

Стивън Хокинг

КРАТКА ИСТОРИЯ НА ВРЕМЕТО (1973)

Авторът е жива легенда след тази блестяща популярна книга. Stephen W. Hawking. *A Brief History of Time* (1973). Стивън Хокинг. *Кратка история на времето (От Началния взрив до черните дупки)*. С. Наука и изкуство, 1993, с. 142 –151. Превод Румяна Бикс

9. СТРЕЛАТА НА ВРЕМЕТО

В предишните глави видяхме как нашите представи за природата на времето са се променяли с годините. Чак до началото на нашия век хората вярваха в абсолютното време. Така всяко събитие може да се означава с число, наречено „време“, по единствен начин и интервалът от време между две събития за всички точни часовници ще бъде един и същ. Откритието, че скоростта на светлината изглежда една и съща за всеки наблюдател независимо от това, как той се движи, доведе обаче до теорията на относителността, а в нея се наложи да се откажем от идеята за едно – единствено абсолютно. Вместо него всеки наблюдател има собствена мярка за време, отчитана по неговия часовник, а часовниците на различни наблюдатели не непременно се съгласуват. Така времето се превърна в една лична представа, свързана с наблюдателя, който го измерва.

Когато се опитваме да обединим гравитацията с квантовата механика, се налага да въведем понятието „имагинерно“ време. Имагинерното време е неразграничимо от посоките в пространството. Ако вървим на север, можем да се обърнем и да тръгнем на юг; по същия начин, ако вървим напред, имагинерното време, би трябвало да можем да се обърнем и да тръгнем назад. Това означава, че в имагинерното време не е възможно да има съществена разлика между посоките напред и назад. От друга страна, когато става въпрос за „реално“ време, както всички знаем, разликата между напред и назад е твърде голяма. Откъде идва тази разлика между минало и бъдеще? Защо помним миналото, а не бъдещето?

Научните закони не правят разлика между минало и бъдеще. По-точно, както вече обяснихме, научните закони не се променят при комбиниране на операциите или симетриите, познати като C , P и T (C означава смяна на частици с античастици. P значи огледално изображение, в което лявото и дясното са разменени. А T значи обръщане на посоката на движение на всички частици: всъщност движение в обратна посока, назад.) Научните закони, които управляват поведението на материята при всички нормални ситуации, не се променят при комбиниране на двете операции C и P сами по себе си. С други думи, животът на жителите на друга планета, които са наши огледални образи и са от антиматерия, а не от материя, ще бъде съвсем същият като нашия.

След като научните закони не се променят при комбиниране на операциите C и P , както и от комбинацията C , P и T , те би трябвало да не се променят и само при операция T . И въпреки това в обикновения живот в реално време съществува голяма разлика между посоките напред и назад. Да си представим чаша с вода, която пада от масата и се счупва на парченца на пода. Ако я заснемем, можете лесно да кажете дали се движи напред или назад. Ако пуснете филма обратно, ще видите как парченцата внезапно се слепват на пода и скачат обратно на масата като цяла чаша. Вие можете да кажете дали филмът се движи назад, защото този вид поведение

никога не се наблюдава в обикновения живот. Ако не беше така, стъklarите щяха да станат излишни.

Обяснението, което обикновено се дава на въпроса, защо не виждаме как счупената чаша се слепва и скача обратно на масата, е, че това е забранено, според втория закон на термодинамиката. Той твърди, че във всяка затворена система хаосът, или ентропията, винаги нараства с времето. С други думи нещо като закона на Мърфи: Работите винаги вървят зле! Една здрава чаша на масата е в състояние на пълен ред, но счупена чаша на пода е в състояние на безредие. Лесно можем да преминем от чаша на масата в миналото към счупена чаша на пода в бъдещето, но не и обратно.

