиката и науката били идентифицирани една с друга толкова дълбоко в миналото, че всеки, който смятал, че помежду им съществува съществена разлика, бил смятан за невежа. Ако днес някой се осмели да каже, че между тях има нещо общо, рискува да бъде сметнат за простак от едната група и за дилетант от другата. А най-лошото е, че и двете страни ще го заклеймят като популяризатор.“<sup>[15]</sup>

#### ПРОБЛЕМИ НА ХИПЕРПРОСТРАНСТВОТО

Но ако наистина по-висшите измерения съществуват не само в математиката, а и около нас, тогава привържениците на струнната теория трябва да се изправят пред същите проблеми, които измъчвали Теодор Калуза и Феликс Клайн през 1921 г., когато формулирали първата многомерна теория — къде са тези други измерения?

Никому неизвестният дотогава математик Калуза писал на Айнщайн с предложението да формулира уравненията му в пет измерения (едно за времето и четири за пространството). От математическа гледна точка това не представлявало проблем, тъй като уравненията на Айнщайн спокойно могат да се изведат за произволен брой измерения. В писмото обаче имало едно стряскащо наблюдение — ако съдържащите се в петмерните уравнения четиримерни части се премахнат, автоматично ще се получи теорията за светлината на

Максуел! С други думи, теорията на Максуел за електромагнитната сила изскача направо от уравненията на Айнщайн за гравитацията — достатъчно е просто да добавим още едно измерение. Макар и да не можем да видим петото измерение, в него се образуват вълни, които съответстват на светлинните! Това е много благодатен резултат, тъй като поколения физици и инженери през последните 150 години трябва да наизустяват трудните уравнения на Максуел. А сега сложните формули се появяват съвсем лесно като най-обикновени трептения в петото измерение.

Представете си риба в плитък басейн, плуваща непосредствено под водните лилии, за която „вселената“ има само две измерения. Нашият триизмерен свят ще бъде недосегаем за нея. Съществува обаче начин, по който рибата може да долови наличието на третото измерение. Ако завали, тя ясно ще види сенките на вълничките по повърхността на езерото. По същия начин ние не сме в състояние да видим петото измерение, но възприемаме неговите вълнички като светлина.

(Теорията на Калуза била прекрасна и представлявала истинско откровение по отношение на силата на симетрията. По-късно бе показано, че ако добавим още измерения към старата теория на Айнщайн и ги накараме да трептят, ще получим  $W^-$  и  $Z$ -бозоните и глюоните от слабото и силното ядрено взаимодействие! Ако защитаваната от Калуза теза била вярна, тогава вселената очевидно щяла да се окаже далеч по-проста, отколкото се мислело дотогава. Просто вибриращите измерения пораждат силите, управляващи нашия свят.)

Шокираният Айнщайн решил, че резултатът е прекалено хубав, за да бъде верен. По-късно в теорията на Калуза започнали да се появяват проблеми, които в крайна сметка я направили безполезна. Първо, тя била изпълнена с дивергенции и аномалии, което е типично за квантовите теории на гравитацията. Второ, налице бил и далеч по-обезпокоителният въпрос защо не виждаме петото измерение. Когато изстрелваме стрели в небето, те не изчезват в някакво друго измерение. Да вземем дима, който постепенно обхваща цялото пространство. Той никога не е бил забелязван да изчезва в по-висше измерение и затова физиците разбрали, че ако съществуват изобщо, тези други измерения трябва да бъдат много по-малки от атома. През изминалия век мистици

и математици бяха обсебени от по-висшите измерения, но за разлика от тях физиците отхвърлиха идеята с презрение, тъй като никой не е наблюдавал тела да навлизат в тях.

За да спасят теорията, учените трябваше да приемат, че тези по-висши измерения са толкова малки, че не могат да се наблюдават. Тъй като нашият свят има четири измерения, това означава, че петото трябва да бъде свито в кръг с диаметър по-малък от атом — прекалено малък, за да се наблюдава експериментално.

Струнната теория се изправя пред същия проблем. Налага ни се да свием тези нежелани нови измерения в мъничко топче (процес, наречен компактификация). Според струнната теория вселената първоначално е била десетизмерна и всички сили са били обединени в една струна. Това десетизмерно хиперпространство обаче било нестабилно и шест от измеренията започнали да се свиват в малкото топче, оставяйки останалите четири да се разширяват при Големия взрив. Причината да не можем да видим останалите измерения е в това, че те са много по-малки от атом и затова в тях не може да проникне нищо. (Например отдалеч градинският маркуч и сламката изглеждат едномерни, притежаващи единствено дължина. Ако обаче ги разгледаме отблизо ще открием, че всъщност те представляват двуизмерни повърхности или цилиндри, но второто измерение е свито и затова не се вижда.)

#### ЗАЩО ТОЧНО СТРУНИ

Макар че предишните опити за формулиране на обща теория на полето се провалиха, струнната теория устоя на всички предизвикателства. На практика тя няма съперник. Има две причини, поради които теорията успя там, където редица други претърпяха поражение.

Първо, като основаваща се на издължен обект (струна) теория, тя избягва много от дивергенциите, свързани с частиците точки. Както забелязва още Нютон, гравитационната сила около частицата точка става безкрайна с нашето приближаване към нея. (Според прочутия обратно квадратичен закон силата на гравитацията расте като  $1/r^2$ , така че клони към безкрайност с приближаването до точката — т.е., когато  $r$  стане равно на нула, гравитацията става  $1/0$ , което е безкрайност.)

Силата си остава безкрайна при приближаването до частицата точка и при квантовата теория. През изминалите десетилетия Файнман и редица други създадоха серия заплетени правила, целящи да потулят тези и редица други видове отклонения. Но за квантовата теория на гравитацията дори всички фокуси на Файнман са недостатъчни, за да разрешат проблема с безкрайностите. Проблемът е в това, че частиците точки са безкрайно малки, а това означава, че техните сили и енергии потенциално са също такива.

Ако разгледаме обстойно струнната теория, ще открием два механизма, които могат да елиминират тези дивергенции. (Грубо казано струната има определена дължина и това означава, че силите не клонят към безкрайност с приближаването към нея. При самата струна силите могат да растат до  $1/L^2$ , където  $L$  е дължината на струната, която е от порядъка на дължината на Планк, или  $10^{-33}$  см. Именно тя прекъсва дивергенциите.) Тъй като струната не е частица-точка, а има определен размер, може да се покаже, че дивергенциите се „размазват“ по нея и така всички физични величини стават крайни.

Макар и да изглежда интуитивно ясно, че дивергенциите на струнната теория са крайни, точното математическо изразяване на този факт е доста трудно и се прави чрез „елиптична модулarna функция“ — една от най-странните функции в математиката. Историята ѝ е толкова необичайна, че заема ключова роля в холивудския филм „Добрият Уил Хънтинг“. Филмът разказва за едно грубо необразовано хлапе (чиято роля е изиграна от Мат Деймън) от работническите квартали на Кембридж, което показва необичаен математически талант. Когато не се бие с местните здравеняци, момчето работи като чистач в Масачузетския технологичен институт. Професорите от института с огромна изненада откриват, че уличният побойник всъщност е математически гений, способен просто ей така да намира отговорите на смятани за нерешими математически проблеми. Когато научава, че чистачът сам-самичък е изучил висшата математика, един от тях възкликва, че са открили „следващия Рамануджан“.

Всъщност „Добрият Уил Хънтинг“ е в общи линии основан на живота на Рамануджан — най-големият математически гений на XX в., израснал в бедност в Мадрас, Индия. Живеейки в изолация, той успял самостоятелно да повтори по-голямата част от постиженията на европейската математика от XIX в. Кариерата му била като на

свърхнова, за кратко озарила небесата. Рамануджан починал трагично на тридесет и седем годишна възраст, болен от туберкулоза. Подобно на Мат Деймън в „Добрият Уил Хънтинг“, Рамануджан мечтаел да открие уравнение (в този случай елиптичната модулarna функция), притежаващо странни и прекрасни свойства, но само в пространство с двадесет и четири измерения. Математиците все още се опитват да дешифрират „изгубените записки на Рамануджан“, намерени след смъртта му. Връщайки се към труда на индийския гений, ние виждаме, че той може да се преработи и за осем измерения и да се приложи пряко към струнната теория. Учените добавят още две измерения, за да конструират физичната теория. (Например при поляризираните слънчеви очила се използва фактът, че светлината има две поляризации — тя може да трепти отляво надясно и отгоре надолу. Математическото формулиране на светлината в уравненията на Максвел обаче се състои от четири компонента. Две от тези вибрации всъщност са добавени допълнително.) Когато добавим още две измерения към функциите на Рамануджан, „магическите числа“ на математиката стават 10 и 26 — също като „магическите числа“ на струнната теория. Така че в известен смисъл можем да кажем, че Рамануджан е разработвал струнната теория още преди Втората световна война.

Прочутите свойства на тези елиптични модулари функции обясняват защо теорията трябва да съществува в десет измерения. Само тогава като чрез магия изчезват повечето от гибелните за другите теории дивергенции. Но сама по себе си топологията на струните не е достатъчна за елиминирането на всички дивергенции. Останалите изчезват благодарение на втората характеристика на струнната теория — нейната симетрия.

#### СУПЕРСИМЕТРИЯ

Струната притежава една от най-големите известни на науката симетрии. В 4 глава при обсъждането на инфлационната теория и Стандартния модел видяхме, че симетрията ни дава красив начин, по който да подредим субатомните частици в приятни и елегантни редици. Трите типа кварки могат да се подредят според симетрията  $SU(3)$ , при която се обменят три кварка. Смята се, че във Великата обща теория петте типа кварки и лептони могат да се наредят според симетрията  $SU(5)$ .

В струнната теория тези симетрии унищожават оставащите дивергенции и аномалии. Тъй като симетриите са сред най-красивите и мощни средства, с които разполагаме, може да се очаква, че една всеобхватна теория за вселената трябва да притежава най-елегантната и мощна симетрия, позната на науката. Логическият избор е симетрия, която разменя не само кварки, но и всички съществуващи в природата частици — т.е., уравненията остават едни и същи, дори и да разбъркаме всички елементарни частици. Това съвсем точно описва симетрията на суперструната, наречена суперсиметрия.<sup>[16]</sup> *Това е единствената симетрия, при която е възможна взаимната размяна на всички известни на физиката елементарни частици.* С това свое качество суперсиметрията е идеалният кандидат за симетрия, подреждаща всички частици във вселената в едно-единствено и елегантно цяло.

Ако разгледаме силите и частиците във вселената ще видим, че всички те попадат в две категории в зависимост от спина — „фермиони“ и „бозони“ и действат като миниатюрни пумпали, способни да се въртят с различни скорости. Например фотонът — частицата на светлината, която е носител на електромагнитната сила — има спин 1. Слабото и силното ядрено взаимодействие се осъществяват от W-бозони и глюони, които също имат спин 1. Гравитонът, или частицата на гравитацията, е със спин 2. Всички тези частици, при които спинът е цяло число, се наричат бозони. Частиците на материята се описват с елементарни частици, при които спинът е половина от цяло число —  $1/2$ ,  $3/2$ ,  $5/2$  и т.н. Те се наричат фермиони и към тях се отнасят електронът, неутриното и кварките. Така суперсиметрията е елегантен начин за представяне на дуалността между бозони и фермиони, между силите и материята.

В една суперсиметрична теория всяка субатомна частица си има партньор — на всеки фермион съответства бозон. Макар и да не са в състояние да видят тези суперсиметрични двойки, учените са кръстили партньора на електрона селектрон, притежаващ спин 0. (Добавеното „s“ има за цел да опише суперпартньора на дадена частица.) При слабите взаимодействия участват частици, наречени лептони. Техните суперпартньори са слептони. По същия начин кваркът може да има партньор със спин 0, наречен скварк. В общи линии партньорите на известните частици (кварки, лептони, гравитони, фотони и т.н.) се наричат s-частици или суперчастици. Тези s-частици тепърва предстои

да бъдат открити в нашите ускорители (които може би все още не са достатъчно мощни, за да могат да ги създадат).

Тъй като всички субатомни частици са фермиони или бозони, една суперсиметрична теория има потенциала да ги обедини всички в една проста симетрия. *Сега разполагаме със симетрия, способна да включи в себе си цялата вселена.*

Да вземем например една снежинка. Нека всеки от шестте ѝ лъча да представлява субатомна частица, като единия лъч е бозон, а следващият — фермион. Красотата на тази „суперснежинка“ е в това, че когато я въртим, тя остава една и съща. Така суперснежинката обединява всички частици и техните s-частици. Така че ако се опитваме да конструираме една хипотетична обща теория на полето, в която участват само шест частици, естественият кандидат би трябвало да е суперснежинката.

Суперсиметрията ни помага да елиминираме оставащите безкрайности, които са фатални за другите теории. Вече споменахме, че повечето дивергенции се елиминират заради топологията на струната — т.е. поради факта, че тя има крайна дължина и това не позволява на силите да клонят към безкрайност при приближаването към нея. Ако разгледаме останалите дивергенции ще видим, че те са два типа и са породени от взаимодействията между бозони и фермиони. Тези две съставки обаче винаги се появяват с обратни стойности и затова приносът на бозона се унищожава от този на фермиона! С други думи, тъй като бозоните и фермионите са винаги с обратни знаци, оставащите безкрайности взаимно се унищожават. Така че суперсиметрията е нещо повече от красива премия. Тя не само доставя удоволствие, защото обединява всички частици във вселената, но и анулира дивергенциите на струната теория.

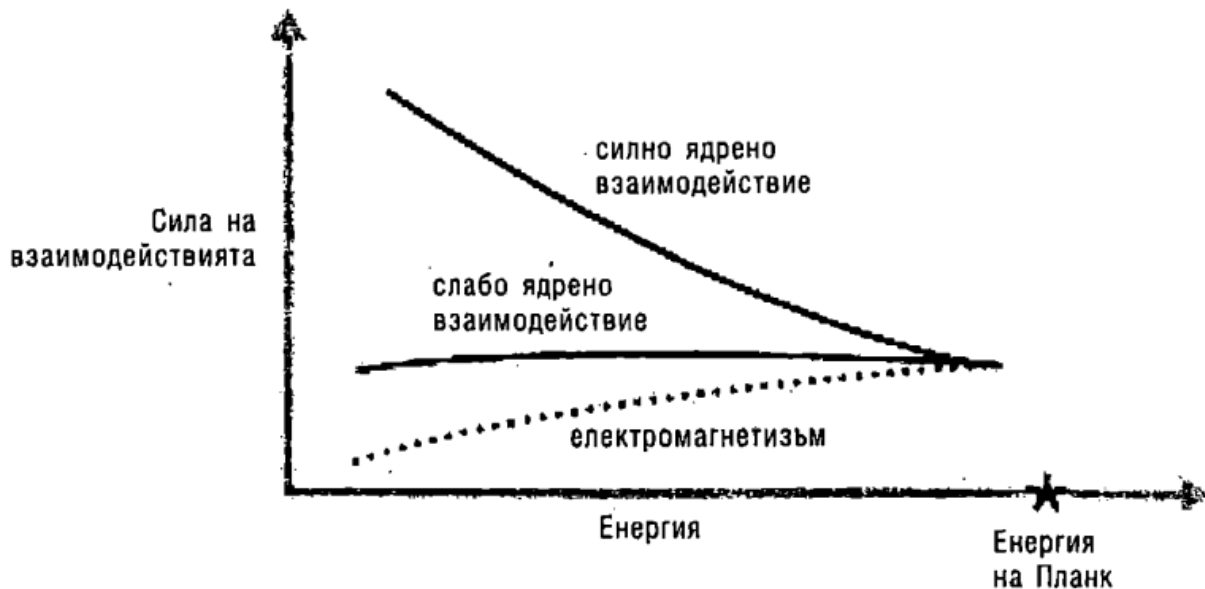
Да се върнем на аналогията с ракетата, при която вибрациите могат в крайна сметка да откъснат крилете ѝ. Едно от решенията е да използваме мощта на симетрията и да преработим крилете така, че вибрациите на едното да се унищожават от вибрациите на другото. Когато едното крило трепти по часовниковата стрелка, другото трепти в обратната посока и така двете трептения се унищожават взаимно. Така симетрията на ракетата е не само изкуствена и артистична изработка, а играе жизненоважна роля за анулирането и уравновесяването на напрежението върху крилете. По същия начин суперсиметрията



анулира дивергенциите чрез взаимното унищожаване на бозони и фермиони.

(Освен това суперсиметрията решава и серия чисто технически проблеми, които са фатални за една *GUT*-теория.<sup>[17]</sup> Сложните математически противоречия в нея просто изискват суперсиметрия, която да е в състояние да ги елиминира.)

Въпреки че суперсиметрията е изключително мощен инструмент, все още не съществуват абсолютно никакви експериментални доказателства, които да подкрепят съществуването ѝ. Може би това се дължи на факта, че суперпартньорите на познатите ни електрони и протони са просто прекалено масивни, за да бъдат получени в съвременните ускорители на частици. Съществува обаче един сериозен довод в полза на съществуването на суперсиметрията. Знаем, че стойностите на трите квантови сили са прекалено различни. Всъщност при по-ниски енергии силното ядрено взаимодействие е тридесет пъти по-мощно от електромагнетизма. Това обаче невинаги е било така. Смятаме, че в момента на Големия взрив стойностите на трите сили са били еднакви. Като тръгват от сегашното положение, учените могат да изчислят какви са били стойностите на трите сили в началото на времето. При анализиране на Стандартния модел се оказва, че непосредствено след Големия взрив трите сили като че ли се сливат. Стойностите им обаче не са абсолютно еднакви. С прибавянето на суперсиметрията обаче трите сили си пасват идеално и са с еднакви величини — точно както би трябвало да бъде според една обща теория на полето. Макар и да не съществува пряко доказателство за суперсиметрията, това показва, че тя е най-малкото съвместима с известните ни физични принципи.



*Стойностите на силното и слабото ядрено взаимодействие и на електромагнетизма са много различни помежду си. В близост до Големия взрив обаче тези стойности съвпадат идеално. Това се получава, ако имаме суперсиметрична теория. Така суперсиметрията може да се окаже ключов елемент за всяка обща теория на полето.*

#### ИЗВЕЖДАНЕ НА СТАНДАРТНИЯ МОДЕЛ

Въпреки че суперструните нямат никакви поддаващи се на настройка параметри, струнната теория може да предложи решения, които са поразително близки до Стандартния модел с неговата пъстра колекция от странни субатомни частици и деветнадесет свободни параметъра (като масата на частиците и силата на взаимодействие между тях). Освен това Стандартният модел има три идентични и прекалено раздути копия на всички кварки и лептони, което изглежда напълно ненужно. За щастие струнната теория е в състояние да изведе безпроблемно много от добрите качества на Стандартния модел. Все едно да получиш нещо безплатно. През 1984 г. Филип Канделас от Тексаския университет, Гари Хоровиц и Андрю Строминджър от Калифорнийския университет в Санта Барбара и Едуард Уитън показаха, че ако се огънат шест от десетте измерения на струнната теория и все пак суперсиметрията в останалите четири се запази, малкият шестизмерен свят може да се опише чрез т.нар. математически

многообразието на Калаби-Яу. С няколко прости избора на пространства на Калаби-Яу те показаха, че симетрията на струната може да се сведе до теория, която е поразително близка до Стандартния модел.

Така струнатата теория ни дава прост отговор защо Стандартният модел има три раздути поколения. В струнатата теория броят на поколенията в кварковия модел е свързан с броя на „отворите“, които имаме в многообразието на Калаби-Яу. (Например поничката, тръбата и чашата за чай са повърхности с един отвор. Повърхностите на Калаби-Яу могат да имат произволен брой отвори.) Така е достатъчно да се избере подходящото пространство на Калаби-Яу с нужния брой отвори, за да получим Стандартен модел с различни поколения кварки. (Ние не можем да видим пространството на Калаби-Яу, тъй като е прекалено малко, поради което не виждаме и факта, че в него има отвори.) През изминалите години редица екипи усърдно се опитваха да каталогизират всички възможни пространства Калаби-Яу и си дадоха сметка, че топологията на това шестизмерно пространство определя кварките и лептоните в нашата четириизмерна вселена.

#### М-ТЕОРИЯТА

Започналото през 1984 г. въодушевление около струнатата теория не можеше да продължи много дълго. Към средата на 90-те локомотивът постепенно започна да губи скорост. Лесните проблеми, пред които се изправяше теорията, бяха елиминирани един по един, а тежките бяха загърбени. Един от тях се състои във факта, че бяха открити милиарди решения на струнните уравнения. При свиването на континуума пространство-време по различни начини можеха да се намерят решения за произволен брой измерения, а не само за четири. Всяко от милиардите решения съответстваше на математически самостоятелна и обособена вселена.

Изведнъж стана така, че физиците започнаха да се дават в изобилието от решения. Забележително е, че много от тези решения изглеждат много подобни на нашата вселена. При подходящ избор на пространство на Калаби-Яу ставаше сравнително лесно да се получат много от основните характеристики на Стандартния модел с неговата странна колекция от кварки и лептони и дори с раздутия набор от копия. Оказа се обаче, че е изключително трудно (и си остава такова и до наши дни) да се намери Стандартният модел със специфичните

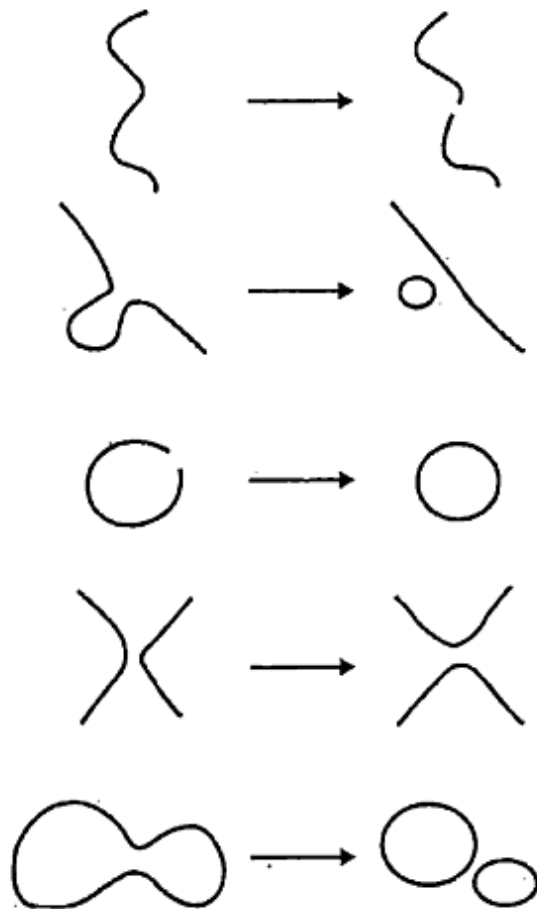
стойности на неговите деветнадесет параметъра и три поколения. (Умопомрачителният брой решения всъщност бе посрещнат добре от приемащите идеята за мултивселената физици, тъй като всяко решение представлява напълно самостоятелна и обособена паралелна вселена. Тревожното обаче бе, че сред тази джунгла от вселени учените не могат да открият параметрите на нашата собствена.)

Една от причините за тази толкова голяма трудност се състои в това, че се налага в крайна сметка да се наруши суперсиметрията, тъй като ние не я наблюдаваме в нашия нискоенергиен свят. Например не можем да видим селектрона — суперпартньора на електрона. Ако суперсиметрията остане непокътната, масата на всяка частица би трябвало да се явява на масата на нейната суперчастица. Физиците смятат, че суперсиметрията е нарушена и в резултат на това масите на суперчастиците са огромни и далеч надхвърлят възможностите на сегашните ускорители. Но и до днес никой не е намерил надежден механизъм за нарушаване на суперсиметрията.

Дейвид Грос от Института за теоретична физика „Калви“ в Санта Барбара отбелязва, че съществуват милион милиона решения на струнната теория при три пространствени измерения, което е донякъде обезкуражаващо, тъй като няма добър начин да се избере подходящото.

Налице са и други пораздащи неудобство въпроси. Най-неприятният от тях е фактът, че съществуват пет обособени струнни теории. Трудно е да си представим, че вселената би толеририла пет отделни общи теории на полето. Айнщайн смятал, че при създаването на вселената Бог не е имал избор. Защо тогава е трябвало да създава цели пет?

Оригиналната теория, основана на формулата на Венециано, описва т.нар. суперструнна теория от първи тип. При нея има отворени (с два края) и затворени (кръгли) струни. Именно тази теория бе развивана най-интензивно през 70-те. (С помощта на струнната теория на полето двамата с Кикава успяхме да обособим пълния набор от взаимодействия на струните от първи тип. Показахме, че те са пет. За затворените струни е необходимо само едно взаимодействие.)



Струните от първи тип могат да претърпят пет вида взаимодействия, при които се прекъсват, обединяват и разделят. За затворените струни е необходимо само последното взаимодействие (наподобяващо деленето на клетка).

Заедно с Кикава показахме също, че е възможно да получим напълно обособени теории, в които има само затворени струни. Днес тези теории се наричат струнни теории от втори тип, при които струните си взаимодействат чрез разделяне на две по-малки струни (подобно на деленето на клетка).

Най-реалистичната струнна теория се нарича хетеротична и е формулирана от Принстънската група (в която влизат Дейвид Грос, Емил Мартинек, Райън Ром и Джефри Харви). Хетеротичните струни могат да съдържат симетрични групи, наречени  $E_{(8)} \times E_{(8)}$  или  $O_{(32)}$ ,

които са достатъчно големи, за да погълнат която и да е *GUT*-теория. Хетеротичната струнна теория се основава изцяло на затворени струни. Когато през 80-те и 90-те учените говореха за суперструна, те всъщност имаха предвид хетеротична струна, тъй като тя бе достатъчно добра, за да позволи анализа на Стандартния модел и *GUT*-теориите. (Например симетричната група  $E_{(8)} \times E_{(8)}$  може да се сведе до  $E_{(8)}$  и после до  $E_{(6)}$ , която е достатъчна да включи в себе си симетрията  $SU_{(3)} \times SU_{(2)} \times U_{(1)}$  на Стандартния модел.)

#### ЗАГАДКАТА НА СУПЕРГРАВИТАЦИЯТА

Освен петте суперструнни теории, съществува още един обезпокоителен въпрос, останал нерешен през 70-те години. През 1976 г. Петер ван Нювенхойзен, Серджо Ферара и Даниел Фрийдман от Щатския университет на Ню Йорк в Стоуни Брук откриха, че оригиналната теория на гравитацията на Айнщайн ще стане суперсиметрична, ако се въведе само едно ново поле — суперпартньор на оригиналното гравитационно поле (наречено гравитино, или „малък гравитон“ със спин  $3/2$ ). Тази нова теория бе наречена супергравитация и се основава не на струни, а на частици-точки. За разлика от суперструната с нейната безкрайна секвенция от ноти и резонанси, супергравитацията има само две частици. През 1978 г., Йожен Гремер, Жоел Шерк и Бернар Юлия от Висшето училище за естествени науки показаха, че най-общата супергравитация може да се опише в единадесет измерения. (Ако се опитаме да изведем теория за супергравитацията за дванадесет или тринадесет измерения, ще се появят математически противоречия.) В края на 70-те и началото на 80-те се смяташе, че супергравитацията може да се окаже прословутата обща теория на полето. Това дори вдъхнови Стивън Хокинг да заговори за „края на теоретичната физика“ във встъпителната си лекция като Лукасов професор по математика в Кембридж — постът, заеман някога от Исаак Нютон. Но не след дълго супергравитацията се натъкна на същите тежки проблеми, които бяха сложили край на предишните теории. Макар да има по-малко безкрайности от обикновените теории на полето, при финалния анализ супергравитацията не беше крайна и потенциално бе пълна с аномалии. Подобно на всички останали теории на полето (с изключение на струнната), тя също се провали с гръм и трясък.

Друга суперсиметрична теория, която може да съществува в единадесет измерения, е супермембранната теория. Докато струната има само едно измерение, което се определя от дължината ѝ, супермембраната може да има две или повече измерения, тъй като представлява повърхност. Показано бе, че единадесет измерения могат да съществуват два обособени типа мембрани (двойна и петорна).

При супермембраните обаче също се сблъскваме с проблеми — те са пословично трудни за работа и квантовите им теории на практика се различават. Докато струните на цигулката са толкова прости, че още преди две и половина хилядолетия питагорейците са успели да формулират законите на хармонията, мембраните са толкова трудни, че и до днес никой не е успял да изгради основана на тях задоволителна теория на музиката. На всичкото отгоре се оказа, че мембраните са Нестабилни и в крайна сметка се разпадат на частици-точки.

И така, към средата на 90-те физиците бяха изправени пред няколко загадки. Защо съществуват пет струнни теории в десет измерения? И защо има две теории в единадесет измерения, супергравитация и супермембрани? Още повече, че всички те притежаваха суперсиметрия.

#### ЕДИНАДЕСЕТТО ИЗМЕРЕНИЕ

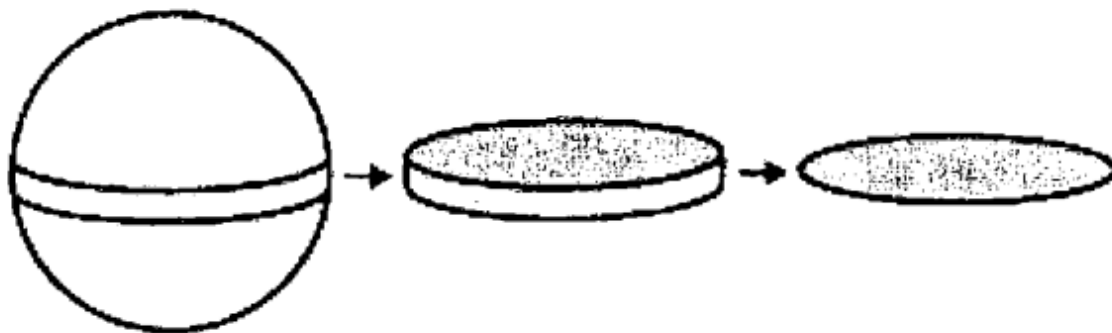
През 1994 г. избухна истинска бомба. Отново бе направено откритие, което промени всичко из основи. Едуард Уитън и Пол Таунсенд от Кембридж откриха математически, че всъщност десетизмерната струнна теория представлява приблизително решение на една по-висша и загадъчна единадесетизмерна теория с неизвестен произход. Така например Уитън показва, че ако вземем една мембранна теория за единадесет измерения и свием едно от тях, ще получим десетизмерна струнна теория от тип IIa!

Не след дълго се оказа, че всичките пет струнни теории могат да се окажат всъщност едно и също — различни апроксимации на една и съща загадъчна единадесетизмерна теория. Тъй като в единадесет измерения могат да съществуват различни видове мембрани, Уитън нарече тази теория М-теория. Тя не само обединяваше петте различни струнни теории, но и като бонус обясняваше мистерията на супергравитацията.

Ако си спомняте, супергравитацията е единадесетизмерна теория, съдържаща само две частици с нулева маса — оригиналният гравитон на Айнщайн и неговия суперсиметричен партньор (гравитино). При М-теорията имаме безкраен брой частици с различни маси (съответстващи на безкрайно многото трептения, които може да издаде единадесетизмерна мембрана). М-теорията обаче може да обясни съществуването на супергравитацията, ако приемем, че една малка част от теорията (отнасяща се единствено за частиците без маса) е всъщност старата теория за супергравитацията. С други думи, супергравитацията е малко подмножество на М-теорията. По същия начин, ако вземем тази загадъчна единадесетизмерна теория и свием едно от измеренията, мембраната ще се превърне в струна — всъщност именно в струнна теория от втори тип! Например, ако вземем една сфера с единадесет измерения и свием едно от тях, сферата ще колапсира и екваторът ѝ ще се превърне в затворена струна. Виждаме, че струнната теория може да се разглежда като сечение на мембрана с единадесет измерения, от които едното е свито в малък кръг.

Така намираме прекрасен и прост начин да обединим цялата десет- и единадесетизмерна физика в една-единствена теория! Това бе невероятно добра проява на концептуална находчивост.

Все още си спомням шока, създаден от епохалното откритие. Точно тогава изнасях лекция в Кембридж. Пол Таунсенд бе така добър да ме представи на аудиторията. Точно преди да започна, той с голямо въодушевление обясни новия резултат, според който различните струнни теории могат да се обединят в една теория с единадесет измерения. В заглавието на лекцията ми се споменаваха десетото измерение. Таунсенд сподели, че ако резултатът се окаже верен, лекцията ми може би ще бъде безсмислена.





*Като отсечем или свием едно от измеренията на единадесетизмерна мембрана, ще получим десетизмерна струна. След колапсирането на едно от измеренията екваторът на мембраната се превръща в струна. Има пет начина да се постигне подобна редукция, което води до появата на пет различни суперструнни теории в десетизмерно пространство.*

„Олеле“, помислих си аз. Или Таунсенд полудяваше, или цялата физика бе на път да се обърне с главата надолу.

Не можех да повярвам на ушите си и затова изстрелях цял залп въпроси към него. Посочих, че единадесетизмерните супермембрани са безсмислени, защото са математически непостижими и, което е още по-лошо — нестабилни. Той призна, че това наистина е проблем, но беше уверен, че въпросът ще намери решението си в бъдеще.

Освен това изтъкнах, че единадесетизмерната супергравитация не е крайна и това прави на пух и прах всяка теория с изключение на струнната. „Това вече не е проблем“, спокойно отвърна той. Супергравитацията не е нищо друго, освен апроксимация на една по-голяма и все още неизвестна теория — М-теорията, която е крайна и всъщност представлява струнна теория, формулирана отново за единадесет измерения с мембрани.

Възразих, че супермембраните са неприемливи, защото никой не е в състояние да обясни как си взаимодействат, когато се сблъскват и променят (както бях направил самият аз преди години в докторската си дисертация за струнната теория). Таунсенд призна, че това е проблем, но и че той несъмнено ще намери решението си.

Накрая казах, че М-теорията всъщност не е никаква теория, тъй като основните ѝ уравнения са неизвестни. За разлика от струнната теория (която може да бъде изразена чрез прости струнни полени уравнения, които изведох преди години и които обхващат цялата теория), мембраните нямат никаква теория на полето. Таунсенд призна и този довод, но запази увереността си, че рано или късно уравненията на М-теорията ще бъдат открити.

Зави ми се свят. Ако Таунсенд бе прав, струнната теория отново щеше да претърпи коренна трансформация. Мембраните, които някога

бяха изхвърлени на бунището на физиката, внезапно възкръсваха за нов живот.

Тази революция се дължи на факта, че струнната теория продължава да се развива отзад напред. Дори и днес никой не е наясно с простите физични принципи, на които се основава цялата теория. Обичам да сравнявам това по следния начин. Представете си, че вървите в пустиня и се спъвате в прекрасно малко камъче. Разчиствате около него и откривате, че камъчето всъщност е връх на огромна пирамида, погребана под тонове пясък. След десетилетия разкопки попадате на загадъчни йероглифи, скрити камери и коридори. Някой ден ще откриете основата и най-сетне ще намерите входа.

#### БРАНЕН СВЯТ

Едно от новите качества на М-теорията е в това, че тя въвежда не само струни, но и цяло изобилие от мембрани с различни измерения. В тази картина частиците точки се наричат „нула-брани“, защото са безкрайно малки и нямат измерения. Струната е „едно-брана“, тъй като е едномерен обект, дефиниран само с дължината си. Мембраната е „дву-брана“, дефинирана с дължина и ширина, подобно на повърхността на баскетболна топка. (Топката може да се носи в триизмерното пространство, но повърхността ѝ има само две измерения.) Нашата вселена може да бъде някакъв вид „три-брана“ — триизмерен обект с дължина, ширина и височина.

Съществуват няколко начина да накараме една мембрана да колапсира в струна. Вместо да навиваме единадесетото измерение, ние можем да отрежем екватора на единадесетизмерната мембрана и да получим кръгла лента. Ако позволим дебелината на лентата да се свие, ще имаме десетизмерна струна. Пьотр Хорава и Едуард Уитън показаха, че по този начин получаваме хетеротична струна.

Всъщност може да се покаже, че съществуват пет начина да свием единадесетизмерната М-теория до десетизмерна и така да получим петте суперструнни теории. М-теорията ни дава бърз и интуитивен отговор на загадката защо има пет различни струнни теории. Представете си, че стоите на някакво възвишение и гледате към равнините под вас. От положението си в третото измерение можем да видим отделните части на равнината, обединени в една обща кохерентна картина. По същия начин, ако погледнем надолу от

единадесетото измерение към десетото, ще видим, че безумната шарения на петте суперструнни теории не е нищо друго, освен различни кръпки на одинадесетото измерение.

#### ДУАЛНОСТ

Въпреки че Пол Таунсенд не успя да отговори на повечето зададени от мен навремето въпроси, онова, което в крайна сметка ме убеди в правотата на идеята му, бе силата на една друга симетрия. М-теорията не само разполага с най-големия набор от известни на съвременната физика симетрии, но крие и още един фокус в ръкава си — дуалността, която ѝ дава свръхестествената способност да погълне всичките пет суперструнни теории и да ги обедини в една обща.

Вземете електричеството и магнетизма, които се подчиняват на уравненията на Максвел. Много отдавна бе забелязано, че ако просто смените електрическото поле с магнитно, уравненията ще си останат почти същите. Тази симетрия може да стане пълна, ако към уравненията добавите монополуси. Преработените уравнения на Максвел остават абсолютно същите, когато поставим на мястото на електрическото поле магнитно и сменим електрическия заряд  $e$  с инверсията на магнитния заряд  $g$ . Това означава, че електричеството (ако електрическият заряд е нисък) е абсолютно равно на магнетизма (ако магнитният заряд е висок). Това равенство се нарича дуалност.

В миналото дуалността се приемала просто като научен куриоз, тъй като и до днес никой не е виждал монополус. Физиците обаче откриха, че е забележително, че в уравненията на Максвел съществува скрита симетрия, която очевидно не се използва във вселената (или най-малкото в нашия сектор от нея).

По същия начин петте струнни теории са дуални една спрямо друга. Да вземем теория от тип I и хетеротичната теория  $SO_{(32)}$ . На пръв поглед между тях няма нищо общо. Теорията от тип I се основава на отворени и затворени струни, които могат да си взаимодействат по пет различни начина, като се сливат и разделят. От друга страна при теорията  $SO_{(32)}$  имаме само затворени струни, които могат да си взаимодействат само по един начин, подобно на деленето на клетката. Теорията от първи тип се дефинира изцяло в десет измерения, докато  $SO_{(32)}$  се дефинира с един набор трептения в двадесет и шест измерения.

Нормално е да ви се струва, че едва ли има по-силно различаващи се теории. Подобно на електромагнетизма обаче, те също притежават мощна дуалност — ако оставите силата на взаимодействия да нарасне, струните от първи тип ще се превърнат като с магия в хетеротични  $SO_{(32)}$  струни. (Този резултат е толкова неочакван, че когато се сблъсках за първи път с него, просто зяпнах и заклатих невярващо глава. Във физиката рядко се случва две изглеждащи напълно различно във всяко едно отношение теории да се окажат математически еквивалентни.)

ЛИЗА РЕНДЪЛ

Може би най-голямото предимство на М-теорията пред струнната теория е в това, че вместо да бъдат съвсем малки, тези по-високи измерения могат да се окажат доста големи и дори да се наблюдават в лабораторни условия. В струнната теория шест от тези измерения трябва да се нагънат и свият в топка от типа на многообразието на Калаби-Яу, която е прекалено малка, за да може да се наблюдава със съвременните инструменти. Тези шест измерения бяха така свити, че попадането в някое от тях е невъзможно — нещо доста разочароващо за онези, които си мечтаят някой ден да се носят из безкрайното хиперпространство, вместо да им се налага да използват краткотрайните преки пътища през сингулярности и дупки-червеи.

В М-теорията обаче имаме и мембрани. Възможно е да разглеждаме цялата наша вселена като мембрана, носеща се в друга, много по-голяма вселена. В резултат на това не е задължително всички по-високи измерения да бъдат нагънати и свити в топка. Всъщност някои от тях могат да се окажат огромни и направо безкрайни.

Един от учените, опитващи се да разработят тази нова картина на вселената, е Лиза Рендъл от Харвард. Рендъл донякъде прилича на актрисата Джоди Фостър и изглежда съвсем не на място в жестоко конкуриращия се и движен от тестостерон мъжки свят на теоретичната физика. Тя се занимава с идеята, че ако вселената наистина е носеща се в многоизмерното пространство три-брана, то може би това обяснява защо гравитацията е толкова нищожно слаба в сравнение с останалите три фундаментални сили.

Рендъл е израснала в Куинс, Ню Йорк. Макар че като дете не показвала особени интереси към физиката, тя обожавала математиката. Лично аз смятам, че като деца всички ние сме учени, но не всеки успява

да задържи любовта си към науката и като възрастен. Една от причините е, че се сблъскваме болезнено с твърдата тухлена стена на математиката.

Независимо дали ни харесва или не, ако решим да правим научна кариера, рано или късно ни се налага да научим „езика на природата“ — математиката. Без нея сме обречени да бъдем просто пасивни наблюдатели на танца на природата, вместо активни участници. Както веднъж Айнщайн бе казал, „по своеобразен начин чистата математика е поезията на логиката“<sup>[18]</sup>. Може да обожавате френската култура и литература, но за да разберете наистина френския начин на мислене, трябва да научите езика и да можете да свързвате думите в изречения. Същото се отнася и за науката и математиката. Някога Галилей бе написал: „[Вселената] не може да бъде прочетена, докато не научим нейния език и буквите, с които е написан. Този език е математиката, а нейните букви са триъгълниците, окръжностите и другите геометрични фигури, без които човечеството не е в състояние да разбере нито дума.“<sup>[19]</sup>

Математиците често се гордеят, че са най-далеч от практиката в сравнение с всички останали учени. Колкото по-абстрактна и ненужна е математиката, толкова по-добре. Онова, което накарало Рендъл да поеме в друга посока, докато учела в Харвард през 80-те, било примамливата идея, че физиците могат да създават „модели“ на вселената. Когато ние представяме някоя нова теория, тя не се гради просто върху куп уравнения. Обикновено новите физични теории се опират на опростени и идеализирани модели на даден феномен. Обикновено тези модели са графични и лесни за схващане. Например кварковият модел се гради на идеята, че протонът се състои от три по-малки частици. Рендъл била дълбоко впечатлена от факта, че тези прости и поддаващи се на илюстриране модели са в състояние да дадат адекватно обяснение на много от нещата във вселената.

През 90-те тя започна да се интересува от М-теорията и от вероятността цялата вселена да представлява мембрана. Рендъл се съсредоточава върху може би най-загадъчната характеристика на гравитацията — астрономически малката ѝ сила. Нито Нютон, нито Айнщайн са разглеждали този фундаментален и мистериозен проблем. Докато останалите три фундаментални сили (електромагнетизмът,

силното и слабото ядрено взаимодействие) са с приблизително еднакви стойности, при гравитацията нещата стоят съвсем другояче.

Особено любопитно е, че масите на кварките са много по-малки от масата, асоциирана с квантовата гравитация. „Несъответствието никак не е малко. Двете скали на масата са разделени от големина от шестнадесети порядък! Само теориите, които обясняват тази огромна амплитуда, могат да бъдат кандидати за основи на Стандартния модел“<sup>[20]</sup>, посочва Рендъл.

Фактът, че гравитацията е толкова слаба, обяснява защо звездите са толкова големи. Земята с нейните океани, планини и континенти е като песъчинка в сравнение с огромното Слънце. И тъй като гравитацията е толкова слаба, нужна е масата на цяла звезда, за да се свие водородът дотолкова, че да преодолее електрическата сила на отблъскване между протоните. Така че звездите са масивни, защото гравитацията е прекалено слаба в сравнение с останалите сили.

След като М-теорията предизвика толкова вълнения във физиката, няколко екипа се опитаха да я приложат към нашата вселена. Да приемем, че вселената е три-брана, носеща се в свят с пет измерения. Вибрациите по повърхността ѝ ще съответстват на атомите, които виждаме. Така тези вибрации никога не напускат три-браната и следователно не могат да излязат в петото измерение. Дори и нашата вселена да се носи в петото измерение, атомите не могат да я напуснат, защото са всъщност вибрации на собствената ѝ повърхност. В такъв случай намираме решение на въпроса, зададен през 1921 г. от Калуза и Айнщайн — къде е това пето измерение? Отговорът е — ние се носим в него, но не можем да проникнем в него, тъй като телата ни са съставна част от повърхността на три-браната.

В тази картина обаче има потенциална пукнатина. Гравитацията представлява кривината на пространството. Това означава, че ние наивно можем да очакваме тя да изпълва цялото петизмерно пространство, а не само три-браната. В този случай гравитацията би трябвало да се разрежда при излизането ѝ от три-браната. Това отслабва нейната сила. Тази идея подкрепя добре теорията, тъй като знаем, че гравитацията е много по-слаба в сравнение с останалите сили. Но тя отслабва гравитацията прекалено много и би довела до нарушаване на обратно квадратичния закон на Нютон, който работи идеално при планети, звезди и галактики. Никъде не виждаме обърнат кубичен закон

на гравитацията. (Представете си крушка, осветяваща стая. Светлината се разпространява сферично и силата ѝ се разпределя по площта ѝ. Ако удвоим радиуса на сферата, светлината ще се разпределя върху сфера с четири пъти по-голяма площ. Общо казано, ако крушката съществува в  $n$ -измерно пространство, светлината ѝ ще се разпределя върху сфера, чиято площ нараства при увеличаване на радиуса с  $n-1$ .)

За да отговори на този въпрос, екип от физици, сред които Н. Аркани-Хамед, С. Димопулос и Г. Двали излезе с предположението, че може би петото измерение не е безкрайно, а се намира само на милиметър над нашите измерения и се носи непосредствено над познатата ни вселена, както е в научнофантастичната история на Х. Уелс. (Ако петото измерение е по-голямо от милиметър, това би довело до забележими нарушения на закона на Нютон за гравитацията.) Ако петото измерение е само на милиметър от нас, това предсказание би могло да се провери чрез намиране на малки отклонения от Нютоновия закон за гравитацията на много малки разстояния. Законът на Нютон работи чудесно на астрономически разстояния, но никога не е бил подлаган на проверка за разстояния от порядъка на един милиметър. Сега експериментаторите проверяват малките отклонения от този закон. В момента текат няколко експеримента, както ще видим в 9 глава.

Рендъл и колегата ѝ Раман Съндръм решиха да подхождат по друг начин към проблема и да проверят отново възможността петото измерение да не е на милиметър разстояние, а да е много голямо, може би безкрайно. За целта те трябваше да обяснят как то може да бъде безкрайно, без да наруши Нютоновия закон за гравитацията. Именно тук Рендъл намери потенциален отговор на загадката. Тя откри, че три-браната притежава своя собствена гравитация, която не позволява на гравитоните да отлитат свободно в петото измерение. Те трябва да останат прикрепени към три-браната подобно на залепнали за смола мухи поради гравитацията на самата три-брана. Ето защо, когато се опитваме да проверим закона на Нютон, ние откриваме, че в нашата вселена той е приблизително верен. Гравитацията се разрежда и отслабва, когато напусне три-браната и попадне в петото измерение, но не успява да стигне особено далеч — обратният квадратичен закон все още се запазва в общи линии, тъй като гравитоните продължават да се привличат от три-браната. (Освен това Рендъл предложи възможното съществуване на втора мембрана, паралелна с нашата. Ако изчислим

неуловимото взаимодействие на гравитацията между двете мембрани, то може да се нагласи така, че да можем числено да обясним малката сила на гравитацията.)

„Настъпи голямо вълнение, когато за първи път бе изказано предположението, че допълнителните измерения дават алтернативни начини за обясняване на произхода на проблема с йерархията — отбелязва Рендъл. — Тези допълнителни пространствени измерения могат отначало да ни изглеждат като съвсем смахната идея, но съществуват убедителни причини да се смята, че наистина съществуват.“<sup>[21]</sup>

Ако тези учени са прави, то гравитацията е силна колкото останалите сили, но се разрежда, защото част от нея изтича в пространство с повече измерения. Едно от основните следствия от тази теория е, че енергията, при която тези квантови ефекти стават измерими, може да не е енергията на Планк ( $10^{19}$  милиарда електронволта), както се мислеше досега. Може би ще са достатъчни само трилиони електронволта, а това означава, че *LHC (Large Hadron Collider)* — ускорителят, който ще бъде завършен през 2007 г. — ще успее да долови квантовите гравитационни ефекти в рамките на това десетилетие. Това предизвика значителен интерес сред физиците експериментатори, които се заеха да търсят екзотични частици, които не попадат в рамките на Стандартния модел на субатомните частици. Може би квантовите гравитационни ефекти са на една ръка разстояние от нас.

Мембраните дават също така задоволителен, макар и спекулативен отговор на загадката на тъмната материя. В „Невидимият“ на Хърбърт Уелс главният герой се носеше в четвъртото измерение и така ставаше невидим. Представете си, че непосредствено над нашата вселена се носи друг паралелен свят. Всяка галактика в него ще бъде невидима за нас. Но тъй като гравитацията представлява изкривяване на хиперпространството, тя може да се прехвърля между вселените. Всяка по-голяма галактика в паралелната вселена ще се привлича през хиперпространството от галактика в нашата вселена. Така, когато измерваме свойствата на някоя наша галактика, ние откриваме, че гравитационното ѝ привличане е много по-силно, отколкото би трябвало да се очаква от законите на Нютон, тъй като непосредствено зад нея се крие друга галактика от съседната брана. Тази скрита



галактика ще бъде напълно невидима за нас, тъй като се носи в друго измерение, но въпреки това ще ни даде картината на хало около нашата галактика, в което се съдържат 90 процента от масата. Ето как тъмната материя може да се окаже всъщност наличие на паралелна вселена.

#### СБЛЪСКВАЩИ СЕ ВСЕЛЕНИ

Може би е все още рано М-теорията да се прилага в сериозната космология. Въпреки това физиците се опитаха да използват „бранната физика“ за създаване на нов подход към обичайната инфлационна вселена. Три от тези възможни космологии привлякоха известно внимание.

Първата се опитва да отговори на въпроса защо живеем в четириизмерния континуум пространство-време. По принцип М-теорията може да се формулира във всичките единадесет измерения, така че изглежда същинска загадка защо са набелязани именно четири. Робърт Бранденбергер и Кумрун Вафа изказаха предположението, че това може би се дължи на особената геометрия на струните.

Според тях вселената е започнала съществуването си напълно симетрична и всички по-висши измерения са били свити здраво в Планкови размери. Вселената не се е разширявала заради струните, които били здраво навити около различните измерения. Представете си стегнато кълбо, което моментално започва да се размотава, ако нишките по някакъв начин се скъсат.

В тези малки измерения вселената не е можела да се разширява заради стегнатите струни и антиструни (които, грубо казано, се навиват в обратната на струните посока). Ако струна и антиструна се сблъскат, те могат да се анихилират взаимно и да изчезнат, подобно на разплетен възел. При много големите измерения има прекалено много „място“ и затова струните и антиструните рядко се сблъскват. Бранденбергер и Вафа обаче показаха, че при три или по-малко измерения вероятността за подобен сблъсък е по-висока. Щом такъв настъпи, струните се разплитат и измеренията започват рязко да се разширяват, при което получаваме Голям взрив. Примамливото при тази картина е, че топологията на струните в общи линии обяснява защо навсякъде около нас виждаме познатото ни четириизмерно пространство-време. Вселените с повече измерения са възможни, но по-малко вероятни, тъй като все още са здраво увити в струни и антиструни.

В М-теорията обаче съществуват и други възможности. Ако вселените могат да се пъпкуват една от друга и да създават нови вселени, тогава може би е възможно да става и обратното — да се сблъскат, при което да се образуват искри, от които да възникват нови вселени. При този сценарий Големият взрив може да е причинен не от пъпкуване, а от сблъсък на две паралелни вселени.

Тази втора теория бе предложена от Пол Стейнхард от Принстън, Бърт Оврът от Пенсилванския университет и Нийл Турък от Кембридж, които създадоха „експиротична“ („възникнала от пожар“ на старогръцки) вселена, за да въведат новите свойства на М-бранната картина. В нея допълнителните измерения могат да бъдат големи и дори безкрайни. Екипът започна с две плоски, еднородни и паралелни три-брани, представляващи най-ниско енергийно състояние. Отначало те съществуват като студени и празни вселени, но гравитацията постепенно започва да ги привлича една към друга. Накрая вселените се сблъскват и огромната кинетична енергия се преобразува в материята и лъчението, съставляващи нашата вселена. Някои наричат това теория на „Голямото размазване“ вместо теория за Големия взрив.

Силата на сблъсъка разделя двете вселени. Когато мембраните се отделят една от друга, те бързо започват да изстиват и се получава вселената във вида, в който я виждаме днес. Изстиването и разширяването продължава трилиони години, докато температурите на вселените не се доближат до абсолютната нула, а плътността им стане само един електрон на квадрилион кубични светлинни години. В резултат на това вселените стават празни и инертни. Гравитацията обаче продължава да привлича двете мембрани, докато трилиони години по-късно те не се сблъскат и цикълът се повтаря отново.

Този сценарий е в състояние да даде добри резултати за инфлацията (плоскостта и еднородността). Получаваме отговор защо вселената е толкова плоска — защото двете брани са плоски поначало. Моделът обяснява също и проблема с хоризонта — т.е., защо вселената изглежда толкова невероятно еднородна във всички посоки. Това е така, защото на мембраната ѝ трябва много време, докато достигне до равновесие. Така инфлацията обяснява проблема с хоризонта чрез рязкото разширяване на вселената, докато предложеният сценарий го прави по обратния начин, позволявайки на вселената бавно да постигне равновесие.

(Това означава също, че в хиперпространството може би има и други мембрани, които ще се сблъскат с нашата в бъдеще и ще създадат друго голямо размазване. Като имаме предвид, че скоростта на разширяване на вселената се увеличава, може да се окаже, че новият сблъсък е напълно вероятен. „Може би все по-бързото разширяване на вселената е предвестник на такъв сблъсък. Мисълта далеч не е от най-приятните“<sup>[22]</sup>, добавя Стейнхард.)

Всеки сценарий, който отправя предизвикателство към общоприетата представа за инфлационната вселена, неминуемо предизвиква остри реакции. Само седмица след пускането на статията в интернет Линде, съпругата му Рената Калош (която работи върху струнната теория) и Лев Кофман от университета в Торонто излязоха с критика на модела. Линде се обяви против него, защото нещо толкова катастрофално като сблъсък на две вселени би могло да създаде сингулярност, при която температурата и плътността да клонят към безкрайност. „Това е като да хвърлиш стол в черна дупка. Всички частици на стола се изпаряват, а вие твърдите, че формата се е запазила“<sup>[23]</sup>, протестира той.

Стейнхард не остана дължен: „Онова, което прилича на сингулярност в четири измерения, може да не е такава в пет... При сблъсъка петото измерение временно изчезва, но не и самите брани. Ето защо плътността и температурата не клонят към безкрайност и времето продължава да си тече. Макар общата теория на относителността да полудява, това не важи за струнната теория. И онова, което преди изглеждаше като катастрофа, в нашия модел се поддава на управление.“

Стейнхард имаше на своя страна силата на М-теорията, която е известна и с това, че елиминира сингулярностите. Всъщност това е и първоначалната причина занимаващите се с теоретична физика учени да се нуждаят от квантова теория на гравитацията — целта им е да елиминират всички безкрайности. Линде обаче посочва един концептуално уязвим елемент в модела — а именно, че браните започват съществуването си в плоско и еднообразно състояние. „Ако започнете със съвършенство, може и да успеете да обясните онова, което виждате... но все още не сте отговорили на въпроса защо вселената трябва да започне съществуването си в съвършено състояние.“<sup>[24]</sup> „Плоско плюс плоско е равно на плоско“<sup>[25]</sup>, отвръща Стейнхард. С други думи, трябва да се приеме, че мембраните са

започнали съществуването си в най-ниско енергийно състояние, когато са плоски.

Алан Гът остана отворен към модела. „Не смятам, че Пол и Нийл са се доближили до доказването на своя модел, но той определено заслужава да му се обърне внимание — казва той, след което хвърля ръкавицата на привържениците на струнната теория и ги предизвиква да обяснят инфлацията: — Мисля, че в дългосрочен план струнната теория и М-теорията неизбежно ще трябва да включат в себе си и инфлацията, тъй като тя изглежда очевидно решение на въпросите, към които е насочена — т.е., защо вселената е толкова еднородна и плоска.“<sup>[26]</sup> И така, Гът пита може ли от М-теорията да се получи стандартната картина на инфлацията?

И накрая съществува още една космологична теория, която използва струнната теория — теорията на Венециано за вселената преди Големия взрив. Според нея вселената всъщност започва съществуването си като черна дупка. Ако искаме да разберем каква е вътрешността на една черна дупка, можем просто да се огледаме.

Според Венециано вселената всъщност е безкрайно стара и е започнала съществуването си в далечното минало, когато е била почти напълно празна и студена. Гравитацията започнала да създава сгъпвания на материя, които постепенно образували толкова плътни региони, че се превърнали в черни дупки. Около всяка една черна дупка започнал да се образува хоризонт на събитията, който завинаги отделя вътрешността на черната дупка от околното пространство. В рамките на всеки хоризонт на събитията материята продължавала да се свива, докато не достига до дължината на Планк.

В този момент се намесва струнната теория. Дължината на Планк е минималното разстояние, допустимо от струнната теория. Черната дупка започва да се разширява чрез огромна експлозия, която всъщност е Големият взрив. Тъй като този процес може да се повтаря из цялата вселена, това означава, че може би съществуват и други далечни черни дупки/вселени.

(Идеята, че нашата вселена може да е черна дупка, не е чак толкова налудничава, колкото изглежда. Ние имаме интуитивната идея, че една черна дупка трябва да бъде изключително плътна и да притежава огромно и смазващо гравитационно поле. Това невинаги е така. Размерът на събитийния хоризонт на черната дупка е

пропорционален на масата  $\rho$ . Колкото по-голяма е масата, толкова по-голям е хоризонтът на събитията. Но по-големият хоризонт означава, че материята се простира в по-голям обем. В резултат на това с нарастването на масата плътността намалява. Всъщност, ако една черна дупка има масата на нашата вселена, размерът  $\rho$  би трябвало да е равен на размера на вселената, а плътността  $\rho$  — твърде ниска и сравнима с наблюдаваната плътност.)

Някои астрофизици обаче не са особено впечатлени от прилагането на струнната теория и М-теорията към космологията. Джоуел Примак от Калифорнийския университет в Санта Круз е най-скептичен: „Мисля, че е глупаво да се вдига толкова много шум около всичко това... Идеите в тези статии на практика не подлежат на проверка.“<sup>[27]</sup> Само времето ще покаже дали Примак е прав, но като се има предвид скоростта на развитие на струнната теория можем да очакваме решението доста скоро. И отговорът може да дойде от нашите космически апарати. Както ще видим в 9 глава, до 2020 г. ще бъдат изстреляни ново поколение детектори на гравитационни вълни като *LISA*, които могат да ни позволят да отхвърлим или потвърдим някои от теориите. Ако инфлационната теория е вярна, *LISA* би трябвало да улови мощни гравитационни вълни, породени по време на инфлацията. От друга страна експиротичният модел предвижда бавен сблъсък между две вселени и следователно — много по-слаби гравитационни вълни. *LISA* би трябвало експериментално да отхвърли една от двете теории. С други думи, в гравитационните вълни от Големия взрив са кодирани данните, нужни за определяне кой от сценариите е правилен. Може би за първи път *LISA* ще бъде в състояние да ни даде сигурни експериментални резултати относно инфлацията, струнната теория и М-теорията.

#### МИНИАТЮРНИ ЧЕРНИ ДУПКИ

Тъй като струнната теория е теория за цялата вселена, за пряката  $\rho$  проверка е необходима вселена в лаборатория (вижте 9 глава). Обикновено очакваме квантовите ефекти на гравитацията да се наблюдават при Планкова енергия. Тя обаче е квадрилион пъти по-мощна от най-мощния ни ускорител на частици и поради това подобни тестове са невъзможни. Но ако наистина съществува паралелна вселена, която е само на милиметри от нашата, тогава енергията за обединяване

и квантови ефекти може да се окаже доста ниска и достижима за следващото поколение ускорители. Това на свой ред предизвиква огромен интерес към физиката на черните дупки, като най-интересна част от нея са т.нар. „миниатюрни черни дупки“. Тяхното поведение е като поведението на субатомни частици. Те представляват „лаборатория“, в която могат да се проверят предположенията на струнната теория. Физиците са въодушевени от идеята, че ще могат да ги създават с помощта на ускорителя *LHC*. (Миниатюрните черни дупки са много малки и по размери могат да се сравнят с електрон, така че няма опасност да погълнат Земята. Космическите лъчи редовно бомбардират планетата с далеч по-високи енергии, без това да предизвиква катастрофа.)

Колкото и да изглежда революционно, идеята за използване на маскирана като субатомна частица черна дупка всъщност е стара — пръв я предлага Айнщайн още през 1935 г. Според Айнщайн би трябвало да съществува обща теория на полето, която да разглежда изградената от субатомни частици материя като един вид изопачаване в тъканта на континуума пространство-време. За него субатомните частици като електрона са всъщност „чупки“ или дупки-червеи в изкривеното пространство, които просто от разстояние изглеждат като частици. Заедно с Нейтан Розен Айнщайн подхвърлил идеята, че електронът би могъл да се окаже маскирана миниатюрна черна дупка. При подобно включване на материята в общата теория на полето, субатомните частици ще се свеждат до чиста геометрия.

Миниатюрните черни дупки бяха предложени отново от Стивън Хокинг, който доказва, че черните дупки трябва да се изпаряват и да излъчват слабо сияние. През дългите години на съществуването си черната дупка ще излъчи толкова много енергия, че би трябвало постепенно да намали размерите си, докато не стане колкото субатомна частица.

Струнната теория отново прибегва до концепцията за миниатюрните черни дупки. Да си припомним, че те се образуват от голямо количество материя, свита в рамките на радиуса на Шварцшилд. Тъй като масата и енергията могат да се преобразуват една в друга, черните дупки биха могли да се създадат и чрез свиване на енергия. Много е интересно дали *LHC* ще бъде в състояние наред с остатъците от разбитите при 14 трилиона електронволта протони да произведе и

миниатюрни черни дупки. Те би трябвало да бъдат изключително малки, масата им може би ще бъде една хилядна от масата на електрона, а продължителността им на живот — едва  $10^{-23}$  секунди. Въпреки това биха се различавали ясно сред следите от създадените от ускорителя субатомни частици.

Физиците също така се надяват миниатюрни черни дупки да се съдържат и в лъчите от открития космос. Уредите в обсерваторията „Пиер Аугер“ в Аржентина са толкова чувствителни, че са в състояние да уловят някои от най-големите регистрирани някога изригвания на космически лъчи. Надеждата е да се намерят естествено образували се миниатюрни черни дупки, които биха създали характерен вид лъчение, когато влязат в контакт с горните слоеве на земната атмосфера. Някои изчисления показват, че детекторът на лабораторията би могъл да види до десет подобни излъчвания на година.

Регистрирането на миниатюрна черна дупка в *LHC* в Швейцария или от детектора на космически лъчи „Аугер“ в Аржентина в рамките това десетилетие може би ще ни даде добро доказателство за съществуването на паралелни вселени. Макар че няма да докажат убедително правотата на струнната теория, миниатюрните черни дупки биха могли да убедят цялата научна общност, че струнната теория е съвместима с всички експериментални резултати и че се движи в правилната посока.

#### ЧЕРНИТЕ ДУПКИ И ИНФОРМАЦИОННИЯТ ПАРАДОКС

Струнната теория би могла също да хвърли светлина върху някои от най-големите парадокси във физиката на черните дупки, сред които е и информационният парадокс. Може би си спомняте, че черните дупки не са напълно черни, а излъчват малки количества енергия чрез тунелиране. Според квантовата теория винаги съществува вероятност част от лъчението да се отскубне от безмилостната хватка на гравитацията. Това води до бавно изтичане на частици от черната дупка, наречено Хокингово лъчение.

Това лъчение има определена температура, която е пропорционална на площта на събитийния хоризонт. Хокинг изведе общо следствие от това уравнение, което е прекалено сложно и за приблизителното получаване на решението му е необходима цялата мощ на статистическата механика (основаваща се на броенето на

квантовите състояния на черната дупка). Обикновено подобни изчисления се правят, като се броят състоянията, в които могат да се намират даден атом или молекула. Но как е възможно да се преброят квантовите състояния на черна дупка? Според Айнщайн черните дупки са идеално гладки и подобна задача се оказва доста проблематична.

Работещите върху струнната теория учени бяха нетърпеливи да затворят тази празнина и затова Андрю Строминджър и Кумрун Вафа решиха да анализират черна дупка с помощта на М-теорията. Тъй като сама по себе си черната дупка е прекалено сложен за работа обект, те предприеха друг подход и си зададоха хитрия въпрос каква е дуалността на една черна дупка? (Помним, че електронът е дуалност на магнитен монополус като самостоятелния северен полюс. Следователно, като изследваме електрон в слабо електрично поле — което не е особено трудно, — ще можем да изследваме един много потруден експеримент — монополус, поставен в много силно магнитно поле.) Надеждата бе, че дуалността на черната дупка ще може да се анализира много по-лесно от самата черна дупка, а крайният резултат ще бъде същият. Чрез серия математически манипулации Строминджър и Вафа успяха да покажат, че черната дупка е дуалност на съчетание от едно-брани и пет-брани. Това бе изключително благоприятно, тъй като се знаеше как могат да се преброят квантовите състояния на браните. Строминджър и Вафа откриха, че резултатът им възпроизвежда точно резултата на Хокинг.

Това бяха обнадеждаващи новини. Струнната теория, за която понякога ехидно подхвърлят, че не е свързана с реалния свят, ни даде може би най-елегантното решение на термодинамиката на черната дупка.

Сега учените се опитват да разрешат най-трудния проблем на физиката на черните дупки — „информационния парадокс“. Хокинг твърди, че ако хвърлите нещо в черна дупка, носената от него информация се губи безвъзвратно. (Хитър начин за извършване на идеалното престъпление. С помощта на една черна дупка не биха останали никакви улики.) Единствените параметри на една черна дупка, които можем да измерим от разстояние, са нейната маса, спин и заряд. Каквото и да пуснете вътре в черната дупка, ще изгубите цялата информация. (Именно това се има предвид с твърдението, че се губи цялата информация, с изключение на тези три параметъра.)



Загубата на информация от нашата вселена изглежда неминуемо следствие от теорията на Айнщайн, но нарушава принципите на квантовата механика, според които информацията всъщност никога не може да се изгуби. Тя би трябвало да остане някъде във вселената, дори ако оригиналният ѝ носител е бил захвърлен в гърлото на черна дупка.

„Повечето физици искат да вярват, че информацията не се губи — пише Хокинг, — тъй като това би направило вселената безопасна и предсказуема. Аз лично смятам, че ако приемаме сериозно общата теория на относителността, трябва да допуснем възможността континуумът пространство-време да се завърже на възли и информацията да се изгуби в гънките им. Да се определи дали информацията наистина се губи, или продължава да съществува, е един от най-големите въпроси на съвременната теоретична физика.“<sup>[28]</sup>

Този парадокс, изправящ Хокинг срещу повечето привърженици на струнната теория, все още не е разрешен. Залозите обаче са в полза на виждането, че рано или късно ще открием къде е отишла липсващата информация. (Например, ако хвърлите в черната дупка книга, възможно е съдържащата се в нея информация да изтече обратно в нашата вселена под формата на слаби трептения, съдържащи се в Хокинговото лъчение на изпаряващата се черна дупка. Или пък да се появи от бяла дупка.) Затова за момента смятам, че когато някой най-сетне успее да изчисли чрез струнната теория какво се случва с изчезващата в черна дупка информация, ще се окаже, че информацията всъщност не се губи, а тихомълком се появява някъде другаде.

През 2004 г. Хокинг направи неочакван обратен завой и обяви на първата страница на „Ню Йорк Таймс“ и пред телевизионните камери, че не е бил прав по отношение на проблема с информацията. (Преди тридесет години той предлагаше облог, че от черна дупка не може да изтече никаква информация. Изгубилият облога трябваше да даде на победителя енциклопедия, в която информацията се намира лесно.) Хокинг повторил някои от предишните си изчисления и установил, че ако някое тяло попадне в черна дупка, то може да наруши лъчевото ѝ поле и да позволи на информацията да се върне обратно във вселената. Съдържащата се в една книга например информация ще бъде кодирана в лъчението, което бавно напуска черната дупка, макар и в силно обезобразен вид.

От една страна това поставя Хокинг редом до мнозинството квантови физици, според които информацията не може да се загуби. Но възниква и въпросът възможно ли е някаква информация да премине в паралелна вселена? На пръв поглед резултатът на Хокинг хвърля сянка на съмнение върху идеята, че информацията може да премине през дупка-червей и да се озове в друга вселена. Никой обаче не смята, че това е окончателното решение по темата. Информационният парадокс няма да получи решението си, докато струнната теория не бъде изцяло развита или не се направят пълни квантови гравитационни изчисления.

#### ХОЛОГРАФСКАТА ВСЕЛЕНА

И накрая, съществува едно доста загадъчно предположение на М-теорията, което все още си остава неразбрано, но може да има много важни последици за физиката и философията. Резултатът ни кара да си зададем въпроса дали нашата вселена не е всъщност холограма? Има ли „вселена в сянка“, в която телата ни съществуват в сплескана двуизмерна форма? Това поражда и друг, не по-малко объркващ въпрос — дали вселената не е компютърна програма? Можем ли да я запишем на компактдиск и да я пускаме, когато си пожелаем?

Можем да видим холограми по кредитните карти, в музеите и в увеселителните паркове. Те са забележителни с това, че могат да предадат пълно триизмерно изображение върху двуизмерна повърхност. Ако погледнете фотография и преместите главата си, образът не се променя. Холограмата обаче е нещо различно. Когато погледнете холографско изображение и промените положението на главата си ще откриете, че картината се променя, сякаш я наблюдавате през ключалка. (Може би един ден холограмите ще доведат до появата на триизмерна телевизия и кино. Може би в близко бъдеще ще стоим в дневните си и ще гледаме към стенните екрани, които ще ни дават пълни триизмерни изображения на далечни места, сякаш са прозорци. А ако екраните бъдат оформени като цилиндър и стоята ни се намира в центъра му, ще ни се струва, че сме се озовали в друг свят. Накъдето и да погледнем, ще виждаме триизмерен образ на реалност, напълно неразличима от истинската.)

Същността на холограмата се крие в това, че двуизмерната ѝ повърхност съдържа в себе си цялата необходима за получаването на триизмерно изображение информация. (Холограмите се правят в

лаборатории с помощта на лазер, който осветява светлочувствителна фотографска платка. Светлината взаимодейства с лазера от първоначалния източник и интерференцията създава картина, която „запечатва“ образа върху двуизмерната платка.)

Някои космолози стигнаха до заключението, че същото може да се отнася и за самата вселена — че може би живеем в холограма. Това странно предположение води началото си от физиката на черните дупки. Бекенщайн и Хокинг смятат, че общото количество съдържаща се в една черна дупка информация е пропорционално на площта на събитийния хоризонт (който е сферичен). Резултатът е странен, тъй като обикновено съдържащата се в едно тяло информация е пропорционална на обема му. Например количеството информация в една книга е пропорционално на нейните размери, а не на площта на корицата ѝ. Ние осъзнаваме инстинктивно това, когато казваме, че не може да се съди за книгата по корицата ѝ. Подобен род интуиция обаче не работи при черните дупки — за тях можем с пълно право да съдим по кориците.

Може да отхвърлим тази куриозна хипотеза, защото черните дупки сами по себе си са куриози, при които нормалната интуиция не става за нищо. Резултатът обаче е приложим и за М-теорията, която може би ще ни даде най-доброто описание на вселената. През 1997 г. Хуан Малдацена от Института за модерни изследвания в Принстън направи истинска сензация, като показа, че струнната теория води до един нов тип холографска вселена.

Той започна с петизмерна „анти-Де Ситер вселена“, която често се използва в струнната теория и теорията за супергравитацията. Вселената на Де Ситер има положителна космологична константа, която създава все по-бързо разширяваща се вселена. (Да си спомним, че понастоящем нашата вселена най-добре може да се опише като вселена на Де Ситер, в която космологичната константа кара галактиките да се отдалечават с все по-високи скорости една от друга. При противоположния вид вселена космологичната константа е отрицателна и затова тя може да имплодира.) Малдацена показа, че съществува дуалност между тази петизмерна вселена и нейната „граница“<sup>[29]</sup>, която е четириизмерна вселена. Изглежда странно, но всяко живеещо в петизмерната вселена същество ще бъде математически еквивалентно

на същество от четириизмерната вселена. Няма начин да се различат едното от другото.

Да направим една груба аналогия — представете си риба в аквариум. За рибата аквариумът е цялата реалност. Сега си представете двуизмерно холографско изображение на същата риба, проектирано върху стената на аквариума. Изображението съдържа точно копие на оригиналната риба с тази разлика, че е плоско. Всяко движение на рибата в аквариума ще се повтаря едно към едно от плоското изображение. И рибата в аквариума, и онази от стената ще си мислят, че са истински и че другата е илюзия. И двете са живи и действат така, сякаш именно те са истинските. Кое от описанията е вярно? На практика и двете, тъй като рибите са математически еквивалентни и помежду им не може да се направи разлика.

Физиците особено се въодушевиха от факта, че изчисленията в петизмерното анти-Де Ситерово пространство са сравнително лесни, докато четириизмерните теории на полето са прочути със сложността си. (Дори и днес, след десетилетия усърдна работа и най-мощните ни компютри не могат да решат четириизмерния кварков модел и да получат масите на протона и неутрона. Уравненията за самите кварки са доста лесно разбираеми, но решаването им за четири измерения се оказва далеч по-трудно, отколкото се предполагаше.) Една от целите е чрез тази странна дуалност да се изчислят масата и свойствата на протона и неутрона.

Холографската дуалност може да има и практически приложения, като решаването на проблема с информацията във физиката на черните дупки. При наличието на четири измерения е изключително трудно да се докаже, че когато хвърляме предмети в черна дупка, ние не губим информация. Но четириизмерното пространство е дуално на петизмерна вселена, в която информацията може би никога не се губи. Надеждата е, че сложните при четири измерения проблеми (като информационния, изчисляването на масите в кварковия модел и т.н.) могат да намерят решенията си в пет измерения, където математиката е по-проста. И винаги съществува вероятност тази аналогия да представлява всъщност отражение на реалното положение на нещата — че ние всъщност съществуваме като холограми.

ВЪЗМОЖНО ЛИ Е ВСЕЛЕНАТА ДА Е КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА

Както вече видяхме, Джон Уилър смята, че цялата физическа реалност може да се сведе до чиста информация. Бекенщайн продължава идеята за информацията от черната дупка към нови непознати райони, задавайки въпроса дали вселената всъщност не представлява компютърна програма. Възможно ли е да сме просто битове върху космически компактдиск?

Този въпрос бе пресъздаден блестящо във филма „Матрицата“, в която цялата реалност бе сведена до компютърна програма. Милиарди хора мислят, че водят ежедневния си живот, без да си дават сметка, че всичко това е компютърно генерирана фантазия, а истинските им тела лежат във вани с хранителен разтвор и служат за източници на енергия.

Във филма героите можеха да пускат по-малки програми, способни да създават изкуствени микровселени. Ако искаш да станеш майстор по кунг-фу или да се научиш да управляваш хеликоптер, достатъчно е просто да вкараш съответния компактдиск в компютъра, да заредиш програмата в мозъка си и готово! За секунда ставаш истински виртуоз. Пускането на програмата създава цяла нова субреалност. Но това поражда любопитния въпрос възможно ли е цялата реалност да се побере на компактдиск. Необходимата компютърна мощ за симулиране на реалност за милиарди спящи хора е наистина зашеметяваща. Но все пак, възможно ли е на теория цялата вселена да бъде дигитализирана и побрана в крайна компютърна програма?

Корените на този въпрос достигат до Нютоновите закони за движение и имат съвсем практично приложение в живота ни. Помним прочутите думи на Марк Твен: „Всички се оплакват от времето, но никой не прави нищо по въпроса.“ Съвременната цивилизация не може да промени курса дори на една-единствена гръмотевична буря, но това не е попречило на физиците да си зададат далеч по-скромния въпрос — можем ли да предсказваме времето? Възможно ли е да се състави компютърна програма, която да предвижда сложните атмосферни движения на Земята? Това има напълно практическо приложение за всеки, който е зависим от времето — от фермерите, които биха искали да знаят кога да съберат реколтата си, до метеоролозите, интересувачи се от хода на глобалното затопляне през този век.

По принцип компютрите могат да използват законите на Нютон за движението и да изчислят с едва ли не произволна точност движението

на молекулите на въздуха. На практика обаче тези програми се оказват изключително недодялани и на тях не може да се разчита за прогнозиране на времето за повече от два-три дни в най-добрия случай. За да се предскаже времето, трябва да се определи движението на всяка въздушна молекула — нещо, което е непосилно и за най-мощния компютър. Съществува също така проблемът с теорията на хаоса и „ефектът на пеперудата“, според който и най-слабото размахване на крилото на пеперуда може да предизвика верижна реакция, която да доведе до промяна на времето на стотици километри разстояние.

Математиците обобщават ситуацията с твърдението, че най-малкият модел, който е в състояние да опише точно времето, е самото време. Вместо да анализираме всяка молекула, най-доброто, което можем да сторим, е да се запознаем с прогнозите за утрешния ден и с по-мощабните тенденции като парниковия ефект.

Оказва се, че един Нютонов свят много трудно може да се сведе до компютърна програма — в него има прекалено много променливи и „пеперуди“. В квантовия свят обаче могат да се случат някои доста странни неща.

Както вече видяхме, Бекенщайн показва, че общото информационно съдържание на една черна дупка е пропорционално на площта на нейния хоризонт на събитията. Има интуитивен начин да се разбере това. Много учени смятат, че най-малката възможна дължина е дължината на Планк ( $10^{-33}$  см). На това невъобразимо късо разстояние континуумът пространство-време вече не е гладко, а прилича на „пьяна“. Можем да разделим сферичната повърхност на събитийния хоризонт на малки квадрати със страна една Планкова дължина. Ако във всеки квадрат се съдържа един бит информация и сумираме всички квадрати, ще получим общото информационно съдържание на черната дупка. Това като че ли означава, че всеки от тези „Планкови квадрати“ е най-малкото възможно количество информация. Ако това е така, то според Бекенщайн може да се окаже, че истинският език на физиката е не полевата теория, а информацията. Както изтъква той, „теорията на полето с нейната безкрайност не може да бъде завършена история“<sup>[30]</sup>.

Още от времето на работилия през XIX в. Фарадей физиката се формулира на езика на полетата, които са гладки, непрекъснати и измерват силата на магнетизма, електричеството, гравитацията и т.н. във всяка точка на континуума пространство-време. Но една теория на

полето се основава на непрекъснати, а не дигитализирани структури. Полето може да приеме произволна стойност, докато в другия случай имаме само дискретни числа, основани на нули и единици. Такава е например разликата между гладката гумена повърхност от теорията на Айнщайн и телената мрежа. Гумената повърхност може да се раздели на безкрайно много точки, докато при мрежата имаме най-малко разстояние.

Бекенщайн предполага, че „окончателната теория трябва да се концентрира не върху полетата, не дори върху континуума пространство-време, а върху информационния обмен между физичните процеси“<sup>[31]</sup>.

Ако вселената може да се дигитализира и да се сведе до нули и единици, тогава какво е нейното общо информационно съдържание? Бекенщайн изчислява, че черна дупка с диаметър около сантиметър ще съдържа около  $10^{66}$  бита информация. И щом обект с подобни размери може да съдържа такова колосално количество битове, то видимата вселена вероятно съдържа далеч повече информация — не по-малко от  $10^{100}$  бита (която по принцип може да се свие в сфера с диаметър десет светлинни години). Това невъобразимо число — единица със сто нули — се нарича гугъл.

Ако картината е вярна, получаваме доста странна ситуация. Може да се окаже, че в квантовия свят една Нютонова вселена не може да се симулира чрез компютри (или може да се симулира само от система, голяма колкото оригинала), защото сама по себе си вселената може да бъде качена на компактдиск! На теория, ако успеем да качим  $10^{100}$  бита информация на един диск, ще можем да наблюдаваме вселената до най-малките ѝ подробности в собствената си стая. По принцип бихме могли да препрограмираме битовете по такъв начин, че физическата реалност да стане друга. В известен смисъл ще имаме божествената способност да пренаписваме сценария по свое желание.

(Бекенщайн признава, че общото количество информация във вселената би могло да бъде още по-голямо. Всъщност нищо чудно най-малкият обем, в който може да се побере информацията за вселената, да се окаже самата вселена. Ако това е така, ще се озовем там, откъдето тръгнахме — най-малката система, способна да моделира вселената, е самата вселена.)

Струнната теория предлага малко по-различна интерпретация на „най-малката дължина“ и дали сме в състояние да запишем вселената на компактдиск. М-теорията притежава т.нар. Т-дуалност. Да си спомним за древногръцкия философ Зенон, според когото една линия може да се раздели на безкрайно количество точки. Съвременните квантови физици като Бекенщайн смятат, че най-малкото разстояние е дължината на Планк, на която тъканта на континуума пространство-време става на мехури, подобно на пяна. При М-теорията нещата стоят по-различно. Да вземем една струнна теория и да свием едно от измеренията ѝ в кръг с радиус  $R$ . След това вземаме друга струна и свиваме едно измерение в кръг с радиус  $1/R$ . Ако сравним двете напълно различни теории ще открием, че те са абсолютно еднакви.

Нека стойността на  $R$  да бъде изключително малка — много по-малка от  $10^{-33}$  см. Това означава, че физиката в рамките на дължината на Планк е идентична с физиката извън нея. При дължината на Планк континуумът пространство-време става на пяна, но физиката на по-малки и по-големи дължини може да си остане гладка и на практика една и съща.

Тази дуалност бе открита за първи път през 1984 г. от колегата ми Кейджи Кикава и ученика му Масами Ямасаки от университета в Осака. Макар че според струнната теория съществува „най-малка дължина“, физиката не прекъсва изведнъж при нея. Новото в случая е, че физиката при дължини под дължината на Планк е еквивалентна на физиката при по-големи разстояния.

Ако тази доста смахната интерпретация е вярна, то дори и в рамките на „най-малката дължина“ на струнната теория може да съществува цяла вселена. С други думи, ние все така ще можем да използваме теорията на полето с нейните непрекъснати структури, за да описваме вселената дори на разстояния много под  $10^{-33}$  см. Така че може да се окаже, че вселената всъщност далеч не е компютърна програма. Все пак времето ще си каже думата, тъй като проблемът е сравнително добре дефиниран.

(Тази Т-дуалност е потвърждение на модела на Венециано за вселената преди Големия взрив, който описах по-горе. Според него черната дупка се свива до дължината на Планк, след което „отскача“ назад като Голям взрив. Това не е внезапно събитие, а гладка Т-



дуалност между по-малка от Планковата дължина черна дупка и разширяваща се вселена.)

КРАЯТ

Ако М-теорията е успешна, ако тя наистина се окаже „теория на всичко“, дали това означава край на физиката във вида, в който я познаваме днес?

Отговорът е не. Ще си послужи с един пример. Дори и да знаем правилата на шаха, това не ни прави автоматично гротмайстори. По същия начин познаването на законите на вселената не означава, че моментално ще разберем цялото й огромно разнообразие.

Лично аз смятам, че е може би малко рано да прилагаме М-теорията в космологията, макар че тя ни дава много различна картина на това как може да е възникнала вселената. Мисля, че основният проблем е в това, че моделът все още не е завършен. М-теорията може спокойно да е „теория на всичко“, но според мен все още предстои много работа, свързана с нея. Още от 1968 г. тя се развива назад и окончателните й уравнения все така си остават неизвестни. (Например струнната теория може да се формулира чрез струнната теория на полето, както показахме с Кикава преди години. Все още не знаем кой е партньорът на М-теорията.)

М-теорията се изправя пред няколко проблема. Единият от тях е, че сега физиците затъват в  $p$ -брани. Бяха написани редица статии, опитващи се да каталогизират зашеметяващото разнообразие мембрани, които могат да съществуват в различните измерения. Има мембрани с формата на понички с един отвор, понички с много отвори, пресичащи се мембрани и т.н.

Да си припомним историята за слепците и слона. Всеки докосва животното на различно място и излиза със своя собствена теория. Единият хванал слона за опашката и казал, че той е 0-брана (струна). Другият напипал ухото и обявил, че слонът е дву-брана (мембрана). А третият заявил, че първите двама грешат. Той докоснал приличащия на дърво крак и решил, че слонът е три-брана. Тримата са слепи и не могат да видят цялата картина — че общият сбор от тези брани е всъщност слон.

По същия начин е трудно да се приеме, че стотиците мембрани в М-теорията са по един или друг начин фундаментални. Днес все още не

сме в състояние да разберем напълно М-теорията. Моята лична гледна точка, която следвам при сегашното си проучване, е, че тези мембрани и струни представляват „кондензиране“ на пространството. Айнщайн се опита да опише материята с чисто геометрични средства, като някакви гънки в тъканта на континуума пространство-време. Ако вземем например чаршаф и върху него се образува гънка, тя се държи така, сякаш живее свой собствен живот. Айнщайн се опита да моделира електрона и другите елементарни частици като един вид смущения в геометрията на континуума пространство-време. Въпреки че в крайна сметка това не му се отдаде, идеята може да се възкреси на много по-високо ниво чрез М-теорията.

Смятам, че Айнщайн е бил на прав път. Идеята му е да получи субатомната физика от геометрията. Вместо да се опитваме да намерим геометричен аналог на частиците точки, както прави Айнщайн, ние бихме могли да ревизираме стратегията му и да се опитаем да изградим геометрични аналози на струните и мембраните, направени от чисто пространство-време.

Един от начините да видим логиката на този подход е да се обърнем към историята на физиката. В миналото учените се сблъскали с цял спектър от тела и постепенно разбрали, че зад тях има нещо фундаментално. Например, когато сме открили спектралните линии на водорода, в крайна сметка сме разбрали, че те се причиняват от атома, от квантовите скокове на електрона при обиколката му около ядрото. По същия начин, когато се сблъскали с разпространението на силните частици през 50-те, физиците най-накрая си дали сметка, че те всъщност представляват особени състояния на кварки. А след като се изправиха срещу кварките и другите „елементарни“ частици на Стандартния модел, повечето започнаха да смятат, че те всъщност представляват трептене на струна.

При М-теорията сме изправени пред  $p$ -брани от всякакъв вид. Трудно е да се приеме, че те могат да бъдат фундаментални, просто защото са прекалено много и са наследствено нестабилни и дивергентни. Разумно и в съзвучие с историческия подход е да се приеме, че М-теорията произлиза от някаква още по-проста парадигма — може би от самата геометрия.

За да решим този фундаментален въпрос, трябва да знаем физичния принцип зад теорията, а не само екзотичната ѝ математика.

Брайън Грийн казва: „В момента занимаващите се със струнната теория учени са в позицията на лишения от принципа на еквивалентност Айнщайн. След налучкването на Венециано през 1968 г. теорията беше съшита в едно цяло — откритие след откритие и революция след революция. Но общият принцип, който обединява тези открития и всички други характеристики в една стройна симетрична рамка — рамка, която прави съществуването на всеки съставен елемент абсолютно неизбежно — все още липсва. Откриването на този принцип ще отбележи кардинален момент в развитието на струнната теория, тъй като ще обясни начина ѝ на действие по възможно най-ясния начин.“<sup>[32]</sup>

Това би дало смисъл и на милионите открити досега решения на струнната теория, всяко от които представлява напълно обособена вселена. В миналото се предполагаше, че сред това изобилие от решения съществува само едно истинско. Днес начинът ни на мислене се променя. Засега няма начин да изберем една от милионите възможни вселени. Все повече учени смятат, че щом не сме в състояние да намерим едно уникално решение на струнната теория, то вероятно такова не съществува. Всички решения са равнопоставени. Съществува мултивселена от вселени, всяка от които е съвместима със законите на физиката. А това ни води до т.нар. антропен принцип и възможността за „проектирана вселена“.

---

[1] Nahin, p. 147. ↑

[2] Wells 2, p. 20. ↑

[3] Pais 2, p. 179. ↑

[4] Moore, p. 432. ↑

[5] Kaku 2, p. 137. ↑

[6] Davies 2, p. 102. ↑

[7] По принцип нашата полева теория на струните може да обобщи цялата струнна теория. Самата теория обаче не бе в завършен вид, тъй като изискването на Лоренц за инвариантността бе нарушен. По-късно Уитън успя да изведе елегантна версия на открита бозонна полева теория на струните, която бе ковариантна. По-късно групата от Масачузетския технологичен институт, групата от Киото и аз успяхме да конструираме ковариантна затворена бозонна полева теория (която обаче не беше многоелементна и затова — трудна за използване). Днес благодарение на М-теорията интересът се прехвърли към мембраните,

но все още не е ясно дали може да се изгради истинска мембранна теория на полето. ↑

[8] Има няколко причини предпочитаният брой измерения в струнната теория и М-теорията да са десет и единадесет. Първо, ако разгледаме презентациите на групата на Лоренц за наличието на все по-висши измерения ще забележим, че като цяло броят на фермионите нараства експоненциално с броя на измеренията, докато броят на бозоните се увеличава линейно. Ето защо можем да имаме суперсиметрична теория с равен брой фермиони и бозони само за малък брой измерения. Ако подложим на анализ теорията на групата, ще открием, че имаме идеално равновесие при наличието на десет и единадесет измерения (ако приемем, че максималният спин на частицата е две, а не три или повече). Така изцяло теоретично можем да покажем, че предпочитаният брой измерения са десет и единадесет.

Има и други начини да се покаже, че десет и единадесет са „магически числа“. Ако разгледаме по-високите затворени диаграми ще видим, че като цяло единството им не се запазва, което е гибелно за теорията. Това означава, че частиците могат да се появяват и изчезват като при махване с магическа пръчица. Ще видим, че единството се възстановява за теорията на пертурбациите в тези измерения.

Можем също да покажем, че при наличието на десет и единадесет измерения „призрачните“ частици могат да бъдат накарани да изчезнат. Това са частици, които не се подчиняват на обичайните условия за физически частици.

Накратко, можем да покажем, че в тези „магически числа“ сме в състояние да запазим (а) свръхсиметрията, (б) крайността на пертурбационната теория, (в) единството на пертурбационните серии, (г) инвариантността на Лоренц и (д) анулирането на аномалиите. ↑

[9] Личен разговор. ↑

[10] Когато се опитват да обяснят някоя сложна теория, физиците често използват теорията за пертурбацията — идеята първо да обяснят някоя по-проста теория и след това да анализират малките отклонения от нея. Тези малки отклонения на свой ред ни дават безкраен брой малки коригиращи фактори към оригиналната идеализирана теория. Всяка корекция обикновено се нарича диаграма на Файнман и може да се опише графично чрез диаграми, представящи всички възможни начини, по които се сблъскват различните частици.

Отначало физиците се тревожели от факта, че елементите в теорията за пертурбацията стават безкрайно много и така правят цялата програма безсмислена. Файнман и колегите му обаче откриха серия гениални трикове и манипулации, с чиято помощ успяха да елиминират безкрайностите (което им донесе и Нобелова награда през 1965 г.).

Проблемът с квантовата гравитация е в това, че наборът квантови корекции всъщност е безкраен — всеки коригиращ фактор е равен на безкрайност, дори и да използваме триковете на Файнман и екипа му. Затова казваме, че квантовата гравитация не може да се ренормализира.

При струнната теория това разширяване на пертурбациите е крайно, което е и основната причина да се занимаваме с нея. (От техническа гледна точка категорично доказателство на теорията не съществува. Същевременно обаче безкрайният клас от диаграми може да се представи като краен, а освен това бяха представени някои математически аргументи, според които теорията е по всяка вероятност крайна във всяко отношение.) Разширяването на пертурбациите обаче само по себе си не е в състояние да представи вселената такава, каквато я познаваме, тъй като запазва съвършена свръхсиметрия, каквато реално не наблюдаваме. Ние виждаме, че симетриите във вселената са ужасно нарушени (например не разполагаме с експериментални данни за свръхчастици). Ето защо физиците искат „спокойно“ описание на струнната теория, което е изключително трудна задача. Всъщност понастоящем не съществува единен начин за изчисляване на подобни корекции на квантовата теория на полето. Проблемите при такова описание са прекалено много. Например, ако искаме да увеличим стойността на силите в теорията, това означава всеки елемент в теорията за пертурбацията да става все по-голям и по-голям, докато самата теория не стане безсмислена. Например сумата  $1 + 2 + 3 + 4 \dots$  няма смисъл, тъй като елементът става все по-голям и по-голям. Предимството на М-теорията е в това, че за първи път можем да установим подобни резултати чрез дуалност. Това означава, че ограничението на една струнна теория може да се окаже еквивалентно на друга струнна теория. ↑

[11] Струнната теория и М-теорията представляват коренно нов подход към общата теория на относителността. Докато Айнщайн разработва общата теория на относителността около концепцията за изкривения континуум пространство-време, струнната теория и М-

теорията се основават на идеята за издължен обект като струна или мембрана, който се движи през свръхсиметрично пространство. В крайна сметка може да се окаже възможно сливането на двете картини, но понастоящем това все още не е доказано. ↑

[12] Discover magazine, Aug. 1991, p. 56. ↑

[13] Barrow 2, p. 305. ↑

[14] Barrow 2, p. 205. ↑

[15] Barrow 2, p. 205. ↑

[16] В края на 60-те, когато физиците едва започваха да търсят симетрия, която да включва всички частици във вселената, гравитацията не влизаше в сметките им. Това се дължи на факта, че има два типа симетрии. Симетриите, които имаме във физиката на елементарните частици, позволяват размяната на едни частици с други. Съществува обаче и друг вид симетрии, които превръщат пространството във време, и именно те са свързани с гравитацията. Гравитационната теория не се основава на симетриите с размяна на частици, а на симетриите на ротации в четири измерения, или Лоренцовата група в четири измерения  $O_{(3,1)}$ .

По същото време Сидни Колмън и Джефри Мандула доказаха известната теорема, според която е невъзможно да се съчетаят включващите гравитацията пространствено-времеви симетрии със симетриите, описващи субатомните частици. Тази пречка спираше всеки опит за изработване на „върховна симетрия“ на вселената. Например ако някой се опита да съчетае *GUT*-симетрията  $SU_{(5)}$  с относителната симетрия  $O_{(3,1)}$ , ще стигне до задънена улица. Вместо дискретни, масите на частиците изведнъж ще се окажат продължителни стойности. Това бе крайно разочароващо, тъй като означаваше, че гравитацията не може просто да се прибави към останалите сили и да се получи симетрия от по-висок порядък. Оттук изглеждаше, че общата теория на полето е невъзможна.

Струнната теория обаче решава всички тези трънливи проблеми с най-мощната симетрия, известна във физиката на елементарните частици — суперсиметрията. Понастоящем суперсиметрията е единственият известен начин за избягване на теоремата на Колмън-Мандула. (Суперсиметрията използва една малка, но жизненоважна вратичка в теоремата. Обикновено когато използваме числа като  $a$  и  $b$ , ние приемаме, че  $a b = b a$ . Това се приема мълчаливо от теоремата на

Колмън-Мандула. При суперсиметрията обаче използваме „суперчисла“, така че  $a b = -b a$ . Тези суперчисла имат странни свойства. Например при  $a a = 0$  стойността на  $a$  може да е различна от 0, което е абсурдно за обикновените числа. Ако в теоремата на Колмън-Мандула използваме суперчисла, ще открием, че тя е невярна.) ↑

[17] На първо място суперсиметрията решава проблема с йерархията, който обрича на пълен неуспех *GUT*-теорията. При разработването на обща теория на полето получаваме две доста различни скали на масите. Масите на някои частици като протона са същите, каквито ги откриваме при обичайните експерименти. Други частици обаче са твърде масивни и енергиите им са сравними с енергията, която откриваме при Големия взрив — енергията на Планк. Тези две скали трябва да се разглеждат поотделно. Когато обаче ги приложим в квантовите корекции, настъпва катастрофа. Поради квантовите флуктуации двата типа маса започват да се смесват, тъй като съществува крайна вероятност една група леки частици да се превърне в друга група тежки частици и обратно. Това означава, че трябва да съществува множество от частици, чиито маси варират плавно между обичайните маси и онези, които са съществували по времето на Големия взрив и които не можем да наблюдаваме в момента. Точно тук се намесва суперсиметрията. Може да се покаже, че в една суперсиметрична теория двете енергийни скали не се смесват. Налице е прекрасен процес на взаимно унищожаване, така че двете скали никога не си взаимодействат. Фермионите анулират бозоните и така се получават крайни резултати. Доколкото знаем, суперсиметрията може да е единственото решение на проблема с йерархията.

Освен това суперсиметрията решава проблема с теоремата на Колмън-Мандула от 60-те, която показва, че е невъзможно една симетрична група, действаща при кварките (като  $SU_{(3)}$ ) да се съчетае със симетрия на континуума пространство-време, каквато е теорията на относителността на Айнщайн. Така от теоремата излиза, че обединителната симетрия е невъзможна. Суперсиметрията обаче предлага изход от теоремата и това е едно от големите теоретически постижения. ↑

[18] Cole, p. 174. ↑

[19] Wilzcek, p. 138. ↑

[20] [www.edge.org](http://www.edge.org), Feb. 10, 2003. ↑

- [21] [www.edge.org](http://www.edge.org), Feb. 10, 2003. ↑
- [22] Seife, p. 197. ↑
- [23] Astronomy magazine, May 2002, p. 34. ↑
- [24] Ibid. ↑
- [25] Ibid. ↑
- [26] Discover magazine, Feb. 2004, p. 41. ↑
- [27] Astronomy magazine, May 20.02, p. 39. ↑
- [28] Greene 1, p. 343. ↑

[29] Всъщност Малдацена показва, че свитата до петизмерна анти-Де Ситерова вселена струнна теория от втори тип е дуална на съответна четириизмерна теория на полето, разположена на границата ѝ. Първоначалната идея бе да се установи някаква модифицирана версия на тази странна дуалност между струнната теория и четириизмерната квантова хромодинамика — теорията на силните взаимодействия. Изграждането на подобна дуалност би представлявало сериозно постижение, тъй като ще позволи изчисляването на свойствата на силно взаимодействащите си частици като протона направо от струнната теория. Засега тези надежди си остават неоправдани. ↑

- [30] Scientific American, Aug. 2003, p. 65. ↑
- [31] Ibid. ↑
- [32] Greene 1, p. 376. ↑



## 8

### ПРОЕКТИРАНА ВСЕЛЕНА

*„Възможно е във вечността да е имало множество лошо и нескопосано създадени вселени, преди да се появи нашата система. Бил е хвърлен много труд, правени са милиони напразни опити и през безбройните векове е имало бавни, но непрекъснати подобрения в изкуството да се създават светове.“*

Дейвид Хюм

Когато бях във втори клас, учителката ми подхвърли нещо, което никога няма да забравя: „Бог е обичал Земята и затова я е поставил на подходящото разстояние от Слънцето.“ Макар и едва шестгодишен, бях поразен от простотата и силата на този аргумент. Ако Бог бе поставил Земята прекалено далеч от Слънцето, океаните щяха да замръзнат. Ако Земята се намираше малко по-близо, те щяха да изкипят. За учителката ми това не само означаваше, че Бог съществува, но и че е добронамерен и толкова обича планетата ни, че я е разположил на най-подходящото място. Това дълбоко ме впечатли.