Нарастването на хаоса, или ентропията, с времето е пример за т. нар. стрела на времето – нещо, което разграничава миналото от бъдещето и дава посока на времето. Съществуват поне три различни стрели на времето. Първо, термодинамичната стрела на времето – посоката на времето, в която хаосът, или ентропията, нараства. После – психологичната стрела на времето. Това е посоката, в която усещаме, че времето тече, посоката, в която помним миналото, но не и бъдещето. И накрая – космологичната стрела на времето. Това е посоката на времето, в която Вселената се разширява, а не се свива.

В тази глава ще се аргументирам за това, как условието „без никаква граница“ за Вселената, съчетано със слабия антропен принцип, може да обясни защо и трите стрели имат една и съща посока и нещо повече – защо изобщо съществува добре дефинирана стрела на времето. Ще обсъдя как психологичната стрела се определя от термодинамичната и защо тези две стрели по необходимост винаги имат една и съща посока. Ако приемем за Вселената условието „без никаква граница“, ще видим, че трябва да съществуват добре дефинирани термодинамична и космологична стрела на времето, но те няма да имат една и съща посока през цялата история на Вселената. Но аз ще се аргументирам, че само когато те имат една и съща посока, условията са подходящи за развитието на интелигентни същества, които могат да зададат въпроса: Защо хаосът нараства в същата посока на времето, както посоката, в която Вселената се разширява?

Ще се спра първо на термодинамичната стрела на времето.

Вторият закон на термодинамиката идва от факта, че състоянията на хаос са винаги много повече от състоянията на ред. Да разгледаме например два елемента от детска мозайка. Съществува едно и само едно подреждане, при което двата елемента участват в завършена картина. От друга страна, съществуват много голям брой подреждания, при които те са в хаотично състояние и не образуват завършена картина.

Да предположим, че една система тръгва от едно измежду малкия брой подредени състояния. С времето системата ще се развива по научните закони и нейното състояние ще се променя. На някакъв по-късен момент ще е по-вероятно системата да е в състояние на хаос, отколкото на ред, защото хаотичните състояния са повече. Така с времето състоянието на хаос ще се стреми да нараства, ако системата се подчинява на начално условие за по-висок ред. Да предположим, че първоначално двата елемента от мозайката са подредени в кутия и образуват завършена картина. Ако разклатите кутията, те ще заемат друго подреждане. Вероятно то ще е безредно и елементите няма да образуват картина просто защото хаотичните разположения са много повече. Някои групи от елементите ще образуват част от общата картина, но колкото повече разклащате кутията, толкова по-вероятно е тези групи да се нарушат и елементите да се разбъркат така, че изобщо да не образуват никаква картина.

Така безредието в елементите вероятно ще нараства с времето, ако те се подчиняват на началното условие да са започнали от състояние на по-висок ред.

Да предположим обаче, че Бог е решил Вселената да завърши в състояние на пълен ред, но че няма значение от какво състояние е започнала. В ранни времена Вселената вероятно ще бъде в хаотично състояние. Това ще значи, че безредието *ще намалява* с времето. Ще станем свидетели на това, как счупената чаша събира парченцата си и скача на масата. Но всяко човешко същество, което наблюдава тази чаша, ще живее във Вселена, в която безредието намалява с времето. Аз ще покажа, че за такова същество психологичната стрела на времето ще е обърната назад. Така то ще помни събитията от бъдещето, а не от тяхното минало. Когато чашата е счупена, за него тя ще е на масата, а когато е на масата, то няма да помни, че е била на пода.

Трудно е да се говори за човешката памет, защото не знаем как точно функционира мозъкът. Но знаем съвсем точно как функционира паметта на компютъра. Поради това ще разгледам психологичната стрела на времето за компютри. Смятам за логично да приемем, че стрелата за компютри е същата както за хора. Ако не беше така, щяхме да направим жесток удар на борсата с компютъра си, който би помнил утрешните цени!

Принципно паметта на компютъра е съставена от елементи, които са в едно от двете възможни състояния. Един прост пример е сметалото. В най-простия си вид то се състои от няколко телчета, върху всяко от които има топче, което може да се мести в едно от двете възможни положения. Преди да запишем елемент информация, паметта на компютъра е в състояние на безредие, с равни вероятности за двете възможни състояния. (Топчетата на сметалото са разпръснати безразборно върху телчетата.) След като паметта взаимодейства със системата за запамяване, тя определено ще мине в едното или другото състояние в зависимост от състоянието на системата. (Всяко топче на сметалото е или отляво, или отдясно по телчето.) Така паметта преминава от състояние на безредие в състояние на порядък. Но за да сме сигурни, че паметта е в правилно състояние, е необходимо да използваме известно количество енергия да придвижим топчето или да захраним компютъра например. Тази енергия се разсейва под формата на топлина и увеличава степента на безредие във Вселената.

Можем да покажем, че това нарастване на безредието е винаги по-голямо от увеличаването на реда в самата памет. Така топлината, извеждана от вентилатора на компютъра, означава, че когато компютърът запамява елемент информация, общото количество безредие във Вселената ще расте. Посоката на времето, в която компютърът запамява миналото, е същата, в която нараства безредието.

Поради това нашето субективно усещане за посока на времето, психологичната стрела на времето, се определя в мозъка ни от термодинамичната стрела на времето. Също като компютъра ние трябва да запомним нещата в реда на нарастване на ентропията. Това прави втория закон на термодинамиката почти тривиален. Безредието нараства с времето, защото ние измерваме времето в посоката, в която безредието нараства. По-добър залог от този няма!

Но защо изобщо трябва да съществува термодинамична стрела на времето? Или с други думи, защо Вселената трябва да е в състояние на пълен ред в единия край на времето, този, който наричаме минало? Защо не е винаги в състояние на пълен хаос? В края на краищата това би изглеждало по-вероятно. И защо посоката на времето, в която хаосът нараства, е същата, в която Вселената се разширява?

В класическата обща теория на относителността не можем да предскажем как е започнала Вселената, защото всички познати ни научни закони са били невалидни

в сингулярността на Големия взрив. Вселената трябва да е започнала от много гладко и подредено състояние. Това би трябвало да доведе до добре дефинирани термодинамична и космологична стрела на времето, както наблюдаваме. Но едновременно добре би започнала и от много набръчкано и хаотично състояние. В този случай Вселената вече е била в състояние на пълен хаос, така че безредието не би могло да нараства с времето. То или би останало постоянно, в който случай няма да има добре дефинирана термодинамична стрела на времето, или ще намалява, в който случай термодинамичната стрела на времето ще сочи обратно на космологичната стрела. Никоя от тези вероятности не се съгласува с нашите наблюдения. Но както видяхме, класическата обща теория на относителността предсказва собствения си крах. Когато кривината на пространство-времето стане голяма, придобиват значение квантовите гравитационни ефекти и класическата теория престава да е добро описание на

Вселената. За да разберем началото на Вселената, трябва да използваме квантовата теория на гравитацията.

Като видяхме в последната глава, за да определим състоянието на Вселената в квантовата теория на гравитацията, пак трябва да можем да кажем какво ще е поведението на възможните траектории във Вселената на границата на пространство-времето в миналото. Можем да избегнем трудността да се налага да описваме нещо, което не знаем и не можем да знаем, само ако траекториите удовлетворяват условието „без никаква граница“: те са крайни по размер, но нямат никакви граници, край или сингулярности. В този случай началото на времето ще бъде една регулярна, гладка точка от пространство-времето и Вселената ще трябва да започне разширението си от едно много гладко и подредено състояние. Тя не би могла да е напълно еднородна, защото по този начин би се нарушил принципът на неопределеността от квантовата теория. Би трябвало да има малки флуктуации в плътността и скоростта на частиците. Условието „без никаква граница“ обаче налага тези флуктуации да са колкото е възможно по-малки в съгласие с принципа на неопределеността.