Днес учените казват, че Земята се намира в „златната зона“ от Слънцето — на точно необходимото разстояние, за да може да поддържа „универсалния разтворител“ — течната вода, в която да се образуват химичните вещества на живота. Ако планетата ни се намираше по-далеч, тя можеше да стане „замръзнала пустиня“ като Марс, където температурите създават една сурова и пустинна повърхност, а водата и въглеродният диоксид често са в твърдо състояние. Дори в недрата на планетата намираме вечна замръзналост — постоянен пласт от замръзнала вода.

Ако беше по-близо до Слънцето, Земята може би щеше да прилича на Венера, която е с почти същите размери, но е известна със своя „парников ефект“. Поради близкото ѝ разстояние до Слънцето и

съставената предимно от въглероден диоксид атмосфера, Венера задържа енергията на слънчевата светлина и температурите доближават 480°C. Поради това Венера има най-високата средна температура в Слънчевата система. Със своите дъждове от сярна киселина, стотици пъти по-високо от земното атмосферно налягане и изпепеляващите температури, Венера е може би най-близката по описание до ада планета. И всичко това най-вече защото се намира по-близо до Слънцето от Земята.

Ако анализират аргумента на моята учителка, учените ще кажат, че той е типичен пример на антропния принцип, според който законите на природата са подбрани така, че да направят възможни появата на живот и съзнание. Относно това дали тези закони са нагласени от някаква висша сила или по чиста случайност се водят много спорове — особено през последните години, поради прекалено големия брой открити „случайности“ или съвпадения. За някои това е доказателство за съществуването на божество, което преднамерено е подбрало законите на природата по такъв начин, че да може да се появи животът и самите ние. За други ние сме просто страничен продукт от серия щастливи съвпадения. Или че може би, ако приемаме разклоненията на инфлацията и М-теорията, съществува мултивселена, от която нашата е само една малка част.

За да оценим сложността на тези аргументи, нека първо разгледаме случайностите, благодарение на които е възможен живот на Земята. Живеем не само в златната зона от Слънцето, но и в серия от други подобни зони. Например нашата Луна е точно толкова голяма, че да стабилизира орбитата на Земята. Ако спътникът ни не беше толкова масивен, дори най-малкото отклонение във въртенето на планетата щеше бавно да се натрупва в продължение на стотиците милиони години, което би направило орбитата ѝ колеблива и би причинило такива драстични промени в климата, че Земята нямаше да бъде годна за живот. Компютърните симулации показват, че без голяма Луна (т.е., около една трета от размерите на земната маса) земната ос щеше да се променя с 90 градуса за период от милиони години. Учените смятат, че за създаването на ДНК са били необходими стотици милиони години химична стабилност. В такъв случай, една периодически превъртаща се през оста си Земя ще означава катастрофални климатични промени, правещи образуването на ДНК невъзможно. За щастие Луната е с

„точно необходимата“ големина, за да стабилизира земната орбита и да не позволи подобни катаклизми. (Спътниците на Марс не са достатъчно големи, за да стабилизируют въртенето му. В резултат на това Марс бавно започва да навлиза в нова ера на нестабилност. Астрономите смятат, че в миналото оста на Марс може да се е отклонявала с около 45 градуса.)

Поради слабите приливни сили Луната също се отдалечава от нас с около 4 см на година. След около 2 милиарда години нашият спътник ще бъде прекалено далеч, за да е в състояние да стабилизира въртенето на Земята. Това ще има катастрофални последици за живота. В далечното бъдеще нощното небе ще бъде не само безлунно, но и по него ще се виждат съвсем различни съзвездия, когато Земята се върти непостоянно по орбитата си. Климатът ще стане коренно различен и ще направи живота невъзможен.

„Без Луната нямаше да има лунни лъчи, месеци, лунатизъм, програма «Аполо», поезията щеше да е по-бедна и всяка нощ светът щеше да тъне в мрак и униние — пишат астрономите Питър Уорд и Доналд Браунлий от Вашингтонския университет. — Без Луната най-вероятно нямаше да има птици, секвой, китове, трилобити или някакъв друг високоразвит живот, ощастливил планетата ни.“<sup>[1]</sup>

Компютърните модели показват също, че присъствието на Юпитер в Слънчевата система е абсолютно задължително за съществуването на живота на Земята, тъй като огромната му гравитация спомага за изхвърлянето на астероидите в открития космос. Били са необходими почти милиард години (т.нар. „ера на метеорите“, продължила от образуването на Земята преди ок. 4,5 милиарда години допреди 3,5 милиарда години), за да може Слънчевата система да се „разчисти“ от отломките от астероиди и комети, останали след сътворението. Ако Юпитер бе по-малък, а гравитацията му — по-слаба, нашата Слънчева система все още щеше да е пълна с астероиди, които щяха да се блъскат в Земята и да унищожават всякакъв евентуално зародил се живот. Следователно Юпитер също се намира на точно необходимото място.

Освен това живеем в златната зона на планетарните маси. Ако Земята бе по-малка, гравитацията ѝ не би могла да задържи кислорода. Ако беше прекалено голяма, тя щеше да запази голяма част от първоначалните си отровни газове и животът не би могъл да възникне.

Земята има „точно необходимата“ маса, за да поддържа годни за живота атмосферни условия.

Живеем също и в златната зона на допустимите планетни орбити. Забележително е, че орбитите на другите планети с изключение на орбитата на Плутон са почти кръгови, което прави вероятността за сблъсък почти нулева. Това означава, че Земята няма да се приближи прекалено много до някой от газовите гиганти, който да наруши орбитата ѝ. Това отново е идеално за живота, който се нуждае от стотици милиони години стабилност.

Също така Земята се намира и във възможно най-благоприятната зона на Млечния път, на около две трети от центъра на галактиката. Ако Слънчевата система се намиреше прекалено близо до галактическия център, където се спотайва черната дупка, радиационният фон щеше да е толкова силен, че животът би бил невъзможен. А ако Слънцето бе прекалено отдалечено, нямаше да има достатъчно тежки елементи, необходими за появата на живот.

Учените могат да ни засипят с безброй примери за подобни златни зони, в които се намира Земята. Уорд и Браунлий твърдят, че съществуваме в толкова тясна ивица зони, че може би разумният живот на нашата планета е *наистина* уникален в галактиката. Те повтарят забележителния списък, че Земята притежава „точно необходимото“ количество океани, тектонични плочи, количество кислород, топлина, наклон на оста и т.н., за да създаде разумен живот. Ако планетата излизаше съвсем мъничко от някоя от тесните граници, сега нямаше да дискутираме този въпрос.

Дали Земята е била поставена във всички тези златни зони, защото Бог я е обичал? Може би. Можем обаче и да стигнем до заключение, при което не се нуждаем от божество. Вероятно съществуват милиони мъртви планети, които са *прекалено* близо до своите слънца, чиито луни или газови гиганти са твърде малки или пък се намират прекалено близо до галактическия център. Не е задължително съществуването на златните зони по отношение на Земята да означава, че Бог ни е удостоил с някакво особено благоволение. Всичко това би могло да бъде просто съвпадение, един рядък случай сред милиони други мъртви светове, намиращи се извън златните зони.

Древногръцкият философ Демокрит, който пръв издига идеята за атомите, пише: „Съществуват безброй светове с различни размери. На някои от тях няма слънце и луна. На други има повече от едно слънце и луна. Разстоянието между световите е различно, като в някои посоки те са повече... Гибелта им настъпва при сблъсък един с друг. Някои светове са лишени от растения и животни, както и от всякаква влага.“<sup>[2]</sup>

Всъщност към 2002 г. астрономите бяха открили около 100 планети, обикалящи около други звезди. Подобни екстрасоларни планети се откриват средно веднъж на всеки две седмици. Тъй като самите планети не светят със собствена светлина, учените ги идентифицират чрез най-различни косвени методи. Най-сигурният начин е да се търси отклонение в звездата, което се променя при обикалянето на някой газов гигант като Юпитер. Чрез анализа на доплеровото отместване на излъчената от звездата светлина може да се изчисли колко бързо се движи спътникът ѝ, а масата му се получава благодарение на законите на Нютон.

„Можете да си представите звездата и голямата планета като двойка танцьори, които се въртят и пляскаят протегнатите си ръце. По-малкият партньор е отвън и се движи по по-голям кръг, а по-големият движи краката си и се измества съвсем малко — именно това е «отклонението», което виждаме“<sup>[3]</sup>, казва Крис Макарти от Института „Карнеги“. Днес този метод е толкова усъвършенстван, че можем да регистрираме отклонения в скоростта от порядъка на 3 м/сек (колкото забързано крачене) при звезди, отдалечени на стотици светлинни години от нас.

Предлагат се и други оригинални методи за откриване на още повече планети. Един от тях е да се търси планета, когато минава пред звездата си и води до слабо намаляване на яркостта ѝ. След 15–20 години NASA ще изведе в орбита интерферометър, който ще бъде в състояние да открива и по-малки, подобни на Земята планети в дълбокия космос. (Яркостта на звездата майка почти изцяло скрива планетата и затова сателитът ще използва интерференцията на светлината, за да елиминира силното сияние.)

Засега нито една от подобните на Юпитер екстрасоларни планети не наподобява нашата Земя и може би всички те са мъртви. Астрономите установиха, че техните орбити са твърде ексцентрични

или се намират много близо до звездите. И в двата случая е невъзможно съществуването на планета като Земята в рамките на златните зони. В такива слънчеви системи газовите гиганти ще прекосяват златните зони и ще изхвърлят малките планети в открития космос, правейки възникването на живота невъзможно.

Силно ексцентричните орбити са често срещано явление в космоса — всъщност те са толкова разпространени, че когато през 2003 г. бе открита „нормална“ слънчева система, това предизвика сензация. Астрономи от САЩ и Австралия откриха подобна на Юпитер планета, обикаляща около звездата HD 70642. Необичайното при тази планета (около два пъти по-голяма от Юпитер) е, че тя обикаля по кръгова орбита на приблизително същото относително разстояние от звездата като Юпитер спрямо Слънцето.<sup>[4]</sup>

В близко бъдеще астрономите ще бъдат в състояние да претърсят всички близки звезди за потенциални слънчеви системи. „Опитваме се да изследваме всички 2000 подобни на Слънцето звезди в радиус от 150 светлинни години — казва Пол Бътлър от Института «Карнеги» във Вашингтон, който пръв откри екстрасоларна планета през 1995 г. — Целта ни е двойна — да направим разузнаване (на първо място преброяване) на най-близките ни съседи в космоса и да съберем първите данни по фундаменталния въпрос колко често се срещат системи като нашата.“<sup>[5]</sup>

#### КОСМИЧЕСКИ СЛУЧАЙНОСТИ

За да създаде живот, нашата планета трябва да се е намирала в относително стабилно състояние в продължение на стотици милиони години. Но създаването на подобен свят се оказва зашеметяващо сложна задача.

Да започнем с начина, по който са изградени атомите. На първо място протонът е мъничко по-лек от неутрона. Това означава, че неутроните в крайна сметка се разпадат на протони, които се намират в по-ниско енергийно състояние. Ако протонът бе само с 1 процент по-тежък, той щеше да се разпадне в неутрон, а всички ядра щяха да са нестабилни и да се дезинтегрират. Атомите щяха да се разлетят на парчета и животът щеше да е невъзможен.

Друга космическа случайност се крие в това, че протонът е стабилен и не се разпада в антиелектрон. Експериментите показват, че продължителността на живота на протона е наистина астрономическа — много по-голяма от възрастта на вселената. За да се създаде стабилна ДНК, протоните трябва да бъдат стабилни най-малко стотици милиони години.

Ако силното ядрено взаимодействие беше малко по-слабо, ядрата на деутерия щяха да се разпаднат и във вътрешността на звездите нямаше да може да протича ядрен синтез, при който да се създават нови елементи. Ако взаимодействието беше малко по-силно, звездите щяха да изгорят прекалено бързо горивото си и животът не би имал време да се развие.

Ако променим големината на слабата ядрена сила също ще открием, че животът ще стане невъзможен. Неутриното, което действа чрез слабата ядрена сила, е жизненоважно за извеждането на енергията навън от експлодиращата свръхнова. На свой ред, тази енергия е отговорна за образуването на по-тежките от желязото елементи. Ако слабата ядрена сила беше малко по-слаба, неутриното изобщо нямаше да взаимодейства и свръхновите нямаше да могат да образуват тежки елементи. Ако слабата ядрена сила беше малко по-голяма, неутриното щеше да напусне ядрото на звездата, което също не би позволило формирането на елементите, от които са изградени телата ни и светът около нас.

Учените са съставили дълъг списък с подобни „щастливи космически случайности“. Ако го погледнем, с огромна изненада ще открием, че много от познатите ни константи на вселената се намират в изключително тесни параметри, извън които животът не би могъл да съществува. Достатъчно е да се промени само една от тези случайности, за да не се сформират никога звезди, вселената да се разпадне, ДНК да не съществува, животът да е невъзможен, Земята да се изпари или да замръзне и т.н.

За да илюстрира колко забележителна е тази ситуация, астрономът Хю Рос я сравнява с „Боинг 747“, сглобен до най-малката подробност от вилняло в гробище за самолети торнадо.

#### АНТРОПНИЯТ ПРИНЦИП

И така, всички представени дотук аргументи се обединяват в т.нар. антропен принцип. Има няколко начина да се подходи към него. Моята учителка смяташе, че тези щастливи случайности са доказателство за съществуването на някакъв общ дизайн или план. Както казва Фрийман Дайсън, „сякаш вселената е знаела, че ще се появим“. Това е пример за силния антропен принцип — идеята, че фината настройка на физичните константи не е случайна, а говори за наличието на някакъв вид дизайн. (Слабият антропен принцип просто гласи, че физичните константи на вселената са такива, че благодарение на тях са възможни животът и съзнанието.)

Физикът Дон Пейдж обобщава по следния начин различните форми на антропния принцип, предложени досега:

**Слаб антропен принцип:** „Онова, което наблюдаваме във вселената, е ограничено от изискването да съществуваме като наблюдатели.“

**Силно-слаб антропен принцип:** „Животът трябва да се зароди най-малко на един от многото светове във вселената.“

**Силен антропен принцип:** „Вселената трябва да има свойства, които да направят живота в нея възможен в даден момент.“

**Окончателен антропен принцип:** „Във вселената трябва да се развие разум, който да продължи да съществува завинаги след това.“<sup>[6]</sup>

Вера Кистяковска от Масачузетския технологичен институт е сред онези, които приемат сериозно силния антропен принцип и твърдят, че той е доказателство за съществуването на Бог. „Изящният ред, съществуващ в нашето научно виждане за физическия свят, говори за божествена намеса“<sup>[7]</sup>, изтъква тя. Подобно е и мнението на Джон Полкингхорн, специалист по физика на елементарните частици, който се отказва от мястото си в Кембридж и прие духовен сан. Според него вселената „не е просто «някакъв древен свят», а е специално пригодена за живот, тъй като е дело на Създател, който желае да бъде така“<sup>[8]</sup>. И наистина, дори самият Исаак Нютон, откривателят на непоклатимите закони, водещи планетите и звездите без божествена намеса, смятал, че изящството на тези закони говорят недвусмислено за съществуването на Бог.

От друга страна Нобеловият лауреат Стивън Уайнбърг далеч не споделя подобно виждане. Той признава убедителността на антропния принцип: „Хората трудно биха могли да не повярват, че са в някакви



специални отношения с вселената и че човешкият живот не е повече или по-малко нелеп резултат от верига случайности, които могат да се проследят до първите три минути след Големия взрив, а е бил замислен по някакъв начин още от самото начало.“ Същевременно той стига до заключението, че силният антропен принцип не е „нищо друго, освен дрънканици на мистици.“<sup>[9]</sup>

Други учени също не са особено убедени в силата на антропния принцип. Покойният Хайнц Паджелс навремето бил силно впечатлен от антропния принцип, но в крайна сметка изгуби интерес към него, тъй като той не притежава способността да предсказва. Теорията не може да се подложи на проверка, нито пък има някакъв начин от нея да се извлече нова информация. Вместо това тя дава безкрайна поредица от празни тавтологии — че ние съществуваме, защото съществуваме.

Гът също отхвърля антропния принцип: „Трудно ми е да повярвам, че някой би се обърнал към антропния принцип, ако имаше по-добър начин да обясни нещо — заявява той. — Например все още не съм чувал за антропен принцип в историята... Антропният принцип е нещо, към което хората прибягват в случай, че не са в състояние да измислят по-добро обяснение.“<sup>[10]</sup>

#### МУЛТИВСЕЛЕНАТА

Други учени като сър Мартин Рийс от Кембридж смятат, че тези космически случайности са доказателство за съществуването на мултивселена. Рийс е убеден, че единственият начин да обясним факта, че живеем в невъобразимо тесните параметри на стотици „съвпадения“, е да постулираме съществуването на милиони паралелни вселени. Повечето от вселените в тази мултивселена са мъртви. Протонът не е стабилен. Атомите така и не се образуват. ДНК не се формира. Вселената колапсира преждевременно или замръзва почти моментално. В нашата вселена обаче са налице серия космически случайности — не е задължително по волята на Бог, а по силата на средните стойности.

Сър Мартин Рийс е в известен смисъл последният човек, от когото бихме очаквали да излезе с идея за паралелни вселени. Той е кралският астроном на Англия и носи голяма отговорност за представянето на общоприетото виждане за вселената. Сивокос,

изпълнен с достойнство и безупречно облечен, Рийс с еднаква лекота говори както за чудесата на космоса, така и за проблемите на обществото.

Според него вселената неслучайно е настроена по такъв начин, че в нея да може да се зароди живот. Просто случайностите са прекалено много, за да са реални. „На пръв поглед фината настройка, от която зависи нашето съществуване, може да е случайна — пише той. — Навремето смятах точно така. Но подобно виждане сега ми се струва твърде ограничено... Приемем ли веднъж това, много от на пръв поглед особени качества на нашата вселената (които някои теолози сочат като признак за божествено Провидение или умисъл) престават да ни изненадват.“<sup>[11]</sup>

Рийс се опитва да подкрепи аргументите си, като изразява количествено някои от концепциите. Според него вселената като че ли се управлява от шест числа, всяко от които може да се измери и е фино настроено. Тези шест числа трябва да отговарят на условията за съществуване на живот, в противен случай ще създадат мъртви вселени.

Първото от тях е Епсилон със стойност 0,007, което е относителното количество водород, превръщан в хелий при термоядрените реакции на Големия взрив. Ако стойността беше 0,006, тя би отслабила ядрената сила и протоните и неутроните нямаше да се свързват помежду си. Деутерият (който има един протон и един неутрон) не би могъл да се образува, откъдето звездите не биха могли да създадат по-тежките елементи и цялата вселена щеше да се състои от водород. И най-малката редукция на ядрената сила ще породи нестабилност в периодичната таблица и ще има по-малко стабилни елементи, от които да възникне живот.

Ако Епсилон беше 0,008, термоядреният синтез щеше да протече толкова бързо, че след Големия взрив не би останал водород и сега нямаше да съществуват звезди, които да дават енергията си на планетите. Или пък два протона щяха да се свържат помежду си и да направят невъзможен термоядрения процес в звездите. Рийс цитира Фред Хойл, според когото и промяна от порядъка на 4 процента в ядрената сила би направило формирането на въглерода (а следователно и на по-тежките елементи и на живота) невъзможно.<sup>[12]</sup> Хойл откри, че и най-малката промяна на ядрената сила би направила берилия толкова

нестабилен, че той никога не би могъл да изиграе ролята на „мост“ към въглеродния атом.

Втората величина е  $N$  със стойност  $10^{36}$  — големината на електрическата сила, разделена на силата на гравитацията, което показва колко слаба е гравитацията. Ако тя бе още по-слаба, материята не би могла да се свие в звезди и да развие необходимата за термоядрения синтез температура. Нямаше да има звезди, а планетите щяха да тънат в леден мрак.

Ако гравитацията бе мъничко по-силна, звездите щяха да се нагорещят прекалено силно и да изразходват горивото си толкова бързо, че животът никога не би имал време да се развие. Освен това по-силната гравитация означава по-ранно образуване на по-малки галактики. Звездите щяха да бъдат разположени много нагъсто и да се блъскат една в друга.

Третото число е Омега — относителната плътност на вселената. Ако стойността ѝ бе прекалено ниска, вселената щеше да се разшири и да изстине прекалено бързо. А ако Омега е прекалено голяма, вселената щеше да колапсира, преди да може да се зароди живот. „За да продължава вселената да се разширява в продължение на 10 милиарда години и стойността на Омега да не се е отклонила особено много, една секунда след Големия взрив, стойността ѝ не може да се е различавала с повече от  $1/10^{15}$  от единица“<sup>[13]</sup>, пише Рийс.

Следва космологичната константа Ламбда, която определя скоростта на разширяване на вселената. Ако тя бе съвсем малко по-голяма, антигравитацията би разкъсала вселената на парчета и би я запратила незабавно в Голямото замръзване, правейки живота невъзможен. А ако космологичната константа бе отрицателна, вселената щеше да се свие рязко в Голям срыв. С други думи, подобно на Омега, космологичната константа трябва да бъде подбрана изключително прецизно, за да може да възникне живот.

Петата стойност е  $Q$  — амплитудата на неравномерностите в микровълновото фоново лъчение, която е равна на  $10^{-5}$ . Ако стойността бе малко по-ниска, вселената щеше да бъде изключително еднородна и безжизнена маса от газ и прах, която никога не би се кондензирала в днешните звезди и галактики. Вселената щеше да е тъмна, еднообразна, безизразна и лишена от живот. Ако стойността на  $Q$  бе по-висока, материята щеше да се кондензира по-рано в историята

на вселената и да образува огромни свръхгалактически структури. Тези „грамадни буци материя ще се свият в огромни черни дупки“<sup>[14]</sup>, твърди Рийс. Масата на черните дупки ще надхвърля масата на цели галактически купове. Ако в този огромен куп се образуват някакви звезди, те ще бъдат разположени толкова нагъсто, че образуването на планетни системи би било немислимо.

Последното число е  $D$  — броят на пространствените измерения. Поради интереса си към  $M$ -теорията, физиците си задават въпроса дали е възможен живот в друг брой измерения. Ако пространството има само едно измерение, животът едва ли би могъл да съществува, защото вселената е тривиална. Когато физиците се опитват да приложат квантовата теория към едноизмерни вселени се оказва, че частиците минават една през друга, без да си взаимодействат. Ето защо е възможно едноизмерните вселени да не са в състояние да поддържат живот — частиците не се „закрепват“ една за друга, за да образуват все по-сложни тела.

При двуизмерното пространство също се натъкваме на проблем, тъй като живите форми по всяка вероятност ще се дезинтегрират. Представете си раса от двуизмерни същества, живеещи на повърхността на една маса. Помислете си как биха се хранили. Хранопроводът и храносмилателната система би ги разрязало на две. Ето защо е трудно да си представим сложно двуизмерно същество, което не се разпада на отделни парчета.

Друг аргумент от биологията също сочи, че разумът не би могъл да съществува в по-малко от три измерения. Мозъкът ни се състои от огромен брой припокриващи се неврони, свързани в огромна електрична мрежа. Ако вселената имаше едно или две измерения, трудно бихме могли да построим сложни невронни връзки, особено ако те правят късо съединение, когато се поставят една върху друга. При по-малко измерения сме силно ограничени от броя на сложни логически вериги и броя неврони, които можем да разположим в определена площ. Например нашият мозък се състои от около 100 милиарда неврона, което е приблизителният брой звезди в Млечния път. Всеки от тези неврони е свързан с около 10 000 други. Едва ли бихме могли да пресъздадем подобна сложна структура при по-малко измерения.

При четири измерения се сблъскваме с друг проблем — планетите няма да имат стабилни орбити около Слънцето. Обратният квадратичен закон на Нютон се замества с обратен кубичен закон. Още през 1917 г. близкият приятел на Айнщайн Пол Еренфест се пита как ли би изглеждала физиката при другите измерения. Той анализира т.нар. уравнение на Поасон-Лаплас (което управлява движението на планетите и електрическите заряди на атомите) и открил, че при четири и повече пространствени измерения орбитите стават нестабилни. Тъй като електроните в атомите и планетите в слънчевите системи ще бъдат подложени на хаотични сблъсъци, те едва ли биха съществували при повече измерения. С други думи трите измерения са нещо специално.

За Рийс антропният принцип е един от най-убедителните аргументи за съществуването на мултивселената. По същия начин, както съществуването на златни зони за Земята предполага съществуването на екстрасоларни планети, съществуването на златни зони за вселената предполага съществуването на паралелни вселени. „Ако попаднете на голям куп дрехи едва ли ще се изненадате, ако намерите такива, които са ви по мярка — коментира Рийс. — Ако съществуват много вселени, управлявани от различни набори числа, то сред тях ще има поне една, която да е подходяща за живот. И ние се намираме именно в нея.“<sup>[15]</sup> С други думи нашата вселена е такава по силата на средните стойности, а не заради наличието на някакъв дизайн.

Уайнбърг като че ли се съгласява с това мнение. Той намира идеята за мултивселена за доста примамлива. Уайнбърг никога не е споделял мнението, че времето внезапно е започнало да съществува от момента на Големия взрив и че не би могло да го има и преди това. В една мултивселена имаме едно непрекъснато възникване на вселени.

Има и една друга чудата причина, поради която Рийс се обръща към идеята за мултивселената. Според него в нашата вселена е налице известно количество „грозота“. Например земната орбита е слабо елиптична. Ако беше идеално кръгла, тогава някои (като теолозите) биха посочили това като резултат от божествена намеса. Но тя не е и представлява известно отклонение в рамките на тесните златни зони. По същия начин, космологичната константа не е кръгла нула, а стойността ѝ е съвсем малка, което показва, че нашата вселена „не е

по-специална, отколкото го изисква присъствието ни в нея“. Всичко това е в съответствие с вселена, възникнала по стечение на различни случайности.

#### ЕВОЛЮЦИЯТА НА ВСЕЛЕНИТЕ

Рийс не е философ, а астроном и изтъква, че основният извод е, че всички тези теории трябва да подлежат на проверка. Всъщност именно поради това той предпочита идеята за мултивселената пред различните конкурентни мистични теории. Рийс смята, че теорията за мултивселената може да бъде проверена в рамките на следващите две десетилетия.

Един вариант на идеята за мултивселената всъщност може да се провери и днес. Физикът Лий Смолин стига по-далеч и от Рийс и приема, че вселените са подложени на „еволюция“, подобна на еволюцията на Дарвин, което в крайна сметка води до появата на вселени като нашата. В хаотичната инфлационна теория например физичните константи на „дъщерните“ вселени имат малко по-различни стойности от тези на вселената майка. Ако вселените могат да възникнат от черни дупки, както смятат някои учени, тогава доминиращи в мултивселената ще бъдат онези вселени, в които има най-много черни дупки. Това означава, че те ще родят най-много „деца“ и в крайна сметка ще преобладават при разпространението на своята „генетична информация“ от физични константи — също както и в животинския свят. Ако това е вярно, тогава нашата вселена може да има безкраен брой предшественици и да е резултат от трилиони години естествен подбор. С други думи, нашата вселена е продукт на борбата за оцеляване, което означава, че е дете на вселени с максимален брой черни дупки.

Въпреки че Дарвиновата еволюция на вселените е странна и нова идея, според Смолин тя може да се провери, като просто се преброят черните дупки. Нашата вселена би трябвало да е максимално пригодена за създаването на черни дупки. (Въпреки това остава да се докаже и твърдението, че вселените с най-много черни дупки са и най-благоприятни за възникването на живот.)

Тъй като тази идея подлежи на проверка, могат да се разгледат и обратни примери. Да кажем, чрез хипотетична настройка на физичните параметри на вселената може да се покаже, че черните дупки се

образуват най-добре във вселени, които са лишени от живот. Като пример може да се посочи вселена с много по-голяма стойност на ядрената сила, в която звездите изгарят бързо, създават голям брой свръхнови и след това колапсират в черни дупки. В такава вселена по-голямата стойност на ядрената сила означава, че звездите съществуват много кратко и следователно животът е невъзможен. Същевременно тя ще има повече черни дупки, което отхвърля хипотезата на Смолин. Предимството на идеята е, че тя може да се провери, репродуцира или фалшифицира (отличителен белег на всяка истинска научна теория). Времето ще покаже дали теорията на Смолин ще издържи или ще се провали.

Въпреки че всички теории за дупки-червеи, суперструни и повече измерения са отвъд сегашните ни експериментални възможности, провежданите в момента и предстоящите нови опити може би ще покажат дали теоретиците са прави или грешат. Намираме се в разгара на революция в експерименталната наука с всички нейни сателити, космически телескопи, детектори на гравитационни вълни и лазери, предназначени да разнищат тези въпроси. Богатите плодове от тези експерименти могат спокойно да разрешат някои от най-фундаменталните въпроси на космологията.

- 
- [1] Brownlee and Ward, p. 222. ↑
  - [2] Barrow 1, p. 37. ↑
  - [3] [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com), July 4, 2003. ↑
  - [4] [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com), July 4, 2003. ↑
  - [5] [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com), July 4, 2003. ↑
  - [6] Page, Don. The Importance of the Anthropic Principle. Pennsylvania State University, 1987. ↑
  - [7] Margenau, p. 52. ↑
  - [8] Rees 2, p. 166. ↑
  - [9] New York Times, Oct. 29, 2002, p. D4. ↑
  - [10] Lightman, p. 479. ↑
  - [11] Rees 1, p. 3. ↑
  - [12] Rees 2, p. 56. ↑
  - [13] Rees 2, p. 99. ↑
  - [14] Discover magazine, Nov. 2000, p. 68. ↑
  - [15] Discover magazine, Nov. 2000, p. 66. ↑

## В ТЪРСЕНЕ НА ЕХОТО ОТ ЕДИНАДЕСЕТТО ИЗМЕРЕНИЕ

*„Необикновените твърдения изискват  
необикновени доказателства.“*

Карл Сейгън

Колкото и примамливи да ни се струват, паралелните вселени, порталите към други измерения и дупките-червеи се нуждаят от неоспорими доказателства за съществуването си. Както отбелязва астрономът Кен Кросуел, „другите вселени могат да те опиянят — можеш да кажеш каквото си поискаш за тях и никой не може да ти възрази, защото никой не ги е виждал“<sup>[1]</sup>. В миналото проверката на много от тези хипотези изглеждаше невъзможна поради примитивната ни експериментална апаратура. В последно време обаче развитието на компютърната техника, лазерите и спътниковите технологии поставиха много от теориите на крачка от експерименталната проверка.

Пряката проверка на тези идеи може да се окаже изключително трудна, но в някои случаи косвената е по силите ни. Понякога забравяме, че огромна част от астрономическото познание се получава непряко. Например никой не е стъпвал на Слънцето или звездите, но въпреки това научаваме от какво са съставени чрез проучване на излъчваната от тях светлина. Благодарение на спектралния анализ ние научаваме косвено, че звездите съдържат предимно водород и известно количество хелий. По същия начин никой не е виждал черна дупка — всъщност черните дупки са невидими и не могат да се наблюдават пряко. Въпреки това получаваме данни за съществуването им, като търсим акреционните им дискове и изчисляваме масата на тези мъртви звезди.

При всички тези експерименти ние търсим „ехото“ от звезди и черни дупки, за да определим естеството им. По същия начин единадесетото измерение може и да е недостижимо за нас, но все пак



разполагаме с начини да проверим инфлационната и суперструнната теория. И всичко това — благодарение на революционния нов инструментариум, с който разполагаме.

#### GPS И ТЕОРИЯТА НА ОТНОСИТЕЛНОСТТА

Най-простият пример за това как сателитите революционизираха изследванията в областта на теорията на относителността е системата за глобално позициониране (*Global Positioning System*). Двадесет и четири сателита обикалят Земята и излъчват точни синхронизирани импулси, които позволяват триангулирането на определена точка на повърхността на планетата с изключителна точност. *GPS* се превърна в неделима част от навигацията, търговията и военното дело. Много устройства — от компютризираните карти в автомобилите до крилатите ракети — зависят от способността да се синхронизират сигналите в рамките на една 50-милиардна от секундата и да се локализира обект на Земята в рамките на 13 м.<sup>[2]</sup> Но за да гарантират подобна невероятна точност, учените трябва да изчислят малките корекции в Нютоновите закони с оглед на теорията на относителността, според която радиосигналите леко ще изместят честотите си заради движението на сателитите в космоса.<sup>[3]</sup> Всъщност ако направим глупостта да не отчетем корекциите спрямо теорията на относителността, часовниците на *GPS* ще избързват всеки ден с 40 000 милиардни от секундата и цялата система ще стане безполезна. Ето защо теорията на относителността е жизненоважна за търговията и военните. Физикът Клифърд Уил, който навремето запозна един генерал от Военновъздушните сили с така важните корекции в системата с оглед теорията на Айнщайн, веднъж отбеляза, че теорията на относителността е достигнала възраст, при която се налага да бъде известна дори на висшите служители от Пентагона.

#### ДЕТЕКТОРИ НА ГРАВИТАЦИОННИ ВЪЛНИ

Засега почти цялата информация в астрономията пристига под формата на електромагнитно лъчение, независимо дали става дума за звездна светлина или за микровълнови сигнали. Днес учените започват да използват първото ново средство за научни открития — самата гравитация. „Всеки път, когато поглеждаме към небето по нов начин,

ние виждаме друга вселена“<sup>[4]</sup>, казва директорът на проекта за детектори на гравитационни вълни Гари Сандърс от „Кал Тек“.

Самият Айнщайн за първи път предполага за съществуването на гравитационни вълни през 1916 г. Да вземем примера, който разглеждахме по-рано — какво ще стане, ако Слънцето изчезне. Спомнете си аналогията с топката за боулинг върху матрак. Ако топката внезапно се махне, матракът незабавно ще се върне в първоначалното си положение, създавайки ударни вълни, които са разпространяват концентрично по него. Ако заместим топката за боулинг със Слънцето ще видим, че тези вълни пътуват с определена скорост — скоростта на светлината.

Макар че по-късно Айнщайн намерил точно решение на уравненията си, което позволява съществуването на гравитационни вълни, той нямал никаква надежда, че предположението му може да бъде проверено, докато е жив. Гравитационните вълни са изключително слаби. Дори ударните вълни от сблъскващи се звезди не са достатъчно мощни, за да се измерят експериментално.

Днес гравитационните вълни се регистрират единствено косвено. Физиците Ръсел Хълс и Джоузеф Тейлър Младши стигнаха до заключението, че ако анализираме двойна система от неутронни звезди, то всяка от тях ще излъчва поток от гравитационни вълни, подобни на следите в гъста меласа, тъй като орбитите им бавно се разпадат. Те анализираха смъртната спирала на PR 1913+16, разположени на около 16 000 светлинни години от нас. Двете звезди от системата обикалят една около друга за 7 ч и 45 мин, като при това излъчват гравитация в околното пространство.

С помощта на теорията на Айнщайн учените откриха, че двете звезди би трябвало да се приближават с по един милиметър при всяко завъртане. Въпреки че това е фантастично малко, за една година сближаването е около метър и разстоянието между двете звезди от 700 000 км бавно намалява. Трудът им показва, че системата се разпада точно според предсказанията на теорията на Айнщайн на основата на гравитационните вълни. (Всъщност уравненията на Айнщайн сочат, че двете звезди ще се сблъскат след 240 милиона години поради загубата на енергия, излъчена в околното пространство под формата на гравитационни вълни.) За труда си двамата спечелиха Нобелова награда през 1993 г.<sup>[5]</sup>

Можем също да се върнем назад и да използваме този прецизен експеримент, за да измерим точността на самата обща теория на относителността. По този начин можем да открием, че точността на теорията е най-малко 99,7 процента.

#### ДЕТЕКТОР НА ГРАВИТАЦИОННИ ВЪЛНИ *LIGO*

За да извлечем годна за използване информация за ранната вселена, трябва да наблюдаваме гравитационните вълни не косвено, а пряко. През 2003 г. заработи първият детектор на гравитационни вълни *LIGO* (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) и най-сетне осъществи старата от десетилетия мечта за изследване на тайните на вселената с помощта на гравитацията. Целта на *LIGO* е да регистрира събития, които са прекалено далечни или слаби, за да се уловят от обикновените телескопи — като сблъскващи се черни дупки или неутронни звезди.

*LIGO* представлява две огромни лазерни установки — в Ханфорд, Вашингтон, и в Ливингстън Периш, Луизиана. Всяка от тях разполага с две тръби с дължина 4 км, образуващи огромна Г-образна инсталация. Във всяка от тях се пуска лазер. На свързката между тръбите двата лъча се сблъскват и вълните им влизат в интерференция помежду си. Когато и най-малката гравитационна вълна от сблъскващи се черни дупки или неутронни звезди достигне апарата, едната от тръбите се свива и изправя по различен начин от другата. Това е достатъчно, за да наруши деликатната интерференция между лазерите. В резултат на това вместо да се анулират, двата лъча създават характерна вълнообразна интерференция, която може да се анализира детайлно с помощта на компютър. Колкото по-силна е гравитационната вълна, толкова по-голямо е несъответствието между двата лазерни лъча и интерференцията.

*LIGO* е истинско инженерно чудо. Тъй като молекулите на въздуха могат да абсорбират лазерната светлина, тръбите трябва да бъдат обезвъздушени до една трилионна от атмосферното налягане. Всеки детектор е с обем 8500 куб. м, което прави установката най-големият изкуствен вакуум на света. Огромната чувствителност на *LIGO* се дължи отчасти на дизайна на огледалата, които се контролират от шест магнита, всеки от които е с размерите на мравка. Самите огледала са толкова добре полирани, че точността им е до една 75

милиардна от сантиметъра. „Представете си, че Земята е толкова гладка. Тогава средната височина на планините няма да надхвърля 2,5 см“<sup>[6]</sup>, казва Гари Лин Билингси, който се грижи за огледалата. Те са толкова деликатни, че могат да се придвижват с по-малко от една милионна от метъра, което ги прави може би най-чувствителните в света. „Повечето инженери зяпват, като чуят какво се опитваме да правим“<sup>[7]</sup>, казва ученият Майкъл Цукер.

Поради невероятно прецизното си балансиране *LIGO* понякога страда от леки нежелателни вибрации с най-невероятен произход. Детекторът в Луизиана например не може да работи през деня заради дървосекачите, които работят на 450 м разстояние от него. (Уредът е толкова прецизен, че не би могъл да работи през деня дори ако разстоянието бе три-четири пъти по-голямо.) Дори нощем вибрациите от минаващите товарни влакове в полунощ и 6:00 сутринта ограничават работното му време.

Дори такива слаби неща като разбиващите се на километри оттук океански вълни могат да се отразят на резултатите. Вълните достигат бреговете на Северна Америка средно на всеки 6 сек и това създава тътен, който може да се засече от лазерите. Честотата на шума е толкова ниска, че прониква през земята. „Усеща се като грохот — обяснява Цукер. — Създава страхотно главоболие по време на сезона на бурите.“<sup>[8]</sup> *LIGO* долавя също лунната и слънчевата гравитация, които създават приливни вълни с височина няколко милионни от милиметъра.

За да се елиминират всички тези невъобразимо малки шумове, инженерите на *LIGO* са направили всичко по силите си да изолират апарата. Всяка от лазерните системи е разположена върху огромни стоманени платформи, наредени една върху друга и разделени от ресори, поемащи всички трептения. Чувствителните оптични инструменти имат свои собствени системи за сеизмична изолация. Подът представлява дебела 75-сантиметрова бетонна плоча, която не е свързана със стените.<sup>[9]</sup>

*LIGO* е част от международен консорциум, в който влиза и френско-италианският детектор *VIRGO* в Пиза, Италия, японският детектор *TAMA* недалеч от Токио и британско-германският *GEO 600* в Хановер, Германия. Крайната цена на детектора ще бъде 292 милиона долара (плюс още 80 милиона за подготовка за влизане в действие и за

подобрения), което го прави най-скъпият проект, финансиран някога от Националната фондация за наука.<sup>[10]</sup>

Но дори с подобна чувствителност мнозина учени смятат, че *LIGO* няма да бъде достатъчно добър, за да долови наистина интересни събития, докато работи. Следващото подобрение на детектора — *LIGO II* — ще бъде направено през 2007 г., стига да се отпуснат необходимите средства. Ако *LIGO* не може да долови гравитационни вълни, залозите са в полза на *LIGO II*. Кенет Либрехт твърди, че новите подобрения ще подобрят прага на чувствителност на инструментите: „Така вместо да засичаме по едно събитие на десет години — което е доста неприятно — ще можем да улавяме сигнали на всеки три дни, което е далеч по-приемливо.“<sup>[11]</sup>

За да засече с помощта на *LIGO* сблъсък на две черни дупки в радиус от 300 милиона светлинни години, ученият би могъл да чака от една до хиляда години. Мнозина астрономи биха размислили дали да се заемат с подобно изследване при положение, че свидетели на събитието могат да се окажат техните прапрапраправнуци. Но както казва Питър Соулсън, „на хората им доставя удоволствие да решават подобни технически предизвикателства — също както средновековните строители на катедрали, които продължавали да работят макар да знаели, че може и да не доживеят да видят готовата постройка. Но все пак, ако нямаше поне мъничък шанс да видят гравитационна вълна приживе, нямаше да работят това. Това не е просто Нобелова треска... Искаме работата ни да се запомни и с нивото на точност, към което се стремим. Ако успеем, значи сме си свършили работата“<sup>[12]</sup>. С *LIGO II* имаме много по-големи шансове още приживе да открием наистина интересно събитие. *LIGO II* ще бъде в състояние да открие сблъскващи се черни дупки в радиус от 6 милиарда светлинни години с честота от десет на ден до десет на година.<sup>[13]</sup>

Но дори *LIGO II* няма да бъде достатъчно мощен, за да засече гравитационни вълни от момента на сътворението. За целта ще трябва да чакаме появата на *LISA* след петнадесет или двадесет години.

ДЕТЕКТОР НА ГРАВИТАЦИОННИ ВЪЛНИ *LISA*

*LISA* (*Laser Interferometry Space Antenna*) е следващото поколение детектори на гравитационни вълни. За разлика от *LIGO*, тя ще се намира в космоса. Към 2010 г. *NASA* и Европейската космическа агенция планират да изведат в космоса три сателита, които ще обикалят около Слънцето на около 45 милиона км от Земята. Трите лазерни детектора ще образуват равностранен триъгълник (със страна 5 милиона км). Всеки сателит ще има по два лазера, което ще му позволява да се намира в непрекъснат контакт с другите два. Въпреки че мощността на лазерните лъчи ще бъде само половин ват, оптиката ще бъде толкова чувствителна, че ще може да регистрира вибрации от гравитационни вълни с точност едно на милиард трилиона (съответстващо на отклонение от една стотна от ширината на атом). *LISA* би трябвало да улавя гравитационни вълни от разстояние 9 милиарда светлинни години, което покрива по-голямата част от видимата вселена.

*LISA* ще бъде толкова прецизна, че ще е в състояние да улови ударните вълни от самия Голям взрив. Това ще ни даде най-точната засега картина на момента на сътворението. Ако всичко върви по план, *LISA* би трябвало да впери поглед в първата трилионна от секундата след Големия взрив, което я прави може би най-мощният космически инструмент.<sup>[14]</sup> Смята се, че *LISA* ще ни осигури първите експериментални данни за същината на общата теория на полето — „теорията на всичко“.

Друга важна цел на *LISA* е да осигури „коз“ за рязкото разширяване на вселената. Засега инфлационната теория е в съответствие с всички космологични данни (като плоскостта, флуктуациите в космическото фоново лъчение и т.н.), но това не означава, че е вярна. За да я потвърдят окончателно, учените ще трябва да проучат гравитационните вълни, които са излъчени от самия процес на инфлация. „Пръстеният отпечатък“ на гравитационните вълни в момента на Големия взрив би трябвало да ни покажат разликата между инфлационната и която и да било друга конкурентна теория. Някои учени като Кип Торн от „Кал Тек“ смятат, че *LISA* може да успее да определи дали някоя от версиите на струнната теория не е вярна. Както обясних в 7 глава, теорията за инфлационна вселена предсказва, че гравитационните вълни от Големия взрив би трябвало да са изключително мощни, за да съответстват на бързото и експоненциално

разширяване на ранната вселена. Същевременно експерименталният модел предрича много по-бавно разширяване, съпътствано с далеч по-плавни гравитационни вълни. *LISA* би трябвало да отхвърли различните съперничащи си теории за Големия взрив и да ни подложи на решителна проверка струнната теория.

#### ЛЕЩИТЕ И ПРЪСТЕНИТЕ НА АЙНЩАЙН

Още по-мощно средство за изследване на космоса са гравитационните лещи и „пръстените на Айнщайн“. Още през 1801 г. берлинският астроном Йохан Георг фон Золднер успял да изчисли възможното пречупване на звездната светлина от гравитацията на Слънцето (Золднер обаче използвал аргументите на Нютон и резултатът му се отклонявал двойно от реалния. „Половината от това пречупване се получава от Нютоновото поле на слънчевото притегляне, а другата половина — от геометричната модификация («изкривяване») на пространството, предизвикана от Слънцето“<sup>[15]</sup>, пише Айнщайн).

През 1912 г., още преди да завърши окончателната версия на общата теория на относителността, Айнщайн разглежда идеята това пречупване да се използва като „леща“ — на същия принцип, по който действат и лещите на очилата ви. През 1936 г. чешкият инженер Руди Мандел писал на Айнщайн и го попитал дали гравитационните лещи биха могли да увеличат светлината от близка звезда. Отговорът бил положителен, но тогавашното ниво на техниката не било в състояние да регистрира явлението.

Айнщайн също се досетил, че можем да станем свидетели на оптични илюзии като двоен образ на едно и също тяло или подобно на пръстен изкривяване на светлината. Например при преминаването си покрай Слънцето светлината от някоя много отдалечена галактика ще мине от лявата и от дясната му страна, преди лъчите да се съединят и да достигнат до окото ни. При наблюдението на далечни галактики би трябвало да видим пръстеновиден образ — оптична илюзия, причинена от общата теория на относителността. Айнщайн стигнал до заключението, че „няма голяма надежда да наблюдаваме пряко феномена“ и добавил, че всичко това „няма особена стойност, но поне прави бедния [Мандел] щастлив“<sup>[16]</sup>.



През 1979 г., след повече от четиридесет години, Денис Уолш от обсерваторията „Джордъл Банк“ в Англия наблюдава квазара Q0957+561 и откри първото частично доказателство за ефекта.<sup>[17]</sup> През 1988 г. бе наблюдаван първият пръстен на Айнщайн от радиоизточника MG1131+0456. През 1997 г. космическият телескоп „Хъбъл“ и английският радиотелескоп *MERLIN* уловиха първия напълно кръгъл пръстен на Айнщайн, докато анализираха далечната галактика 1938+666, с което за пореден път потвърдиха теорията на Айнщайн. (Пръстенът е съвсем малък — само една дъгова секунда, или грубо с големината на дребна монета, наблюдавана от километър и половина.) Ето как описват астрономите вълнението, което изпитаха от това историческо събитие. „На пръв поглед приличаше на артефакт и решихме, че е някакъв дефект на образа. Едва после си дадохме сметка, че наблюдаваме идеален пръстен на Айнщайн!“<sup>[18]</sup>, споделя Иън Браун от университета в Манчестър. Днес пръстените на Айнщайн са мощно оръжие в арсенала на астрофизиците. Досега в дълбокия Космос са наблюдавани около 64 двойни, тройни и множествени квазари (оптични илюзии) или грубо по един на всеки 500 квазара.

Чрез анализа на пречупването на светлината могат да се „видят“ дори невидимите форми на материята. Така могат да се съставят „карти“, показващи разпределението на тъмната материя във вселената. Тъй като гравитационните лещи изкривяват галактичните купове, създавайки големи дъги (вместо пръстени), възможно е да се изчисли концентрацията на тъмна материя в тях. През 1986 г. астрономите от Националната оптическа обсерватория към Станфордския университет и от Среднопиренейската обсерватория във Франция откриха първите огромни галактични дъги. Оттогава бяха наблюдавани около сто други, като най-величествената е в галактическия куп *Abell 2218*.<sup>[19]</sup>

Лещите на Айнщайн могат да се използват и като независим метод за измерване на количеството *МАСНО* във вселената (които се състоят от обикновена материя като мъртви звезди, кафяви джуджета и междувъзден прах). През 1986 г. Богдан Пачински от Принстън се сети, че ако *МАСНО* мине пред някоя звезда, ще увеличи яркостта ѝ и ще създаде неин втори образ.



В началото на 90-те няколко научни екипа (сред които френският *EROS*, американско-австралийският *MACHO* и полско-американският *OGLE*) приложиха този метод към центъра на Млечния път и откриха над 500 микрооптични пречупвания (повече от очакваното, защото част от тази материя представлява звезди с малка маса и обекти, които не са истински *MACHO*). Същият метод може да се използва за откриване на екстрасоларни планети. Тъй като планетата ще упражнява слаб, но въпреки това доловим гравитационен ефект върху звездата, около която кръжи, гравитационната леща би трябвало по принцип да е в състояние да го регистрира. Благодарение на този метод вече бяха идентифицирани няколко кандидата за екстрасоларни планети, някои от които се намират недалеч от центъра на галактиката.

С помощта на лещата на Айнщайн може да се измери дори константата на Хъбъл и космологичната константа. Константата на Хъбъл се мери чрез едно много фино наблюдение. Яркостта на квазарите се засилва и отслабва периодично. Би трябвало да се очаква, че двойните квазари, които са образи на едно и също тяло, ще променят светенето си в унисон. Оказва се, че това не е точно така. С помощта на известното разпределение на материята учените могат да изчислят забавянето, разделено на необходимото на светлината време да достигне до Земята. Чрез измерване на забавянето в промяната на яркостта на двойните квазари може да се изчисли разстоянието до тях. Щом се знае какво е червеното отместване, може да се изчисли и константата на Хъбъл. (Този метод бе приложен към квазара Q0957+561 и се оказа, че се намира на приблизително 14 милиарда светлинни години от Земята. След това константата на Хъбъл бе измерена и чрез анализа на още седем други квазари. Като се имат предвид допустимите грешки, резултатите са съвместими с известните дотогава стойности. Интересното в случая е, че този метод е напълно независим от яркостта на звезди като цефеидите и свръхновите от тип Ia, което означава и независима проверка на предишните резултати.)

Космологичната константа, от която може би зависи бъдещето на нашата вселена, също може да се измери чрез този метод. Изчисленията са малко груби, но резултатите също се съгласуват с получените по друг начин. Тъй като общият обем на вселената преди милиарди години е бил по-малък, вероятността да се намерят образуващи леща на Айнщайн квазари е била по-голяма. Така чрез

преброяването на двойните квазари през различните етапи от еволюцията на вселената грубо може да се изчисли нейния обем и оттук — космологичната константа, която е причина за разширяването ѝ. През 1998 г. астрономи от Харвард-Смитсъновия център по астрофизика направиха изчисленията на космологичната константа и стигнаха до заключението, че тя по всяка вероятност се определя от не повече от 62 процента от общото съдържание на материята и енергията във вселената. (Според *WMAP* резултатът е 73 процента.)<sup>[20]</sup>

#### ТЪМНАТА МАТЕРИЯ ВЪВ ВАШАТА СТАЯ

Ако наистина изпълва вселената, тъмната материя не съществува единствено в студения вакуум на междוזвездното пространство. Всъщност би трябвало да я има дори в собствената ви стая. Днес редица изследователски екипи се състезават кой пръв ще открие частица тъмна материя в лабораторни условия. Залозите са много високи. Екипът, успял да изолира подобна частица с детекторите си, ще бъде първият, открил нов вид материя през последните 2000 години.

Главната идея зад тези експерименти е да има голямо количество чист материал (като натриев йодид, алуминиев окис, фреон, германий или силиций), в който да могат да си взаимодействат частиците на тъмната материя. Понякога частица тъмна материя може да се сблъска с ядрото на атом и да породви характерно разпадане. Учените биха могли да фотографират следите на участващите в разпадането частици и да потвърдят съществуването на тъмна материя.

Експериментите са умерено оптимистични, тъй като новите чувствителни инструменти дават най-добрия досега шанс да се наблюдава тъмна материя. Нашата Слънчева система обикаля около черната дупка в галактическия център със скорост 220 км/сек. В резултат на това планетата ни преминава през значително количество тъмна материя. Физиките предполагат, че през всеки квадратен метър на Земята (дори и през телата ни) прелитат по един милиард частици тъмна материя на секунда.<sup>[21]</sup>

Макар и да живеем във „вятър от тъмна материя“, който духа през Слънчевата система, лабораторните експерименти за откриването ѝ бяха изключително трудни за изпълнение — нейните частици

взаимодействат изключително слабо с обикновената материя. Например учените очакват да открият между 0,1 и 10 случая на година в един килограм опитен материал. С други думи ако искаме да наблюдаваме тъмна материя, ще се наложи да се взираме напрегнато в големи количества материал в продължение на години.

До момента експериментите с акроними като *UKDMC* в Обединеното кралство, *ROSEBUD* в Канфранк, Испания, *SIMPLE* в Рустрел, Франция, и *EDEWEISS* във Фрежу, Франция, не са успели да засекат подобни следи.<sup>[22]</sup> Един експеримент с названието *DAMA* в околностите на Рим вдигна доста шум през 1999 г., когато учените съобщиха, че са засекли частици тъмна материя. *DAMA* използва 100 км натриев йодид и е най-големият детектор в света. Когато обаче другите детектори се опитаха да повторят резултата, не успяха да открият нищо и това хвърли сянка на съмнение върху оригиналния експеримент.

„Ако детекторите наистина успеят да регистрират и потвърдят подобен сигнал, това несъмнено ще бъде едно от най-големите постижения на XXI век — отбелязва физикът Дейвид Б. Клайн. — Скоро може би ще бъде решена най-голямата загадка на съвременната астрофизика.“<sup>[23]</sup>

Ако тъмната материя бъде открита в близко бъдеще, както се надяват повечето физици, тя би могла да подкрепи теорията за суперсиметрията (а след време — и на суперструнната теория) без използването на ускорители на частици.

#### СУПЕРСИМЕТРИЧНА ТЪМНА МАТЕРИЯ

Един бърз преглед на предсказанията от суперсиметрията частици показва, че има няколко възможни кандидати, които да обяснят тъмната материя. Един от тях е неутралиното — фамилия от частици, съдържащи суперпартньора на фотона. Теоретично неутралиното като че ли отговаря на наличните данни. Освен че зарядът му е отрицателен и следователно го прави невидимо, то е масивно (т.е., въздейства му единствено гравитацията) и стабилно. (Това е така, защото неутралиното има най-ниската маса от всички останали частици в групата и следователно не може да се разпадне до по-ниско състояние.)

И на последно и най-важно място вселената би трябвало да е пълна с неутралино, което го прави идеален кандидат за тъмната материя.

Неутралиното има още едно голямо преимущество — частиците могат да решат и въпроса защо на тъмната материя се падат до 23 процента от материално/енергийното съдържание на вселената, докато на водорода и хелия се падат нищожните 4 процента.

Да си припомним, че когато възрастта на вселената е била 379 000 години, температурата е спаднала до такава степен, че атомите вече не са се разкъсвали от сблъсъците, причинени от огромната горещина на Големия взрив. Точно тогава разширяващото се огнено кълбо започнало да се охлажда, да се кондензира и да образува стабилни и цели атоми. Изобилието от атоми днес се дължи именно на онзи период. Изводът е, че количеството материя датира от времето, когато вселената се е охладила достатъчно, за да поддържа стабилна материя.

Същият аргумент може да се използва за пресмятане на количеството неутралино. Малко след Големия взрив температурата се е понижила достатъчно, за да може да се образува неутралино, без да бъде унищожено. Като направим изчисленията ще открием, че количеството неутралино е много по-голямо от количеството атоми и на практика приблизително съответства на действителното количество тъмна материя днес. Следователно суперсиметричните частици могат да обяснят защо тъмната материя се среща в такова изобилие във вселената.

#### ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТ *SLOAN SKY SURVEY*

Въпреки че много от постиженията през ХХІ в. ще бъдат достигнати благодарение на сателитите, това не означава загърбване на намиращите се на Земята оптични и радиотелескопи. Цифровата революция коренно промени начина на използване на тези уреди и направи възможно подлагането на статистически анализ на стотици хиляди галактики. Свързаната с телескопите технология в момента преживява неочакван втори разцвет.

Астрономите винаги са се борели да ползват най-големите телескопи в света. Те ревниво пазеха отпуснатото им скъпоценно време за работа с апаратурата и прекарваха по цели нощи, треперейки в студените влажни помещения. Подобен безнадеждно остарял начин

на наблюдение бе твърде неефективен и често ставаше причина за яростни разприии сред учените, които се чувстваха онеправдани от „жреците“, монополизирали телескопа. Всичко това започна да се променя с появата на интернет и високоскоростните компютри.

Днес много от телескопите са напълно автоматизирани и могат да се програмират от астрономи, намиращи се на някой друг континент на хиляди километри от тях. Резултатите от тези мащабни проучвания могат да се дигитализират и да се пуснат в интернет, за да бъдат анализирани от мощни суперкомпютри. Добър пример за силата на този метод е програмата *SETIhome* на университета в Бъркли, чиято цел е търсене на сигнали от извънземни цивилизации. Огромното количество данни от радиотелескопа Аресибо в Пуерто Рико се разделя на малки порции, които се изпращат по интернет до компютри по целия свят, най-вече на аматьори. Програма-скрийнсейвър анализира данните, когато компютърът не се използва. Чрез този метод изследователският екип успя да създаде най-голямата изчислителна мрежа в света, свързваща около 5 милиона компютри по цялото земно кълбо.

Най-известният пример на съвременното цифрово проучване на вселената е *Sloan Sky Survey* — най-амбициозният предприеман някога проект за изследване на нощното небе. Подобно на предишния *Palomar Sky Survey*, при който се използваша събрани в обемисти томове остарели фотографски платки, *Sloan Sky Survey* има за цел да създаде точна карта на небесните тела. Проучването доведе до създаването на триизмерни карти на далечни галактики в пет цвята, както и червеното отместване на повече от един милион галактики. Крайният резултат е едромащабна карта на вселената, която е няколкостотин пъти по-голяма в сравнение с резултатите от предишните опити. Картата ще предава в детайли една четвърт от цялото небе и ще определя положението и яркостта на 100 милиона небесни тела. Освен това ще определя разстоянието до повече от един милион галактики и около 100 000 квазара. Общото количество събрана от проучването информация ще бъде 15 терабайта, което надхвърля количеството информация в Библиотеката на Конгреса.

Сърцето на проекта е един 2,5-метров телескоп в южната част на Ню Мексико, оборудван с една от най-високотехнологичните камери, изработвани досега. Камерата съдържа тридесет запечатани във

вакуум деликатни светлинни *CCD*-сензори (подобно на сензорите на настолните скенери) с площ 13 кв. см. Всеки сензор, държан на температура  $-80^{\circ}\text{C}$  с помощта на течен азот, съдържа 4 милиона елемента. Така цялата събрана от телескопа светлина може да се дигитализира моментално от сензорите и е готова за компютърна обработка. Проектът струва по-малко от 20 милиона долара и успява да създаде зашеметяваща картина на вселената на цена една стотна от цената на космическия телескоп „Хъбъл“.

Дигитализираните данни се публикуват в интернет, където са на разположение на астрономите. По този начин можем да използваме интелектуалния потенциал на учените от цял свят. Често в миналото астрономите от Третия свят нямаша достъп до най-новите телескопски данни и публикации. Това бе невероятна загуба на научен талант. Днес благодарение на интернет учените могат да свалят данните от наблюденията, да четат статии, както и да публикуват трудовете си в мрежата със скоростта на светлината.

*Sloan Sky Survey* вече променя начина на работа на астрономите с новите резултати, основани на анализа на стотици хиляди галактики — нещо, което бе неосъществимо само допреди няколко години. Например през май 2003 г. екип учени от Испания, Германия и САЩ обявиха, че са анализирали 250 000 галактики в търсене на следи от тъмна материя. От този огромен списък те се съсредоточиха върху 3000 галактики с обикалящи около тях звездни купове. Използвайки Нютоновите закони за движението, те анализираха движението на спътниците и изчислиха количеството тъмна материя, което би трябвало да заобикаля централната галактика. Резултатите вече отхвърлиха една от конкурентните теории. (Алтернативната теория бе предложена през 1983 г. и се опитваше да обясни аномалиите в орбитите на звездите в галактиките, като модифицираше самите закони на Нютон. Беше изказано предположението, че тъмната материя всъщност не съществува, а става въпрос за грешка в самите закони. Данните от изследването опровергаха тази теория.)

През юли 2003 г. друг екип учени от Германия и САЩ обявиха, че с помощта на *Sloan Sky Survey* са анализирали 120 000 съседни галактики, за да открият отношението между галактиките и черните дупки в центъра им. Въпросът бе кое се е появило първо — черните дупки или звездните струпвания? Резултатът сочи, че образуването на

галактиката и на черната дупка е едно цяло и че може би е станало едновременно. Оказа се, че при 20 000 от галактиките черните дупки продължават да растат (за разлика от черната дупка в Млечния път, която като че ли е притихнала). Резултатите показват, че съдържащите растящи черни дупки галактики са много по-големи от Млечния път и че черните дупки растат, защото поглъщат сравнително студените междузвездни газове.

#### КОМПЕНСИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРНИТЕ ФЛУКТУАЦИИ

Друг начин за съживяване на оптичните телескопи е използването на лазери, компенсиращи изкривяването на образите от атмосферата. Звездите не блещукат, защото трептят, а поради малките температурни флуктуации в атмосферата. Това означава, че в космоса, далеч от земната атмосфера, звездите светят равномерно. Въпреки че блещукането придава голяма част от красотата на нощта, то е истински кошмар за всеки астроном и резултат от него са замъглени картини на небесните тела. (Спомням си как като дете разглеждах неясните изображения на Марс и си мечтаех да има някакъв начин да се получат кристално ясни снимки на червената планета. Бях уверен, че тайната на извънземния живот ще се разбули веднага щом се намери начин да се елиминират атмосферните пречки.)

Един от начините да се компенсира това замъгляване е да се използват лазери и мощни компютри, които да извличат изкривяването. Този метод използва „адаптивна оптика“, предложена за първи път от моя харвардски състудент Клер Макс от Националната лаборатория „Лорънс Ливърмор“ и други учени, които използваха огромния телескоп „У. М. Кек“ на Хаваите (най-големият телескоп в света), както и 3-метровия телескоп Шейн от обсерваторията „Лик“ в Калифорния. Например, като се насочи лазерен лъч към космоса, могат да се изчислят температурните флуктуации в атмосферата. Информацията се анализира от компютър, който прави малки допълнителни настройки в огледалото на телескопа и компенсира дефектите. Така е възможно приблизителното премахване на атмосферните влияния.

Методът бе проверен успешно през 1996 г. и оттогава благодарение на него разполагаме с кристално ясни изображения на планети, звезди и галактики. Системата изстрелва в небето променлив

цветен лазерен лъч. Лазерът е свързан с 3-метровия телескоп, чиито поддаващи огледала се настройват по такъв начин, че да компенсират атмосферните деформации. Самият образ се улавя от *CCD*-камера и се дигитализира. Със скромния си бюджет системата получава образи, които са почти съвместими с тези от телескопа „Хъбъл“. Благодарение на този метод, вдъхващ нов живот на оптичните телескопи, можем да видим подробности на другите планети и дори да надникнем в сърцето на квазар.

Благодарение на метода разделителната способност на телескопа „Кек“ се увеличи десет пъти. Обсерваторията на Хаваите е разположена на върха на угасналия вулкан Мауна Кеа на височина почти 4300 м и е оборудвана с два телескопа с тегло по 270 т. Всяко от огледалата е с диаметър 10 м и е съставено от 36 шестоъгълни парчета, всяко от които може да се манипулира от компютър независимо от останалите. През 1999 г. на „Кек II“ бе инсталирана адаптивна оптична система, състояща се от малко огледало, което може да променя формата си 670 пъти в секунда. Системата вече успя да улови изображения на звезди, обикалящи около черната дупка в центъра на нашата галактика, да види повърхността на Нептун и Титан (една от луните на Сатурн) и дори една екстрасоларна планета, затъмняваща своята звезда на разстояние 153 светлинни години от нас. Светлината от HD 209458 намаля точно както беше предсказано, когато планетата премина пред нея.

#### СВЪРЗВАНЕ НА РАДИОТЕЛЕСКОПИТЕ ЕДИН С ДРУГ

Компютърните технологии предизвикаха революция и при радиотелескопите. В миналото те бяха зависими от големината на антената си. Колкото по-голяма е антената, толкова повече сигнали от космоса можеха да се уловят и анализират. Но колкото по-голяма е антената, толкова по-скъп е и телескопът. Един от начините да се реши този проблем е да се свържат няколко антени в една и да се получи някакво подобие на огромен радиотелескоп. (Най-големият радиотелескоп на Земята би могъл да бъде с размерите на самата планета). Предишните усилия за свързване на радиотелескопи в Германия, Италия и САЩ показаха, че методът е отчасти уместен.

Проблемът в случая е, че сигналите от различните антени трябва да се комбинират много точно и да се вкарат в компютъра. В миналото



това бе почти непосилна задача. С появата на интернет и евтините бързи компютри цените паднаха значително. Днес създаването на радиотелескоп с ефективни размери колкото на Земята вече не е фантазия.

В САЩ най-високотехнологичното устройство, използващо интерференцията, е *VLBA* — сбор от десет антени, разположени в Ню Мексико, Аризона, Ню Хемпшир, Вашингтон, Тексас, Вирджинските острови и Хаваите. Всяка от станциите има огромна чиния с диаметър 25 м с тегло 240 т, разположена върху висока десететажна постройка. Радиосигналите се записват на ленти и се събират в оперативния център в Сокоро, Ню Мексико, където биват сравнявани и анализирани. Системата започна да работи през 1993 г., а цената ѝ е 85 милиона долара.

Благодарение на сравняването на данните от десетте станции се получава един ефективен гигантски радиотелескоп с ширина 8000 км, способен да даде някои от най-ясните образи на небесни тела. Ефективността му е еквивалентна на това да седиш в Ню Йорк и да четеш вестник, намиращ се в Лос Анджелис. *VLBA* вече даде „филми“ на космически струи и експлозии на свръхнови. Негови са и най-точните измервания на разстояния до обекти извън Млечния път.

В бъдеще дори оптичните телескопи ще могат да използват мощта на интерферометрията, макар че това е доста трудно поради малката дължина на светлинната вълна. Има план за комбиниране на оптичните данни от двата телескопа на Хаваите, с което на практика ще се получи един гигантски телескоп, много по-голям от двата.

#### ИЗМЕРВАНЕ НА ЕДИНАДЕСЕТТО ИЗМЕРЕНИЕ

Откриването на други измерения също е завладяло умовете на учените наред с търсенето на тъмна материя и черни дупки. Един от най-амбициозните опити да се провери съществуването на паралелна вселена е дело на Колорадския университет в Денвър. Тамошните учени се опитват да измерят отклоненията от прословутия обратно квадратичен закон на Нютон.

Според Нютоновия закон за гравитацията силата на привличане между две тела намалява обратнопропорционално на квадрата от разстоянието помежду им. Ако увеличим разстоянието между Слънцето и Земята, силата на привличане между тях ще намалее

четворно. Това от своя страна зависи от броя измерения на пространството.

Засега законът на Нютон продължава да е в сила за космологични разстояния между големи галактични купове. Никой обаче не е успял да провери адекватно закона на гравитацията при малки тела, тъй като това е неосъществимо. Силата на гравитацията е изключително малка и поради това и най-малкото външно влияние може да провали експеримента. Дори минаващите автомобили създават вибрации, които са достатъчни да обезсмислят опитите за измерване на гравитацията между две малки тела.

Физиците от Колорадо създадоха един деликатен инструмент, наречен високочестотен резонатор, който е в състояние да провери закона на гравитацията на разстояния до една десета от милиметъра. За първи път подобни измервания се правят за такива малки разстояния. За експеримента се използват две много тънки волфрамови нишки, поставени във вакуум. Едната от нишките трепти с честота 1000 цикъла в секунда, подобно на миниатюрен трамплин. След това физиците проверяват дали през вакуума се предават вибрации до другата нишка. Апаратът е толкова чувствителен, че е в състояние да отчете движение във втората нишка, причинено от сила с големина една милиардна от масата на песъчинка. Ако в закона на Нютон за гравитацията има отклонение, тогава при втората нишка ще се измерят малки несъответствия. След като анализираха разстояния до 108 милионна част от метъра, учените така и не намериха подобни отклонения. „Засега законът Нютон продължава да отстоява позициите си“<sup>[24]</sup>, отбелязва С. Д. Хойл от университета в Тренто в Италия, който анализира експеримента за списание „Нейчър“.

Отрицателният резултат само засили апетита на останалите физици, които пожелаха да проверят закона на Нютон на микроскопско ниво.

В университета в Пурдю се готви нов експеримент. Учените искат да измерят малките отклонения от Нютоновия закон не на разстояния от порядъка на милиметри, а на атомно ниво. За целта смятат да използват нанотехнологии, за да измерят разликата между никел 58 и никел 64. Тези два изотопа имат еднакви електрически и химични характеристики, но единият има шест неутрона повече от другия. Така единствената разлика между тях е в масата им.

Учените смятат да създадат устройство на Казимир, състоящо се от две неутрални плочи, изработени от тези два изотопа. Когато двете плочи се приближат една до друга не се случва нищо, тъй като те нямат заряд. Но ако разстоянието се намали драстично, започва да действа ефектът на Казимир и плочите започват слабо да се привличат една друга — ефект, който може да се измери в лабораторни условия. Тъй като двете плочи са изработени от различни изотопи на никела, те ще се привличат по малко по-различен начин в зависимост от гравитацията им.

За да се измери ефектът на Казимир, плочите трябва да се приближат изключително много една до друга. Учените ще използват нанотехнологии, за да намалят разстоянието до атомно ниво. За целта ще използват микроелектромеханични торсионни осцилатори, за да измерят малките трептения на плочите. Така всички разлики в трептенето на никел 58 и никел 64 ще може да се припише на гравитацията. По този начин учените се надяват да измерят отклоненията в закона на Нютон на атомно ниво. Ако оригиналното устройство наистина успее да открие несъответствия със закона, това може да бъде знак за съществуването на вселена с повече измерения, разделена от нашата на разстояние колкото големината на атом.

#### LHC

Устройството, което окончателно ще даде отговор на много от тези въпроси, е *LHC*, който е пред завършване недалеч от Женева, при прочутия Европейски център за ядрени изследвания *CERN*. За разлика от предишните експерименти върху странните форми на материята, които се появяват по естествен начин в нашия свят, *LHC* може би ще има достатъчно мощ, за да ги създаде директно в лабораторни условия. *LHC* ще бъде в състояние да работи с разстояния до  $10^{-19}$  м (10 000 пъти по-малко от размерите на протон) и да създаде температури, невиджани от времето на Големия взрив. „Физиците са убедени, че природата крие още фокуси в ръкава си, които би трябвало да бъдат разкрити при опитите — може би екзотичната частица, известна като Хигс-бозон, доказателство за съществуването на тайнствената суперсиметрия или пък нещо напълно неочаквано, което ще преобърне изцяло физиката на елементарните частици“, пише бившият директор на *CERN* и сегашен ректор на Лондонския университет Крис Левелин

Смит.<sup>[25]</sup> В екипа на *CERN* вече участват 7000 души, което е повече от половината учени на планетата, занимаващи се с физика на елементарните частици. Много от тях ще участват в експериментите с новото устройство.

*LHC* е мощна кръгла машина с диаметър 27 км — достатъчно, за да заобиколи напълно не един град на планетата. Тунелът му е толкова дълъг, че пресича границата между Швейцария и Франция. Цената му е такава, че за построяването му са необходими усилията на няколко европейски държави. Когато заработи през 2007 г., огромните мощни магнити ще принуждават протоните да се движат все по-бързо и по-бързо в тръбата му, докато мощността не достигне около 14 трилиона електронволта.

Устройството се състои от голяма кръгла вакуумна камера, по чиято дължина са разположени огромни магнити, които ще огъват потока частици и ще го карат да се върти в кръг. В камерата ще бъде вкарвана допълнителна енергия, което ще увеличава скоростта на протоните. Когато лъчът най-сетне удари мишената, ще се освободи колосално количество лъчение. Създадените при сблъсъка фрагментите ще се фотографират от серия детектори с надеждата да се открият нови екзотични субатомни частици.

*LHC* е наистина чудовищно устройство. Докато *LIGO* и *LISA* достигат до крайности по отношение на чувствителността, *LHC* няма да има равен на себе си в бруталната си мощ. Магнитите му, които ще огъват потока протони в грациозна дъга, ще генерират поле с мощност 8,3 тесла, което е 160 000 пъти повече от мощта на магнитното поле на Земята. За целта 12 000 ампера електричество ще бъде пуснато по макари, охладени до  $-271^{\circ}\text{C}$  — при такава температура те ще изгубят съпротивлението си и ще станат свръхпроводими. *LHC* ще има общо 1232 магнита с дължина 15 м, разположени по 85 процента от дължината на машината.

Протоните в тунела ще бъдат ускорени до 99,999999 процента от скоростта на светлината, преди да ударят мишената, намираща се на четири места в тръбата, като при това всяка секунда ще се получат милиарди сблъсъци. До мишените ще има огромни детектори (най-големият е колкото шестетажна сграда), които ще анализират остатъците и ще търсят екзотични субатомни частици.

Както споменава Смит, една от целите на *LHC* е откриването на неуловимия Хигс-бозон, който е последната част от Стандартния модел, останал неоткрит досега. Именно тази частица е отговорна за спонтанното нарушаване на суперсиметрията в теориите и увеличава масата в квантовия свят. Очакванията за масата на Хигс-бозона са някъде между 115 и 200 милиарда електронволта (за сравнение протонът тежи 1 милиард електронволта).<sup>[26]</sup> (Много по-малкият „Теватрон“ на „Фермилаб“ недалеч от Чикаго може да се окаже първата машина, регистрирала неуловимия Хигс-бозон, стига масата му да не е прекалено голяма. По принцип „Теватрон“ може да създаде до 10 000 Хигс-бозона, ако работи както е предвидено. *LHC* обаче ще създава частици със седем пъти по-голяма енергия. Със своите 14 трилиона електронволта на разположение, *LHC* може да се превърне в истинска „фабрика“ за Хигс-бозони и да произвежда милиони частици от сблъскващите се протони.)

Друга цел на *LHC* е да създаде условия, каквито не са съществували от времето на самия Голям взрив. В частност учените смятат, че първоначално Големият взрив е представлявал сбор от несвързани помежду си изключително горещи кварки и глюони, наречен кварково-глуонна плазма. *LHC* ще бъде в състояние да възпроизведе състоянието на вселената през първите 10 микросекунди след възникването си. Ускорителят ще може да сблъсква ядра на олово с енергия 1,1 трилиона електронволта. При този колосален сблъсък всички 400 протона и неутрона ще могат да се „стопят“ и да освободят кварките в горещата плазма. Така космологията може би ще се отдалечи от чистото наблюдение и ще се превърне донякъде в експериментална наука, провеждаща точни опити с кварково-глуонна плазма в лабораторни условия.

Има също надежда, че *LHC* ще може да открие сред остатъците от смакани протони миниатюрните черни дупки, за които говорихме в 7 глава. Обикновено създаването на квантови черни дупки би трябвало да става при наличието на Планкова енергия, която е квадрилион пъти по-голяма от мощността на ускорителя. Но ако наистина съществува паралелна вселена, отдалечена от нашата на по-малко от милиметър, това ще намали енергията, при която квантовите гравитационни ефекти ще могат да се измерват и така миниатюрните черни дупки ще се окажат по силата на *LHC*.

И не на последно място има надежда, че *LHC* може би ще успее да открие доказателства за съществуването на суперсиметрия, което ще представлява историческо постижение на физиката на елементарните частици. Въпреки че струнната теория предсказва, че всяка субатомна частица си има „близнак“ с различен спин, суперсиметрията никога не е била наблюдавана — може би защото нашите инструменти не са достатъчно мощни, за да я открият.

Съществуването на частиците близнаци би помогнало за намирането на отговора на два наболели въпроса. Първо, вярна ли е струнната теория? Въпреки че прякото регистриране на струните е изключително трудно, могат да се доловят по-ниските октави или резонанси на струнната теория. Ако бъдат открити частици-близнаци, това ще означава експериментално потвърждение на струнната теория (въпреки че това няма да бъде пряко доказателство, че тя е вярна).

На второ място, тези частици ще се окажат може би най-приемливите кандидати за тъмната материя. Ако тъмната материя се състои от субатомни частици, те би трябвало да са стабилни и неутрални (в противен случай щяха да са видими) и освен това да реагират на гравитация. И трите свойства могат да се открият в предсказаните от струнната теория частици.

*LHC*, който ще бъде най-мощният ускорител на частици, е всъщност втори избор за повечето физици. През 80-те президентът Роналд Рейгън одобри създаването на *SSC* (*Superconducting Supercollider*) — чудовищна машина с диаметър 80 км, която трябваше да бъде построена в околностите на Далас, Тексас. В сравнение с нея *LHC* би изглеждал като джудже. Докато *LHC* е способен да получи сблъсъци на частици с мощност 14 трилиона електронволта, *SSC* бе проектиран да развива 40 трилиона електронволта. Отначало проектът бе одобрен, но по време на последните изслушвания Конгресът ненадейно го отхвърли. Това бе тежък удар за физиците и забави развитието на науката с цяло поколение.

Отначало дебатите бяха за цената на машината — 11 милиарда долара — и за по-важните научни приоритети. Самата научна общност бе силно разединена относно ускорителя — някои физици твърдяха, че проектът може да лиши от финансиране собствените им проучвания. Споровете така се разгорещиха, че „Ню Йорк Таймс“ излезе с критична редакционна статия за опасностите, на които „голямата

наука“ може да подложи „малката наука“. (Тези аргументи бяха подвеждащи, тъй като финансирането на SSC щеше да се осигурява от друг източник, различен от този на малката наука. Истинският съперник беше космическата станция, която според мнозина учени е просто пилеене на пари.)

Но като погледнем назад, спорът се бе изместил и започна да се води на език, който се разбираше от широката общественост. В известен смисъл физиците бяха свикнали чудовищните им ускорители да се одобряват от Конгреса, защото руснаците също изграждаха свои. Всъщност руснаците изграждаха своя ускорител *УНК (Ускорително-Нагрупвателен Комплекс)* като съперник на SSC. Залогът бе националният престиж. Но след това Съветският съюз се разпадна, изграждането на ускорителя бе прекратено и постепенно шансовете на програмата за създаването SSC започнаха да намаляват.<sup>[27]</sup>

#### НАСТОЛНИ УСКОРИТЕЛИ

Чрез *LHC* учените постепенно доближават горните граници на енергийната мощ на съвременното поколение ускорители, по-големи от градове и струващи десетки милиарди долари. Тези машини са толкова огромни, че само големи консорциуми от цели държави са в състояние да си ги позволят. Нужни са ни нови идеи и принципи, ако искаме да преодолеем бариерите пред конвенционалните ускорители. Светият граал на физиците днес е конструирането на „настолен“ ускорител, способен да създаде лъчи с енергия от милиарди електронволта и да бъде далеч по-малък и евтин от сегашните машини.

За да разберете проблема, представете си щафетно бягане, при което участниците са подредени по много голяма кръгла писта. Състезателите си предават щафетата в движение. Сега си представете, че при всяко предаване на щафетата бегачите получават допълнителен прилив на енергия и започват да тичат все по-бързо.

Същото е при ускорителя на частици — щафетата е поток от субатомни частици, движещи се по кръгла тръба. Всеки път когато потокът преминава от един бегач в друг, той получава нова порция радиочестотна енергия, която увеличава скоростта му все повече и повече. Точно на този принцип работят изградените през последния половин век ускорители. Проблемът при тях е, че вече се достигат границите на радиочестотната енергия, която може да се използва.

За да решат неприятния проблем, учените експериментират с коренно различни начини за вкарване на енергия в потока, като лазерни лъчи, чиято мощ нараства експоненциално. Едно от предимствата на лазерния лъч е в това, че светлината е „кохерентна“ — т.е., че вълните ѝ трептят в прецизен унисон, благодарение на което е възможно създаването на изключително мощни лъчи. Днес лазерите са в състояние за кратко време да генерират енергия от порядъка на трилиони вата (теравата). (За сравнение една атомна електроцентрала може да генерира само милиони вата енергия, но постоянно.) Вече стават реалност лазери, които могат да генерират до сто трилиона вата (един квадрилион вата, или петават) енергия.

Лазерните ускорители работят на следния принцип. Светлината им е достатъчно гореща, за да създаде плазма (йонизирани атоми), която се движи с висока скорост в подобни на вълни осцилации, подобно на приливна вълна. Потокът от субатомни частици „сърфира“ по тази плазмена вълна. С добавянето на допълнителна лазерна енергия вълната набира скорост, с което увеличава енергията на частиците. Неотдавна учените от лабораторията „Ръдърфорд Епълтън“ насочиха лазер с мощност 50 теравата към твърда мишена и получиха насочен поток от протони с мощност 400 милиона електронволта (MeV). В Политехническото училище в Париж физиците успяха да ускорят електрони до 200 MeV за разстояние от един милиметър.

Създадените досега лазерни ускорители бяха малки и не особено мощни. Но да приемем за момент, че този ускорител може да се увеличи до такава степен, че да е в състояние да работи не в рамките на един милиметър, а на един метър. В такъв случай той ще е в състояние да ускорява електроните до 200 GeV и да изпълни целта на настолния ускорител. Друга граница бе достигната през 2001 г., когато учените от Станфордския линеен ускорителен център успяха да ускорят електрони в рамките на 1,4 м. Вместо да използват лазерен лъч, те създадоха плазмена вълна с помощта на лъч заредени частици. Макар получената енергия да бе ниска, експериментът показва, че плазмените вълни могат да ускоряват частици на разстояние повече от един метър.

Прогресът в тази многообещаваща област на изследвания е изключително бърз — получената от тези ускорители енергия се увеличава десетократно на всеки пет години. При това темпо в скоро



време можем да станем свидетели на прототип на настолен ускорител. Ако проектът се увенчае с успех, пред подобна машина *LHC* ще прилича на остатък от ерата на динозаврите. Разбира се, пред този вид ускорители все още има редица пречки. Подобно на сърфиста, който се „изстрелва“ от измамната океанска вълна, задържането на потока частици върху плазмата е доста трудно (проблемите тук включват фокусирането на потока в лъч и запазването на неговата стабилност и интензитет). Но все пак никой от тези проблеми не изглежда неразрешим.

#### БЪДЕЩЕТО

Трябва да се направи още много, за да може да се докаже струнната теория. Уитън изразява надеждата, че веднага след Големия взрив вселената се е разширила толкова бързо, че може би заедно с нея се е разширила и някоя струна, която в момента е огромна и се носи нейде из космоса. „Макар и необичаен, това е любимият ми сценарий за потвърждаването на струнната теория — нищо друго не би могло да реши по-добре този въпрос от възможността да наблюдаваме струната през телескоп.“<sup>[28]</sup>

Брайън Грийн изброява пет възможни примера на експериментални данни, които биха могли да потвърдят струнната теория или най-малкото да я направят по-приемлива:

1. Нищожко малката маса на подобното на призрак неутрино да бъде определена експериментално и струнната теория да успее да я обясни.

2. Може да се окаже, че малки нарушения на Стандартния модел нарушават физиката на елементарните частици, като разпадането на някои от тях.

3. Могат да се открият нов вид сили (различни от гравитацията и електромагнетизма), които да сочат към определен вид многообразие Калаби-Яу.

4. Могат да се открият в лабораторни условия частици на тъмната материя, които да се сравнят с предсказанията на струнната теория.

5. Благодарение на струнната теория може да се изчисли количеството тъмна енергия във вселената.<sup>[29]</sup>

Моето лично мнение е, че потвърждаването на струнната теория може да стане единствено със средствата на чистата математика, а не на експериментите. Тъй като струнната теория се приема като „теория на всичко“, тя би трябвало да бъде теория както на космическите енергии, така и на енергиите, с които се сблъскваме всеки ден. Ако успеем напълно да решим тази теория, бихме могли да изчислим свойствата на обикновените тела, а не само на екзотичните обекти в дълбокия космос. Например ако струнната теория е в състояние да изчисли масата на протона, неутрона и електрона от основните си принципи, това ще бъде едно от най-големите ѝ постижения. Във всички модели във физиката (с изключение на струнната теория) масите на тези познати ни частици се добавят ръчно. В известен смисъл, ние не се нуждаем от *LHC*, за да проверим теорията, тъй като вече знаем масите на много субатомни частици. Всички те би трябвало да се определят от самата струнна теория без поддаващи се на настройка параметри.

Навремето Айнщайн е казал: „Убеден съм, че можем чрез чисто математически конструкции да открием концепциите и законите... които ще ни дадат ключа към разбирането на природните феномени. Опитът може да предложи подходящи математически концепции, но те със сигурност не могат да се изведат от него... Ето защо в известен смисъл смятам, че чистата мисъл може да обхване реалността — точно както са вярвали древните.“<sup>[30]</sup>

Ако това е вярно, то може би М-теорията (или всяка друга теория, която най-сетне ни доведе до квантовата теория на гравитацията) ще направи възможно последното пътуване на целия разумен живот във вселената в невъобразимо далечното бъдеще, отдалечено от нас на трилиони и трилиони години — бягството от умиращия ни свят и търсенето на нов дом.

---

[1] Croswell, p. 128. ↑

[2] Bartusiak, p. 55. ↑

[3] Това изместване става по два начина. Намиращите се в близост до Земята сателити се движат със скорост 30 000 км/ч и поради специалната теория на относителността времето на спътника започва да тече по-бавно. Това означава, че часовниците на сателитите изостават в сравнение с часовниците на земята. Но тъй като сателитът

е подложен на по-слабо гравитационно поле в космоса, времето същевременно започва да тече по-бързо според общата теория на относителността. Така в зависимост от разстоянието на спътника от Земята, неговият часовник или ще изостава (поради специалната теория за относителността), или ще избързва (поради общата теория за относителността). Всъщност на определено разстояние от Земята двата ефекта ще се урівновесят и часовникът на сателита ще отмерва времето със същата скорост, с каквата и часовниците на Земята. ↑

[4] Newsday, Sept. 17, 2002, p. A46. ↑

[5] Newsday. Sept. 17, 2002, p. A47. ↑

[6] Bartusiak, p. 152. ↑

[7] Bartusiak, pp. 158–159. ↑

[8] Bartusiak, p. 154. ↑

[9] Bartusiak, p. 158. ↑

[10] Bartusiak, p. 150. ↑

[11] Bartusiak, p. 169. ↑

[12] Bartusiak, p. 170. ↑

[13] Bartusiak, p. 171. ↑

[14] Измереното от *WMAP* космическо фоново лъчение е от 379 000 години след Големия взрив, тъй като именно тогава са започнали да се образуват атомите. Гравитационните вълни, които би могла да улови *LISA*, могат да са от времето, когато гравитацията се е отделила от останалите сили — а това е станало почти в мига на Големия взрив. Ето защо някои физици смятат, че *LISA* ще може да потвърди или отхвърли много от предложените днес теории, в това число и струнната теория. ↑

[15] Scientific American, Nov. 2001, p. 66. ↑

[16] Petters, pp. 7, 11. ↑

[17] Scientific American, Nov. 2001, p. 68. ↑

[18] Scientific American, Nov. 2001, p. 68. ↑

[19] Scientific American, Nov. 2001, p. 70. ↑

[20] Scientific American, Nov. 2001, p. 69. ↑

[21] Scientific American, March 2003, p. 54. ↑

[22] Scientific American, March 2003, p. 55. ↑

[23] Scientific American, March. 2003 p. 59. ↑

[24] www.space.com, Feb. 27, 2003. ↑

[25] Scientific American, July 2000, p. 71. ↑

[26] Scientific American, June 2003, p. 75. ↑

[27] В последните дни на изслушването един от конгресмените зададе въпроса какво ще бъде открито с тази машина? За съжаление отговорът гласеше — Хигс-бозон. Можете да си представите каква реакция предизвика това — 11 милиарда заради някаква си частица? Един от последните въпроси бе зададен от републиканския представител от Илинойс Харис У. Фейуел — „Тази [машина] ще ни помогне ли да открием Бог?“ Съпартиецът му Дон Ритър от Пенсилвания добави: „Ако го направи, аз смятам да подкрепя програмата.“ (Weinberg 1, p. 244). За съжаление физиците не можеха да дадат достатъчно убедителни отговори.

В резултат на това и на други грешки проектът бе прекратен. Конгресът ни бе отпуснал един милиард долара, колкото да изкопаем основите за машината. След прекратяването на проекта ни бяха отпуснати още един милиард за зариването им. В безкрайната си мъдрост Конгресът пропиля два милиарда за изкопаването и зариването на най-скъпата дупка в човешката история.

(Аз лично смятам, че нещастникът, на когото се наложи да отговаря на въпроса за Бог, спокойно би могъл да каже: „Ваша милост, може да открием, а може и да не открием Бог, но машината ще ни приближи възможно най-близо до него, независимо как го наричаме. Тя може да разкрие тайната на неговия най-велик акт — сътворението на самата вселена.“) ↑

[28] Greene 1, p. 224. ↑

[29] Greene 1, p. 225. ↑

[30] Kaku 3, p. 699. ↑

**ТРЕТА ЧАСТ**  
**БЯГСТВО В ХИПЕРПРОСТРАНСТВОТО**

**КРАЯТ НА ВСИЧКО**

*„Днес повечето физици споделят мнението, че Слънцето и всички планети с времето ще станат прекалено студени, за да поддържат живота, освен ако някое наистина голямо небесно тяло не се блъсне в Слънцето и не го събуди за нов живот. Тъй като смятам, че в далечното бъдеще човекът ще бъде далеч по-съвършено същество, отколкото е в момента, за мен е недопустима мисълта, че той и наред с всички други разумни същества е обречен на пълно унищожение след толкова продължително и бавно развитие.“*

Чарлс Дарвин

Според една норвежка легенда последният ден, или Рагнаррок — Залезът на боговете, ще настъпи след някакъв ужасен катаклизъм. Мидгард (Средната земя) и небето ще бъдат сграбчени в менгемето на ужасен студ. Пронизващи ветрове, заслепяващи виелици, опустошителни земетресения и глад ще се стоварят върху земята и безпомощните хора ще измират като мухи. Три такива зими ще парализират земята една след друга, докато чудовищни вълци изядат слънцето и луната и светът не потъне в пълен мрак. Звездите ще изпадат от небето, земята ще затрепери и планините ще рухнат. Чудовищата ще се окажат на свобода, богът на хаоса Локи ще посее войни, объркване и ужас по обрулената земя.

Бащата на боговете Один ще събере храбрите си воители във Валхала за последната битка. Накрая всички богове ще загинат, злият бог Суртур ще бъде пламъци и сяра и ще предизвика огромен огнен ад, който ще погълне небето и земята. Цялата вселена ще избухне в пожар, земята ще потъне в океаните и самото време ще спре хода си.

Но от пепелищата ще започне едно ново начало. Постепенно от морето ще се появи нова земя, различна от старата, от плодородната почва ще поникнат нови плодове и екзотични растения и ще се появи нова раса хора.

Тази викингска легенда за голямото замръзване, последвано от пламъци и последна битка, е мрачна картина на края на света. Подобни теми могат да се открият в редица митологии по целия свят. Краят на света ще бъде съпроводен от природни катаклизми — обикновено огромни пожари, земетресения или виелици, последвани от последната битка между доброто и злото. Но в тези митове има и зрънце надежда. От пепелищата ще се появи новото.

Изучаващите студените закони на физиката учени днес се изправят пред подобни теми. Суровите данни, заместили предаваните шепнешком около лагерния огън митове, определят начина, по който учените виждат окончателния край на вселената. Тези теми могат да надделеят в научния свят. Сред решенията на Айнщайновите уравнения виждаме и възможните бъдещи състояния, в които има сковаващ студ, огън, катастрофи и смърт на вселената. Но дали накрая ще има възкресение?

Според картината от сателита *WMAP* разширяването на вселената става все по-бързо и по-бързо поради въздействието на загадъчната сила на антигравитацията. Ако това положение продължи още милиарди или трилиони години, вселената неминуемо ще стигне до състояние на голям студ, подобен на виелицата, предричаща залеза на боговете и слагаща край на живота, какъвто го познаваме. Колкото по-голяма става вселената, толкова повече се увеличава антигравитацията, която разделя галактиките една от друга, което от своя страна увеличава още повече обема на вселената. Този порочен кръг се повтаря непрекъснато, докато вселената не изпадне в състояние, когато ще започне да се разширява експоненциално бързо.

В крайна сметка това ще означава, че цялата видима вселена ще се състои от тридесет и шестте галактики в локалната група, а милиардите други галактики ще са изчезнали отвъд нашия събитийен хоризонт. Пространството между галактиките ще се увеличава по-бързо от скоростта на светлината и вселената ще стане ужасно самотно място. Температурите ще паднат, тъй като останалата енергия ще се разпределя все по-тънко и по-тънко в пространството. Когато

темperaturите стигнат до абсолютната нула, разумните видове ще бъдат изправени пред окончателната си участ — да измрат от студ.

#### ТРИТЕ ЗАКОНА НА ТЕРМОДИНАМИКАТА

Ако повярваме на Шекспир и приемем, че целият свят е сцена, то задължително би трябвало да има Трето действие. В Първо действие имаме Големия взрив и появата на живота и разума на Земята. Може би по времето на Второ действие живеем, за да изследваме звездите и галактиките. Накрая, в Трето действие ще бъдем изправени пред окончателната гибел на вселената в Големия студ.

В крайна сметка виждаме, че сценарият трябва да следва законите на термодинамиката. През XIX в. учените формулирали трите принципа на термодинамиката и започнали да размишляват върху окончателната гибел на вселената. През 1854 г. великият немски физик Херман фон Хелмхолц разбрал, че законите на термодинамиката могат да се приложат към вселената като цяло. Това означава, че всичко около нас, включително звездите и галактиките, в крайна сметка ще загине.

Първият закон гласи, че общото количество материя и енергия е постоянно.<sup>[1]</sup> Въпреки че енергията и материята могат да се превръщат една в друга (съгласно прочутото уравнение  $E = mc^2$  на Айнщайн), общото количество си остава едно и също и не може нито да се създава, нито да се унищожава.

Вторият закон е най-загадъчният и най-труден за разбиране. Според него общото количество ентропия (хаос или липса на ред) в една система винаги расте. С други думи, в крайна сметка всичко остарява и се разпада. Изгарянето на горите, ръждясването на машините, падането на империите и остаряването на човешкото тяло — всичко това представлява увеличаването на ентропията във вселената. Например, много е лесно да изгорим лист хартия. Това представлява увеличаване на общия хаос. Невъзможно е обаче от дима и пепелта да получим отново хартия. (Ентропията може да бъде накарана да намалява с добавянето на механична работа, както е при хладилника, но само в ограничено пространство. Общата ентропия на цялата система — хладилника и пространството около него — винаги расте.)



„Законът за постоянното увеличаване на ентропията — отбелязва Артър Едингтън, — или Вторият закон на термодинамиката, според мен е най-важният от всички природни закони... ако вашата теория се окаже противоречаща на Втория закон на термодинамиката, не мога да ви помогна по никакъв начин. На нея не ѝ остава нищо друго, освен да потъне в най-дълбоко унижение.“<sup>[2]</sup>

(На пръв поглед изглежда, че наличието на сложните форми на живот на Земята противоречи на втория закон. Изглежда забележително, че от хаоса на ранната Земя се е появило това невероятно разнообразие от сложни (и дори разумни!) живи организми, които намаляват общото количество ентропия. Някои виждат в това чудо намесата на някакъв добронамерен създател. Нека обаче не забравяме, че животът се подчинява на природните закони на еволюцията и че общото количество на ентропията продължава да расте, тъй като животът съществува благодарение на непрекъснато отделяната от Слънцето енергия. Ако включим Земята и Слънцето, ще установим, че вторият закон на термодинамиката си остава в сила.)

Третият закон гласи, че никой хладилник не може да достигне абсолютната нула. Възможно е една система да се приближи до нищожна част от градуса над абсолютната нула, но никога да не изпадне в състояние на пълен покой. (Ако включим квантовия принцип, това означава, че молекулите винаги ще имат малко количество енергия, тъй като нулевата енергия означава, че знаем точното положение и скорост на всяка молекула, а това противоречи на принципа на неопределеността.)

Ако приложим втория закон към цялата вселена, това означава, че тя в крайна сметка ще се износи. Звездите ще изразходват ядреното си гориво, галактиките ще престанат да осветяват космоса и вселената ще представлява безжизнена колекция от мъртви кафяви джуджета, неутронни звезди и черни дупки. Всичко ще потъне във вечен мрак.

Някои космолози се опитват да избегнат тази „топлинна смърт“, като издигат идеята за пулсираща вселена. Ентропията ще се увеличава непрекъснато, докато вселената се разширява и накрая не се свие отново. Но след Големия срыв не е ясно какво ще се случи с ентропията. Някои смятат, че може би вселената просто ще се повтори едно към едно в следващия цикъл. По-реалистична е вероятността ентропията да се запази и през следващия цикъл, което означава, че

продължителността на живота на вселената постепенно ще се увеличава с всеки цикъл. Но независимо как се подхожда към въпроса, пулсиращата вселена, също както отворената и затворената вселена, ще означава унищожаване на разумния живот.

#### ГОЛЕМИЯТ СРИВ

Един от първите опити за използване на физиката за обясняване на гибелта на вселената е статията на сър Мартин Рийс от 1969 г., озаглавена „Колапсът на вселената — есхатологично изследване“<sup>[3]</sup>. По онова време стойността на Омега все още до голяма степен била неизвестна и затова той приема, че тя е равна на 2, което означава, че в един момент вселената ще престане да се разширява и ще загине не в Голям студ, а в Голям срыв.

Рийс изчислил, че разширяването на вселената ще спре, когато галактиките бъдат на два пъти по-голямо разстояние една от друга в сравнение със сега и гравитацията най-сетне надделее. Червеното отместване, което наблюдаваме в момента, ще се смени със синьо и галактиките ще се втурнат към нас.

При този сценарий, след около 50 милиарда години ще настъпят катастрофални събития, които ще отбележат предсмъртните гърчове на вселената. Сто милиона години преди Големия срыв галактиките, в това число и нашата, ще започнат да се сблъскват една с друга и в крайна сметка ще се обединят в едно цяло. Странно, но Рийс открива, че отделните звезди ще загинат още преди да се сблъскат поради две причини. Първо, радиацията от другите звезди ще става все по-силна със свиването на вселената. Следователно звездите ще бъдат огрени от ослепителната изместена в синия спектър светлина на другите звезди. Второ, температурата на фоновото микровълново лъчение ще се увеличи неимоверно. Комбинацията от тези два ефекта ще доведе до температури, които ще надвишават температурите на повърхността на звездите, които ще започнат да поглъщат повече топлина, отколкото ще могат да отделят. С други думи, звездите вероятно ще се разпаднат и ще се разтворят в свръхнагорещени облаци газове.