Вселената би започнала с период на експоненциално или „инфлационно“ разширение, при което размерът J би трябвало да се увеличи с много голям фактор. По време на това разширение флуктуациите в плътността първоначално са оставали малки, но впоследствие са започнали да нарастват. Областите с плътност малко над средната е трябвало да се разширяват по-бавно поради гравитационното привличане от допълнителната маса. Накрая тези области спират разширението си и колапсират, за да образуват галактики, звезди и същества като нас. Вселената започва от гладко и подредено състояние и с времето преминава в набръчкано и хаотично състояние. Това обяснява съществуването на термодинамичната стрела на времето.

Но какво ще стане, ако Вселената спре да се разширява и започне да се свива? Ще се обърне ли термодинамичната стрела и ще започне ли безредието да намалява с времето? Това би довело до най-различни възможности из областта на научната фантастика за хората, оцелели от разширяващата се до свиващата се фаза. Дали ще наблюдават как счупената чаша се вдига от пода и скача на масата? Ще могат ли да помнят утрешните цени и да натрупат състояние на борсата? Прекалено академично ще е да се тревожим за това, какво би станало, когато Вселената започне отново да колапсира, защото това няма да се случи поне през следващите 10 млрд. години. Но има един по-бърз начин да разберем какво ще стане: да скочим в черна дупка. Колапсът на една звезда да образува черна дупка е твърде сходен на по-късните стадии от колапса на цялата Вселена. Така че, ако безредието ще намалява във фазата на свиване на Вселената, бихме могли да очакваме да намалява и вътре в

черната дупка. Тогава може би астронавтът, попаднал в черна дупка, ще успее да спечели на рулетка, като запомни къде е отишло топчето, преди да е заложил. За съжаление обаче няма да му се удаде да играе дълго, преди да бъде превърнат в макарон. Не би могъл и да ни уведоми за обръщането на термодинамичната стрела, нито да вложи в банка печалбата си, защото ще бъде пленен зад хоризонта на събития на черната дупка.

Първоначално мислех, че безредието ще намалява, когато Вселената отново колапсира, защото според мен Вселената трябва да се върне до гладко и подредено състояние, когато отново стане малка. Това би значело фазата на свиване да е подобна на обръщане на времето във фазата на разширение. Тогава хората във фазата на свиване щяха да живеят живота си назад: трябваше да умрат, преди да са се родили, и да стават все по-млади, колкото повече се свива Вселената.

Тази идея е примамлива, защото предоставя добра симетрия между фазите на разширение и свиване. Но не бихме могли да я приемем сама по себе си, независима от останалите идеи за Вселената. Въпросът е: налага ли се това по силата на условието „без никаква граница“, или не се съгласува с това условие? Както казах, отначало мислех, че условието „без никаква граница“ наистина налага намаляване на хаоса във фазата на свиване. Отчасти бях заблуден от аналогията със земната повърхност. Ако приемем Северния полюс за начало на Вселената, то краят на Вселената би трябвало да е подобен на началото, също както Южният полюс е подобен на Северния. Но Северният и Южният полюс отговарят на началото и Ц края на Вселената в имагинерно време. Началото и краят в реално време могат да са много различни един от друг. Бях заблуден и от работата си върху един прост модел на Вселената, в който фазата колапс изглежда като времето, обърнато във фазата разширение. Но един мои колега, Дон Пейдж, от Пенсилванския университет отбеляза, че условието „без никаква граница“ не изисква фазата свиване непременно да е времето, обратно на фазата разширение. След това един от моите студенти, Реймънд Лафлам, установи, че в малко по-сложен модел колапсът на Вселената е твърде различен от разширението. Разбрах, че съм допуснал грешка: условието „без никаква граница“ налага хаосът фактически да продължава да нараства по време на свиването. Термодинамичната и психологичната стрела на времето не се обръщат нито когато Вселената отново започне да се свива, нито във вътрешността на черна дупка.

Какво би направил човек, когато открие, че е допуснал подобна грешка? Някои никога не биха си признали, че са сбъркали, и биха продължили да търсят нови, често взаимно изключващи се аргументи в своя подкрепа – както Едингтън се противопостави на теорията на черните дупки. Други ще твърдят, че преди всичко никога не са поддържали неправилния възглед или ако са го подкрепяли, то е било само за да покажат, че е несъстоятелен. На мен ми се струва много по-подходящо и по-малко смущаващо, ако публично признаете грешката си. Един такъв добър пример е Айнщайн, който нарече космологичната константа, въведена от него при опит да изгради статичен модел на Вселената, най-голямата грешка в живота си.