При тези условия разумният живот не би имал никакви шансове за оцеляване, тъй като не би могъл да се спаси от космическата жегата от съседните звезди и галактики. Измъкване няма. Както казва Фрийман Дайсън, „със съжаление трябва да призная, че в този случай няма

измъкване от изпържването. Колкото и дълбоко да се заровим в Земята, за да се защитим от изместеното в синия спектър микровълново фоново лъчение, само бихме отложили мизерния си край с няколко милиона години“<sup>[4]</sup>.

Ако вселената я очаква Голям срыв, остава въпросът дали тя ще колапсира и след това ще се възроди отново, както е в теорията за пулсиращата вселена. Това е сценарият в романа на Пол Андерсън „Тау нула“. Ако вселената беше Нютонова, това би могло да стане, ако има достатъчно странично движение, докато галактиките се свиват една в друга. В такъв случай звездите могат да не се съберат в една-единствена точка, а да се пропуснат в точката на максимално свиване и след това да се отдалечат, без да се сблъскат.

Вселената обаче не е Нютонова. Тя се подчинява на уравненията на Айнщайн. Роджър Пенроуз и Стивън Хокинг показаха, че в най-общи линии едно свиващо се множество от галактики в крайна сметка ще образува сингулярност. (Страничното движение на галактиките съдържа енергия и следователно взаимодейства с гравитацията. Следователно гравитационното теглене в теорията на Айнщайн е много по-силно, отколкото в Нютоновата теория, поради което вселената ще колапсира в една точка.)

#### ПЕТТЕ ЕТАПА ОТ ЖИВОТА НА ВСЕЛЕНАТА

Последните данни от сателита *WMAP* обаче подкрепят теорията за Големия студ. За да анализират историята на вселената, учени като Фред Адамс и Грег Лафлин от Мичиганския университет се опитаха да разделят живота ѝ на пет етапа. Тъй като боравим с наистина астрономически величини, ще приемем логаритмична времева скала. Така периодът от  $10^{20}$  години ще бъде представен като 20. (Тази времева таблица беше изработена, преди да бъдат напълно приети следствията от все по-бързо разширяващата се вселена. Все пак общото разделение на етапите си остава същото.)

Въпросът, който не ни дава покой, е възможно ли е разумният живот с неговата находчивост да оцелее в някакъв вид през тези етапи, да премине през сериите катастрофи и дори да избегне гибелта на вселената?

#### ПЪРВИ ЕТАП — ПЪРВИЧНАТА ЕРА

През този първи етап (между  $-50$  и  $5$ , или между  $10^{-50}$  и  $10^5$  секунди) вселената е подложена на рязко разширяване, но и на също толкова рязко охлаждане. С понижаването на температурите отделните сили, които дотогава са били обединени в една „суперсила“, постепенно се разпаднали и се обособили в познатите ни днес четири фундаментални сили. Най-напред се отделила гравитацията, след това силната ядрена сила, а накрая — слабата ядрена сила. Отначало вселената била непрозрачна и небето било бяло, тъй като светлината била поглъщана още в момента на създаването си. 379 000 години след Големия взрив вселената се охладила достатъчно, за да могат да се образуват атоми, без да бъдат унищожени от огромните температури. Небето почерняло. Микровълновото фоново лъчение е оттогава.

През този период първичният водород се превърнал в хелий, създавайки сегашната смес от звездно гориво, което се разпространило във вселената. На този етап от еволюцията на вселената животът във вида, в който го познаваме, е невъзможен. Температурите са прекалено високи и всякакви ДНК или други автокаталитични молекули биха се разпаднали от непрекъснатите сблъсъци с други атоми, което прави стабилните химични съединения невъзможни.

#### ВТОРИ ЕТАП — ЗВЕЗДНАТА ЕРА

Днес живеем във втория етап (между  $6$  и  $14$ , или между  $10^6$  и  $10^{14}$  секунди), когато водородът се е свил и небето се е озарило от първите звезди. В този етап имаме богати на водород звезди, които светят милиарди години, преди да изразходват ядреното си гориво. Космическият телескоп „Хъбъл“ е фотографирал звезди във всякакъв етап от тяхното съществуване, включително и новообразувани звезди, заобиколени от въртящи се облаци отломъци и прах — вероятни предшественици на планетите и слънчевите системи.

През този етап условията за възникването на ДНК и на живот са идеални. С оглед на огромния брой звезди във видимата вселена астрономите се опитаха да дадат приемливи аргументи, основани на известните ни природни закони, доколко вероятно е възникването на разумен живот в други планетни системи. Но всяка разумна форма на живот ще бъде изправена пред различни трудности, много от които ще бъдат дело на самата нея — замърсяване на околната среда, глобално

затопляне и ядрени войни. Дори и да не се самоунищожи, разумният живот ще бъде изправен пред серия естествени катаклизми, всеки от които би могъл да завърши плачевно.

В рамките на десетки хиляди години може да има ледникови епохи, подобни на онази, погребала Северна Америка под почти километър и половина лед, което би направило човешкия живот невъзможен. Преди 10 000 години хората живеели на групи подобно на глутниците вълците и се препитавали на малки изолирани племена. Не е имало натрупване на познание. Не е имало писменост. Човечеството е било заето с една-единствена цел — да оцелее. И тогава, поради неизяснени все още причини ледниковата епоха приключила и хората започнали устремното си издигане от леда към звездите. Този кратък междуледников период обаче няма да трае вечно. Може би след още 10 000 години ще настъпи нова ледникова епоха. Геолозите смятат, че ефектите от малките отклонения във въртенето на Земята около оста ѝ постепенно се натрупват и това позволява на леда от полярните шапки да достига до по-ниски ширини и да покрие отново планетата. Тогава може би ще ни се наложи да се оттеглим под земята, за да останем на топло. Земята в миналото е била изцяло покривана с лед. Това може да се случи отново.

През хилядите и милионите години трябва да сме готови и за сблъсъци с комети и метеори. Най-вероятно подобен сблъсък е сложил край на ерата на динозаврите преди 65 милиона години. Учените смятат, че някакво космическо тяло, може би с диаметър не повече от 15 км, е паднало на мястото на полуостров Юкатан в Мексико, създадо е кратер с диаметър 300 км и е изхвърлило толкова прах в атмосферата, че е скрило слънчевата светлина. Температурите рязко спаднали и това довело до измиране на растенията и господстващата по онова време форма на живот. В рамките на по-малко от година динозаврите и повечето от другите видове на Земята изчезнали.

Ако се съди по миналите сблъсъци, вероятността през следващите петдесет години Земята да бъде ударена от астероид, който да предизвика глобална катастрофа, е едно на 100 000. Шансът подобно нещо да стане в рамките на милиони години може би надхвърля 100 процента.

(Във вътрешната Слънчева система, където се намира и Земята, има между 1000 и 1500 астероида с диаметър около километър и

милион с диаметър 50 м и повече. Всеки ден в Смитсъновата астрофизична обсерватория в Кембридж постъпват данните от около 15 000 наблюдения на астероиди. За щастие само за 42 известни астероида има малка, но крайна вероятност да се сблъскат със Земята. В миналото имаше няколко фалшиви тревоги, най-известната от които е свързана с астероида 1997XF11. Астрономите погрешно предрекоха, че той ще се сблъска със Земята след тридесет години и това предизвика небивала сензация. Но след внимателно проучване на орбитата на астероида 1950DA учените изчислиха, че съществува съвсем малка вероятност той да се сблъска със Земята на 16 март 2880 г. Компютърните симулации в университета в Санта Круз показаха, че ако астероидът падне в някой океан, ще създаде приливна вълна с височина 120 м, която ще унищожи повечето крайбрежни райони.)<sup>[5]</sup>

В рамките на милиарди години ще ни се наложи да се безпокоим и за Слънцето, заплашващо да погълне Земята. Днес нашата звезда е с 30 процента по-гореща, отколкото е била при раждането си. Компютърните изследвания показват, че след 3,5 милиарда години Слънцето ще бъде с 40 процента по-ярко, отколкото днес — а това означава, че Земята постепенно ще се загрява. Слънцето ще става все по-голямо и по-голямо на хоризонта. Отначало живите същества в отчаяните си опити да се спасят от лъчите му може би ще бъдат принудени да се върнат в океаните и ходът на еволюцията да се обърне. Накрая самите океани ще започнат да кипят, което ще направи живота невъзможен. След около 5 милиарда години ядрото на Слънцето ще изчерпи водородното си гориво и нашата звезда ще мутира в червен гигант. Някои червени гиганти са толкова огромни, че биха погълнали и Марс. Нашето слънце обаче най-вероятно ще се раздуе до орбитата на Земята. Така че най-вероятно планетата ни ще загине в пламъци вместо в лед и от нея ще остане само обикаляща около Слънцето сгурия.

Някои физици възразяват, че много преди да се случи подобно нещо, човечеството ще разполага с достатъчно развита технология, за да премести Земята на по-висока орбита, ако вече не сме се преселили на други планети. „Докато хората поумняват по-бързо, отколкото Слънцето увеличава яркостта си, Земята има всички шансове за оцеляване“<sup>[6]</sup>, отбелязва астрономът и писател Кен Кросуел.

Учените предлагат няколко начина за преместване на Земята на по-висока орбита около Слънцето. Най-простият е да се отклонят серия астероиди от астероидния пояс, които да профучат в близост до Земята. Този ефект на прашката може да увеличи скоростта на движение на земята по орбитата ѝ и да увеличи разстоянието от Слънцето. Всеки тласък ще дава съвсем слабо ускорение, но ще разполагаме с достатъчно време, за да използваме колкото астероида ни трябват. „През няколкото милиарда години преди Слънцето да се превърне в червен гигант, нашите потомци биха могли да отмъкнат някоя звезда и да я поставят в орбита около Слънцето, след което да изведат Земята от сегашната ѝ орбита и да я поставят в орбита около новата звезда“<sup>[7]</sup>, добавя Кросуел.

Нашето Слънце го очаква различна съдба — вместо в пламъци, то ще загине в лед. След като за 700 милиона години като червен гигант изгори хелия си, то ще изразходва по-голямата част от ядреното си гориво и гравитацията ще го превърне в бяло джудже с размерите на Земята. Слънцето е прекалено малко, за да преживее катастрофата, наречена свръхнова, след което да се превърне в черна дупка. След като се превърне в бяло джудже, то в крайна сметка ще изстине, ще започне да свети със слаба червена светлина, след това с кафява, докато не угасне и не се понесе в космическата пустош като буца ядрена пепел. Бъдещето на почти всички атоми, които виждаме около нас, включително и атомите на нашите тела и телата на любимите ни хора, е да станат част от сгурията на черното джудже. Тъй като масата му ще бъде едва 55 процента от сегашната му маса, остатъците от Земята ще обикалят в орбита, около 70 процента по-голяма от сегашната.<sup>[8]</sup>

В този мащаб виждаме, че растенията и животните на Земята ще процъфтят в рамките на някакви си милиард години (и днес ние сме в средата на тази златна епоха). „Майката Природа не е проектирана така, че да ни направи щастливи“ — казва астрономът Доналд Браунлий.<sup>[9]</sup> В сравнение с живота на цялата вселена, животът на Земята продължава само частица от секундата.

ТРЕТИ ЕТАП — ЕРА НА ДЕГЕНЕРАЦИЯТА

През третия етап (между 15 и 39) енергията на звездите във вселената ще се изчерпа. Изглеждащият вечен процес на изгарянето на водород в хелий най-сетне ще спре и ще остави след себе си безжизнени маси от мъртва ядрена материя във формата на джуджета, неутронни звезди и черни дупки. Звездите в небето ще угаснат; вселената постепенно ще се потопи в мрак.

През този етап температурите рязко ще спаднат с угасването на атомните пещи. Всяка обикаляща около мъртва звезда планета ще замръзне. Ако приемем, че Земята по някакъв начин е оцеляла, повърхността ѝ ще представлява плътна ледена кора, която ще принуди разумния живот да си потърси нов дом.

Докато звездите гиганти могат да просъществуват милиони, а изгарящите водород звезди като нашето Слънце — милиарди години, малките червени джуджета биха могли да съществуват трилиони години. Именно затова в опитите Земята да се премести на орбита около такава звезда има смисъл. Най-близкият съсед на Слънцето — Проксима от Кентавър — е червено джудже и се намира само на 4,3 светлинни години от нас. Масата му е едва 15 процента от слънчевата, а яркостта му е 400 пъти по-слаба, поради което всяка планета около него би трябвало да се намира двадесет пъти по-близо, от разстоянието между Земята и Слънцето, за да може да получава същото количество светлина. Но такава планета ще си осигури енергия за трилиони години напред.

Накрая единствените звезди, които ще продължават да изгарят ядреното си гориво, ще бъдат червените джуджета. След време обаче дори те ще угаснат. След сто трилиона години всички останали червени джуджета ще загинат.

#### ЧЕТВЪРТИ ЕТАП — ЕРАТА НА ЧЕРНИТЕ ДУПКИ

През четвъртия етап (между 40 и 100) единствената енергия във вселената ще бъде отделяна от черните дупки. Както показаха Джейкъб Бекенщайн и Стивън Хокинг, черните дупки всъщност не са напълно черни. Те излъчват малки количества енергия и процесът се нарича изпаряване. (На практика това изпаряване е прекалено слабо, за да се наблюдава експериментално. В дългосрочен план обаче то решава съдбата на черната дупка.)



Изпаряващите се черни дупки могат да съществуват различно дълго. Една миниатюрна черна дупка с размерите на протон би могла да излъчи 10 милиарда вата енергия за периода на съществуването на Слънчевата система. Черна дупка с размерите на Слънцето би се изпарила за  $10^{66}$  години.<sup>[10]</sup> Черна дупка с масата на галактически куп може да съществува  $10^{117}$  години. Когато наближи края на съществуването си, след бавното изпускане на енергия черната дупка внезапно експлодира. Възможно е разумни същества, подобно на скупчени около умиращите въглени на угаснал огън бездомници, да се събират около изпаряващите се черни дупки и да извличат от тях малкото останала топлина.

#### ПЕТИ ЕТАП — ТЪМНАТА ЕРА

През този етап (след 101) навлизаме в тъмната ера на вселената, когато всички енергийни източници се изчерпват напълно. Вселената бавно се носи към своята топлинна смърт и температурата наближава абсолютната нула. Самите атоми престават да се движат. Може би дори самите протони ще се разпаднат и ще оставят след себе си море от фотони и нищожно количество слабо взаимодействащи частици (неутрино, електрони и техните античастици — позитроните). Може би ще се появи нов тип „атом“, наречен позитроний, състоящ се от електрони и позитрони.

Някои физици предполагат, че тези „атоми“ от електрони и антиелектрони могат да се окажат новите градивни частици за разумен живот в ерата на тъмнината. Трудностите пред тази теория обаче са огромни. По маса позитроният е сравним с обикновения атом, но диаметърът му ще бъде  $10^{12}$  мегапарсека, което е милиони пъти повече от размерите на видимата днес вселена. Затова дори и да се образуват, тези „атоми“ би трябвало да бъдат с размерите на цяла вселена. Тъй като през тъмната ера вселената ще се е разширила до невъобразими размери, тя лесно би могла да побере тези гиганти. Но поради големината им свързаната с тях „химия“ ще трае колосално дълги периоди, нямащи нищо общо с онова, което познаваме днес.

Както пише космологът Тони Ротмън, „и така, след  $10^{117}$  години космосът ще се състои от няколко електрона и позитрона, затворени в своите тронави орбити, от неутрино и фотони, останали от

разпадането на барионите, и от блуждаещи протони, останали от анихилирането на позитроните и черните дупки. Така е писано в Книгата на съдбата“<sup>[11]</sup>.

#### МОЖЕ ЛИ РАЗУМЪТ ДА ОЦЕЛЕЕ

Имайки предвид смразяващите ума условия в края на Големия студ, учените се питат дали би било възможно оцеляването на разумни форми на живот. На пръв поглед дискусии за живот през петия етап изглеждат безсмислени, тъй като температурата ще се е доближила до абсолютната нула. Въпреки това дебатите са доста разгорещени.

Всички те се въртят около два централни въпроса. Първият е възможно ли е разумни същества да използват машините си при температури, близки до абсолютната нула? Според законите на термодинамиката енергията се движи от по-висока към по-ниска температура и това може да се използва за извършването на полезна механична работа. Например механична работа може да се получи от топлинен двигател, който свързва два района с различни температури. Колкото по-голяма е температурната разлика, толкова по-ефективен ще бъде двигателят. Това е в основата на машините, задвижили Индустриалната революция, като парния двигател и локомотивът. На пръв поглед изглежда невъзможно да се извлече каквато и да било работа на петия етап, тъй като навсякъде температурата ще бъде една и съща.

Вторият въпрос е ще може ли разумният живот да праща и да получава информация. Според теорията на информацията, най-малкото количество изпратена и получена информация е пропорционално на температурата. Когато тя падне почти до абсолютната нула, способността за обработване на информация драстично намалява. Отделните битове, които ще могат да се пренасят в студената вселена, ще бъдат все по-малки и по-малки.

Фрийман Дайсън и други учени подложиха на повторен анализ физиката на разумен живот, мъчейки се да оцелее в една загиваща вселена. Те се питат възможно ли е да се намерят други начини разумът да продължи да съществува и при температури, доближаващи се до абсолютната нула.

С падането на температурата на вселената тези същества първо биха могли да се опитат да намалят температурата на собствените си

тела с помощта на генното инженерство. Така те биха могли да използват много по-ефективно все по-намаляващите енергийни източници. Но рано или късно температурата на телата им ще достигне точката на замръзване на водата. Тогава разумните същества ще бъдат принудени да напуснат крехките си тела от плът и кръв и да се прехвърлят в телата на роботи. Механичните тела са способни да издържат на студа много по-добре от плътта. Но машините също трябва да се подчиняват на законите на информацията и термодинамиката, което ще направи животът изключително труден и за роботите.

Дори и да напуснат изкуствените си тела и се трансформират в някакъв вид чисто съзнание, пред разумните същества все още остава проблемът с обработването на информация. Температурите ще продължават да падат и единственият начин за оцеляване ще бъде да „мислят“ по-бавно. Дайсън стига до заключението, че разумното същество би могло да продължи да мисли неопределено дълго, като удължава времето, необходимо за обработване на информация, както и чрез „хиберниране“, за да запази енергията си. Макар че времето за обработване на информация може да се разтегли до милиарди години, „субективното време“ на самите разумни същества ще си остане същото. За тях просто няма да има разлика. Ще могат да се вълнуват от какви ли не дълбоки мисли, само че много по-бавно. С тази странна, но оптимистична идея Дайсън стига до заключението, че разумният живот би могъл да обработва информацията неопределено дълго време. Една-единствена мисъл би могла да продължава трилиони години, но от гледна точка на „субективното време“, всичко ще бъде съвсем нормално.

Но ако мислят по-бавно, разумните същества вероятно ще станат свидетели на квантови преходи във вселената. Обикновено такива преходи като създаването на бебета-вселени или преминаването към друга квантова вселена се случват веднъж на трилиони години и затова са чисто теоретични. През петия етап обаче трилиони години „субективно време“ могат да бъдат за такива същества само няколко секунди. Те ще мислят толкова бавно, че биха могли непрекъснато да виждат какви ли не странни квантови ефекти. Появата от нищото на вселени-мехури или квантови скокове в алтернативни вселени биха били в реда на нещата.

Учените преразгледаха труда на Дайсън в светлината на новото откритие за все по-бързо разширяващата се вселена и започнаха нов дебат, достигайки до противоположни резултати — че разумният живот в крайна сметка ще загине. „Преди милиарди години вселената е била прекалено гореща, за да поддържа живот — отбелязват Лоренц Краус и Глен Стокман. — Безброй години по-късно тя ще стане толкова студена и пуста, че независимо колко гениални са, живите същества ще загинат.“<sup>[12]</sup>

В своя оригинален труд Дайсън приема, че температурата на фоновото микровълново лъчение ( $2,7^\circ$ ) ще продължи да пада неопределено дълго и разумните същества ще могат да извличат полезна работа от температурната разлика. Щом температурата продължава да пада, от това винаги може да се получи някаква полезна работа. Краус и Стокман обаче посочват, че ако вселената има космологична константа, то температурите няма да падат вечно, а в един момент ще достигнат долната граница — температурата Гибънс-Хокинг (около  $10^{-29}$  градуса). Стигне ли се дотам, температурата в цялата вселена ще бъде една и съща и разумните същества няма да могат да извличат полезна енергия от температурните разлики. Стане ли вселената еднакво студена, обработването на информация ще спре.

(През 80-те беше открито, че някои квантови системи като Брауновото движение във флуидите може да се използва за основата на компютър, независимо от температурата вън от системата. Така че дори температурите да спаднат неимоверно, тези компютри ще продължат да работят, използвайки по-малко енергия. За Дайсън това бе добра новина. Има обаче една уловка. Системата трябва да отговаря на две условия — да се намира в равновесие с околната среда и никога да не изхвърля информация. Но при разширяването на вселената равновесието е невъзможно, тъй като лъчението се разрежда и дължината на вълните се увеличава. Все по-бързо разширяващата се вселена се променя прекалено бързо, за да може системата да запази равновесието. И второ, изискването да не се отдава информация означава, че разумното същество не може да забравя. Накрая може да се окаже, че то повтаря отново и отново стари спомени. „Вместо безкраен хоризонт на творчество и изследване, вечността може да се окаже затвор. Може да бъде и нирвана, но дали това ще означава живот?“<sup>[13]</sup>, питат се Краус и Стокман.)

Накратко — виждаме, че ако космологичната константа е близка до нулата, разумният живот може да „мисли“ все по-бавно и по-бавно неопределено дълго време, докато вселената се охлажда все повече и повече. Но във все по-бързо разширяваща се вселена като нашата това е невъзможно. Законите на физиката обричат всякаква разумна форма на живот на гибел.

Ето защо от космологична гледна точка можем да кажем, че условията за живот във вида, в който го познаваме, са само един мимолетен епизод от много по-грамадна картина. Живеем в единствения кратък момент, когато температурите са „точно колкото трябва“, за да поддържат живота — нито много високи, нито много ниски.

#### БЯГСТВОТО ОТ ВСЕЛЕНАТА

Смъртта може да се определи като окончателно прекратяване на обработката на информация. Всички разумни форми на живот във вселената, които разбират фундаменталните закони на физиката, ще бъдат принудени да се изправят срещу неминуемата гибел на вселената и на всякакъв живот в нея.

За щастие разполагаме с достатъчно време да съберем енергия за подобно пътуване. А както ще видим в следващата глава, съществуват алтернативи. По-нататък ще разгледаме въпроса дали законите на физиката ни позволяват да избягаме в някоя паралелна вселена.

---

[1] Този закон на свой ред означава, че според физичните закони „вечният двигател“, който получава „нещо от нищо“, е невъзможен. ↑

[2] Barrow 1, p. 658. ↑

[3] Rees 1, p. 194. ↑

[4] Rees 1, p. 198. ↑

[5] [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com), May 28, 2003; Scientific American, Aug. 2003, p. 84. ↑

[6] Croswell, p. 231. ↑

[7] Croswell, p. 232. ↑

[8] Astronomy magazine, Nov. 2001, p. 40. ↑

[9] [www.abcnews.com](http://www.abcnews.com), Jan. 24, 2003. ↑

[10] Rees 1, p. 182. ↑

[11] Discover magazine, July 1987, p. 90. ↑

- [12] Scientific American, Nov. 1999, pp. 60–63. ↑
- [13] Scientific American, Nov. 1999, pp. 60–63. ↑

**БЯГСТВО ОТ ВСЕЛЕНАТА**

*„Всяка достатъчно високоразвита  
технология е неразличима от магията.“*

Артър Кларк

В романа си „Еон“ писателят Грег Беър разказва напрегнатата история за бягство от един унищожен свят в паралелна вселена. Колосален астероид от космоса доближава Земята, предизвиквайки паника и масова истерия. Но вместо да се блъсне в планетата, астероидът по някакъв необясним начин се установява в орбита около нея. Научни екипи отиват да проучат астероида и откриват, че вместо мъртво парче скала, той е кух и всъщност представлява огромен космически кораб, изоставен от някаква високоразвита цивилизация. Главната героиня Патриша Васкес (физик-теоретик) открива седем грамадни кухни, представляващи проходи към други светове с езера, гори, дървета и дори цели градове. Следващата ѝ неочаквана находка е огромна библиотека, съдържаща пълната история на неизвестната раса.

Героинята взема напосоки една от книгите и открива, че това е „Том Сойер“ на Марк Твен, но изданието е от 2110 г. Патриша разбира, че астероидът не е дело на никаква извънземна цивилизация, а на хора, живеещи 1300 години напред в бъдещето. Пред нея се разкрива ужасната истина — старите записи разказват за древна ядрена война, избухнала в далечното минало и унищожила милиарди жители на планетата, и за ядрена зима, убила милиарди други. Когато изчислява датата на избухването на войната, Патриша с ужас установява, че началото ѝ ще настъпи само след две седмици. Тя е безсилна да спре неизбежния апокалипсис, който скоро ще погълне цялата планета и ще убие любимите ѝ хора.

Героинята с ужас открива историята на собствения си живот и научава, че предстоящото ѝ проучване върху континуума

пространство-време ще бъде в основата на изграждането на огромен тунел в астероида, наречен Пътя, който ще позволи на хората да проникнат в други вселени. Теориите ѝ доказват, че съществуват безкрайно много квантови вселени, представящи всички възможни реалности. Нещо повече — изследването ѝ прави възможно създаването на портали по Пътя, всеки от които води към различна алтернативна история. Патриша влиза в тунела, пътува по Пътя и среща хората, които са избягали от астероида — своите собствени потомци.

Светът около нея е странен. Преди векове хората са изоставили чисто човешкия си облик и сега приемат най-различни форми и тела. Дори спомените и личността на отдавна умрелите се пазят в компютърни бази данни и могат отново да бъдат върнати към живот. Те биват съживявани и въплътявани по няколко пъти в нови тела. Имплантираните чипове им дават достъп до почти безкрайно море от информация. Въпреки че тези хора могат да имат едва ли не всичко, което пожелаят, нашата героиня е нещастна и самотна в този технологичен рай. Липсват ѝ близките, приятелят ѝ, *нейната* Земя — всички унищожени в ядрената война. Накрая Патриша получава разрешение да претърси множеството вселени по Пътя и да открие паралелна Земя, в която ядрената война е предотвратена и любимите ѝ хора са все още живи. След много търсене тя успява да открие такава вселена и се устремява към нея. (За съжаление прави малка математическа грешка и се озовава във вселена, в която египетската империя никога не е преставала да съществува. През останалия си живот Патриша се мъчи да напусне тази паралелна Земя и да открие истинския си дом.)

Макар че порталите към други измерения в „Еон“ са изцяло плод на въображението, романът повдига интересен за нас въпрос — възможно ли е да се открие рай в някоя паралелна вселена, ако условията в нашата собствена станат непоносими?

Дезинтеграцията на вселената и превръщането ѝ в безжизнена мъгла от електрони, неутрино и фотони като че ли вещаят неизбежната гибел на разумния живот. В космически мащаб виждаме колко крехък и преходен е животът. Периодът, в който е възможен той, е съсредоточен в изключително тесни граници — мимолетните години, когато в нощното небе светят звезди. Животът като че ли няма шанс да



оцелее, когато вселената остарее и започне да изстива. Законите на физиката и термодинамиката са неумолими — ако разширяването на вселената продължи да се ускорява, разумът няма никакви шансове да оцелее. Но докато температурите постепенно падат, възможно ли е някаква високоразвита цивилизация да направи опит да се спаси? Възможно ли е тя да впрегне цялата си технология и технологиите на всички други съществуващи цивилизации и да избяга от неизбежния Голям студ?

Тъй като отделните етапи от развитието на вселената се измерват с милиарди и трилиони години, за една индустриална и мъдра цивилизация има повече от достатъчно време да се подготви и да посрещне тези предизвикателства. Въпреки че е чиста спекулация да си представяме какви технологии ще развие тя, за да удължи съществуването си, можем да използваме физичните закони и да разгледаме възможностите, които може би ще имаме след милиарди години развитие. Физиката не може да определи какъв точно план ще избере някоя високоразвита цивилизация, но е в състояние да ни каже какви са параметрите за едно такова бягство.

За инженера основният проблем при напускането на вселената е дали съществуват достатъчно ресурси за построяването на машина, способна да направи това. За физика обаче основният проблем е друг — дали законите на физиката позволяват изобщо съществуването на подобни машини. Физиците настояват за „доказване на принципа“ — ние искаме да покажем, че ако разполагаме с достатъчно развита технология, бягството в друга вселена е възможно според природните закони. Въпросът за ресурсите е по-маловажен — най-обикновен практически детайл, който може да се остави на цивилизацията, които ще съществуват след милиарди години и са изправени пред Големия студ.

Според сър Мартин Рийс „дупките-червеи, другите измерения и квантовите компютри откриват пред нас всевъзможни примамливи сценарии за превръщането на цялата вселена в един истински жив космос“<sup>[1]</sup>.

цивилизации от I, II и III тип

За да разберат технологията на цивилизацията, изпреварили нашата с хиляди и милиони години, физиците понякога ги

класифицират в зависимост от консумираното от тях количество енергия и законите на термодинамиката. Когато претърсват небето за следи от разумен живот, учените не търсят малки зелени човечета, а цивилизации с енергийно потребление от I, II и III тип. Това степенуване бе предложено от руския физик Николай Кардашев през 60-те за класифициране на радиосигналите от евентуални извънземни цивилизации. Всеки тип цивилизация излъчва характерен тип сигнали, които могат да бъдат измерени и каталогизирани. (Дори високоразвита цивилизация, която се опитва да скрие съществуването си, може да бъде засечена от нашите апаратури. Съгласно втория закон на термодинамиката, всяка цивилизация ще създаде ентропия във формата на отпадъчна топлина, която неизбежно ще се излъчи в космоса. Дори и да се опитат да се скрият, извънземните не биха могли да потулят създаденото от тяхната ентропия слабо лъчение.)

Цивилизации от I тип са такива, които са овладели енергийните източници на своята планета. Консумираната от тях енергия може да се измери точно — по дефиниция те са в състояние да използват цялото количество слънчева енергия, достигаща до планетата, или  $10^{16}$  вата. С такова количество мощност цивилизацията е способна да контролира климата, да променя посоката на ураганите или да строи градове в океаните. Такива същества са истински господари на своя свят и са създали планетарна цивилизация.

Цивилизацията от II тип е изразходвала енергията на планетата си и е овладяла мощта на цялата звезда, или около  $10^{26}$  вата. Тя е в състояние да консумира целия енергиен поток на звездата и вероятно е намерила начин да контролира протуберанси и да създава други звезди.

Цивилизацията от III тип е изразходвала енергията на слънчевата си система и е колонизирала големи части от своята галактика. Такава цивилизация е в състояние да използва енергията на 10 милиарда звезди, или около  $10^{36}$  вата.

Всеки тип цивилизация се различава от следващия с порядък около 10 милиарда. Цивилизация от III тип, която е овладяла енергията на милиарди звездни системи, може да използва 10 милиарда пъти повече енергия от цивилизацията от II тип, която пък на свой ред е овладяла 10 милиарда пъти повече енергия от цивилизацията от I тип. Макар пропастта между отделните типове да изглежда

астрономическа, възможно е да се изчисли приблизително времето, необходимо за достигането до цивилизация от III тип. Да приемем, че енергийното потребление на цивилизацията расте със скромните 2–3 процента годишно. (Това е приемливо предположение, тъй като икономическият растеж, който може да се изчисли разумно, е пряко свързан с количеството консумирана енергия. Колкото по-развита е една икономика, толкова по-големи са енергийните ѝ потребности. Тъй като растежът на brutния вътрешен продукт на много държави е в рамките на 1–2 процента годишно, можем да очакваме, че консумираното количество енергия расте с приблизително същото темпо.)

Така можем да определим, че нашата собствена цивилизация е на около 100–200 години от достигането на I тип. Ще ни трябват между 1000 и 5000 години, докато станем цивилизация от II тип, и може би между 100 000 и 1 000 000 години, докато се превърнем в цивилизация от III тип. Според това деление съвременната ни цивилизация би могла да се определи като 0 тип, тъй като добиваме енергията си от мъртви растения (нефт и въглища). Дори контролирането на ураганите, чиято мощ се равнява на мощността на стотици атомни бомби, е непосилна за съвременните технологии.

За да опише съвременната цивилизация, астрономът Карл Сейгън предложи да се направи по-fino степенуване на отделните типове. Както видяхме, цивилизацията от I, II и III тип генерират енергия съответно около  $10^{16}$ ,  $10^{26}$  и  $10^{36}$  вата. Сейгън въвежда цивилизация тип I.1, която произвежда  $10^{17}$  вата енергия, тип I.2, произвеждаща  $10^{18}$  вата и т.н. Като разделим всеки I тип на десет по-малки подтипа, можем да започнем да класифицираме и самите себе си. Според тази скала ние попадаме по-скоро в тип 0.7, което означава, че сме много далеч от превръщането ни в истинска планетарна цивилизация. (Цивилизацията от тип 0.7 е хиляда пъти по-слаба от I тип по отношение на количеството произведена енергия.)

Макар че нашата цивилизация е все още твърде примитивна, ние вече виждаме признаците на настъпващите промени. Заглавията на вестниците винаги ми напомнят за тази еволюция и всъщност се чувствам щастлив, че мога да бъда свидетел на всичко това:

♦ Интернет е зараждащата се телефонна система на цивилизация от I тип и има потенциала да се превърне в универсална планетарна комуникационна мрежа.

♦ Икономиката на общество от I тип ще се доминира не от държави, а от големи блокове като Европейския съюз, който на свой ред се образува като резултат от конкуренцията със страните от Северна Америка.

♦ Езикът на нашето общество от I тип най-вероятно ще е английският, който вече е вторият най-разпространен език на Земята. Днес в много страни от Третия свят висшата класа и образованите хора предпочитат да говорят английски пред местните езици. Цялото население на цивилизация от I тип може да бъде двуезично и да говори както местния, така и планетарния език.<sup>[2]</sup>

♦ Макар че вероятно ще продължат да съществуват в една или друга форма през следващите векове, държавите ще стават все по-маловажни, търговските бариери ще изчезнат и светът ще стане икономически по-взаимосвързан. (Съвременните държави отчасти са създадени от капиталистите и онези, които са се нуждаели от обща валута, граници, данъци и закони, които да им помагат в бизнеса. След като самия бизнес се превърне в международен, държавните граници би трябвало да станат не чак толкова важни.) Нито една отделна държава не е достатъчно силна, за да спре установяването на цивилизацията от I тип.

♦ Вероятно войните ще ни съпътстват винаги, но самите те ще се променят с появата на планетарна средна класа, която ще се интересува повече от туризма и натрупването на богатства и ресурси, отколкото от налагането на силата си над други хора и контролирането на пазари или географски региони.

♦ Проблемът със замърсяването постепенно ще бъде разрешен на планетарно равнище. Отровните газове, киселинните дъждове, унищожаването на джунглите и т.н. не признават държавни граници и съседите ще настояват виновниците да почистят след себе си. Глобалните проблеми на околната среда ще спомогнат за по-бързото намиране на глобални решения.

♦ С постепенното намаляване на ресурсите (рибни, зърнени, водни и т.н.) поради свръхпроизводството и свръхконсумацията ще се

засили натискът за по-рационалното им управление в глобален мащаб пред опасността от глад и упадък.

♦ Информацията ще бъде почти общодостъпна, което ще направи обществото по-демократично и ще позволи на лишените от граждански права да гласуват и да упражнят натиск върху диктаторите.

Всичко това е, отвъд контрола на отделен човек или държава. Интернет не може да се обяви извън закона. Всъщност всеки подобен опит ще бъде посрещнат по-скоро със смях, отколкото с ужас, тъй като интернет е пътят към икономически просперитет и познания, както и една нова култура и средство за забавление.

Но преходът от 0 тип към цивилизация от I тип е също и най-гибелният, тъй като ние все още показваме дивата си природа от времето, когато сме слезли от дърветата. В известен смисъл развитието на нашата цивилизация е надпревара с времето. От една страна приближаването към планетарна цивилизация от I тип може да ни обещава ера на безпрецедентен мир и просперитет. От друга страна, силите на ентропията (парниковият ефект, замърсяването, ядрената война, фундаментализмът, болестите) могат да ни доведат до гибел. Сър Мартин Рийс смята опасности като тероризма, изкуствено създадените щамове и другите технологични кошмари за някои от най-големите предизвикателства пред човечеството. Тъжно е, че според него имаме едва петдесет процента шанс да се справим с тях.

Може би това е една от причините да не виждаме извънземни цивилизации. Ако такива наистина съществуват, може би са прекалено развити, за да проявяват интерес към някакво си общество от тип 0.7. Или пък са били погълнати от войните или са станали жертва на собственото си замърсяване, докато са се опитвали да станат цивилизация от I тип. (В този смисъл днешното поколение може би е едно от най-важните, съществували някога на Земята. Нищо чудно точно от него да зависи дали ще направим прехода към нов тип цивилизация.)

Но, както е казал Фридрих Ницше, онова, което не ни убива, ни прави по-силни. Болезненият преход от 0 тип към I тип несъмнено ще бъде изпитание с огън и с не едно и две ужасяващи надвесвания над самия ръб. Ако успеем да се справим с предизвикателството, ще бъдем

по-силни — по същия начин, по който коването на нажежената стомана я закалява.

#### ЦИВИЛИЗАЦИЯ ОТ I ТИП

Когато цивилизацията се превърне в I тип, тя едва ли незабавно ще достигне другите звезди. По всяка вероятност ще се задържи на родната си планета векове, за да успее да разреши оставащите националистични, фундаменталистки, расови и религиозни конфликти от миналото. Писателите фантасти често подценяват трудностите на междузвездните пътувания и колонизирането на космоса. Днес извеждането на половин килограм полезен товар в околоземна орбита струва между 10 000 и 40 000 долара. (Представете си Джон Глен от чисто злато и ще си дадете сметка за зашеметяващите цени на космическите пътешествия.) Всяка мисия на космическата совалка струва около 800 милиона долара (ако вземем цялата цена на програмата и я разделим на броя мисии). Възможно е в бъдеще цените да паднат, но само десетократно за следващите десетилетия, когато ще се появят кораби за многократна употреба, които ще могат да се използват веднага след приключването на мисията им. През по-голямата част от XXI в. космическите пътешествия ще си останат изключително скъпо начинание, достъпно единствено на най-богатите нации и държави.

(Има едно възможно изключение — развитието на „космически асансьори“. Последните постижения в областта на нанотехнологиите позволяват производството на нишки от изключително издръжливи и леки въглеродни нанотръби. По принцип е възможно те да се окажат достатъчно силни, за да свържат планетата със сателит, кръжащ на геостационарна орбита на повече от 30 000 км от повърхността. Тогава бихме могли да се издигнем по тези въглеродни нишки и да стигнем открития космос само срещу нищожна част от обичайната цена. В миналото учените бяха отхвърлили идеята за космически асансьори, тъй като напрежението върху въжето би било повече от достатъчно, за да разкъса всяка нишка. Въглеродната нанотръба обаче може би ще промени това. NASA вече финансира предварителни проучвания в тази област и с годините резултатите ще се следят с все по-голямо внимание. Но дори и технологията да се окаже успешна, тя ще ни

помогне да достигнем само околоземното пространство, но не и други планети.)

Мечтите за космически колонии трябва да бъдат укротени поради факта, че цената на пилотирани мисии до Луната и другите планети многократно надхвърля цените на мисиите около Земята. За разлика от пътешествията на Колумб и другите мореплаватели от епохата на Великите географски открития, когато цената на един кораб е била нищожна част от brutния продукт на Испания, а потенциалните икономически изгоди са били огромни, създаването на колония на Луната и Марс би довело до банкрут повечето държави, без да има почти никакви преки печалби. Най-обикновена мисия до Марс би струвала някъде между 100 и 500 милиарда долара, а при завръщането си астронавтите едва ли биха могли да покажат нещо особено.

Освен това трябва да се имат предвид и опасностите за астронавтите. След половин век опит с ракети с течено гориво вероятността от катастрофален провал на мисиите е около едно на седемдесет. (Всъщност трагичните загуби на двете совалки попадат в тези рамки.) Често забравяме, че космическите пътешествия са нещо доста различно от туризма. При такива количества леснозапалимо гориво и толкова много заплахи за човешкия живот пътуването в космоса ще си остане рисковано начинание и през следващите десетилетия.

В рамките на няколко века обаче ситуацията може постепенно да се промени. С бавното поевтиняване на космическите пътувания вероятно ще се появят и първите колонии на Марс. Някои учени дори излязоха с оригинални предложения за тераформиране на Червената планета, като отклоняване на комета и изпаряването ѝ в атмосферата, с което да се повиши влажността ѝ. Други предлагат впръскване на метан в атмосферата, който да доведе до парников ефект, повишаване на температурите и постепенно разтопяване на вечната замръзналост под повърхността, което ще доведе до поява на езера и реки на Марс милиарди години след изчезването им. Трети предлагат далеч по-опасни методи, като детонирането на ядрени заряди под полярните шапки и разтопяването им (което би изложило на риск колонистите). Но всякакви подобни предложения все още си остават в сферата на фантастиката.

Най-вероятно за цивилизацията от I тип космическите колонии ще бъдат далечен приоритет на следващите няколко столетия. Разработването на слънчево-йонен двигател може да се окаже особено важен за междупланетните мисии, при които времето не е от такова решаващо значение. Тези бавни двигатели ще генерират малка тяга, която обаче може да се поддържа с години. Те концентрират слънчевата енергия и я използват за загряването на газ (например цезий), който може да се използва за получаването на тяга едва ли не неопределено дълго време. Кораби с такива двигатели могат да бъдат идеални за космически „магистрали“ между отделните планети.

В един момент цивилизацията от I тип ще изпрати сонди до близките звезди. Тъй като скоростта на химичните ракети е ограничена от максималната скорост на изгорелите газове, физиците ще трябва да открият някакви качествено нови начини за задвижване, ако искат да преодолеят разстояния от стотици светлинни години. Една от възможностите е разработването на термоядрен двигател, който улавя съдържащия се в междוזвездното пространство водород и го превръща в хелий, отделяйки при това огромни количества енергия. Термоядреният синтез обаче е нещо трудно постижимо дори и на Земята, да не говорим за космоса. Вероятно ще измине най-малкото още един век преди появата на подобна технология.

#### цивилизация от II тип

Цивилизацията от II тип, способна да овладее мощта на цяла звезда, може би ще прилича на версия на Федерацията на планетите от сериала „Стар Трек“, но без изкривяващия пространството двигател. Тя е колонизирала малка част от Млечния път и може да възпламенява звезди, поради което може да се каже, че е преминала в по-висок стадий на развитие.

Фриймън Дайсън предполага, че за да може напълно да използва енергията на Слънцето, цивилизацията от II тип би могла да построи огромна сфера около звездата, която да поглъща лъчите ѝ. Например тази цивилизация би могла да разглоби планета с размерите на Юпитер и да разпръсне масата ѝ в сфера около Слънцето. Поради втория закон на термодинамиката, сферата ще се загрее и ще отделя характерното инфрачервено лъчение, което ще може да се вижда от дълбокия космос. Юн Югаку и колегите му от японския Институт за



изследване на цивилизации претърсиха звездите в радиус от 80 светлинни години, но не успяха да открият следи от такива инфрачервени емисии (все пак не бива да забравяме, че нашата галактика е с диаметър 100 000 светлинни години).<sup>[3]</sup>

Цивилизацията от II тип може да колонизира някои от планетите от своята слънчева система и дори да започне програма за междוזвездни пътувания. Поради огромните ресурси, с които разполага, тя би могла да развие някакви начини за пътуване като задвижван с антиматерия двигател, който би им позволил да пътуват почти със скоростта на светлината. По принцип добитата по този начин енергия е 100 процента ефективна. Тя е експериментално възможна, но непосилна поради високата цена за цивилизация от I тип (необходим е ускорител на частици за създаването на поток от антипротони, от които да се образуват антиатоми).

Можем само да предполагаме какво би било общественото устройство на цивилизация от II тип. Все пак ще са нужни хилядолетия за решаването на споровете за собственост, ресурси и власт. Цивилизацията от II тип би могла да бъде на практика безсмъртна. Едва ли съществува нещо, което би било в състояние да я унищожи, освен ако не посегне сама на себе си. Кометите и метеорите биха могли да се отклоняват, а ледниковите епохи — да се предотвратяват чрез промяна на климата. Дори избухването на свръхнова не би застрашило цивилизация, която може просто да напусне родната си планета и да си намери нов дом — а може би дори да укроти термоядрения реактор на умиращата звезда.

#### цивилизация от III тип

По времето, когато се превърне в III тип, цивилизацията ще борава с фантастични количества енергия, при които дори пространството и времето ще станат нестабилни. Да си припомним, че при енергията на Планк доминират квантовите ефекти и континуумът пространство-време започва да прилича на „пъна“ с много малки мехурчета и дупки-червеи. Тя е немислима и непостижима за нас, но само защото разглеждаме енергията от гледната точка на цивилизация от 0.7 тип. Когато достигне до третия етап в развитието си,

цивилизацията по дефиниция ще има достъп до енергии, надвишаващи  $10^{20}$  пъти енергията, която използва Земята днес.

Ето какво пише за цивилизацията от III тип астрономът Иън Кроуфорд от Лондонския университет: „Ако приемем, че типичното разстояние между колонии е 10 светлинни години, скоростта на космическите кораби е 10 процента от скоростта на светлината, а времето от основаването на една колония до момента, в който тя самата започне да изпраща свои колонисти, е 400 години, скоростта на колонизиране ще бъде около 0,02 светлинни години за една година. Галактиката е голяма 100 000 светлинни години, така че ще са необходими повече от 5 милиона години за пълното ѝ колонизиране. Макар че за нас това е огромен период, той е едва 0,05 процента от възрастта на галактиката.“<sup>[4]</sup>

Учените правят сериозни опити да открият радиосигнали от цивилизация от III тип в нашата галактика. Огромният радиотелескоп в Аресибо, Пуерто Рико, е сканирал по-голямата част от Млечния път за емисии с честота 1,42 GHz, което е близо до честотата на водорода. Засега не са открити никакви данни за радиосигнали от цивилизация, консумираща между  $10^{18}$  и  $10^{30}$  вата енергия (т.е., от тип I.2 до тип II.4). Това обаче не изключва съществуването на цивилизации, които са малко по-развити (от тип 0.8 до I.2) или далеч пред нас (тип II.5 и нагоре).<sup>[5]</sup>

Това не изключва също и съществуването на други начини за комуникация. Например една високоразвита цивилизация би могла да изпраща сигнали не чрез радиовълни, а с лазер. А дори и да използват радиото, може би това ще става на други честоти. Например биха могли да разпръснат сигнала си на много честоти и да го сглобяват при получаването му. По този начин ще се избегне заглушаването от звезди и космически бури. Всеки, който слуша такъв разпръснат сигнал, ще чува безсмислици. (Нашите собствени електронни съобщения се разбиват на много парчета, които минават през различни сървъри и се сглобяват отново в пощенските ни кутии. Нищо чудно напредналата цивилизация да реши да използва подобен начин за раздробяване на сигнала и сглобяването му в другия край.)

Ако във вселената съществува цивилизация III тип, то една от най-големите ѝ грижи ще бъде създаването на комуникационна система през цялата галактика. Разбира се, решението зависи от това

дали цивилизацията е овладяла някакви технологии, позволяващи пътуването със свръхсветлинни скорости, като например използването на дупки-червеи. Ако приемем, че не разполага с подобни технологии, развитието на цивилизацията ще бъде значително възпрепятствано. Позовавайки се на труда на Жан-Марк Леви-Льоблонд, Фриймън Дайсън предполага, че подобно общество би могло да живее във „вселена на Карол“, кръстена на името на Луис Карол. „В миналото — пише Дайсън — човечеството е живеело на племена, в които пространството е било абсолютно, а времето — относително. Това означавало, че комуникацията между отделните разпръснати групи е била невъзможна и че в рамките на своя живот хората са могли да пътуват на съвсем къси разстояния от родните си места. Всяко племе било изолирано от огромните размери на абсолютното пространство. С настъпването на Индустриалната революция ние навлязохме в Нютоновата вселена, в която пространството и времето са абсолютни, и сме разработили кораби и колела, които свързали отделните племена в държави. През XX в. навлязохме в Айнщайновата вселена, в която и пространството, и времето са относителни. Създадохме телеграфа, телефона, радиото и телевизията, благодарение на които разполагаме с моментална комуникация. Цивилизацията от III тип може да се върне отново във вселената на Карол. Многобройните космически колонии, разделени от огромни междузвездни пространства, ще бъдат неспособни да общуват помежду си заради светлинната бариера. За да не се допусне фрагментирането на подобна Каролова вселена, цивилизацията от III тип трябва да разработи дупки-червеи, за да може да комуникира по-бързо от светлината на субатомно ниво.“<sup>[6]</sup>

#### ЦИВИЛИЗАЦИЯ ОТ IV ТИП

Веднъж изнасях лекция в Лондонския планетариум. След лекцията при мен дойде едно малко момче, което настояваше, че би трябвало да има и цивилизация от IV тип. Когато му напомних, че има само планети, звезди и галактики, които са единствената среда за възникване и съществуване на разумен живот, момчето заяви, че цивилизацията от IV тип би могла да използва енергията на пространствено-времевия континуум.<sup>[7]</sup>

Дадох си сметка, че момчето е право. Ако съществува цивилизация от IV тип, нейните енергийни източници биха могли да бъдат извънгактически, като например тъмната енергия, която виждаме навсякъде около нас и която представлява 73 процента от цялата материя/енергия във вселената. Въпреки че е потенциално огромен енергиен резервоар, това антигравитационно поле е разпръснато в огромната пустош на вселената и затова е изключително слабо във всяка една точка на пространството.

Геният на електричеството и противник на Томас Едисън Никола Тесла е автор на редица публикации за извличането на енергия от вакуума. Той смятал, че вакуумът крие в себе си несметни запаси енергия. Ако можехме по някакъв начин да овладеем този източник, това би революционализирало човешкото общество. Извличането на тази енергия обаче би могло да се окаже изключително трудно. Представете си търсенето на злато в океаните. Вероятно в тях има повече златни запаси, отколкото във Форт Нокс и всички останали съкровищници на света, взети заедно. Разходите по извличането на това злато обаче са толкова големи, че правят начинанието безсмислено. Ето защо лежащото на океанското дъно злато продължава да си е там.

По същия начин скритата тъмна енергия надхвърля цялото количество енергия на звездите и галактиките. Тя обаче е разпръсната през милиарди светлинни години и трудно би могла да се концентрира. Според физичните закони все пак може да се допусне, че след като изразходва енергията на звездите в своята галактика, цивилизацията от III тип може да се опита по някакъв начин да овладее тъмната енергия и да се превърне в цивилизация от IV тип.

#### КЛАСИФИКАЦИЯ НА ИНФОРМАЦИЯТА

По-подробна класификация на цивилизациите може да се направи и въз основа на новите технологии. Кардашев предложи своята система на разделяне през 60-те, преди бума в миниатюризацията на компютрите, постиженията в областта на нанотехнологиите и осъзнаването на проблемите, свързани с разрушаването на околната среда. В светлината на всичко това, една високоразвита цивилизация би могла да прогресира по малко по-

различен начин, използвайки максимално предимствата на информационната революция, на която сме свидетели в момента.

Тъй като високоразвитата цивилизация се усъвършенства експоненциално, изобилното производство на отпадъчна топлина би могло заплашително да повиши температурата на атмосферата и да създаде климатични проблеми. Колониите от бактерии се разрастват експоненциално, докато не изчерпят хранителната си среда и буквално не се удавят в собствените си отпадъци. По същия начин, тъй като пътуването в космоса ще остане скъпо векове напред, а тераформирането на планетите (ако е възможно) ще представлява огромно икономическо и научно предизвикателство, развиващата се цивилизация от I тип би могла да се изправи пред заплахата да се задуши в собствените си отпадъци. Един от начините да се избегне това е да се миниатюризира и рационализира производството на информация.

За да разберете колко ефективна е миниатюризацията, представете си човешкия мозък, който се състои от около 100 милиарда неврона (колкото са галактиките във видимата вселена) и въпреки това не произвежда почти никаква топлина. Ако някой компютърен инженер успее да създаде електронна машина, способна да изчислява квадрилиони битове в секунда (както може да прави мозъкът без никакво усилие), тя сигурно би заемала площта на няколко квартала и за охлаждането ѝ ще са необходими огромни количества вода. А човешкият мозък е в състояние да се занимава с най-сублимни мисли, без да предизвика дори потене.

Мозъкът постига това благодарение на своята молекулярна и клетъчна архитектура. На първо място, той не е никакъв компютър (в смисъла на стандартна Тюрингова машина с входящо и изходящо устройство и централен процесор). Мозъкът няма операционна система, няма *Windows*, няма *CPU*, няма *Pentium* чипове, каквито обикновено свързваме с компютрите. Вместо това той е високоефективна невронна мрежа, обучаваща се машина, в която паметта и мислите се разпределят в целия му обем, вместо да се концентрират в някакво централно обработващо устройство. Мозъкът дори не изчислява много бързо, тъй като електрическите сигнали, които пътуват по невроните, са химични по природа. Но той се справя с този недостатък повече от добре, тъй като е в състояние да извършва

паралелна обработка на информация и е проектиран да се обучава с астрономически скорости.

За да подобрят грубата ефективност на електронните компютри, учените се опитват да използват в следващите поколения нови идеи, много от които са взети от природата, за да създадат ново поколение миниатюрни компютри. Специалистите от Принстън вече са в състояние да извършват изчисления с помощта на ДНК-молекули (третирайки ДНК като компютърна лента, в която информацията е записана не в бинарни нули и единици, а в четирите нуклеинови киселини А, Т, С и G). Техният ДНК-компютър реши задачата за пътуващия търговец (т.е., намерете най-краткия път, свързващ  $N$  броя градове). В лабораториите бяха създадени и молекулярни транзистори, както и първите примитивни квантови компютри (извършващи изчисления с отделни атоми).

Като се имат предвид постиженията в областта на нанотехнологиите, може да се приеме, че една високоразвита цивилизация ще намери далеч по-ефективни начини за развитие, вместо да създава огромни количества отпадъчна топлина, която би застрашила нейното съществуване.

#### ТИПОВЕ А-Z

Сейгън предложи и друг начин за класифициране на цивилизациите според тяхното информационно съдържание, което е особено важно за всяка цивилизация, която би искала да напусне вселената. Например цивилизацията от тип А обработва  $10^6$  бита информация. Това съответства на примитивна цивилизация без писменост, но с развит език. За да разбере колко информация се съдържа в цивилизация тип А, Сейгън използва за пример една игра, в която трябва да разпознаете непознат предмет, като имате право да зададете максимум двадесет въпроса, отговорите на които да са „да“ или „не“. Една от стратегиите е да се задават въпроси, които разделят света на две големи части, като например „Предметът жив ли е?“. След като зададем двадесет такива въпроса, ние сме разделили света на  $2^{20}$ , или  $10^6$  части, което е и цялото информационно съдържание на цивилизацията от този тип.

След откриването на писмеността общото информационно съдържание рязко се увеличава. Филип Морисън от Масачузетския технологичен институт изчислява, че общото запазено писмено наследство от времето на Древна Гърция е  $10^9$  бита, или цивилизация от тип *C* според класификацията на Сейгън.

Сейгън се опита да определи информационното съдържание на нашата съвременна цивилизация. Вземайки предвид количеството книги във всички библиотеки по света (десетки милиони) и броя на страниците, той стигна до заключението, че в тях се съдържат около  $10^{13}$  бита информация. Ако прибавим и фотографиите, ще увеличим количеството до  $10^{15}$  бита. Това би ни определило като цивилизация тип *H*. Имайки предвид ниското ни информационно и енергийно потребление, ние сме цивилизация тип  $0.7H$ .

Според Сейгън първият ни контакт би бил с извънземна цивилизация от порядъка на  $1,5J$  или  $1,8K$ , тъй като такива същества би трябвало да са овладели динамиката на междувездните полети. Подобна цивилизация би била най-малко векове или хилядолетия по-развита от нашата. Галактическата цивилизация от III тип може да се класифицира според информационното съдържание на всяка планета, умножено по броя на способните да поддържат живот планети в галактиката. Според Сейгън подобна цивилизация би трябвало да е от тип *Q*. Цивилизация, овладяла информационното съдържание на един милиард галактики, е цивилизация тип *Z*.

Всичко това не е просто академично упражнение. Всяка цивилизация, която желае да напусне вселената, би трябвало да изчисли условията от другата страна. Уравненията на Айнщайн се пословично трудни, тъй като за изчисляване на кривината на пространството във всяка точка, трябва да знаем мястото на всички тела във вселената — всяко едно тяло допринася за изкривяването на пространството. Освен това трябва да се знаят квантовите корекции на черната дупка, които в момента е невъзможно да се изчислят. Тъй като това е непосилна задача за нашите компютри, съвременните физици обикновено дават приблизителна стойност на черната дупка, като изучават вселена, доминирана от една-единствена колапсираща звезда. За да получим по-реалистична представа за динамиката в рамките на събитийния хоризонт на черна дупка или близо до отвора на дупката-червей, ние трябва да знаем положението и енергийното съдържание

на всички околни звезди и да изчислим квантовите флуктуации. Това е също непосилна задача. Достатъчно трудно е решаването на уравненията за една-единствена звезда, да не говорим за милиардите галактики, носещи се в една все по-бързо разширяваща се вселена.

Ето защо всяка цивилизация, която се опита да предприеме пътешествие през дупка-червей, би трябвало да разполага с невъобразимо по-голяма изчислителна мощ от тази на цивилизация тип 0.7H. Може би минималният тип цивилизация, която би могла сериозно да се заеме с подобен скок, е цивилизация тип IIIQ.

Възможно е също разумът да се развие отвъд ограниченията на класификацията на Кардашев. Както казва сър Мартин Рийс, „напълно възможно е животът (дори да съществува в момента единствено на Земята) да се разпространи в цялата галактика и отвъд нея. Така той може да не се окаже просто незабележима следа в историята на вселената, каквато е в момента. Всъщност това според мен е доста примамливо виждане и смятам, че не би било лошо, ако стане широко разпространено“<sup>[8]</sup>. Но същевременно той предупреждава, че „ако унищожим сами себе си, ние ще унищожим и своя космически потенциал. Затова дори и да вярваме, че животът на Земята е единственият във вселената, това не означава, че той завинаги ще си остане тривиална част от нея“<sup>[9]</sup>

Какво би могла да направи една високоразвита цивилизация, за да се опита да напусне вселената? Това означава преодоляването на серия огромни трудности.

#### ПЪРВА СЪПКА — СЪЗДАВАНЕ И ПРОВЕРКА НА „ТЕОРИЯТА НА ВСИЧКОТО“

Първата трудност за цивилизацията, надяваща се да напусне нашата вселена, е да развие една завършена „теория на всичко“. Независимо дали това ще бъде струнна или някаква друга теория, тя трябва да ни дава възможност да изчислим квантовите корекции в уравненията на Айнщайн. В противен случай теорията ще бъде напълно безполезна. За щастие, тъй като М-теорията се развива толкова бързо и върху нея работят някои от най-големите умове на планетата, ще разберем доста бързо — в рамките на няколко десетилетия, а може би и по-малко — дали тя е наистина „теория на всичко“ или „теория на нищото“.



Щом открием „теорията на всичко“ или теорията на квантовата гравитация, ще трябва да проверим нейните предположения с помощта на наличните ни технологии. Съществуват няколко възможности, включително изграждането на големи ускорители за създаване на суперчастици или построяването на огромни детектори на гравитационни вълни, разположени на Луната, в космоса или на различните спътници в Слънчевата система. Спътниците са стабилни за дълъг период от време, тъй като при тях няма ерозия или атмосферни влияния. Затова една планетарна система от детектори би могла да успее да разгледа детайлите на Големия взрив и да реши много от въпросите, които бихме имали относно квантовата гравитация и създаването на нова вселена.

Щом създадем квантовата теория на гравитацията и проверим верността ѝ с помощта на ускорителите или детекторите на гравитационни вълни, ще можем да отговорим на някои основни въпроси, свързани с уравненията на Айнщайн и дупките-червеи:

### **1. Стабилни ли са дупките-червеи?**

Проблемът при преминаването през въртяща се черна дупка на Кер е в това, че самото ни присъствие въздейства върху черната дупка. Тя може да колапсира, преди да завършим преминаването през моста на Айнщайн-Розен. Стабилността трябва да се преизчисли с оглед на квантовите корекции, които могат да направят сметките напълно различни.

### **2. Съществуват ли дивергенции?**

Ако преминем през двупосочна дупка-червей, свързваща две различни епохи, натрупаното лъчение около отвора на дупката-червей може да стане безкрайна, което означава катастрофа. (Това е така, защото лъчението може да минава през дупката-червей, да се върне назад във времето и да се появи след много години, за да влезе отново. Процесът може да се повтаря безброй пъти, което ще доведе до безкрайно натрупване. Проблемът обаче може да се реши, ако се потвърди теорията за многото светове и вселената се разделя всеки път, когато през нея премине лъчението — така то няма да се натрупва безкрайно. Ще се нуждаем от теория, която да решава този деликатен въпрос.)

### **3. Можем ли да намерим големи количества отрицателна енергия?**

Вече знаем, че отрицателната енергия — ключовата съставка, която може да отвори и да стабилизира дупките-червеи, — се среща в много малки количества. Можем ли да намерим достатъчно от нея, за да отворим и стабилизираме такава дупка?

Ако предположим, че сме в състояние да намерим решения на тези въпроси, тогава ще можем сериозно да се замислим как да напуснем вселената пред лицето на неизбежната гибел. Съществуват няколко алтернативи.

#### **ВТОРА СЪПКА — ОТКРИВАНЕ НА ЕСТЕСТВЕНИ ДУПКИ-ЧЕРВЕИ И БЕЛИ ДУПКИ**

Дупките-червеи, порталите към други измерения и космическите струни могат да съществуват и в открития космос. В момента на Големия взрив се е отделило огромно количество енергия и подобни образувания може да са се появили естествено. След това инфлацията на ранната вселена може да ги е увеличила до макроскопска големина. Освен това е възможно в открития космос да съществува и естествено образувана екзотична материя или отрицателна материя. Това би помогнало неимоверно при опитите за напускане на умиращата вселена. Не съществуват обаче никакви гаранции, че такива обекти наистина съществуват. Никой досега не ги е наблюдавал и е просто твърде рисковано да се заложи бъдещето на разумния живот, като се разчита на подобни предположения.

Съществува и вероятност да се открият „бели дупки“. Бялата дупка е решение на уравненията на Айнщайн, при което времето е обърнато и телата се изхвърлят от бялата дупка по същия начин, по който се засмукват от черната. Бялата дупка може би съществува от другата страна на черната дупка, така че попадащата в черната дупка материя в крайна сметка се появява през бялата. Засега астрономическите изследвания не са осигурили данни за бели дупки, но тяхното съществуване би могло да се потвърди със следващото поколение базирани в космоса детектори.

#### **ТРЕТА СЪПКА — ИЗПРАЩАНЕ НА СОНДИ ПРЕЗ ЧЕРНА ДУПКА**

Съществуват определени преимущества от използването на черните дупки в качеството им на портали. Както вече открихме, черните дупки се срещат в изобилие във вселената. Ако можем да решим многобройните технически проблеми, те биха могли да бъдат сериозни кандидати като средство за бягство от нашата вселена. Освен това при преминаването през черна дупка не сме обвързани от ограничението, че не можем да се върнем назад във времето преди създаването на самата машина на времето. Дупката-червей в центъра на пръстена на Кер може да води до съвсем друга вселена или до различни точки от една и съща вселена. Единственият начин да се разбере това е да се експериментира със сонди и да се използва суперкомпютър за изчисляване на квантовите корекции на уравненията на Айнщайн.

Понастоящем повечето физици смятат, че пътуването през черна дупка е фатално. Не бива да забравяме обаче, че нашите познания за физиката на черните дупки са едва в бебешката си фаза и че подобно твърдение никога не е било подлагано на проверка. Нека все пак да предположим, че пътуването през черна дупка е възможно — особено през въртяща се черна дупка на Кер. В такъв случай високоразвита цивилизация би се замислила сериозно дали да не изследва вътрешността на подобен обект.

Тъй като пътуването през черна дупка ще бъде само еднопосочно и тъй като условията в околностите ѝ са изключително опасни, високоразвитата цивилизация най-вероятно би предпочела най-напред да пусне през нея сонда. Апаратът би могъл да изпрати ценна информация, преди окончателно да премине хоризонта на събитията и контактът с нея да прекъсне. (Преминаването през хоризонта на събитията най-вероятно може да се окаже смъртоносен поради интензивното лъчение около него. Падащата в черната дупка светлина ще бъде изместена в синия спектър и затова ще натрупва все повече енергия при приближаването си към центъра.) Всяка минаваща през събитийния хоризонт сонда би трябвало да е подходящо защитена срещу интензивното лъчение. Освен това сондата би могла да дестабилизира самата черна дупка и събитийният хоризонт да се превърне в сингулярност и да затвори дупката-червей. Сондата би трябвало да определи точно какво е количеството лъчение в близост до

събитийния хоризонт и дали дупката-червей ще остане стабилна въпреки всички енергийни приливи.

Данните от сондата трябва да се предадат на намиращите се наблизо кораби, но тук има и още един проблем. За наблюдателя в кораба сондата ще забавя движението си с доближаването ѝ до събитийния хоризонт. В момента на достигането му тя всъщност ще замръзне във времето. За да се избегне този проблем, сондите ще трябва да предават данните на определено разстояние от хоризонта, в противен случай радиосигналите ще получат толкова голямо червено отместване, че ще станат неразпознаваеми.

#### ЧЕТВЪРТА СЪПКА — СЪЗДАВАНЕ НА БАВНО ВЪРЛЯЩА СЕ ЧЕРНА ДУПКА

Щом сондите установят точните характеристики в близост до събитийния хоризонт, следващата стъпка може да бъде създаването на бавно въртяща се черна дупка с експериментални цели. Цивилизацията от III тип би могла да се опита да възпроизведе резултатите, предположени в трудовете на Айнщайн — а именно, че черните дупки не могат да се образуват от въртящи се маси прах и частици. Айнщайн се опита да покаже, че въртящ се облак частици никога няма да достигне самостоятелно радиуса на Шварцшилд (и в резултат на това черните дупки са невъзможни).

Сами по себе си въртящите се маси може и да не се свият до степен да образуват черна дупка. Но това оставя отворена възможността за изкуствено постепенно добавяне на енергия и материя във въртящата се система и тя да бъде принудена постепенно да достигне радиуса на Шварцшилд. По този начин цивилизацията би могла да манипулира и контролира образуването на черна дупка.

Например можем да си представим как цивилизация от III тип улавя неутронни звезди с размерите на Манхатън и с маса по-голяма от слънчевата, и ги обединява във въртяща се система. Гравитацията постепенно ще започне да ги приближава една към друга. Но според предсказанията на Айнщайн те може никога да не достигнат радиуса на Шварцшилд. На този етап учените от високоразвита цивилизация могат внимателно да добавят още неутронни звезди. Това по всяка вероятност ще се окаже достатъчно, за да се наруши балансът и въртящата се маса от неутрони да се свие в рамките на радиуса на Шварцшилд. В резултат на последното групата звезди ще колапсира

във въртящ се пръстен или черна дупка на Кер. Като контролира скоростта и радиуса на отделните звезди, цивилизацията може да накара черната дупка на Кер да се отвори толкова бавно, колкото е необходимо.

Другият начин е да се съберат малки неутронни звезди в една стационарна маса, докато не се получи маса колкото три слънчеви, което е приблизително границата на Чандрасекар. Отвъд нея звездата ще имплодира в черна дупка под силата на собствената си гравитация. (Високоразвитата цивилизация ще трябва да внимава да не предизвика по време на създаването на черна дупка експлозия, подобна на експлозията на свръхнова. Свиването на черната дупка трябва да става много постепенно и точно.)

Разбира се, за всеки, който премине през хоризонта на събитията, това ще бъде едноразовно пътуване. Но за изправената пред неминуема гибел високоразвита цивилизация едноразовното пътуване може да се окаже единствената алтернатива. Все пак остава проблемът с лъчението при преминаването на събитийния хоризонт. Светлинните лъчи ще набират все повече енергия, което най-вероятно ще се окаже смъртоносно за всеки астронавт. Затова цивилизацията ще трябва да разработи подходяща защита, ако не иска да бъде изпържена.

И накрая остава проблемът със стабилността — ще остане ли дупката-червей в центъра на пръстена достатъчно стабилна, за да се премине изцяло през нея? Математиката по този въпрос все още не е напълно изяснена, тъй като се нуждаем от квантова теория на гравитацията, за да направим нужните изчисления. Може да се окаже, че пръстенът на Кер е стабилен при строго определени условия при преминаването на материя през дупката-червей. Този въпрос трябва да се проучи внимателно с помощта на математически апарат, използващ квантовата теория на гравитацията, както и чрез експерименти със самата черна дупка.

Накратко, преминаването през черна дупка несъмнено ще бъде трудно и опасно пътуване. Теоретично то не може да се отхвърли, докато не се направят опити и няма подходящи изчисления на квантовите корекции.

ПЕТА СЪПКА — СЪЗДАВАНЕ НА ВСЕЛЕНА-БЕБЕ

Дотук разсъждавахме въз основа на предположението, че минаването през черна дупка е възможно. Нека сега разгледаме обратния вариант — че черните дупки са прекалено нестабилни илъчението в тях е толкова силно, че нищо не е в състояние да предпази астронавта. В такъв случай ще се наложи да предприемем още по-труден път — да създадем вселена-бебе. Тази концепция е вълнувала физици като Алан Гът. Тъй като инфлационната теория е много зависима от създаването на фалшив вакуум, Гът се запитва дали не е възможно някоя високоразвита цивилизация да създаде изкуствено фалшив вакуум и вселена-бебе в лабораторни условия.

На пръв поглед подобна идея звучи фантастично. В края на краищата посочва Гът, ако искаме да създадем нашата вселена, ще са ни нужни  $10^{89}$  фотона,  $10^{89}$  електрона,  $10^{89}$  позитрона,  $10^{89}$  неутрино,  $10^{89}$  антинейтрино,  $10^{89}$  протона и  $10^{89}$  неутрона. Колкото и обезкуражаващо да ни изглежда това, Гът ни напомня, че макар количеството материя/енергия във вселената да е огромно, тя се балансира от отрицателната енергия на гравитацията. Така общото нетно количество материя/енергия може да бъде и една унция. „Това означава ли, че законите на физиката наистина ни позволяват да създаваме вселени по собствена воля? — пита Гът. — Ако се опитаме да изпълним подобна рецепта, незабавно ще се сблъскаме с неприятно препятствие — тъй като сферата от фалшив вакуум с диаметър  $10^{-26}$  см трябва да има маса една унция, плътността ѝ ще бъде феноменална — цели  $10^{80}$  грама на кубичен сантиметър!... Ако масата на цялата наблюдавана вселена се свие в плътността на фалшивия вакуум, тя ще се побере в обема на един атом!“<sup>[10]</sup> Фалшивият вакуум ще бъде мъничък участък от континуума пространство-време, в който нестабилността ще нараства и ще се образува пукнатина в континуума. Възможно е да са ни необходими само няколко унции във фалшив вакуум, за да създадем нова вселена-бебе, но това незначително количество материя трябва да бъде свито до невъобразимо малки размери.

Може би има още един начин за създаване на вселена-бебе. За целта малък участък от пространството трябва да се нагрее до температура  $10^{29}^{\circ}\text{K}$  и рязко да се охлади. Изчислено е, че при такава температура континуумът пространство-време става нестабилен и започват да се образуват малки мехури-вселени и фалшив вакуум. Тези

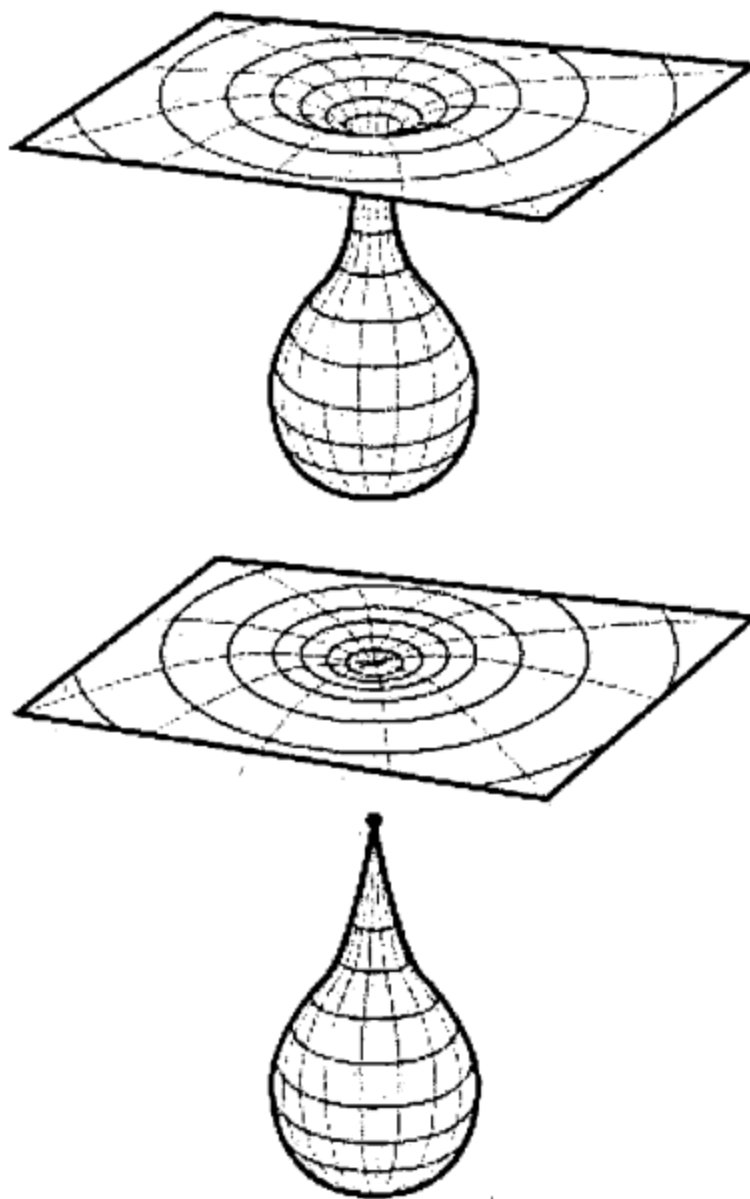
малки непрекъснато образуващи се, но съществуващи съвсем кратко бебета-вселени могат да се превърнат в истински при подобна температура. Феноменът е вече познат при обикновените електрически полета. (Например ако създадем достатъчно голямо електрическо поле, виртуалните двойки електрон-antieлектрон, които непрекъснато се появяват и изчезват от вакуума, могат внезапно да станат истински или концентрираната в празното пространство енергия ще трансформира виртуалните частици в реални. По същия начин, ако приложим достатъчно енергия в една-единствена точка, на теория бихме могли да създадем вселена-бебе, появила се от нищото.)

Ако приемем, че наистина е възможно да се развие подобна невъобразима температура, образуването на вселената-бебе би изглеждало по следния начин. В нашата вселена мощни лазерни лъчи и потоци частици свиват и нагорещават малко количество материя до фантастични температури. Ние никога не бихме могли да видим образуването на вселената-бебе, тъй като тя се разширява „от другата страна“ на сингулярността, а не в нашата вселена. Тази алтернативна вселена-бебе потенциално би могла да се разшири рязко в хиперпространството под действието на собствената си антигравитация и така да „пъпкува“ от нашата. Следователно ние така и няма да видим как от другата страна на сингулярността се образува нов свят. Той обаче ще бъде свързан с нашата дупка-червей, подобно на пъпна връв.

Съществува обаче известна опасност от създаването на вселени в пещи. Пъпната връв, свързваща двата свята, в един момент ще се изпари и ще създаде Хокингово лъчение, еквивалентно на 500-килотонна ядрена експлозия или приблизително колкото 25 бомби като хвърлената върху Хирошима. Така че за създаването на вселена в пещ трябва да се плати определена цена.

Съществува още един проблем при този сценарий за създаване на фалшив вакуум и той е свързан с това, че новата вселена лесно би могла просто да колапсира в черна дупка — а както си спомняме, приехме, че пътуването през черна дупка е смъртоносно. Причината за това е теоремата на Пенроуз, според която при много сценарии всяка концентрация на достатъчно голяма маса неминуемо ще колапсира в черна дупка. Тъй като уравненията на Айнщайн не зависят от посоката на времето (т.е., могат да бъдат решавани както от настояще към

бъдеще, така и от настояще към минало), всяка материя, която изпада от нашата вселена-бебе може да се върне назад във времето, което ще доведе до образуването на черна дупка. Ето защо трябва да сме много внимателни при създаването на вселена-бебе, ако искаме да получим желанния резултат.



*Една високоразвита цивилизация може да създаде изкуствена вселена-бебе по няколко начина. Няколко унци материя могат да се*



*свят в невъобразимо малък обем или материята да се загрее до Планкова температура.*

Теоремата на Пенроуз се основава на предположението, че свиващата се материя има положителна енергия (като материята в познатия свят около нас). Тя обаче е невалидна, ако имаме отрицателна енергия или материя. Следователно, дори за този сценарий ще ни трябва отрицателна енергия за създаването на вселена-бебе — също както при двупосочната дупка-червей.

#### ШЕСТА СЪПКА — СЪЗДАВАНЕ НА ОГРОМНИ АТОМНИ РАЗБИВАЧИ

Как можем да създадем машина, способна да напусне нашата вселена, ако разполагаме с неограничен достъп до високи технологии? В кой момент ще можем да се надяваме да овладеем енергията на Планк? По дефиниция, по времето, когато една цивилизация се превърне в III тип, тя е в състояние да манипулира Планковата енергия. Учените би трябвало да са в състояние да си играят с дупките-червеи и да натрупат достатъчно енергия, за да създават дупки в пространството и времето.

Има няколко начина да се направи това. Както вече споменах, нашата вселена може да се окаже мембрана, над която само на милиметър в хиперпространството се носи паралелна вселена. Ако това е вярно, то може би *LHC* ще бъде в състояние да я регистрира през следващите няколко години. Когато стигнем до цивилизация от I тип, може би дори ще разполагаме с технология за изследване на естеството на тази съседна вселена. Ето защо концепцията за осъществяването на контакт с нея може да се окаже не чак толкова фантастична.

Нека обаче приемем най-лошия сценарий, при който енергията, при която се появяват квантово-гравитационни ефекти, е именно Планковата енергия, която е квадрилон пъти по-голяма от тази на *LHC*. За да я достигне, цивилизацията от III тип трябва да създаде атомен разбивач със звездни размери. В тези разбивачи (или ускорители) субатомните частици се движат по тясна тръба. С добавянето на енергия в тръбата, частиците се ускоряват все повече. Ако използваме огромни магнити, за да огънем потока в голям кръг, частиците могат да се ускорят до трилиони електронволта. Колкото по-

голям е радиусът на кръга, толкова по-голяма ще бъде енергията на лъча. Диаметърът на *LHC* е 27 км, което е на границата на възможното за цивилизация от тип 0.7.

Цивилизация от III тип би имала възможност да създаде ускорител с размерите на Слънчевата система или дори на звездна система. Може да се приеме, че тя е в състояние да излъчи поток частици в космоса и да ги ускори до такава степен, че да достигнат Планкова енергия. Както си спомняме, с помощта на новото поколение лазерни ускорители след няколко десетилетия учените ще могат да създадат настолен ускорител, способен да достигне 200 GeV (200 милиарда електронволта) на разстояние от един метър. Възможно е чрез подреждането на такива ускорители един след друг да се достигнат енергии, при които континуумът пространство-време ще стане нестабилен.

Ако приемем консервативното становище, че бъдещите ускорители ще могат да зареждат частиците само с 200 GeV на метър, за достигането на Планкова енергия ще ни е необходим ускорител с дължина 10 светлинни години. Макар че това е непосилно за цивилизация от I или II тип, подобно начинание би трябвало да е по силите на цивилизация от III тип. За построяването на такъв колосален атомен разбивач тази цивилизация трябва или да огъне посоката на лъча, или да го остави да минава по линия, простираща се отвъд най-близките звезди.

Например можете да построите ускорител, който изстрелва субатомни частици по кръгъл път вътре в астероидния пояс. Няма да имате нужда от скъпи тръби, защото космическият вакуум е далеч по-добър от онзи, който можем да създадем на Земята. Ще трябва обаче да построите огромни магнити, разположени на равни интервали на далечните луни и астероиди в Слънчевата система или в различните звездни системи, които периодично да огъват лъча.

Когато потокът минава покрай луна или астероид, магнитите ще променят съвсем леко посоката му. (Лунните или астероидните станции би трябвало вероятно и да фокусират потока на равни интервали, тъй като той постепенно ще се разсейва.) Така постепенно потокът ще придобие формата на дъга, след което ще започне да се движи приблизително в кръг. Можем също да си представим два лъча, единият от които пътува по часовниковата стрелка, а другият — в

обратна посока. Когато се срещнат, освободената при сблъсъка между материя и антиматерия енергия ще се доближава до енергията на Планк. (Може да се изчисли, че необходимите за отклоняването на такива мощни лъчи магнитни полета далеч надхвърлят възможностите на съвременните технологии. Може обаче да се допусне, че високоразвитата цивилизация ще използва експлозиви, за да пусне мощен енергиен поток през огромни макари и да създаде мощен магнитен импулс. Титаничното количество магнитна енергия ще се освободи само веднъж, тъй като най-вероятно ще унищожи макарите, затова магнитите трябва да се сменят бързо, преди следващото минаване на потока частици.)

Освен огромните инженерни трудности при създаването на такъв атомен разбивач, стои и деликатният въпрос дали има предел за енергията в потока от частици. Всеки такъв поток в крайна сметка ще се сблъска с фотоните на 2,7-градусовото фоново лъчение и следователно ще губи от енергията си. На теория това би могло да означава толкова голяма загуба, че да има горна граница на енергията, която ще се получи в открития космос. Резултатът все още не е проверен експериментално. (Всъщност има данни, че сблъсъците на енергийните космически лъчи надвишават тази енергия, което хвърля сянка на съмнение върху изчисленията.) Ако това е вярно, ще са нужни по-сложни и скъпи модификации на апаратурата. Първо, може целият поток да се затвори във вакуумна тръба със защита, която да предпазва от фоновото лъчение. Или пък ако експериментът се провежда в далечното бъдеще, фоновото лъчение би могло да е достатъчно намаляло, за да има някакво значение.

#### СЕДМА СЪПКА — СЪЗДАВАНЕ НА ИМПЛОЗИВНИ МЕХАНИЗМИ

Можем да си представим и друго устройство, основано на лазерни лъчи и имплозивен механизъм. В естествени условия чрез имплозия се постигат невероятни температури и налягане, сравними с тези на умираща звезда, която внезапно колапсира под силата на гравитацията. Вероятно това се получава, защото гравитацията е само привличане без отблъскване и затова колапсът е еднакъв отвсякъде и звездата се свива равномерно до невъобразима плътност.

Този имплозивен метод много трудно може да се пресъздаде на Земята. Водородните бомби например трябва да се проектират като

швейцарски часовник, за да може активната им съставка (литиев деутерид) да се компресира, да развие десетки милиони градуси и да достигне критериите на Лоусън, при които започва термоядреният процес. (Това се получава чрез детонация на атомна бомба в близост до литиевия деутерид и равномерното фокусиране на рентгеновото излъчване върху повърхността на съставката.) Процесът обаче не може да отделя енергия контролирано, а само експлозивно.

Опитите за получаване при земни условия на богат на водород газ чрез магнетизъм се провалиха, предимно защото магнетизмът не компресира газа равномерно. Магнитните полета — като това на Земята — са двуполусни, тъй като никога не сме виждали монополус в естествена среда. В резултат на това те са крайно неравноизмерни. Използването им за свиване на газ е като опит да се стисне балон — всеки път когато се прилага натиск върху единия край, газът се премества в другия.

Друг начин за контролиран термоядрен процес е да се използват серия подредени по повърхността на сфера лазерни лъчи, които да стрелят бързо към малко топче литиев деутерид в центъра. Например в Националната лаборатория в Ливърмор има мощно лазерно термоядрено устройство, което се използва за симулиране на ядрени оръжия. То изстрелва серия лазерни лъчи по дължината на тунел. Огледалата в края на тунела отразяват лазерите така, че те да попадат радиално върху топчето. Повърхността му моментално се изпарява, топчето имплодира и се отделят огромни температури. В този случай имаме термоядрен синтез (но машината консумира повече енергия, отколкото отделя, поради което е неизгодна).

Можем да си представим цивилизация от III тип, използваща огромна серия лазери на астероидите и луните на различни звездни системи. Лазерите стрелят едновременно, мощните им лъчи се съсредоточават върху планета и създават температури, при които пространството и времето стават нестабилни.

По принцип няма теоретическа граница на количеството енергия в лазерния лъч. При създаването на изключително мощни лазери обаче се появяват практически проблеми. Един от най-важните е стабилността на материала, който често се нагорещява до такава степен, че се напуква. (Това може да се избегне, като се получи лазерен лъч чрез еднократна експлозия — например ядрена.)

Целта на тази сферична лазерна установка е да нагорещи малък обем до такава степен, че в него да се образува фалшив вакуум или да имплодира и да свие серия от плочи, които да създадат отрицателна енергия чрез ефекта на Казимир. За създаването на подобно устройство за получаване на отрицателна енергия ще е необходим набор от сфери, компресирани до дължината на Планк ( $10^{-33}$  см). Тъй като разстоянието между атомите е  $10^{-8}$  см, а разстоянието между протоните и неутроните —  $10^{-13}$  см, свиването на сферите ще бъде неимоверно. Тъй като общото количество енергия на лазерния лъч е все пак ограничена, основният проблем е да се създаде апарат, който е достатъчно стабилен да издържи подобни невъобразими налягания. (Тъй като ефектът на Казимир създава привличане между плочите, ще трябва също да им добавим заряд, за да не им позволим да колапсират.) По принцип вътре в сферите ще се образува дупка-червей, която ще свързва нашата умираща вселена с друга, много по-млада и гореща.

#### ОСМА СЪПКА — ПОСТРОЯВАНЕ НА СВРЪХСВЕТЛИНЕН ДВИГАТЕЛ

Един от ключовите моменти, необходими за построяването на описаните дотук устройства, е способността да се пътува през огромните междузвездни пространства. Един от възможните начини е да се използва изкривяващото пространство двигател, предложен от физика Мигел Алкубиер през 1994 г. Това устройство не променя топологията на континуума с дупки, водещи към хиперпространството. То просто свива пространството пред себе си и го разширява отзад. Представете си, че стоите върху червен килим към масата. Вместо да вървите към масата, можете просто да я уловите с ласо и бавно да я придърпате към себе си, което ще нагъне килима пред вас. По този начин сте се придвижили малко, а за сметка на това пространството пред вас се е свило.

Нека си спомним, че самото празно пространство може да се разширява по-бързо от светлината (тъй като при това през него не се пренася информация). Това означава, че можем да пътуваме по-бързо от светлината, като свиваме пространството със свръхсветлинна скорост. В резултат на това можем да стигнем до някоя далечна звезда почти без да напускаме Земята. Просто ще свием пространството пред

нас и ще го разтегнем зад себе си. Вместо да пътуваме до Алфа Кентавър, можем просто да домъкнем Алфа Кентавър до нас.

Алкубиер показва, че това е съвсем жизнеспособно решение на уравненията на Айнщайн, което означава, че не противоречи на физичните закони. За целта обаче трябва да се плати. Ще се наложи да използваме огромни количества отрицателна и положителна енергия, за да задвижим космическия си кораб. (Положителната енергия се използва за свиването на пространството, а отрицателната — за разширяването му.) За да използваме ефекта на Казимир за създаването на тази отрицателна енергия, трябва да поставим две плочи на разстояние една от друга, равно на дължината на Планк — прекалено близо, за да може да се постигне по обичаен начин. За подобен космически кораб ще се наложи да построим голяма сфера, в която да се намират пътниците. Ивицата отрицателна енергия трябва да се разположи по екватора. Пътниците вътре в сферата няма да се движат, но пространството пред нея ще се свие по-бързо от светлината и когато пътниците излязат от сферата, ще са стигнали целта си.

В статията си Алкубиер споменава, че решението му може не само да ни отведе до звездите, но и да направи възможно и пътуването във времето. Две години по-късно Алан Е. Еверет показва, че при наличието на два такива кораба наистина може да се пътува във времето, като двата двигателя се използват един след друг. „Излиза, че създателят на «Стар Трек» Джен Родънбъри наистина е бил прав да включи всички онези епизоди с пътуването във времето!“, отбелязва физикът Гот от Принстън.

По-късно обаче анализът на руския учен Сергей Красников разкри технически дефект в решението. Той показва, че вътрешната страна на космическия кораб няма връзка с външната, поради което сигналите не могат да пресичат границата — т.е., влезем ли в кораба, няма да можем да променяме курса му. Пътят на кораба трябва да бъде определен преди началото на пътуването, което е доста разочароващо. С други думи, не можем просто да нагласим инструментите и да определим курс към най-близката звезда. Това обаче означава, че подобен кораб може да бъде железница към звездите — междузвездна транспортна мрежа, по която корабите се движат на равни интервали. Тази система би могла да се изгради с помощта на бавни конвенционални ракети, които да построят отделните станции на

равни интервали между звездите. След това корабите ще се движат от станция на станция по определено разписание, с точно определено време на пристигане и заминаване.

„Бъдещата свръхцивилизация би могла да прокара подобни пътища за корабите, както и дупки-червеи между звездите — пише Гот. — Мрежата от пътища би била по-лесна за изграждане от дупките-червеи, тъй като за свръхсветлинните космически кораби е нужно само промяна на съществуващото пространство, а не пробиването на дупки в него.“<sup>[11]</sup>

Подобен кораб обаче не може да се използва за напускане на вселената именно защото е ограничен да пътува в пространството ѝ. Въпреки това двигателят на Алкубиер би могъл да помогне за построяването на устройство за бягство от вселената. Тези кораби могат да бъдат полезни например за създаването на споменатите от Гот сблъскващи се космически струни, което би върнало високоразвитата цивилизация назад в собственото ѝ минало, когато вселената е била много по-топла.

#### ДЕВЕТА СЪПКА — ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОТРИЦАТЕЛНА ЕНЕРГИЯ ОТ „ПРИТИСНАТИ СЪСТОЯНИЯ“

В 5 глава споменах, че лазерът създава „притиснати състояния“, които могат да се използват за получаването на отрицателна материя за отварянето и стабилизирането на дупки-червеи. Когато мощен лазерен лъч бомбардира специален оптичен материал, който създава двойки фотони. Тези фотони последователно засилват и потискат квантовите флуктуации във вакуума, при което създават едновременно положителни и отрицателни енергийни импулси. Средната сума от тези енергийни импулси е винаги положителна, затова не нарушаваме законите на физиката.

През 1978 г. Лоурънс Форд от университета в Тъфтс изведе три закона, на които трябва да се подчинява отрицателната енергия. Оттогава тези принципи са предмет на интензивно проучване. Според първия закон количеството отрицателна енергия в импулса е обратнопропорционален на неговите пространствени и времеви параметри — т.е., колкото по-силен е импулсът отрицателна енергия, толкова по-кратко трае той. Така че ако създадем силен импулс отрицателна енергия, за да отворим дупка-червей, той ще трае изключително кратко време. Второ, винаги след отрицателния импулс

следва по-силен положителен (така че сумата е положителна). И трето, колкото по-дълъг е интервалът между двата импулса, толкова по-силен трябва да бъде положителният импулс.

С оглед на тези общи правила може да се определят условията, при които лазерът или плочите на Казимир могат да произведат отрицателна енергия. Първо, можем да се опитаме да отделим отрицателния енергиен импулс от следващия го положителен, като насочим лазерен лъч към контейнер и затворим отвора му веднага щом отрицателният импулс влезе в него. В резултат на това в контейнера ще имаме единствено отрицателна енергия. По принцип по този начин могат да се извлекат огромни количества отрицателна енергия, следвани от още по-мощни положителни импулси (които се държат извън контейнера). Интервалът между двата импулса може да бъде доста дълъг, стига количеството положителна енергия да е голямо. На теория това, изглежда, е идеалният начин за генериране на неограничени количества отрицателна енергия за създаването на машина на времето или дупка-червей.

За съжаление има едно препятствие. Самият акт на затваряне на контейнера създава втори импулс положителна енергия вътре в него. Това означава унищожаване на отрицателния импулс, освен ако не се вземат никакви изключителни мерки. Това ще бъде едно от големите предизвикателства за бъдещата високоразвита цивилизация — да отдели мощната отрицателна енергия, без да предизвика вторичен положителен импулс, който да обезсмисли цялото начинание.

Тези три закона могат да бъдат приложени и към ефекта на Казимир. Ако създадем дупка-червей с размер един метър, трябва да концентрираме отрицателна енергия в ивица от не повече от  $10^{-22}$  метра (една милионна от размерите на един протон). И тук само високоразвита цивилизация би могла да създаде технологията, необходима за манипулирането на подобни невъобразимо малки разстояния или невероятно къси времеви интервали.

#### ДЕСЕТА СЪПКА — ИЗЧАКВАНЕ НА КВАНТОВИ ПРЕХОДИ

Както видяхме в 10 глава, изправените пред постепенното изстиване на вселената разумни същества могат да мислят по-бавно и да хибернират за дълги периоди от време. Този процес на забавяне на скоростта на мислене може да продължи трилиони и трилиони години



— достатъчно дълго, за да настъпят квантови събития. Обикновено можем да отхвърлим спонтанното създаване на вселени-бебета и преходи към други квантови вселени, защото подобни събития са изключително редки. През петия етап от съществуването на вселената обаче разумните същества могат да мислят толкова бавно, че подобни квантови събития да станат нещо съвсем обичайно. Според собственото субективно време на съществата скоростта им на мислене ще бъде напълно нормална.

В такъв случай подобни същества биха могли просто да изчакат появата на дупки-червеи и квантови преходи, за да избягат в друга вселена. (Въпреки че съществата ще виждат квантовите събития, проблемът в случая е в това, че те са напълно непредсказуеми. Трудно бихте се преместили в друга вселена, ако не знаете кога точно ще се отвори порталът и накъде всъщност води. Съществата трябва да използват удобния момент да напуснат вселената веднага щом се отвори дупката-червей, без да имат възможност да анализират свойствата ѝ.)

#### ЕДИНАДЕСЕТА СТЫПКА — ПОСЛЕДНАТА НАДЕЖДА

А сега да приемем, че всички бъдещи експерименти с черни дупки и дупки-червеи се сблъскат със следния неразрешим проблем — единствените стабилни обекти са микроскопични или със субатомни размери. Да приемем също, че пътуването през дупка-червей може да бъде непоносимо за телата ни, дори и да се намираме в защитен кораб. Най-различните предизвикателства като мощни гравитационни вълни,лъчение, отломки и т.н. се оказват смъртоносни. В такъв случай разумният живот от бъдещето ще има една-единствена възможност — да вкара в новата вселена достатъчно информация, за да пресъздаде своята цивилизация от другата страна на дупката-червей.

Когато се сблъскат с особено враждебна обстановка, живите същества понякога развиват необичайно оригинални методи за оцеляване. Някои бозайници изпадат в зимен сън. Някои риби и земноводни произвеждат подобни на антифриз химикали, които се смесват с телесните им течности и това им позволява да замръзнат живи. Гъбите избягват измирането, като се трансформират в спори. По подобен начин и човешките същества биха могли да открият начин да

променят физическото си съществуване, за да оцелеят при пътуването до друга вселена.

Да вземем дъба, който разпръсква семената си във всички посоки. Тези семена са (а) малки, издръжливи и компактни; (б) съдържат цялата ДНК на дървото; (в) могат да се отдалечат от дървото майка; (г) съдържат достатъчно хранителни вещества, за да започнат процеса на регенериране на новото място; (д) поникват, като използват хранителни вещества и енергия от почвата. Бъдещите хора също биха могли да се опитат да подражават на природата и да изпратят своите „семена“ през дупка-червей, копирайки всички тези важни свойства благодарение на развиваните в продължение на милиарди години нанотехнологии.

Както отбеляза Стивън Хокинг, „по всичко личи, че квантовата теория позволява пътуване във времето на микроскопично ниво“<sup>[12]</sup>. Ако е прав, представителите на високоразвитата цивилизация биха могли да решат да променят физическите си тела в нещо, което би оцеляло при мъчителното пътуване назад във времето или до друга вселена, смесвайки силиций и въглерод и свеждайки цялото си съзнание до чиста информация. Според последното ни предположение нашите изградени от въглерод тела са прекалено крехки, за да издържат физическите натоварвания на пътуването. Може би в далечно бъдеще ще можем да прехвърляме съзнанието си в роботи, да използваме заедно постиженията на генното инженерство, нанотехнологиите и роботиката. Днес това звучи фантастично, но след милиони или милиарди години то може да се окаже единственият начин за оцеляване.

Нашите потомци биха могли да прехвърлят своите мисли и личности направо в машини. Това би могло да стане по няколко начина. Може да се създаде сложен софтуер, който да е в състояние да дублира процеса на мислене и да създаде личност, идентична на нашата. Още по-амбициозна е програмата, предложена от Ханс Моравец от института „Карнеги-Мелън“. Той твърди, че в далечното бъдеще ще можем да възпроизведем неврон по неврон архитектурата на мозъците си в силициевы транзистори. Всяка невронна връзка на мозъка ще бъде заменена със съответен транзистор, който да дублира в робота функцията на клетката.<sup>[13]</sup>

Тъй като гравитационните вълни и лъчението ще бъдат изключително силни, нашите потомци ще трябва да носят абсолютния минимум гориво, защита и хранителни вещества, необходими за пресъздаването на вида в новата вселена. С помощта на нанотехнологиите през дупката-червей биха могли да се изпратят микроскопични вериги в устройство, не по-голямо от клетка.

Ако дупката-червей е прекалено малка — с размерите на атом, — учените ще трябва да изпратят големи нанотръби, изработени от отделни атоми, в които са кодирани огромни количества информация, достатъчна за възраждането на вида ни от другата страна. Ако дупката-червей е с размерите на субатомна частица, ще трябва да се намери начин за изпращане на ядра, които да уловят електрони в новата вселена и да образуват атоми и молекули. А ако дупката-червей е по-малка и от това, може би ще се наложи използването на рентгенови или гама-лъчи с къса дължина на вълната, носещи инструкции за възстановяване на цивилизацията.

Целта на подобно предаване е произвеждането на микроскопичен „наноробот“ от другата страна на дупката червей, чиято мисия ще бъде да намери благоприятна среда за възстановяване на цивилизацията. Тъй като устройството ще бъде с атомни размери, то няма да се нуждае от огромни ракетни двигатели и резервоари гориво, за да открие подходяща планета. Всъщност нанороботът лесно би могъл да развие близка до светлинната скорост с помощта на електрически полета. Освен това той няма да се нуждае от животоподдържащи средства и други тромави устройства, тъй като основното му съдържание ще бъде чистата информация, необходима за възраждането на расата.

Щом намери подходящата планета, нанороботът трябва да създаде от ресурсите ѝ фабрика, с която да произведе много свои копия и да изгради голяма лаборатория за клониране. В нея ще се произвежда необходимата ДНК, която ще се инжектира в клетките и ще започне процесът на регенериране на цели организми и видове. Клетките могат да се развият до получаването на възрастни индивиди със спомените и личността на оригиналните хора.