Да се върнем към стрелата на времето. Остава въпросът: Защо ние наблюдаваме термодинамичната и космологичната стрела да имат една и съща посока? Или с други думи, защо хаосът расте в същата посока на времето, в която Вселената *се*, разширява? Ако вярваме, че Вселената ще се разшири и после отново ще се свие, както изглежда налага условието „без никаква граница“, въпросът се превръща във: защо съществуваме във фазата на разширение, а не във фазата свиване.

На този въпрос можем да отговорим въз основа на слабия антропоен принцип. Условието във фазата свиване няма да са подходящи за съществуването на разумни същества, способни да запитат: Защо хаосът расте в същата посока на времето, в която Вселената се разширява? Инфлацията в ранните стадии на Вселената, която условието „без никаква граница“ предсказва, означава Вселената да трябва да се разширява със скорост, много близка до критичната, при която точно да се избегне повторният колапс, така че за дълго време няма да има повторен колапс. Дотогава всички звезди ще са изгаснали, а протоните и неутроните в тях ще са се разпаднали на леки частици и излъчване. Вселената ще бъде в състояние на почти пълен хаос. Вече няма да има силна термодинамична стрела на времето. Хаосът няма да може много да нараства, защото Вселената вече ще е достигнала състояние на почти пълно безредие. Но за да има разумен живот, трябва да действа силна термодинамична стрела. За да оцелеят, хората трябва да консумират храна, която е подредена форма на енергията, и да я превръщат в топлина, която е неподредена форма на енергията. Така разумен живот не е могъл да съществува във фазата свиване на Вселената. Това е обяснението на въпроса, защо термодинамичната и космологичната стрела на времето имат една и съща посока. Не разширението на Вселената причинява нарастването на хаоса. По-скоро условието „без никаква граница“ заставя безредието да нараства и създава условия, благоприятни за разумен живот само във фазата разширение. Да резюмираме. Научните закони не правят разлика между посоките напред и назад във времето. Съществуват обаче поне три стрели на времето, които разграничават минало от бъдеще. Това са термодинамичната стрела – посоката на времето, в която хаосът нараства; психологичната стрела – посоката на времето, в която помним миналото, а не бъдещето; и космологичната стрела – посоката на времето, в която Вселената се разширява, а не се свива. Аз показах, че психологичната стрела е по същество една и съща с термодинамичната, така че двете винаги мат една и съща посока. Условието „без никаква граница“ за Вселената предсказва съществуването на добре дефинирана термодинамична стрела на времето, защото Вселената трябва да тръгва от гладко и подредено състояние. А причината да наблюдаваме съгласие между термодинамичната и космологичната стрела е, че разумни същества могат да съществуват само във фаза разширение. Фазата свиване ще бъде неподходяща, тъй като няма силна термодинамична стрела на времето.

Прогресът на човечеството в разбирането на Вселената е внесъл малко кълче на ред в една Вселена с нарастващо безредие. Ако запомните всяка дума от тази книга, в паметта ви ще се съхраняват около 2 млн. единици информация: редът в паметта ви ще се е увеличил с приблизително 2 млн. единици. Но докато сте чели книгата, вие сте преобразували поне хиляда калории енергия на реда във вид на храна в енергия на безредието под формата на топлина, която сте загубили във въздуха около вас чрез конвекция и потене. Тя ще увеличи хаоса във Вселената с около $2 \cdot 10^{25}$ единици или около 10^{19} пъти повече от реда във вашия мозък, но само при условие че сте запомнили *всичко* прочетено. В следващата глава ще се опитам да подобря реда в нашата „джунгла“ още малко, като обясня как учените се опитват да „нагодят“ частните теории, които описах, една към друга, за да се получи завършена единна теория, която да обхваща всичко във Вселената.