В известен смисъл този процес ще бъде подобен на инжектирането на ДНК (общото информационно съдържание на цивилизация от III или по-висш тип) в „яйцеклетка“, съдържаща

генетичните инструкции за създаване на ембрион. „Оплодената яйцеклетка“ трябва да бъде компактна, издръжлива и подвижна, като същевременно съдържа цялата необходима за пресъздаването на цивилизацията информация. Типичната човешка клетка съдържа само 30 000 гена, подредени в 3 милиарда основни двойки. И тази сбита информация е достатъчна за възпроизводството на цяло човешко същество, използвайки ресурсите извън спермата (хранителните продукти, осигурени от майката). По същия начин „космическото яйце“ ще съдържа цялата информация, необходима за възстановяване на цивилизацията. Ресурсите за това (суровини, разтвори, метали и т.н.) ще бъдат намерени от другата страна. По този начин високоразвита цивилизация като тип IIIQ би могла да използва мощните си технологии, за да изпрати достатъчно информация (около  $10^{24}$  бита) през дупка-червей и да се прероди от другата страна.

Държа да подчертая, че всяка от описаните стъпки е толкова далеч от сегашните ни възможности, че трябва да се възприема като научна фантастика. Но след милиарди години за една изправена пред гибел цивилизация тип IIIQ това би могло да се окаже единственият възможен начин за оцеляване. Законите на физиката или биологията не съдържат нищо, което да попречи на подобно спасение. Искам да кажа, че гибелта на нашата вселена не означава задължително смърт на разума. Разбира се, ако прехвърлянето на разум от една вселена в друга, е възможно, това остава отворена вероятността живот от друга, изправена пред гибел вселена да се е опитал да се спаси в нашата собствена по-топла и гостоприемна вселена.

С други думи, вместо да бъде елегантен, но безполезен куриоз, общата теория на полето може в един момент да ни даде рецепта за спасяването на разумния живот във вселената.

---

[1] Rees 3, p. 182. ↑

[2] Същото може да се каже и за културата от I тип. В много страни от Третия свят елитът, който говори едновременно местния език и английски, се придържа и към най-новото в западната култура и мода. Цивилизацията от I тип може да бъде бикултурна, с една обща планетарна култура, която е разпространена по цялото земно кълбо и съществува редом с местните култури и обичаи. Така че планетарната

култура не означава задължително унищожаване на местните култури.

↑

[3] Scientific American, July 2000, p. 40. ↑

[4] Scientific American, July 2000, p. 41. ↑

[5] Scientific American, July 2000, p. 40. ↑

[6] Dyson, p. 163. ↑

[7] Би могло да се приеме, че съществува и още по-развита цивилизация от цивилизацията от III тип, която използва тъмната енергия, съставляваща 73 процента от общото количество материя/енергия на вселената. Като такава би могла да се посочи цивилизацията Q от сериала „Стар Трек“, тъй като мощта ѝ се простира върху цели галактики. ↑

[8] Lightman, p. 169. ↑

[9] Lightman, p. 169. ↑

[10] Guth, p. 255. ↑

[11] Gott, p. 126. ↑

[12] Hawking, p. 104. ↑

[13] По принцип този процес може да се извърши, докато сте в съзнание. Части от невроните са били изтрети от мозъка ви, като на тяхно място са създадени дублиращи транзисторни мрежи, които се поставят в черепната кутия на робота. Тъй като транзисторите изпълняват същата роля като изтретите неврони, ще сте изцяло в съзнание по време на процедурата. По този начин след края на операцията ще се окажете в тялото на робот от силиций и метал. ↑

## ОТВЪД МУЛТИВСЕЛЕНАТА

*„Библията ни учи как да постигнем рая, а не какво става в него.“*

Кардинал Барониус,  
цитиран от Галилей по  
време на процеса срещу  
него

*„Защо съществуваме, вместо да ни няма?  
Онова, което задвижва постоянно часовника на  
метафизиката, е мисълта, че несъществуването  
на света е точно толкова възможно, колкото и  
съществуването му.“*

Уилям Джеймс

*„Най-прекрасното изживяване е  
мистериозното. Именно то е в основата на  
истинското изкуство и истинската наука.  
Който не знае това и вече не е в състояние да се  
възхищава и да се пита, е все едно мъртъв, а  
очите му са замъглени.“*

Алберт Айнщайн

През 1863 г. Томас Х. Хъкли написал: „Въпросът на всички въпроси за човечеството, проблемът, който стои зад останалите, е и най-интересният от всички, а това е определянето на мястото на човека в Природата и неговото отношение към Космоса.“<sup>[1]</sup>

Хъкли е прочут като „булдога на Дарвин“, тъй като разгорещено защитава еволюционната теория в консервативна Англия от

Викторианската епоха. По онова време английското общество виждало човечеството като стоящо гордо в самия център на сътворението. Слънчевата система била център на вселената, а човекът — венецът на творението, върхното постижение на творческата сила на Бог. Бог създал човека по Свой образ и подобие.

Като отправил открито предизвикателство срещу тази религиозна ортодоксалност, Хъксли трябвало да защитава теорията на Дарвин от бурята нападки на духовенството и така помогнал за установяването на научно разбиране за мястото ни в дървото на живота. Днес ние осъзнаваме, че гигантите на науката като Нютон, Айнщайн и Дарвин са извършили черната работа и са ни помогнали за определяне на нашето място в космоса.

Всеки от тях е трябвало да се бори с богословските и философските последици от труда си. В заключението на *Principia* Нютон заявява, че „тази най-прекрасна система на Слънцето, планетите и кометите може да произлиза единствено от промисъла и господството на разумно и могъщо Същество“. Щом Нютон е открил законите на динамиката, значи би трябвало да има някакъв божествен законотворец.

Айнщайн също бил убеден в съществуването на Бог, наричан от него Стареца, който обаче не се намесва в делата на хората. Целта на Айнщайн била не да възхвалява Бог, а да разчете замисъла му. „Искам да знам как Бог е създал света — казвал той. — Не ме интересува един или друг феномен. Искам да разбера замисъла на Бог. Всичко останало са подробности.“<sup>[2]</sup> Айнщайн оправдава своя дълбок интерес към тези теологични въпроси със следното заключение: „Науката без религия е слаба. А религията без наука е сляпа.“<sup>[3]</sup>

Самият Дарвин бил безнадеждно раздвоен по въпроса за мястото на човека във вселената. Макар че се смята за човека, който детронирал човечеството от позицията му в центъра на биологичния свят, в своята автобиография той признава „изключителната трудност или по-скоро неспособност да приеме, че тази огромна и прекрасна вселена, заедно с човека и неговата способност да гледа назад в миналото и в далечното бъдеще, е резултат на сляпа случайност и необходимост“<sup>[4]</sup>. Пред свой приятел той споделил: „Моята вяра е същинска каша.“<sup>[5]</sup>

За съжаление „определянето на мястото на човека в Природата и неговото отношение към Космоса“ е било изпълнено с опасности, особено за онези, които се осмелявали да предизвикат скованите догми на господстващата ортодоксалност. Неслучайно Николай Коперник е написал *De Revolutioibus Coelestium* („За въртенето на небесните сфери“) през 1543 г., когато е бил на смъртно легло и зловещата ръка на инквизицията не можела да го достигне. Не е било възможно Галилей, който се ползвал толкова дълго от закрилата на могъщата фамилия Медичи, да не предизвика гнева на Ватикана заради популяризирането на инструмента, разкриващ една толкова крещящо противоречаща на догмата вселена — телескопа.

Сместа от наука, религия и философия е наистина силна и толкова избухлива, че великият Джордано Бруно бил изгорен на клада в Рим през 1600 г., защото отказал да се отрече от убеждението си, че в космоса има много други планети, даващи подслон на безброй живи същества. „По този начин — писал той — се увеличава величието на Бог и на Неговото царство. Той се слави не на един, а на безброй слънца. Не на една-единствена земя, а на хиляди и дори бих казал — на безброй светове.“<sup>[6]</sup>

Обвинявали Галилей и Джордано Бруно, че са се осмелили да размишляват над небесните закони. Истинският им грях бил в това, че детронирали човека от мястото му в центъра на вселената. Трябваше да минат повече от 350 години, преди Ватиканът да се извини заради процеса срещу Галилей през 1992 г. Джордано Бруно обаче си остава еретик.

#### ИСТОРИЧЕСКА ПЕРСПЕКТИВА

Серия революции след Галилей преобърнаха нашата представа за вселената и нашето място в нея. През Средновековието вселената се е възприемала като тъмно и забранено място. Земята представлявала малка плоска сцена, изпълнена с поквара и грях и заобиколена от мистериозна небесна сфера, в която различни поличби като кометите всявали с еднаква сила ужас в сърцата на крале и селяци. И ако не почитаме достатъчно Бог и църквата, ще си навлечем гнева на театралните критици — уверените в собствената си непогрешимост служители на инквизицията и техните зловещи инструменти за убеждаване.



Нютон и Айнщайн ни освободиха от суеверията и мистицизма на миналото. Нютон ни даде точните механични закони, ръководещи всички небесни тела, в това число и собствената ни планета. Тези закони са толкова точни, че хората започнаха да ги рецитират като папагали. Айнщайн революционизира начина, по който гледаме на сцената на живота. Оказа се, че не само не можем да намерим универсална мярка за времето и пространството, а и че самата сцена е изкривена. Нейните дъски бяха сменени от еластична пружина — при това непрекъснато разширяваща се.

Квантовата революция ни донесе още по-странна картина на света. От една страна упадъкът на детерминизма означаваше, че кученцата могат да прегризат своите нашийници и да разчетат сами себе си. Свободната воля бе възстановена, но с цената на множество и несигурни резултати. Това означаваше, че актьорите могат да бъдат едновременно на две места, да се появяват от нищото и да изчезват. Стана невъзможно да се каже със сигурност къде точно се намира актьорът или колко е часът.

А сега концепцията за мултивселената ни доведе до нова промяна на парадигмата, с която самата дума „вселена“ стана безсмислена. С мултивселената се появиха паралелните сцени, разположени една над друга, свързани с отвори в пода и скрити тунели. Самите сцени пораждаха нови, в един безкраен процес на сътворение. На всяка сцена се появяват нови физични закони. Вероятно само на шепа от тях условията позволяват появата на живот и съзнание.

Днес ние сме актьори, живеещи в първо действие, в самото начало на изследването на космическите чудеса на нашата сцена. Ако не се самоунищожим чрез война или от замърсяване, през второ действие може би ще успеем да напуснем Земята и да изучим звездите и другите небесни тела. Но още отсега си даваме сметка, че има и последно действие, когато пиесата ще свърши и всички актьори ще измрат. В трето действие сцената ще стане толкова студена, че животът ще бъде невъзможен. Единственото спасение е да напуснем сцената през отвора в пода и да започнем нова пиеса на нова сцена.

КОПЕРНИКОВИЯТ ПРИНЦИП СРЕЩУ АНТРОПНИЯ ПРИНЦИП

Ясно е, че при прехода от мистицизма на Средните векове към съвременната квантова физика нашата роля и мястото ни във вселената са се измествали драматично с всяка следваща научна революция. Светът се разшири експоненциално и ни принуди да променим виждането ни за самите себе си. Понякога, докато разглеждам това историческо развитие, наблюдавам безбройните звезди в небето или размишлявам върху безчислените форми на живот на Земята, изпитвам две противоречиви емоции. От една страна се чувствам като прашичка на фона на огромната вселена. Размишлявайки върху безграничните празни простори на вселената, Блез Паскал написал: „Вечното безмълвие на тези безкрайни пространства ме изпълват с ужас.“<sup>[7]</sup> От друга страна съм напълно омагьосан от буйното разнообразие на живота и изключителната сложност на живите организми.

Когато подхождат към въпроса за научното определяне на мястото ни във вселената, съвременните физици на практика заемат едната от две крайни философски гледни точки — Коперниковия принцип и антропния принцип.

Според Коперниковия принцип ние не играем никаква особена роля във вселената. (Някои шегоджии кръстиха това виждане „принцип на посредствеността“.) Всички астрономически открития до момента като че ли потвърждават това мнение. Коперник изхвърли Земята от центъра на вселената, а по-късно Хъбъл лиши от това място целия Млечен път и вместо това ни предостави една разширяваща се вселена с милиарди галактики в нея. Откриването на тъмната материя и енергия потвърдиха факта, че по-тежките химични елементи, от които са съставени телата ни, са само 0,03 процента от общото количество материя/енергия във вселената. С появата на инфлационната теория трябва да се замислим и върху факта, че видимата вселена е като песъчинка от една много по-голяма плоска вселена и че самата вселена може би непрекъснато ражда нови и нови вселени. И накрая, ако М-теорията се окаже вярна, ще трябва да се изправим пред вероятността дори познатите ни измерения на пространството и времето да се разширят с още седем. Така ще се окаже, че не само сме изхвърлени от центъра на вселената, но и че видимата вселена не е нищо друго, освен една нищожна частица от много по-голяма мултивселена.

Изправени пред подобна невероятна перспектива, няма начин да не си спомним казаното от Стивън Крейн, още от времето на Гражданската война:

„Един човек казал на Вселената: «Аз съществувам».  
«Добре — отвърнала тя. — Това обаче не означава, че  
се чувствам задължена към теб.»“<sup>[8]</sup>

(Да не забравяме и шеметната бездна на абсолютното прозрение от „Пътеводител на галактическия стопаджия“ на Дъглас Адамс — устройство, което гарантирано превръща всеки нормален човек в буйстващ идиот. В една малка кабина му се показва цялата вселена с мъничка стрелка с надпис „Ти си тук“.)

Другата крайност е антропният принцип, според който съзнанието в нашата триизмерна вселена е възможно благодарение на една чудна поредица от „случайности“. Съществуват нелепо сурови ограничения в параметрите, благодарение на които може да се появи разумен живот, а се оказва, че ние попадаме именно в една такава тясна „ивица“. Стабилността на протона, размерът на звездите, съществуването на тежки елементи и т.н. — всичко, изглежда, е било подложено на фина настройка, за да позволи появата на сложни форми на живот и съзнание. Можем да се запитаме дали това щастливо стечение на обстоятелствата е резултат на предварително проектиране или на случайност, но никой не може да оспори сложните настройки, благодарение на които съществуваме.

„Ако секунда след Големия взрив скоростта на разширяване е била дори и с една стотиленардна по-ниска, [вселената] щеше да се свие, преди да достигне сегашните си размери... Шансовете срещу появата на вселена като нашата вследствие на нещо като Големия взрив са огромни. Смятам, че това би имало чисто религиозни последици“, отбелязва Стивън Хокинг.<sup>[9]</sup>

Често не си даваме сметка колко безценни са всъщност животът и съзнанието. Забравяме, че такива прости неща като течната вода са най-ценните субстанции във вселената и че тя се среща единствено на Земята (и може би на спътника на Юпитер Европа) от всички планети

в Слънчевата система, а може би и в нашия сектор на галактиката. Много вероятно е също човешкият мозък да е най-сложното творение на природата в Слънчевата система, а защо не и в рамките на най-близките звезди. Когато разглеждаме изображенията от безжизнения терен на Марс или Венера, ние оставаме поразени от факта, че там липсват каквито и да било градове, светлини и дори основните органични съединения, необходими за появата на живот. В дълбокия космос съществуват безброй светове, лишени от живот и още повече — от разум. Това трябва да ни накара да оценим колко крехко нещо е животът и какво чудо е, че той процъфтява на Земята.

Коперниковият принцип и антропният принцип са в известен смисъл възгледи, очертаващи крайните гледни точки за нашето съществуване и помагачи ни да разберем нашето истинско място във вселената. Докато Коперниковият принцип ни изправя пред невъобразимо грамадната вселена и може би мултивселена, антропният принцип ни кара да разберем колко редки са всъщност животът и разумът.

Но в крайна сметка, дебатът между двата принципа не може да определи мястото ни във вселената, докато не разгледаме този въпрос от още по-обща перспектива — от гледната точка на квантовата теория.

#### КВАНТОВИЯТ СМИСЪЛ

Светът на квантовата механика хвърля светлина върху въпроса за мястото ни във вселената, но от различна гледна точка. Ако споделяме интерпретацията на Уигнър за проблема с котката на Шрьодингер, тогава неминуемо ще трябва да признаем ролята на съзнанието във всяко нещо. Безкрайната поредица следящи се един друг наблюдатели в крайна сметка ще ни доведе до един космически наблюдател — може би до самия Бог. В този смисъл вселената съществува, защото съществува някакво божество, което я наблюдава. И ако интерпретацията на Уилър е вярна, то цялата вселена се управлява от съзнание и информация. В такъв случай съзнанието е господстващата сила, която определя съществуването.

Тази интерпретация поставя въпроса за съзнанието в самите основи на физиката. Уигнър повтаря думите на големия астроном Джеймс Джийнс, който навремето отбелязал: „Преди петдесет години

на вселената се гледаше като на машина... Когато преминем границите в която и да е посока — независимо дали на космоса като цяло или на субатомно ниво, механичната интерпретация на Природата престава да има смисъл. Сблъскваме се с феномени, които по никакъв начин не могат да се нарекат механични. За мен самия те са не толкова механични, колкото умствени процеси. Вселената като че ли е по-близо до мисълта, отколкото до машината.“<sup>[10]</sup>

Тази интерпретация приема може би най-амбициозната си форма в теорията на Уилър: „Не само ние се приспособяваме към вселената, но и вселената се приспособява към нас.“<sup>[11]</sup> С други думи, в известен смисъл чрез наблюденията си ние създаваме нашата собствена реалност. Уилър нарича това „сътворение чрез наблюдение“ и твърди, че живеем в една „съучастническа вселена“.

Същото становище споделя и Нобеловият лауреат биологът Джордж Уолд: „Лошо би било да си атом във вселена без физици. И физиците са съставени от атоми. Физикът е средството на атома да знае за атомите.“<sup>[12]</sup> Гари Ковалски обобщава това становище по следния начин: „Би могло да се каже, че вселената съществува, за да се радва на самата себе си и да разкрива собствената си красота. И ако хората са само една частица от самоопознаващия все повече космос, нашата цел несъмнено е да запазим, увековечим и изучаваме нашия свят, а не да опустошим и да разрушим нещо, което се е създавало толкова дълго.“<sup>[13]</sup>

В този ред на мисли вселената има цел — *да създаде разумни същества като нас, които могат да я наблюдават, за да съществува.* Според това виждане самото съществуване на вселената зависи от способността ѝ да създава разумни същества, които да я наблюдават и така да колапсират нейната вълнова функция.

Някои могат да намерят утеха в Уигнъровата интерпретация на квантовата теория. Има обаче и друга интерпретация — тази за многото светове, която ни дава напълно различна концепция за ролята на човека във вселената. В тази алтернативна интерпретация котката на Шрьодингер може да бъде едновременно жива и мъртва, просто защото самата вселена се разделя на две отделни вселени.

СМИСЪЛЪТ В МУЛТИВСЕЛЕНАТА

Лесно е да се изгубим в безкрайното множество светове в теорията за мултивселената. Моралните последици от тези паралелни квантови вселени се разглеждат в краткия разказ „Всичките милиард разклонения“ на Лари Нивън. Детективът Джин Тримбъл разследва серия загадъчни самоубийства. Внезапно из целия град хора без никакви данни за минали психични проблеми започват да скачат от мостове, пръсват си черепите или дори извършват масови убийства. Загадката се задълбочава, когато милиардерът Амброуз Хърмън, шеф на корпорацията „Кростайм“, се хвърля от прозореца на луксозния си апартамент на тридесет и шестия етаж, след като е спечелил 500 долара на покер. Богат, влиятелен и известен на всички, той няма никакви причини да сложи край на живота си. Самоубийството му просто е безсмислено. Но накрая Тримбъл открива общ елемент. Една пета от пилотите на корпорацията са се самоубили. Всъщност самоубийствата са започнали един месец след основаването на фирмата.

В хода на разследването си Тримбъл открива, че Хърмън е наследил огромното богатство от родителите си и го е прахосал, влагайки суми във всевъзможни безумни начинания. Би могъл да изгуби всичко, ако не е бил един щастлив залог. Събрал неколцина физици, инженери и философи, натоварени със задачата да проучат вероятните разклонения във времето. В крайна сметка те конструирали кораб, който успял да влезе в друго разклонение и пилотът се върнал с ново изобретение от Конфедеративните американски щати. Тогава корпорацията изпратила стотици мисии в паралелните светове, където попаднала на какви ли не изобретения, които можела да патентова. „Кростайм“ бързо се превърнала в печеливш финансов гигант, собственик на патентите на най-важните открития. Изглеждало, че това е най-успешната фирма на своето време с Амброуз Хърмън начело.

Пилотите открили, че всеки паралелен свят е различен. Попадали на Католическа империя, индианска Америка, имперска Русия и цял куп мъртви радиоактивни светове, намерили гибелта си в ядрена война. Накрая се натъкнали на нещо много обезпокоително — абсолютни копия на самите себе си, живеещи почти същия живот, но странно изопачен. Независимо какво правят, те биха могли да реализират най-фантастичните си мечти или да преживеят най-

ужасните си кошмари. Каквото и да правели, в някои вселени преуспявали, а в други се оказвали пълни аутсайдери. Както и да постъпели, винаги съществували безброй техни копия, които вземали обратното решение с всички последици от това. Защо да не обереш банка, ако можеш да се измъкнеш в някоя вселена, където никой не те преследва?

„Вече няма шанс — размишлява Тримбъл. — Всяко решение се взима и по двата начина. За всеки умен избор, който си направил с цялото си сърце, ти си направил и всички останали. И така е било винаги.“ Тримбъл е обхванат от дълбоко чувство за безнадеждност, когато стига до мъчителното осъзнаване — във вселена, в която е възможно всичко, нищо няма морален смисъл. Той става жертва на отчаянието, когато разбира, че в крайна сметка не контролираме съдбите си и че каквото и решение да вземем, резултатът няма никакво значение.

Накрая Тримбъл решава да последва примера на Хърмън. Вдига пистолета и го насочва към главата си. Но дори когато натиска спусъка има множество вселени, в които пистолетът не е зареден, куршумът улучва тавана, ранява го, убива го и т.н. Последното решение на Тримбъл се проиграва по безброй начини в безброй вселени.<sup>[14]</sup>

Когато си представим квантовата мултивселена, ние също се изправяме пред подобна вероятност. Макар и нашите живеещи в различните квантови вселени паралелни копия да имат същия генетичен материал като нас, в съдбовните моменти от живота нашите възможности, наставници или мечти биха могли да ни насочат по различни пътища, водещи към различен живот и различни съдби.

Всъщност вече сме почти изправени пред една подобна дилема. Само въпрос на време е генетичното клониране на хора да стане обичайна част от живота. Макар че клонирането на човек е изключително трудно (все още никой не е успял да клонира примат, да не говорим за човек), а моралните въпроси са изключително тежки, рано или късно това неизбежно ще стане. Тогава ще възникне въпросът имат ли души нашите клонинги? Отговорни ли сме за действията им? В квантовата вселена ние имаме безброй много квантови клонинги. Тъй като някои от тях могат да извършат престъпление, ние носим ли отговорност за него? Страда ли душата ни от прегрешенията на квантовите ни клонинги?

Тази квантова екзистенциална криза има решение. Ако погледнем безкрайната мултивселена, можем да останем замаяни от неизброимите вариации на съдбата, но в рамките на всеки един свят ще господстват нормалните причинно-следствени връзки. В предложената от физиците теория за мултивселената всяка отделна вселена на едромащабно ниво ще се подчинява на Нютоновите закони и затова можем да живеем спокойно знаейки, че действията ни имат до голяма степен предсказуеми последствия. В рамките на всяка вселена в общи линии ще важат законите на причинно-следствените връзки. Във всяка вселена най-вероятно ще попаднем в затвора, ако извършим престъпление. Затова можем да вършим делата си в блажено неведение за всички паралелни реалности, които съществуват редом с нашата.

Това ми напомня за една апокрифна история, която физиците понякога разказват помежду си. Веднъж един руски учен пристигнал в Лас Вегас и се замаял от предлаганите от този грешен капиталистически град разкош и поквара. Влязъл в първото казино и заложил всичките си пари на едно число. Когато му обърнали внимание, че от гледна точка на математиката и теорията на вероятностите това е глупава стратегия, той отвърнал: „Да, вярно е, но в някоя квантова вселена ще бъда богат!“ Руският физик може и да е прав и вероятно съществува паралелен свят, в който се наслаждава по начин, който едва ли би могъл да си представи. Но в тази паралелна вселена изгубил всичко. И му се наложило да изтърпи последиците.

#### КАКВО МИСЛЯТ ФИЗИЦИТЕ ЗА СМИСЪЛА НА ВСЕЛЕНАТА

Дебатът за смисъла на живота се оживи още повече от провокативните изявления на Стивън Уайнбърг в книгата му „Първите три минути след сътворението“: „Колкото по-разбираема става вселената, толкова по-лишена от смисъл изглежда тя... Стремехът да разберем вселената е едно от малкото неща, което издига човешкия живот малко над нивото на фарса и ни дава известна благородна нотка на трагичност.“<sup>[15]</sup> Уайнбърг призна, че от всички написани от него изречения именно тези са предизвикали най-разпалените реакции. По-късно той дава повод за нови спорове със следния коментар: „С или без религия, добрите хора могат да вършат добрини, а лошите —



злини. Но за да могат добрите хора да вършат злини, за това е нужна религия.“<sup>[16]</sup>

Очевидно Уайнбърг изпитва някакво лукаво удоволствие от това да разбунва духовете и да се подиграва на претенциите на онези, които проповядват някакво проникновение в космическия смисъл на вселената. „В продължение на много години бях блажен невежа по философските въпроси“<sup>[17]</sup>, признава той. Подобно на Шекспир, Уайнбърг също е убеден, че светът е сцена, „но трагедията я няма в сценария; трагедията е в липсата на какъвто и да било сценарий.“<sup>[18]</sup>

Уайнбърг повтаря думите на биолога от Оксфорд Ричард Докинс: „В една вселена на слепи природни закони... някои хора се нараняват, а други откриват щастие. Не можете да намерите никаква рима или смисъл в това, нито пък справедливост. Вселената около нас притежава точно онези свойства, които бихме могли да очакваме, ако в основата ѝ няма дизайн, предназначение, добро или зло — няма нищо, освен сяпко и безчувствено безразличие.“<sup>[19]</sup>

По същество Уайнбърг хвърля предизвикателство. Ако хората смятат, че вселената има някакъв смисъл, то какъв е той? Когато отправяме взор към безкрайните космически простори и виждаме как огромни звезди с маси много пъти превишаващи слънчевата се раждат и загиват в една все по-бързо разширяваща се от милиарди години вселена, трудно бихме могли да разберем защо всичко това трябва да е било направено само някакво си човечество, обитаващо обикаляща малка планета около невзрачно слънце, да намира смисъл в това.

Въпреки че изказванията му предизвикаха много разгорещени спорове, малцина учени тръгнаха да му противоречат. Все пак е интересно да се посочи, че когато Алан Лайтман и Роберта Брауър запитаха неколцина видни космолози дали споделят мнението на Уайнбърг, много малко от тях се съгласиха със суровото му становище за вселената. Една от онези, които твърдо застанаха в неговия лагер, бе Сандра Фабър от обсерваторията в Лик и Калифорнийския университет в Санта Круз: „Не вярвам, че Земята е била сътворена за хората. Нашата планета е възникнала вследствие на естествени процеси, както и животът и разумът. По абсолютно същия начин смятам, че вселената е резултат на естествен процес и появата ни в нея е изцяло следствие от действието на законите на физиката. Предполагам, че във въпроса се крие идеята за съществуването на

някаква движеща сила, която има за цел нещо отвъд човешкото съществуване. Не вярвам в това. Ето защо напълно споделям мнението на Уайнбърг, че от човешка гледна точка вселената е напълно лишена от смисъл.“<sup>[20]</sup>

Много повече обаче са космолозите, според които Уайнбърг не е прав и вселената наистина има смисъл, дори и да не са в състояние да посочат какъв точно.

Маргарет Гелър от Харвард отбелязва: „Моето виждане за живота е, че той е кратък и трябва да се изживее. Въпросът е да наберем колкото се може повече опит. Точно това се опитвам да направя. Опитвам се да създам нещо. Опитвам се да обучавам хората.“<sup>[21]</sup>

А някои наистина виждат вселената като творение на Бог, имащо определена цел. „Да, бих казал, че вселената определено има някакъв смисъл — казва Дон Пейдж от университета в Албърта и някогашен ученик на Стивън Хокинг. — Не знам какви са целите й, но според мен една от тях е хората да станат приятели на Бог. А може би по-голямата цел е прославата на Бог.“<sup>[22]</sup> Той вижда ръката на Бог дори в абстрактните правила на квантовата физика: „В известен смисъл, законите на физиката, изглежда, са аналогични на граматиката и езика, избрани от Бог.“<sup>[23]</sup>

Един от първите анализатори на общата теория на относителността Чарлс Майснер от университета в Мериленд също споделя виждането на Пейдж: „Имам чувството, че религията разглежда някои много сериозни въпроси като съществуването на Бог и родството му с хората. Това са истини, които може би някой ден ще се научим да оценим по различен начин и може би с различен език и на друго ниво... Така че според мен в религията има истина, че в този смисъл величието на вселената има значение и че ние трябва да почитаме и да се възхищаваме на нейния Създател.“<sup>[24]</sup>

Въпросът за Създателя поражда друг въпрос — може ли науката да каже нещо за съществуването на Бог? Според теолога Пол Тилич физиците са единствените учени, които могат да кажат думата „Бог“, без да се засрамят.<sup>[25]</sup> И наистина, физиците се отличават от всички останали учени при размишленията си върху един от най-големите въпроси на човечеството — съществува ли някакъв общ план? И ако

съществува, има ли дизайнер? Какъв е верният път към истината — разумът или откровението?

Струнната теория ни позволява да разглеждаме субатомните частици като ноти на трептяща струна; а законите на химията съответстват на мелодиите, които могат да се изсвирят на тези струни, докато законите на физиката олицетворяват хармониите. Вселената е една огромна струнна симфония, а умът на Бог може да се разглежда като трептяща през хиперпространството космическа музика. Ако тази аналогия е вярна, трябва да си зададем и следващия въпрос — има ли композитор? Дали някой е проектирал теорията, за да позволи изобилието от възможни вселени, които виждаме в струнната теория? Ако вселената е като фино настроен часовник, има ли часовникар?

В този смисъл струнната теория хвърля известна светлина и върху въпроса имал ли е Бог избор? Когато Айнщайн създавал теориите си, той винаги си задавал въпроса — как бих проектирал вселената самият аз? Айнщайн стига до идеята, че може би Бог не е имал избор по този въпрос. Струнната теория като че ли потвърждава това. Когато комбинираме теорията на относителността и квантовата теория, виждаме изпълнени с невидими, но фатални пропуски теории — дивергенции и аномалии, които разрушават цялата симетрия. Елиминирането им е възможно единствено чрез използването на мощни симетрии, а най-мощната от всички е симетрията в М-теорията. Ето защо може би има една-единствена уникална теория, която се подчинява на всички постулати, за които настояваме.

Попитали Айнщайн, който често пише надълго и нашироко за Стареца, дали съществува Бог. Според него съществуват два вида богове. Първият е личният бог — онзи, който отговаря на молитвите, богът на Авраам, Исаак и Мойсей, който разделя морета и върши чудеса. Това обаче не е богът, в когото биха повярвали повечето учени.

На едно място Айнщайн пише, че вярва в „Бога на Спиноза, който се разкрива в съществуващата хармония, а не в Бог, който е загрижен за съдбата и постъпките на човешките същества“<sup>[26]</sup>. Богът на Спиноза и Айнщайн е бог на хармонията, бог на разума и логиката. „Не мога да си представя Бог, който награждава и наказва собствените си творения... — пише Айнщайн. — Нито пък вярвам, че отделната личност оцелява след смъртта на тялото.“<sup>[27]</sup>

(Според „Божествена комедия“, в Първия кръг на Ада обитават душите на хората с добра воля и темперамент, които не са успели изцяло да прегърнат Иисус Христос. Там Данте открива Платон, Аристотел и други велики мислители и просветители. „Подозираме, че мнозина — вероятно повечето — съвременни учени ще се озоват в Първия кръг на Ада“<sup>[28]</sup>, отбелязва физикът Уилчек. Може би на това живописно място ще открием и Марк Твен, според когото вярата е „вяра в нещо, за което и последният глупак знае, че не е така“<sup>[29]</sup>.)

Аз лично смятам от чисто научна гледна точка, че може би най-силният аргумент за съществуването на Бог като онзи на Спиноза и Айнщайн идва от теологията. Ако някога се потвърди експериментално, че струнната теория е наистина „теория на всичко“, тогава трябва да се запитаме откъде са дошли самите уравнения. Ако общата теория на полето е наистина уникална, както смята Айнщайн, тогава трябва да се запитаме каква е причината за тази уникалност. Вярващите в такъв Бог физици смятат, че вселената е толкова прекрасна и проста, че фундаменталните ѝ закони не биха могли да са плод на случайност. Тя би била напълно различна и съставена от безжизнени електрони и неутрино, напълно неспособна да породи живот, а какво остава за разум.

Ако върховните закони на природата могат да се опишат с дълга не повече от сантиметър-два формула (както смятам аз и някои други физици), тогава възниква въпросът откъде се е появила тя?

Мартин Гарднър казва: „Защо ябълката пада? Заради закона за гравитацията. Защо има закон на гравитацията? Заради определени уравнения, които са част от теорията на относителността. И ако някой ден учените успеят да открият висшето уравнение, от което могат да се, извлекат всички физични закони, ще възникне въпросът — защо съществува това уравнение?“<sup>[30]</sup>

#### СЪЗДАВАНЕ НА СОБСТВЕН СМИСЪЛ

В крайна сметка лично аз смятам, че самото съществуване на едно-единствено уравнение, способно да опише цялата вселена по един подреден и хармоничен начин, говори за някакъв вид дизайн. Не вярвам обаче, че този дизайн придава собствен смисъл за човечеството. Независимо колко пленителна и елегантна може да бъде

тази последна формула на физиката, тя няма да повдигне духовете на милиардите и да им даде емоционално удовлетворение. Никаква магия от уравнение на космологията и физиката няма да омагьоса масите и да обогати духовния им живот.

За мен истинският смисъл на живота е в това, че ние си създаваме наш собствен смисъл. Съдбата ни е да ковим сами собственото си бъдеще, а не да го получим по благоволение свихе. Айнщайн някога призна, че е безсилен да удовлетвори надеждите на стотиците добронамерени хора, пишещи му купища писма с молба да им разкрие смисъла на живота. Алан Гът казва: „Няма нищо лошо в това да си задаваме такива въпроси, но не би трябвало да очакваме помъдри отговори от физиците. Дълбоко в себе си аз вярвам, че животът има цел — и в крайна сметка предполагам, че това е целта, която му даваме самите ние, а не е дело на някакъв вселенски дизайн.“<sup>[31]</sup>

Смятам, че Зигмунд Фройд с неговите размисли за тъмната страна на подсъзнанието е най-близо до истината, когато казва, че онова, което дава стабилност и смисъл на живота ни, е работата и любовта. Като конкретен фокус на нашия труд и мечти, работата може би ни създава чувството за отговорност и цел. Работата не само създава дисциплината и структурата на живота ни, но и поражда чувство на гордост, на радост от постигнатото и ни осигурява рамката на нашето удовлетворение. А любовта е най-важната съставка, която ни втъкава в обществото. Без любов сме загубени, празни, без корени. Превръщаме се в скитници в собствената си земя, необвързани с грижите на останалите.

Освен работата и любовта бих добавил още два елемента, които дават смисъл на живота ни. Първо, това е реализацията на талантите, с които сме се родили. Колкото и различно да сме надарени от съдбата с различни способности и сили, ние трябва да се опитаме да ги развием до максимум, а не да ги оставяме да атрофират и да загинат. Всички познаваме хора, които не оправдават обещанията, които са давали като деца. Мнозина от тях биват преследвани непрекъснато от образа на това, което биха могли да станат. Мисля, че вместо да обвиняваме съдбата, би трябвало да се приемем такива, каквито сме, и да се опитаме да реализираме мечтите, които са по силите ни.

Освен това вярвам, че трябва да оставим след себе си един подобър свят от онзи, който сме заварили. За нас това е важно,

независимо дали чрез разкриването на тайните на Природата спасяваме околната среда и работим за социална справедливост, или подхранваме любознателния трептящ дух на младите в ролята ни на техни наставници и учители.

#### ПРЕХОД КЪМ ЦИВИЛИЗАЦИЯ ОТ I ТИП

Във Второ действие на пиесата на Антон Чехов „Три сестри“ полковник Вершинин заявява: „След век или два, или след хилядолетие хората ще живеят по друг, по-добър и щастлив начин. Нас няма да ни има, за да го видим, но за това живеем, за това работим. Затова страдаме. Ние създаваме бъдещето. Това е целта на нашето съществуване. Единственото щастие за нас е да работим за тази цел.“

Вместо да изпадам в депресия от невъобразимите размери на вселената, аз лично съм очарован от идеята редом до нас да съществуват напълно различни светове. Живеем в епоха, когато едва започваме изследването на космоса с нашите сонди и орбитални телескопи, с теориите и уравненията си.

Освен това се чувствам привилегирован от възможността да живея във време, когато светът прави такива огромни героични крачки. Може би сме свидетели на най-големия преход в човешката история, преходът към цивилизация от I тип — може би най-важният, но и опасен период от развитието ни.

В миналото прадедите ни са живеели в суров и безмилостен свят. През по-голямата част от историята животът на хората е бил кратък и суров, продължаващ средно не повече от двадесет години. Хората живеели в постоянен страх от болести и били изцяло зависими от сляпата случайност. Изследванията на костите на нашите предшественици показват, че са били невероятно изтощени — свидетелство за тежкия товар и мъка, които понасяли ежедневно. Върху тях откриваме и издайническите следи от болести и ужасни нещастия. Дори в миналия век прадедите ни са живеели без предимствата на съвременното здравеопазване, антибиотиците, реактивните самолети, компютрите и другите електронни чудеса.

А нашите внуци ще живеят в зората на първата планетарна цивилизация на Земята. Ако не допуснем да бъдем заличени от бруталния си инстинкт за саморазрушение, децата ни ще живеят в епоха, в която нуждата, гладът и болестите вече няма да заплашват

съдбата ни. За първи път в човешката история ние разполагаме с такива мощни средства, че да сме в състояние да унищожим живота на планетата или да я превърнем в истински рай.

Като дете често се питах какво ли би било да живееш в далечното бъдеще. Днес смятам, че ако можех да избирам в коя епоха да живея, бих се спрял на съвременната. Живеем в най-вълнуващия период от човешката история, по времето на някои от най-големите космически открития и технологични постижения. Извършваме историческия преход от пасивни наблюдатели на танца на природата към хореографи, способни да манипулират живота, материята и разума. Заедно с тази огромна мощ обаче идва и невероятната ни отговорност да направим така, че да използваме мъдро и за доброто на човечеството плодовете на нашите усилия.

Живеещото днес поколение е може би най-важното в историята на човечеството от появата му на Земята. За разлика от нашите предшественици, ние държим в ръцете си бъдещето на нашия вид и от нас зависи дали ще се превърнем в цивилизация от I тип, или ще рухнем в бездната на хаоса, тоталното замърсяване и войната. Вземите от нас решения ще отекват напред в бъдещето. Начинът, по който разрешим глобалните проблеми, засягащи разпространението на ядрените оръжия, религиозните и етническите конфликти, ще определи дали ни очаква гибел, или ще положим основите на новата цивилизация. Може би смисълът и целта на сегашното поколение е да се погрижи преходът към цивилизация от I тип да бъде гладък и успешен.

Изборът е наш. Това е заветът на нашето поколение. Това е нашата съдба.

---

[1] Kaku 2, p. 334. ↑

[2] Calaprice, p. 202. ↑

[3] Calaprice, p. 213. ↑

[4] Kowalski, p. 97. ↑

[5] Ibid. ↑

[6] Croswell, p. 7. ↑

[7] Smoot, p. 24. ↑

[8] Barrow 1, p. 106. ↑

[9] Kowalski, p. 49. ↑

- [10] Kowalski, p. 71. ↑
- [11] Ibid. ↑
- [12] Kowalski, p. 19. ↑
- [13] Kowalski, p. 50. ↑
- [14] Chown, p. 30. ↑
- [15] Weinberg 3, p. 144. ↑
- [16] Weinberg 2, p. 231. ↑
- [17] Weinberg 2, p. 43. ↑
- [18] Ibid. ↑
- [19] Kowalski, p. 60. ↑
- [20] Lightman, p. 340. ↑
- [21] Lightman, p. 409. ↑
- [22] Ibid. ↑
- [23] Ibid. ↑
- [24] Lightman, p. 248. ↑
- [25] Weinberg 1, p. 242. ↑
- [26] Wilczek, p. 100. ↑
- [27] Kowalski, p. 168. ↑
- [28] Weinberg 1, p. 245. ↑
- [29] Kowalski, p. 24. ↑
- [30] Kowalski, p. 148. ↑
- [31] Croswell, p. 127. ↑



## ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК

**COBE (Cosmic Background Explorer)** — спътникът, който ни даде може би най-убедителното доказателство в подкрепа на теорията за Големия взрив, като измери лъчението на черното тяло, останало от първоначалното огнено кълбо. Резултатите бяха допълнени и обогатени от спътника *WMAP*.

**LHC (Large Hadron Collider)** — ускорител на частици за създаване на енергийни лъчи от протони недалеч от Женева, Швейцария. Когато бъде завършен, той ще може да предизвиква сблъсквания на частици с енергии, каквито не са виждани от времето на Големия взрив. Има надежда, че след включването му през 2007 г. ще бъдат открити Хигс-частици и *s*-частици.

**LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)** — най-големият в света детектор на гравитационни вълни, разположен в щата Вашингтон и в Луизиана, работещ от 2003 г.

**LISA (Laser Interferometry Space Antenna)** — група от три сателита, използващи лазерни лъчи за измерване на гравитационни вълни. Системата, която ще заработи след няколко десетилетия, може да се окаже достатъчно чувствителна, за да потвърди или отрече инфлационната теория, а вероятно и струнната теория.

**MACHO (Massive Compact Halo Object)** — масивни компактни хало-тела — тъмни звезди, планети, астероиди и др., които трудно могат да се регистрират с оптичен телескоп и вероятно са част от тъмната материя. Последните данни показват, че огромната част от тъмната материя не е съставена от *MACHO*.

**WIMP (Weakly Interacting Massive Particle)** — слабо взаимодействащи масивни частици, които по всяка вероятност съставляват по-голяма част от тъмната материя във вселената. Съществуването им се предполага от струнната теория.

**WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)** — микровълнова анизотропна сонда на Уилкинсън, изведена в космоса през 2001 г. и фотографирала небето, показвайки в детайли

микровълновото лъчение, създадено от Големия взрив преди 13,7 милиарда години.

**Антигравитация** — обратното на гравитацията, което означава сила на отблъскване вместо сила на привличане. Днес знаем, че антигравитацията наистина съществува. Вероятно тя е причина вселената да се е разширила рязко след Големия взрив и да продължава да се разширява все по-бързо и в момента. Силата на антигравитацията обаче е прекалено малка, за да се измери в лабораторни условия и затова няма практически последици. Антигравитацията се създава от отрицателната материя (която никога не е наблюдавана в природата).

**Антиматерия** — обратното на материя. Съществуването на антиматерията е предсказано за първи път от П. А. М. Дирак. Зарядът на античастиците е обратен на заряда на обикновените частици — антипротонът има отрицателен заряд, а антиелектронът (позитронът) — положителен. Когато частица и античастица се сблъскат, те се анихилират една друга. Досега най-сложният антиатом, получен в лабораторни условия, е атомът на антиводорода. Остава загадка защо нашата вселена е съставена предимно от материя, а не от антиматерия. Ако Големият взрив бе създал еднакви количества и от двете, те щяха да се анихилират взаимно и нас нямаше да ни има.

**Антропен принцип** — принцип, според който константите на вселената са настроени така, че да позволят съществуването на живот и разум. Според силния антропен принцип за настройването на физичните константи е необходима намесата на някакъв висш разум. Слабият антропен принцип просто гласи, че константите трябва да имат точно определени стойности, за да може да се появи разумът (в противен случай нямаше да ни има), но оставя отворен въпроса какво или кой е извършил настройката. Експериментите показват, че константите на природата наистина изглеждат фино настроени за възникването на живота и съзнанието. Някои смятат, че това е знак за съществуването на създател. Според други това е знак за съществуването на мултивселена.

**АПР-експеримент (експеримент на Айнщайн-Подолски-Розен)** — експеримент, който бе разработен с цел да опровергае квантовата теория, но всъщност потвърди, че вселената е нелокална. Ако при експлозия два кохерентни фотона полетят в противоположни посоки и ако техните спинове се запазят, то спинът на единия фотон

ще е обратен на спина на другия. Следователно с измерването на спина на единия фотон автоматически ще получим и спина на втория, а той може да се намира на другия край на вселената. Следователно информацията се движи по-бързо от светлината. (По този начин обаче не може да се изпрати никаква полезна информация.)

**Атомен разбивач** — разговорно название на ускорител на частици — устройство, с чиято помощ се създават потоци от субатомни частици, движещи се с близка до светлинната скорост. Най-големият ускорител е *LHC*, който предстои да бъде завършен недалеч от Женева, Швейцария.

**Барион** — частица като протона и неутрона, която се подчинява на силните взаимодействия. Барионите са вид хадрон (силно взаимодействаща частица). Днес знаем, че съставената от бариони материя е само малка част от материята във вселената и количеството ѝ е направо нищожно в сравнение с количеството тъмна материя.

**Бозон** — субатомна частица, чийто спин е цяло число, като фотона и предполагаемият гравитон. Бозоните се обединяват с фермионите чрез суперсиметрия.

**Брана** — съкращение от мембрана. Браните могат да имат до единадесет измерения. Те са в основата на М-теорията, която е основният кандидат за всеобща теория. Ако направим сечение на единадесетизмерна брана, ще получим десетизмерна струна. Ето защо струната е едно-брана.

**Бяло джудже** — финален етап от живота на звезда, съставена от леки елементи като кислород, литий, въглерод и т.н. тези елементи се откриват, когато червеният гигант изразходва горивото си от хелий и се свие. Обикновено белите джуджета са с приблизителните размери на Земята и тежат не повече от 1,4 слънчеви маси (в противен случай могат да колапсират).

**Вакуум** — празно пространство. Според квантовата теория обаче празното пространство е пълно с виртуални субатомни частици, които се появяват и изчезват за част от секундата. Вакуумът се използва и за описване на най-ниското енергийно състояние на дадена система. Смята се, че вселената е тръгнала от състояние на фалшив вакуум към съвременния истински вакуум.

**Велика обща теория (GUT — Grand Unified Theory)** — теория, която обединява слабото ядрено, силното ядрено и

електромагнитното взаимодействие (без гравитацията). Симетрията на  $GUT$ -теориите  $SU_{(5)}$  смесва кварки и лептони. В тези теории протоните са нестабилни и могат да се разпаднат в позитрони.  $GUT$ -теориите са нестабилни (освен ако не им се добави суперсиметрия) и не вземат предвид гравитацията (добавянето ѝ води до дивергенции и безкрайности).

**Виртуални частици** — частици, които се появяват за съвсем кратко време от вакуума и изчезват. По силата на принципа на неопределеността виртуалните частици нарушават законите за запазване, но за съвсем кратко време. Понякога виртуалните частици могат да станат реални, ако към вакуума се добави достатъчно енергия. В микроскопичен мащаб виртуалните частици могат да съдържат дупки-червеи и бебета-вселени.

**Вселена на Де Ситер** — космологично решение на уравненията на Айнщайн, според което вселената се разширява експоненциално. Основна роля играе космологичната константа, която създава експоненциалното разширяване. Смята се, че по времето на инфлацията вселената е била вселена на Де Ситер и че през последните 7 милиарда години постепенно отново е станала такава. Причината за това разширяване на Де Ситер е неизвестна.

**Вълнова функция** — вълна, която съпътства всяка субатомна частица. Това е математическо описание на вероятността да се открие положението и скоростта на която и да е частица. Шрьодингер е първият, извел уравненията за вълновата функция на електрона. В квантовата теория материята се състои от частици-точки, но вероятността за откриване на частицата се представя като вълнова функция. По-късно Дирак предложи вълново уравнение, което включва специалната теория на относителността. Днес цялата квантова физика, включително и струнната теория, се формулира чрез вълнови функции.

**Галактика** — огромно сгрупване, обикновено съдържащо стотина милиарда звезди. Галактиките са няколко вида, сред които елиптични, спираловидни (нормални или пресечени) и неправилни. Нашата галактика се нарича Млечен път.

**Големият взрив** — експлозията, която създава вселената и разхвърляла галактиките във всички посоки. При възникването на вселената температурата била невъобразимо висока, а плътността на материята — огромна. Според данните от спътника *WMAP* Големият

взрив е станал преди 13,7 милиарда години. Остатъчното лъчение от него се регистрира и днес като микровълново фонов лъчение. Разполагаме с експериментални „доказателства“ за Големия взрив — червеното отместване на галактиките, микровълновото фонов лъчение и ядрения синтез на елементите.

**Големият срыв** — окончателното свиване на вселената. Ако плътността на материята е достатъчно висока (ако стойността на Омега е по-голяма от единица), тогава количеството ѝ е достатъчно, за да спре разширяването на вселената и да я свие отново. В момента на Големия срыв температурата нараства безкрайно.

**Големият студ** — гибелта на вселената, когато температурата ѝ достигне абсолютната нула. Големият студ вероятно ще бъде последното състояние на нашата вселена, тъй като се смята, че сумата на Омега и Ламбда е единица и следователно вселената се разширява все по-бързо. В нея няма достатъчно материя, която да спре разширяването, поради което то по всяка вероятност ще продължи и за напред.

**Гравитационна вълна** — вълна на гравитацията, предсказана от общата теория на относителността. Тя бе косвено измерена чрез наблюдаване на обикалящи един около друг пулсари.

**Гравитон** — предполагаема субатомна частица, която е квант на гравитацията. Гравитонът има спин 2 и е прекалено малък, за да се наблюдава в лабораторни условия.

**Граница на Чандрасекар** — 1,4 слънчеви маси. Отвъд тази граница силата на гравитацията на едно бяло джудже става толкова голяма, че преодолява силата на отблъскване на електрона и свива звездата, създавайки свръхнова. Ето защо всички бели джуджета, които наблюдаваме във вселената, имат маса под 1,4 слънчеви маси.

**Декохерентност** — състояние, в което вълните вече не са във фаза една с друга. Декохерентността може да се използва за решаването на парадокса с котката на Шрьодингер. Според теорията за многото светове вълновите функции на живата и на мъртвата котка се разделят една от друга и затова не могат да си взаимодействат, което позволява котката, да бъде едновременно жива и мъртва. Вълновата функция на мъртвата котка и тази на живата могат да съществуват едновременно, но не могат да си взаимодействат. Декохерентността обяснява просто парадокса с котката, без да прави никакви

допълнителни предположения като колапсирането на вълновата функция.

**Детектор на гравитационни вълни** — ново поколение устройства, измерващи малките нарушения в гравитацията с помощта на лазерни лъчи. Възможно е детектори като *LIGO* скоро да открият гравитационни вълни. Детекторите могат да се използват за анализиране на лъчението от първата една трилионна от секундата след Големия взрив. Космическият детектор *LISA* може дори да ни даде първите експериментални доказателства за струнната или за някоя друга теория.

**Детерминизъм** — философия, според която всичко, дори бъдещето, е предопределено. Съгласно законите за движението на Нютон, ако знаем скоростта и положението на всички частици във вселената, по принцип можем да изчислим еволюцията на цялата вселена. Принципът на неопределеността обаче показва, че детерминизмът е погрешен.

**Деутерий** — ядрото на тежкия водород, състоящо се от един протон и един неутрон. Деутерият в космоса е получен предимно по времето на Големия взрив, а не от звездите, и сравнително големите му количества позволяват изчисляването на ранните състояния на Големия взрив. Голямото количество деутерий може да се използва и за опровергаването на теорията за стационарната вселена.

**Доплеров ефект** — промяната в честотата на вълна при движението на тяло към или от вас. Ако една звезда се движи към вас, честотата на светлината се увеличава и затова жълтата звезда изглежда леко синкава. Ако звездата се отдалечава, честотата на светлината намалява и жълтата звезда изглежда червеникава. Тази промяна в честотата може да се създаде и при разширяването на самото пространство между две точки, както е при разширяващата се вселена. Чрез измерване на отместването на честотата може да се изчисли скоростта, с която се отдалечава звездата.

**Екзотична материя** — нова форма материя с отрицателна енергия. Тя е различна от антиматерията, която има положителна енергия. Отрицателната материя би трябвало да има антигравитация и да се издига нагоре вместо да пада надолу. Ако съществува, екзотичната материя би могла да се използва за създаване на машина на времето. Никой обаче не е виждал екзотична материя.

**Екстрасоларна планета** — планета, обикаляща около друга звезда. Понастоящем са регистрирани над сто такива тела и темпото им на откриване е около две на месец. Повечето от тях за съжаление са подобни на Юпитер гиганти и не са благоприятни за живот. След няколко десетилетия ще разполагаме със сателити, способни да откриват подобни на Земята екстрасоларни планети.

**Електромагнитна сила** — силата на електричеството и магнетизма. Когато вибрират в унисон, те създават поле, което може да опише ултравиолетовото лъчение, радиовълните, гама-лъчите и т.н. — всички вълни, които се подчиняват на уравненията на Максвел. Електромагнитната сила е една от четирите фундаментални сили във вселената.

**Електрон** — субатомна частица с отрицателен заряд, която обикаля около ядрото на атома. Броят електрони около ядрото определя химичните свойства на атома.

**Електронволт** — енергията, която акумулира един електрон при преминаването му през потенциал един волт. За сравнение, химичните реакции обикновено използват енергии, измервани в електронволта или по-малко, докато при ядрените могат да достигнат стотици милиони електронволта. Съвременните ускорители могат да генерират частици с енергии, достигащи милиарди до трилиони електронволта.

**Ентропия** — мярка за липса на ред или за хаос. Според втория закон на термодинамиката общото количество ентропия във вселената расте и това означава, че рано или късно всичко се разпада. Приложен към вселената, този принцип означава, че тя ще клони към състояние на максимална ентропия, каквото е състоянието на еднороден газ при абсолютна нула. За обръщането на хода на ентропията в един ограничен район (хладилник например) е необходимо допълнително добавяне на енергия отвън. Но общото количество ентропия расте дори за хладилника (поради което задната му част е топла). Някои смятат, че вторият закон на термодинамиката в крайна сметка вещае гибелта на вселената.

**Ефект на Казимир** — отрицателна енергия, получена от две безкрайно дълги незаредени плочи, поставени близо една до друга. Виртуалните частици между тях упражняват по-малък натиск от този на виртуалните частици отвън, поради което плочите се привличат една към друга. Това слабо привличане може да се измери в

лабораторни условия. Ефектът на Казимир може да се използва за получаване на машина на времето или дупка-червей, стига получената енергия да е достатъчно голяма.

**Закон на Хъбъл** — колкото по-далеч е една галактика, толкова по-бързо се движи тя. Това наблюдение е направено през 1929 г. от Едуин Хъбъл и е в съответствие с теорията за разширяващата се вселена на Айнщайн.

**Закони за запазването** — закони, според които някои количества никога не се променят. Например закона за запазване на материята и енергията гласи, че общото количество материя и енергия във вселената е константно.

**Затворени времеподобни криви** — пътища от теорията на Айнщайн, които се връщат назад във времето. Те са невъзможни според специалната, но могат да съществуват според общата теория на относителността при наличието на достатъчна концентрация на положителна или отрицателна енергия.

**Златна зона** — тесен набор от параметри, в рамките на които е възможно възникването на разум. В този смисъл, Земята и вселената са „точно подходящи“ за образуването на съединенията, благодарение на които е възможен животът. Открити са редица златни зони за фундаменталните константи на вселената, както и за свойствата на Земята.

**Измерение** — координата или параметър, с чиято помощ се измерва пространството и времето. Познатата ни вселена има три пространствени и едно времево измерение. В струнната теория и М-теорията за описването на вселената ни трябва десет (единадесет) измерения, от които при лабораторни изследвания могат да се наблюдават само четири. Причината да не виждаме останалите измерения е или защото те са свити, или защото нашите трептения са ограничени до повърхността на мембрана.

**Изотоп** — вариант на елемента със същия брой протони, но с различен брой неутрони. Изотопите имат едни и същи химични свойства, но са с различна маса.

**Изпаряване на черна дупка** — лъчението, което успява да се измъкне от черната дупка. Съществува съвсем малка, но поддаваща се на изчисление вероятност черната дупка малко по малко да изпуска лъчение. Чрез това квантово изпаряване ще се освободи толкова



енергия, че черната дупка ще престане да съществува. Това лъчение е прекалено слабо, за да се наблюдава експериментално.

**Интерференция** — смесване на две вълни със слабо различаващи се фази или честоти, което създава характерен интерферентен профил. Чрез анализирането на този профил може да се регистрират разликите между вълни, различаващи се съвсем малко.

**Интерферометрия** — използване на интерференцията на светлинни вълни за откриването на малки разлики между вълни от два различни източника. Интерферометрията може да се използва за откриване на гравитационни вълни и други обекти, които трудно се регистрират по друг начин.

**Инфлационна теория** — теория, според която вселената се е разширила невероятно много в момента на възникването си. Инфлационната теория може да реши проблема с плоската вселена, монополусите и проблема с хоризонта.

**Инфрачервено лъчение** — топлинни или електромагнитни вълни, които са с малко по-ниска честота от тази на светлината.

**Йерархичен проблем** — нежелателно смесване между физиката на ниските енергии и дължината на Планк в *GUT*-теориите, което ги прави безсмислени. Йерархичният проблем може да се реши чрез добавяне на суперсиметрия.

**Квазар** — квазизвезден обект. Квазарите са огромни галактики, образувани малко след Големия взрив, с грамадни черни дупки в центъра. Фактът, че днес не наблюдаваме квазари е един от начините да се опровергае теорията за стационарната вселена, според която и преди милиарди години вселената е изглеждала по същия начин, по който я виждаме и сега.

**Квантов скок** — внезапна промяна на състоянието на даден обект, който е недопустим в класическата физика. Електроните на атома правят квантови скокове между орбитите, като при това поглъщат или изпускат светлина. Възможно е вселената да представлява подобен квантов скок от нищото.

**Квантова гравитация** — форма на гравитация, която се подчинява на квантовия принцип. В такъв вид се получава порция гравитация, която се нарича гравитон. Обикновено при квантирането на гравитацията се оказва, че нейните квантови флуктуации са безкрайни и това прави теорията безсмислена. Понастоящем струнната

теория е единственият кандидат, способен да премахне тези безкрайности.

**Квантова механика** — предложената през 1925 г. завършена квантова теория, която замести „старата квантова теория“ на Планк и Айнщайн. За разлика от старата теория, която е хибрид от класически концепции и по-нови квантови идеи, квантовата механика се основава на вълновите функции и принципа на неопределеността и представлява значително отдалечаване от класическата физика. Засега в лабораторни условия не са наблюдавани никакви отклонения от квантовата механика. Най-развитата ѝ съвременна форма се нарича квантова теория на полето, която комбинира специалната теория на относителността и квантовата механика. Формулирането на изцяло квантова механична теория на гравитацията обаче е изключително трудно.

**Квантова пяна** — малки, подобни на пяна изкривявания на континуума пространство-време при Планкова дължина. Ако можем да погледнем тъканта на континуума пространство-време под такова силно увеличение, ще видим малки мехури и дупки-червеи, които приличат на пяна.

**Квантова теория** — теорията на физиката на елементарните частици, една от най-успешните теории на всички времена. Квантовата теория и теорията на относителността представляват цялото физично познание на фундаментално ниво. Най-общо казано, квантовата теория се основава на три принципа: 1) енергията се състои от дискретни порции, наречени кванти; 2) материята се основава на частици-точки, но вероятността за откриването им се дава като вълна, която се подчинява на вълновото уравнение на Шрьодингер; 3) за определянето на окончателното състояние на даден обект е нужно измерване, което колапсира вълновата му функция. Постулатите на квантовата теория са обратни на тези на общата теория на относителността, която е детерминистична и се основава на гладки повърхности. Съчетаването на теорията на относителността и квантовата теория е един от най-големите проблеми на съвременната физика.

**Квантова флуктуация** — малки вариации от класическите теории на Нютон и Айнщайн вследствие принципа на неопределеността. Самата вселена може да е възникнала като квантова флуктуация в нищото (хиперпространството). Квантовите флуктуации

по времето на Големия взрив са съвременните галактически купове. Проблемът с квантовата гравитация, който в продължение на много десетилетия не позволяваше създаването на единна теория на полето, се състои в това, че квантовите флуктуации на гравитацията са безкрайни, което е безсмислено. Засега единствено струнната теория е в състояние да премахне квантовите флуктуации на гравитацията.

**Кварк** — субатомна частица, от която са изградени протонът и неутронът. Три кварка правят един протон или неутрон, двойка кварк и антикварк правят мезон. Кварките са част от Стандартния модел.

**Класическа физика** — физиката преди появата на квантовата теория, основаваща се на детерминистичната теория на Нютон. Част от класическата физика е и теорията на относителността, тъй като тя не включва принципа на неопределеността. Класическата физика е детерминистична — т.е., можем да предскажем бъдещето, ако знаем движението на всички частици в настоящето.

**Компактификация** — процесът на свиване на нежеланите измерения на пространството и времето. Тъй като струнната теория съществува в десетизмерно хиперпространство, а ние живеем в четириизмерен свят, трябва по някакъв начин да свием шест от десетте измерения на толкова малка топка, че дори атомите да не могат да избягат в тях.

**Константа на Хъбъл** — скоростта на галактика с червено отместване, разделена на разстоянието до нея. Константата на Хъбъл измерва скоростта на разширяване на вселената. Колкото по-ниска е константата, толкова по-стара е вселената. Спътникът *WMAP* установи, че константата на Хъбъл е 71 км/сек на един милион парсека, или 21,8 км/сек на един милион години, с което бе сложен край на дългите спорове около нея.

**Копенхагенска школа** — школата на Нилс Бор, според която дадено тяло трябва да се наблюдава, за да може неговата вълнова функция да „колапсира“ в определено състояние. Преди акта на наблюдението всички тела съществуват във всички възможни състояния — дори и в абсурдните. Тъй като не наблюдаваме едновременно мъртви и живи котки, Бор трябвало да приеме съществуването на „стена“, която разделя субатомния свят от света, който наблюдаваме със собствените си сетива. Тази интерпретация среща съпротива, тъй като представлява отделяне на квантовия свят

от обичайния макроскопичен свят. Редица физици смятат, че светът около нас също трябва да се подчинява на квантовата теория. Благодарение на постиженията в областта на нанотехнологиите съвременните учени могат да манипулират отделните атоми и затова разбираме, че между двата свята не съществува никаква „стена“. Ето защо проблемът с котката се появява отново.

**Космическа струна** — остатък от Големия взрив. Теории предсказват, че биха могли да се запазят останки от Големия взрив във формата на огромни космически струни с размерите на галактика или още по-големи. Сблъсъкът на две космически струни може да направи възможни определени начини за пътуване във времето.

**Космическо микровълново фоново лъчение** — остатъчното лъчение от Големия взрив, което продължава да обикаля вселената. За първи път е предсказано през 1948 г. от Джордж Гамов и екипа му. Температурата му е 2,7 градуса над абсолютната нула. Откриването му от Пензиас и Уилсън бе най-убедителното „доказателство“ за Големия взрив. Днес учените измерват малките отклонения във фоновото лъчение, за да намерят доказателства за инфлационната или други теории.

**Кохерентно лъчение** — лъчение, което е във фаза със самото себе си. Кохерентното лъчение като онова, което имаме при лазерния лъч, може да бъде накарано да влезе в интерференция със самото себе си и по този начин да регистрира слаби отклонения в движението или позицията. Този принцип се използва при интерферометрите и детекторите на гравитационни вълни.

**Критична плътност** — плътност на вселената, която я поставя в състояние между постоянно разширяване или повторно свиване. Критичната плътност, измерена в определени единици, е  $\Omega = 1$  (а  $\Lambda = 0$ ); така вселената се намира в балансирано положение между две алтернативни бъдещи — Големия студ или Големия срыв. Днес получените от спътника *WMAP* данни показват, че  $\Omega + \Lambda = 1$ , което е в съгласие с положенията, произтичащи от инфлационната теория.

**Лазер** — устройство за създаване на кохерентно светлинно излъчване. *Laser* е съкращение от *Light Amplification through Stimulated Emission of Radiation* (усилване на светлината чрез стимулирано

лъчение). По принцип единствената граница за количеството енергия в лазерния лъч е стабилността на устройството.

**Ламбда** — космологичната константа, която измерва количеството тъмна енергия във вселената. Съвременните данни сочат, че сборът на Омега и Ламбда е единица, което е в съответствие с предположението, произтичащо от инфлационната теория и плоската вселена. Ламбда, за която в началото се е смятало, че има стойност 0, определя крайната участ на вселената.

**Лептон** — слабо взаимодействаща частица като електрона или неутрино и нейните следващи поколения като мюон. Физиците смятат, че цялата материя се състои от хадрони и лептони (силно и слабо взаимодействащи частици).

**Лещи и пръстени на Айнщайн** — оптично изкривяване на звездната светлина при преминаването ѝ през междугалактическото пространство, предизвикано от гравитацията. Често отдалечените галактически купове приличат на пръстени. Лещите на Айнщайн могат да се използват за изчисляване на редица ключови величини, в това число количеството тъмна материя и дори стойностите на Ламбда и на константата на Хъбъл.

**Лъчение на черното тяло** — лъчението от горещо тяло, намиращо се в термално равновесие с околната среда. Ако вземем едно кухо тяло (черно тяло), загреем го, изчакаме го да достигне термално равновесие и пробием в него малък отвор, излизащото от него лъчение ще бъде лъчението на черното тяло. Слънцето, нагорещеният ръжен и лавата изпускат приблизително лъчение на черното тяло. Това лъчение има специфична честотна зависимост, която лесно може да се измери със спектрометър. Изпълващото вселената микровълново фоново лъчение се подчинява на формулата за лъчение на черното тяло, давайки ни конкретни сведения за Големия взрив.

**Мембрана** — разтегната повърхност с произволен брой измерения. Нула-браната е частица-точка. Едно-браната е струна. Двубраната е мембрана. Мембраните са основна част от М-теорията. Струните могат да се разглеждат като мембрани с едно свито измерение.

**Микровълново фоново лъчение** — остатък от първоначалното лъчение на Големия взрив, чиято температура е около  $2,7^{\circ}\text{K}$ . Малките

отклонения в него дават на учените безценни данни, които могат да потвърдят или отхвърлят редица космологични теории.

**Многообразие на Калаби-Яу** — шестизмерно пространство, което се получава, когато вземем десетизмерна струнна теория и свием шест от измеренията ѝ в малка топка, оставяйки четириизмерно суперсиметрично пространство. Пространствата на Калаби-Яу са множествено свързани — т.е., в тях има дупки, които могат да определят броя на поколенията кварки, съществуващи в нашето четириизмерно пространство. Тези многообразия са важни за струнната теория, тъй като много от свойствата им, като например броя на дупките, могат да определят броя кварки, съществуващи в четириизмерното ни пространство.

**Монополус** — един-единствен магнитен полюс. Магнитите представляват неразделна двойка от северен и южен полюс, затова монополусите никога не са били наблюдавани в лабораторни условия. По време на Големия взрив би трябвало да са били създадени множество монополуси, но днес не можем да открием нито един — вероятно с инфлацията на вселената гъстотата им е намаляла.

**Мост Айнщайн-Розен** — дупка-червей, свързваща две решения на черни дупки. Мостът Айнщайн-Розен първоначално трябвало да представлява субатомна частица като електрона в общата теория на полето на Айнщайн. По-късно той се използва за описване на континуума пространство-време близо до центъра на черна дупка.

**М-теория** — най-развитата версия на струнната теория. М-теорията съществува в единадесетизмерно пространство, в което може да има две дву-брани и пет-брани. Има пет начина, по които М-теорията може да се сведе до десет измерения и така да се получат петте известни ни суперструнни теории, които по този начин се оказват варианти на една и съща теория. Уравненията на М-теорията са напълно неизвестни.

**Мултивселена** — множество вселени. Смятана в миналото за чисто спекулативна, днес мултивселената се разглежда като особено важна за разбирането на ранната вселена. Съществуват няколко форми на мултивселената, които са тясно свързани помежду си. Квантовата теория има мултивселена от квантови състояния. Приложено към вселената, това означава, че би трябвало да има безкрайно много паралелни вселени, които се разделят една от друга. Инфлационната

теория обяснява чрез мултивселената как е започнало и спряло рязкото разширяване. Струнната теория използва мултивселената заради огромния брой от възможни решения. В М-теорията тези вселени могат да се сблъскват една с друга. От философска гледна точка, мултивселената може да се използва за обясняване на антропния принцип.

**Мюон** — субатомна частица, идентична с електрона, но с по-голяма маса. Мюонът се отнася към второто поколение частици на Стандартния модел.

**Нарушаване на симетрията** — нарушаването на симетрията в квантовата теория. Смята се, че преди Големия взрив вселената е била в състояние на пълна симетрия. С разширяването и охлаждането ѝ четирите фундаментални сили и техните симетрии са се отделили. Днес вселената е ужасно несиметрична и четирите сили са отделени една от друга.

**Неутрино** — призрачна субатомна частица с почти нулева маса. Неутриното взаимодейства много слабо с другите частици и може да измине няколко светлинни години, без да си взаимодейства с каквото и да било. Тези частици се излъчват в огромни количества от свръхновите. Количеството неутрино е толкова голямо, че загрява газовете около колапсиралата звезда и така става причина за избухването на свръхнова.

**Неутрон** — неутрална субатомна частица, която заедно с протона образува ядрото на атома.

**Неутронна звезда** — колапсирала звезда, състояща се от плътна маса неутрони. Обикновено диаметърът ѝ е между 15 и 25 км. При въртенето си неутронната звезда излъчва енергия на неравни интервали и в такъв случай се нарича пулсар. Ако масата на неутронната звезда е голяма (около 3 слънчеви маси), тя може да колапсира в черна дупка.

**Обща теория на относителността** — теорията на Айнщайн за гравитацията. Вместо да я разглежда като сила, теорията на Айнщайн свежда гравитацията до страничен продукт на геометрията — изкривяването на пространството създава впечатлението за привличане. Тази теория е доказана експериментално с точност над 99 процента и предсказва съществуването на черни дупки и разширяването на вселената. Тя обаче не важи в центъра на черна

дупка или в момента на Големия взрив, тъй като предположенията там са невъзможни. За обясняването на тези феномени трябва да се използва квантовата теория.

**Обща теория на полето** — търсената от Айнщайн теория, която би трябвало да обедини всички сили на природата в една последователна теория. Днес водещ кандидат е струнната теория или М-теорията. Първоначално Айнщайн смятал, че тази обща теория би могла да обедини теорията на относителността и квантовата теория, при което няма да има нужда от вероятности. Струнната теория обаче е квантова и като такава използва вероятности.

**Омега** — величината, която измерва средната плътност на материята във вселената. Ако Ламбда е нула и Омега е по-малка от единица, вселената ще се разширява безкрайно в Големия студ. Ако Омега е по-малка от единица, количеството материя е достатъчно, за да спре разширяването и вселената да започне да се свива, докато не настъпи Големият срив. Ако Омега е единица, вселената е плоска.

**Отрицателна енергия** — енергия, чиято стойност е по-малка от нула. Материята има положителна енергия, а гравитацията — отрицателна. В много космологични модели двете могат да се унищожат взаимно. Квантовата теория позволява съществуването на друг вид отрицателна енергия поради ефекта на Казимир и други ефекти, която може да се използва за стабилизирането на дупка-червей.

**Парадокс на дядото** — парадокс, при който се връщате в миналото и извършвате нещо, което прави настоящето невъзможно. Ако се върнете в миналото и убиете родителите си, преди да се родите, вашето собствено съществуване става невъзможно. Този парадокс може да се реши или ако се допусне ограничаване на свободната воля, така че да можете да пътувате в миналото, но не и да го промените, или ако се приеме съществуването на паралелни вселени.

**Парадокс на Олбърс** — или защо нощното небе е черно. Ако вселената е безкрайна и еднородна, до нас би трябвало да достига светлината на безброй звезди и следователно небето би трябвало да е бяло, а това противоречи на наблюденията. Парадоксът се обяснява с Големия взрив и ограничената продължителност на живот на звездите.

**Парадоксът с котката на Шрьодингер** — или дали една котка може да бъде едновременно жива и мъртва. Според квантовата теория



затворената в кутия котка може да бъде едновременно и жива, и мъртва, докато не се направи наблюдение, което звучи абсурдно. Докато не направим измерването, трябва да имаме предвид вълновата функция на котката във всичките ѝ възможни състояния (мъртва, жива, тичаща, спяща, ядяща и т.н.). Съществуват два основни начина за решаването на парадокса — или да приемем, че съзнанието определя битието, или че съществуват безброй паралелни вселени.

**Пертурбационна теория** — процесът, чрез който физиците решават квантовите теории чрез сумиране по безброй малки корекции. Почти всички изследвания върху струнната теория са направени чрез струнната пертурбационна теория, като това води до нарушаването на суперсиметрията. Ето защо се нуждаем от други средства за решаване на струнната теория, които все още не съществуват в никакъв систематизиран вид.

**Планкова дължина** —  $10^{-33}$  см. Това е размерът на Големия взрив, когато силата на гравитацията е била толкова голяма, колкото и на останалите. На тази дължина континуума пространство-време става подобен на пяна от малки мехурчета, появяващи се и изчезващи във вакуума.

**Планкова енергия** —  $10^{19}$  милиарда електронволта. Вероятно това е енергията на Големия взрив, когато всички сили са били обединени в една суперсила.

**Поле на Хигс** — поле, което разрушава симетрията на *GUT*-теориите при преминаването от фалшив към истински вакуум. Полетата на Хигс са причина за появата на масата в *GUT*-теорията и могат да се използват за обясняване на инфлацията. Физиците се надяват, че *LHC* най-сетне ще открие поле на Хигс.

**Принцип на неопределеността** — принципът, според който не можем да знаем с безкрайна точност едновременно местоположението и скоростта на частица. Неопределеността в положението на частицата, умножена по неопределеността на скоростта ѝ трябва да бъде по-голяма или равна на половината от константата на Планк. Принципът на неопределеността е най-важният компонент на квантовата теория и въвежда принципа на вероятността във вселената. Благодарение на постиженията в областта на нанотехнологиите, днес учените могат да манипулират отделни атоми и така да проверят принципа на неопределеността в лабораторни условия.

**Проблем с хоризонта** — или защо вселената е така еднородна накъдето и да погледнем. Дори противоположните райони в небето са еднородни и това е странно, тъй като не биха могли да бъдат в термален контакт в началото на времето (тъй като скоростта на светлината е крайна). Това може да се обясни, ако Големият взрив е започнал като малка точка, която след това се е разширила до съвременната вселена.

**Проблемът с плоската вселена** — или фината настройка, необходима за получаването на плоска вселена. За да бъде Омега приблизително равна на единица, тя трябва да е била настроена невероятно точно в момента на Големия взрив. Съвременните експерименти показват, че вселената е плоска и следователно или е била фино настроена по време на Големия взрив, или се е разширила много рязко.

**Променлива звезда (цефеида)** — звезда, чиято яркост варира с точно определен и поддаващ се на изчисление ритъм. Астрономите използват тези обекти като „стандартна свещ“ за определяне на разстоянията. Благодарение на променливите звезди Хъбъл успява да изчисли разстоянието до съседните галактики.

**Просто свързано пространство** — пространство, в което всяко ласо или примка може да бъде свито до точка. Плоското пространство е просто свързано, но де и пространството на поничка или на дупка-червей.

**Протон** — положително заредена субатомна частица, която заедно с неутроните образува атомното ядро. Протоните са стабилни, но според предположенията на *GUT*-теорията би трябвало да се разпаднат след продължителен период.

**Пулсар** — въртяща се неутронна звезда. Тъй като излъчването му е неравномерно, пулсарът прилича на въртящ се фар.

**Радиус на Шварцшилд** — радиусът на хоризонта на събитията на черна дупка. За Слънцето радиусът на Шварцшилд е около 3 км. Когато една звезда се свие в рамките на своя събитийен хоризонт, тя колапсира в черна дупка.

**Рентгенов телескоп „Чандра“** — космически телескоп, който може да улавя рентгенови лъчи от черни дупки и неутронни звезди.

**Светлинна година** — разстоянието, изминавано от светлината за една година, или около 9,46 трилиона км. Най-близката звезда се

намира на около четири светлинни години, а диаметърът на Млечния път е около 100 000 светлинни години.

**Свръхнова тип Ia** — свръхнова, често използвана като „стандартна свещ“ за измерване на разстояния. Появява се в двойна звездна система, при която бяло джудже изсмуква материя от звездата спътник и масата ѝ прехвърля границата на Чандрасекар, което води до експлозия.

**Свръхнова** — експлодираща звезда. Яркостта ѝ е толкова голяма, че понякога може да засенчи цяла галактика. Има няколко типа свръхнови, най-интересни от които са свръхновите от тип Ia. Всички свръхнови могат да се използват като „стандартни свещи“ за измерване на разстоянията между галактиките. Свръхновите от тип Ia се получават, когато бяло джудже засмуква материя от своята звезда съсед и премине границата на Чандрасекар, което води до внезапен колапс и експлозия.

**Свързано пространство** — пространство, в което ласо или примка не може да се свие до точка. Например примката около поничка не може да се свие до точка, тъй като поничката е свързана. Дупките-червеи са пример за свързани пространства, тъй като примката около отвора им не може да се свие.

**Сила на отблъскване на електроните** — при умиращата звезда това е силата на отблъскване, която не позволява на електроните и неутроните да колапсират. За едно бяло джудже това означава, че гравитацията може да стане по-голяма от тази сила, ако масата му е по-голяма от 1,4 слънчеви маси. Тази сила произлиза от принципа на изключване на Паули, според който два електрона не могат да имат едно и също квантово състояние. Ако гравитацията е достатъчно голяма, за да преодолее тази сила, бялото джудже ще колапсира и след това ще експлодира.

**Силно ядрено взаимодействие** — силата, която задържа ядрото в едно цяло. Силното ядрено взаимодействие е една от четирите фундаментални сили във вселената. Физиците използват квантовата хромодинамика, за да опишат силните взаимодействия, основаващи се на кварки и глюони със симетрия  $SU(3)$ .

**Симетрия** — разместване или преподреждане на обект, при което той остава непроменен. Снежинките са непроменени, ако ги завъртим на 60-кратен брой градуси. Окръжностите са непроменени

при завъртане под какъвто и да е ъгъл. Кварковият модел остава непроменен при разместването на трите кварка, което ни дава симетрия  $SU(3)$ . Струните са непроменени при суперсиметрия и при конформално деформиране на повърхността ѝ. Симетрията е критично важна във физиката, тъй като благодарение на нея могат да се елиминират много от дивергенциите на квантовата теория.

**Сингулярност** — състояние на безкрайна гравитация. Общата теория на относителността предсказва съществуването на сингулярност в центъра на черна дупка и в момента на възникването на вселената. Сингулярността се смята за провал на общата теория на относителността, тъй като налага въвеждането на квантова теория на гравитацията.

**Синтез** — процес на сливане на протони или други леки ядра в тежки, при което се отделя енергия. Синтезът на хелий от водород създава енергията на звездите като нашето Слънце. Синтезът на леките елементи по времето на Големия взрив ни дава относително голямото количество леки елементи като хелия.

**Синьо отместване** — нарастване на честотата на звездната светлина поради доплеровия ефект. Ако към нас се движи жълта звезда, светлината ѝ ще изглежда леко синкава. Рядко в дълбокия космос се наблюдават галактики със синьо отместване. Подобно отместване може да се получи и при свиване на пространството чрез гравитация или изкривяващ пространството космически двигател.

**Слабо взаимодействаща масивна частица** — смята се, че това е основната частица на тъмната материя във вселената. Едни от основните кандидати за тях са предсказаните от струнната теория  $s$ -частици.

**Слабо ядрено взаимодействие** — силата в ядрото на атома, благодарение на която ядрото може да се разпадне. Тази сила не е достатъчно голяма, за да задържи ядрото в едно цяло, и затова то може да се разпадне. Слабото ядрено взаимодействие действа върху лептони (електрони и неутрони) и се носи от  $W^-$  и  $Z$ -бозони.

**Спектър** — различните цветове или честоти на светлината. Чрез анализ на спектъра на звездната светлина може да се определи, че звездите са съставени предимно от водород и хелий.

**Специална теория на относителността** — теорията на Айнщайн от 1905 г., основаваща се на константната скорост на

светлината. Като следствие от нея с увеличаването на скоростта времето забавя хода си, масата се увеличава, а разстоянията се скъсяват. Освен това материята и енергията са свързани чрез уравнението  $E = mc^2$ . Едно от последствията на специалната теория на относителността е създаването на атомната бомба.

**Стандартен модел** — най-успешната квантова теория на слабото ядрено, електромагнитното и силното ядрено взаимодействие. Стандартният модел се основава на  $SU_{(3)}$  симетрията на кварките,  $SU_{(2)}$  симетрията на електрони и неутрони и  $U_{(1)}$  симетрията на светлината. В теорията се съдържат голяма колекция от частици — кварки, глюони, лептони,  $W$ - и  $Z$ -бозони и Хигс-частици. Стандартният модел не може да бъде „теорията на всичкото“, тъй като: а) изобщо не взема предвид гравитацията; б) има деветнадесет свободни параметъра, които трябва да се нагласят ръчно, и в) допуска три идентични поколения кварки и лептони, което е излишно раздуване. Стандартният модел може да се вмести в  $GUT$ -теория и евентуално в струнна теория, но засега няма експериментални доводи нито за едното, нито за другото.

**Стандартна свещ** — стандартен източник на светлина, който е един и същ в цялата вселена, което позволява на учените да изчислят астрономическите разстояния. Колкото по-слаба е стандартната свещ, толкова по-далеч се намира тя. Щом знаем яркостта на стандартната свещ, можем да измерим разстоянието до нея. Днес като стандартни свещи се използват свръхновите от тип Ia и цефеидите.

**Струнна теория** — теория, основаваща се на малки трептящи струни, при която всяко трептене съответства на субатомна частица. Това е единствената теория, способна да съчетае гравитацията и квантовата теория. Това я прави водещ кандидат за всеобща теория. Струнната теория е математически последователна в десет измерения. Най-новата ѝ версия се нарича М-теория, която се дефинира в единадесет измерения.

**Суперсиметрия** — симетрията, при която могат да се разменят фермиони и бозони. Суперсиметрията решава проблема с йерархията и помага за елиминирането на всички оставащи дивергенции в рамките на суперструнната теория. Това означава, че всички частици в Стандартния модел трябва да имат партньори, наречени s-частици, които досега не са били наблюдавани в лабораторни условия.

Суперсиметрията по принцип е в състояние да обедини всички частици на вселената в един обект.

**Теория за многото светове** — квантова теория, според която всички възможни квантови вселени могат да съществуват едновременно. Тази теория решава парадокса с котката на Шрьодингер, като заявява, че вселената се разделя при всяко квантово съединение и следователно котката може да бъде жива в една вселена и мъртва в друга. Напоследък все повече физици се обявиха в подкрепа на тази теория.

**Теория за стационарната вселена** — теория, според която вселената не е имала начало, а непрекъснато създава материя при разширяването си и така поддържа една и съща плътност. Тази теория бе отхвърлена поради ред причини, една от които е микровълновото фоново лъчение и откритието, че квазарите и галактиките имат различни еволюционни фази.

**Теория на Калуза-Клайн** — теорията на Айнщайн, формулирана за пет измерения. Когато се редуцира до четири измерения, теорията на Айнщайн се оказва обединена с теорията на Максвел за светлината. Така това е първото нетривиално обединение на светлината и гравитацията. Днес теорията на Калуза-Клайн е част от струнната теория.

**Теория на относителността** — специалната и общата теория на относителността на Айнщайн. Първата разглежда светлината и плоското четириизмерно пространство-време, основавайки се на принципа, че скоростта на светлината е постоянна във всички времеви отрязъци. Втората теория разглежда гравитацията и изкривеното пространство и се основава на принципа, че привличането и ускорението са неразличими едно от друго. Вzeti заедно, теорията на относителността и квантовата теория представляват цялото познание на физиката.

**Термодинамика** — физика на топлината. Съществуват три закона на термодинамиката: 1) закон за запазване на материята и енергията; 2) закон за нарастване на ентропията и 3) не може да се достигне абсолютна нула. Термодинамиката показва как може да загине вселената.

**Тунелиране** — процес, при който частиците могат да преминат установените от Нютоновата механика граници. Тунелирането е

причината за радиоактивното алфа-разпадане и е страничен продукт на квантовата теория. Вселената може да е възникнала чрез тунелиране. Смята се, че е възможно тунелиране между вселени.

**Тъмна енергия** — енергията на празното пространство. Въведена за първи път през 1917 г. от Айнщайн и след това отхвърлена, тази енергия според съвременните данни е преобладаващата форма на материя/енергия във вселената. Произходът ѝ е неизвестен, но именно тя може би ще докара вселената до Големия студ. Количеството тъмна енергия е пропорционално на обема на вселената. Най-новите данни показват, че 73 процента от материята/енергията във вселената са под формата на тъмна енергия.

**Тъмна материя** — невидима материя, която има маса, но не взаимодейства със светлината. Обикновено тъмната материя се открива като хало около галактиките. Масата ѝ надвишава около 10 пъти масата на обикновената материя. Тъмната материя може да се измери косвено, тъй като изкривява звездната светлина с гравитацията си подобно на леща. Според последните данни тъмната материя съставлява около 23 процента от общото количество материя/енергия във вселената. Според струнната теория, тъмната материя може би е съставена от субатомни частици като неутралино, които представляват по-високи трептения на суперструната.

**Уравнения на Максвел** — фундаменталните уравнения за светлината, изведени през 60-те години на XIX в. от Джеймс К. Максвел. Те показват, че електрическото и магнитното поле могат да се превръщат едно в друго. Максвел показал, че това преобразуване е вълнообразно и създава електромагнитно поле, движещо се със скоростта на светлината. Това го накарало да направи дръзкото предположение, че това е светлина.

**Фалшив вакуум** — състояние на вакуума, в което енергията не е с най-ниска стойност. Фалшивият вакуум може да бъде състояние на свършена симетрия, каквато може би е имало в момента на Големия взрив, така че при преминаване към по-ниско енергийно състояние симетрията се нарушава. Фалшивият вакуум е нестабилен и неминуемо преминава в истински, който е с по-ниско енергийно състояние. Идеята за фалшив вакуум е жизненоважна за инфлационната теория, според която вселената е започнала съществуването си като вселена на Де Ситер.

**Фермион** — субатомна частица със спин половин цяло число, като протон, електрон, неутрон и кварк. Фермионите и бозоните могат да се обединят чрез суперсиметрия.

**Фина настройка** — изключително прецизна настройка на даден параметър. Физиците не харесват фината настройка, смятат я за изкуствена и измислена и се опитват да наложат физични принципи, които елиминират нуждата от нея — например необходимата за обясняването на плоската вселена фина настройка може да се обясни с инфлацията, а фината настройка, нужна за решаването на главния проблем в общата теория, може да се смени с използването на суперсиметрия.

**Фотон** — частица или квант на светлината. Фотонът бе предложен за първи път от Айнщайн, за да обясни фотоелектрическия ефект (излъчването на електрони от метал под въздействието на светлината).

**Фридманова вселена** — най-общото космологично решение на уравненията на Айнщайн, основано на еднородна, изотропна, хомогенна вселена. То е динамично решение, основано на стойностите на Омега и Ламбда, при което вселената може да се разшири до Голям студ, да колапсира в Голям свив или да се разширява и за напред.

**Хаотична инфлация** — предложена от Андрей Линде версия на рязкото разширяване, което става хаотично. Това означава, че вселената може непрекъснато и безразборно да поражда нови вселени, създавайки по този начин мултивселена. Хаотичната инфлация е един от начините за решаването на проблема със спирането на инфлацията, тъй като при нея имаме разнообразно поколение от всички типове разширяващи се вселени.

**Хетеротична струнна теория** — физически най-реалистичната струнна теория. Симетричната ѝ група е  $E_{(8)} \times E^8$ , което е достатъчно да включи симетрията на Стандартния модел. Чрез М-теорията хетеротичната струна може да се покаже като еквивалентна на останалите четири струнни теории.

**Хокингово лъчение** — лъчението на бавно изпаряваща се черна дупка. Има формата на лъчение на черното тяло със специфична температура и се дължи на факта, че квантовите частици могат да преодолеят гравитационното поле около черната дупка.



**Хоризонт на събитията** — граница около черната дупка, отвъд която връщането е невъзможно. Преди събитийния хоризонт се смяташе за сингулярност от безкрайна гравитация, но по-късно се оказа, че е артефакт от използваните за описанието му координати.

**Хоризонт** — най-далечната точка, която можем да видим. Около черната дупка има магическа сфера — радиусът на Шварцшилд, или точката, от която връщане назад няма.

**Цивилизации от I, II и III тип** — класификация на Николай Кардашев, при която цивилизациите се разделят според енергийното им потребление. Отделните типове съответстват на цивилизации, способни да управляват енергията на цяла планета, на звезда или на галактика. Засега няма открити следи от подобни цивилизации в космоса. Нашата собствена цивилизация може да се определи като тип 0.7.

**Дупка-червей** — тунел между две вселени. Математиците ги наричат „множествено свързани пространства“ — пространства, в които ласото или примката не може да бъде свито до точка. Не е ясно дали може да се мине през дупка-червей, без тя да се дестабилизира или без преминаващият да загине.

**Червен гигант** — звезда, която изгаря хелий. След като звезда като нашето Слънце изразходва водородното си гориво, тя започва да се разширява и се превръща в изгарящ хелий червен гигант. Това означава, че Земята е обречена да загине в огън, когато след около 5 милиарда години нашето Слънце ще се превърне в червен гигант.

**Червено отместване** — почервявяването или намаляването на честотата на светлината от далечните галактики поради доплеровия ефект. Червеното отместване показва, че галактиките се отдалечават от нас. То може да се получи и при разширяване на пространството, както при една разширяваща се вселена.

**Черна дупка на Кер** — точно решение на уравненията на Айнщайн, описващо въртяща се черна дупка, която колапсира в пръстеновидна сингулярност. Попадащите в пръстена тела са подложени на крайна гравитация и по принцип могат да преминат в паралелна вселена. Броят на тези паралелни вселени е безкраен, но след попадането в тях връщането е невъзможно. Все още не се знае колко стабилна е дупката-червей в центъра на черната дупка на Кер. С

описването на движението през подобна черна дупка са свързани някои изключително сложни теоретични и практически проблеми.

**Черна дупка** — обект, за който скоростта на избягване е равна на скоростта на светлината. Скоростта на светлината е най-високата скорост във вселената и това означава, че ако нещо попадне отвъд събитийния хоризонт на черната дупка, то не може да се върне обратно. Черните дупки могат да бъдат с различни размери. Галактическите черни дупки, спотайващи се в центъра на галактики и квазари, могат да достигат маса колкото милиони и милиарди слънца. Звездните черни дупки са останки от умиращи звезди с маса около четиридесет пъти по-голяма от тази на нашето Слънце. И двата типа са регистрирани благодарение на съвременната апаратура за наблюдение. Теорията предсказва евентуалното съществуване и на миниатюрни черни дупки, но засега такива не са регистрирани в лабораторни условия.

**Ядрен синтез** — създаването на по-тежки ядра от водорода, започнало от момента на Големия взрив. Чрез ядрения синтез могат да се получат различните елементи във вселената. Това е едно от трите „доказателства“ за Големия взрив. По-тежките елементи се образуват в ядрата на звездите. По-тежките от желязото елементи се образуват в ядрата на свръхновите.

**Ядро** — сърцевината на атома с приблизителен размер  $10^{-13}$  см, съставена от протони и неутрони. Броят на протоните определя броя на електроните в обвивката на ядрото, които на свой ред определят химичните свойства на атома.

## ПРЕПОРЪЧИТЕЛНА ЛИТЕРАТУРА

Adams, Douglas. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*. New York: Pocket Books, 1979.

Adams, Fred, and Greg Laughlin. *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity*. New York: The Free Press, 1999.

Anderson, Poul. *Tau Zero*. London: Victor Gollancz, 1967.

Asimov, Isaac. *The Gods Themselves*. New York: Bantam Books, 1972.

Barrow, John D., and F. Tipler. *The Anthropic Cosmological Principle*. New York: Oxford University Press, 1986. (цитиран като Barrow 1)

Barrow, John D. *The Artful Universe*. New York: Oxford University Press, 1995. (цитиран като Barrow 2)

Barrow, John D. *The Universe That discovered Itself*. New York: Oxford University Press, 2000. (цитиран като Barrow 3)

Bartusiak, Marcia. *Einstein's Unfinished Symphony: listening to the Sounds of Space-time*. New York: Berkley Books, 2000.

Bear, Greg. *Eon*. New York: Tom Doherty Associates Books, 1985.

Bell, E. T. *Men of Mathematics*. New York: Simon and Schuster, 1937.

Bernstein, Jeremy. *Quantum Profiles*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1991.

Brian, Denis. *Einstein: A Life*. New York: John Wiley, 1996.

Brownlee, Donald, and Peter D. Ward. *Rare Earth*. New York: Springer-Verlag, 2000.

Calaprice, Alice, ed. *The Expanded Quotable Einstein*. Princeton: Princeton University Press, 2000.

Chown, Marcus. *The Universe Next Door: The Making of Tomorrow's Science*. New York: Oxford University Press, 2002.

Cole, K. C. *The Universe in a Teacup*. New York: Harcourt Brace, 1998.

Crease, Robert, and Charles Mann. *The Second Creation*. New York: MacMillan, 1986.

Croswell, Ken. *The Universe at Midnight: Observations Illuminating the Cosmos*. New York: The Free Press, 2001.

Davies, Paul. *How to Build a Time Machine*. New York: Penguin Books, 2001. (цитиран като Davies 1)

Davies, P. C. W., and J. Brown. *Superstrings: A Theory of Everything*. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press, 1988. (цитиран като Davies 2)

Dick, Philip K. *The Man in the High Castle*. New York: Vintage Books, 1990.

Dyson, Freeman. *Imagined Worlds*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1998.

Folsing, Albrecht. *Albert Einstein*. New York: Penguin Books, 1997.

Gamow, George. *My World Line: An Informal Biography*. New York: Viking Press, 1970. (цитиран като Gamow 1)

Gamow, George. *One, Two, Three... Infinity*. New York: Bantam Books, 1961. (цитиран като Gamow 2)

Goldstein, Donald. *The Runaway Universe*. Cambridge, Mass.: Perseus Books, 2000.

Goldstein, Donald, and Neil DeGrasse Tyson. *Origins*. New York: W. W. Norton, 2004.

Gott, J. Richard. *Time Travel in Einstein's Universe*. Boston: Houghton Mifflin Co., 2001.

Greene, Brian. *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. New York: W. W. Norton, 1999. (цитиран като Greene 1)

Greene, Brian. *The Fabric of the Cosmos*. New York: W.W. Norton, 2004.

Gribbin, John. *In Search of the Big Bang: Quantum Physics and Cosmology*. New York: Bantam Books, 1986.

Guth, Alan. *The Inflationary Universe*. Reading, Penn.: Addison-Wesley Publishing, 1997.

Hawking, Stephen W., Kip S. Thorne, Igor Novikov, Timothy Ferris, and Alan Lightman. *The Future of Space-time*. New York: W. W. Norton, 2002.

Kaku, Michio. *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe*. New York: Anchor Books, 1995. (цитиран като Kaku 1)

Kaku, Michio. *Eyperspace: A Scientific Odyssey Through Time Warps, and the Tenth dimension*. New York: Anchor Books, 1994. (цитиран като Kaku 2)

Kaku, Michio. *Quantum Field Theory*. New York: Oxford University Press, 1993. (цитиран като Kaku 3)

Kirshner, Robert P. *Extravagant Universe: Exploding Stars, Dark Energy, and the Accelerating Universe*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 2002.

Kowalski, Gary. *Science and the Search for God*. New York: Lantern Books, 2003.

Lemonick, Michael D. *Echo of the Big Bang*. Princeton: Princeton University Press, 2003.

Lightman, Alan, and Roberta Brawer. *Origins: The Lives and Worlds of Modern Cosmologists*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1990.

Margenau, H., and Varghese, R. A., eds. *Cosmos, Bios, Theos*. La Salle, 111.: Open Court, 1992.

Nahin, Paul J. *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science Eiction*. New York: Springer-Verlag, 1999.

Niven, Larry. *N-Space*. New York: Tom Doherty Associates Books, 1990.

Pais, A. *Einstein lived Here*. New York: Oxford University Press, 1994. (цитиран като Pais 1)

Pais, A. *Subtle Is the lord*. New York: Oxford University Press, 1982. (цитиран като Pais 2)

Parker, Barry. *Einstein's Brainchild*. Amherst, N. Y.: Prometheus Books, 2000.

Petters, A. O., H. Levine, J. Wambsganss. *Singularity Theory and Gravitational Lensing*. Boston: Birkhauser, 2001.

Polkinghorne, J. C. *The Quantum World*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1984.

Rees, Martin. *Before the Beginning: Our Universe and Others*. Reading, Mass.: Perseus Books, 1997. (цитиран като Rees 1)

Rees, Martin. *Just Six Numbers: The Deep Forces that Shape the Universe*. Reading, Mass.: Perseus Books, 2000. (цитиран като Rees 2)

Rees, Martin. *Our Final Hour*. New York: Perseus Books, 2003.  
(цитиран като Rees 3)

Sagan, Carl. *Carl Sagan's Cosmic Connection*. New York: Cambridge University Press, 2000.

Schilpp, Paul Arthur. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. New York: Tudor Publishing, 1951.

Seife, Charles. *Alpha and Omega: The Search for the Beginning and End of the Universe*. New York: Viking Press, 2003.

Silk, Joseph. *The Big Bang*. New York: W.H. Freeman, 2001.

Smoot, George, and Davidson, Keay. *Wrinkles in Time*. New York: Avon Books, 1993.

Thorne, Kip S. *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*. New York: W.W. Norton, 1994.

Tyson, Neil de Grasse. *The Sky Is Not the Limit*. New York: Doubleday, 2000.

Weinberg, Steve. *Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature*. New York: Pantheon Books, 1992. (цитиран като Weinberg 1)

Weinberg, Steve. *Facing Up: Science and Its Cultural Adversaries*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001. (цитиран като Weinberg 2)

Weinberg, Steve. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. New York: Bantam New Age, 1977. (цитиран като Weinberg 3)

Wells, H. G. *The Invisible Man*. New York: Dover Publications, 1992. (цитиран като Wells 1)

Wells, H. G. *The Wonderful Visit*. North Yorkshire, U. K.: House of Status, 2002. (цитиран като Wells 2)

Wilczek, Frank. *Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics*. New York: W.W. Norton, 1988.

Zee, A. *Einstein's Universe*. New York: Oxford University Press, 1989.

# 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.