Роджър Пенроуз

ПЪТЯТ КЪМ РЕАЛНОСТТА

ПЪЛЕН СПРАВОЧНИК ЗА ЗАКОНИТЕ НА ВСЕЛЕНАТА

София, 2017

Преводът е направен по изданието
Roger Penrose
THE ROAD TO REALITY
A Complete Guide to the Laws of the Universe
Jonathan Cape
London

ISBN 978-619-01-0055-3

Роджър Пенроуз

Пътят към реалността

Пълен справочник за законите на Вселената

Превод от английски
Росен Люцканов

Научен редактор
Михаил Бушев

ИЗТОК ЗАПАД

Съдържание

Посвещавам тази книга на непрежалимия
ДЕНИС СИАМА,
който ми показа колко вълнуваща може да е физиката

Предговор

ЗАДАЧАТА НА ТАЗИ КНИГА Е да даде на читателя известна представа за едно от най-важните и вълнуващи откривателски пътешествия, които човечеството е предприемало. Това е търсенето на фундаменталните принципи, управляващи случващото се във Вселената. Става дума за пътуване, което продължава над две и половина хилядолетия и затова не трябва да се изненадваме, че най-после сме отбелязали съществен напредък. Въпреки това пътуването се оказва изключително трудно, а истинското разбиране в повечето случаи идва много бавно. Поради неизбежните затруднения често сме поемали в погрешна посока и това ни е научило да бъдем предпазливи. Все пак можем да кажем, че XX в. ни донесе изключителни нови прозрения, някои от които са толкова впечатляващи, че много днешни учени са убедени: вероятно най-после сме се доближили до разбирането на *всички* фундаментални принципи на физиката. Сега, след като XX в. достигна своя завършек, аз ще се опитам да се придържам към по-умерен подход. Невинаги мнението ми ще бъде приветствано от „оптимистите", макар да очаквам нови промени, дори още по-големи от онези, които настъпиха през изминалото столетие.

Читателят ще установи, че в тази книга не съм се стремил да избягвам използването на математически формули, въпреки злокобната перспектива това да доведе до съществено намаляване на нейната публика. Съвсем сериозно обмислих този въпрос и стигнах до извода, че онова, което искам да кажа, не може да бъде изразено без помощта на известно количество математически означения и без вникване в някои автентично математически идеи. Разбирането ни за принципите, които са в основата на феномените в нашия физически свят, зависи в известна степен от отношението ни към математическия език, който използваме за тяхното изразяване. За някои хора това може да бъде причина за отчаяние, особено ако в тях се е загнездила увереността, че нямат математическа дарба – дори когато става дума за най-елементарните раздели на тази наука. Те биха могли да се запитат как е възможно да вникнат в изследванията, провеждани в най-авангардните раздели на физическата теория, след като дори не могат да усвоят напълно смятането с *дроби*? Е, добре, признавам, че в случая наистина има проблем.

Въпреки това оставам оптимист, поне що се отнася до възможността за постигане на разбиране. Вероятно съм непоправим оптимист. Чудя се дали онези читатели, които не могат да смятат с дроби – или поне твърдят това – не се самозаблуждават поне малко, дали в действителност голяма част от тях нямат потенциал, който не осъзнават напълно. Без съмнение има хора, които, щом се изправят пред математическа формула, виждат само строгото лице на родител или учител, който се е опитвал да им натрапи една лишена от разбиране папагалска вещина – позовавайки се на задължението и само на него, без дори да им загатне за магията и красотата на математиката. Вероятно за някои е твърде късно, но както вече казах, аз съм оптимист и вярвам, че сред нас има много хора, дори сред онези, които така и не се усвоили смятането с дроби, които са способни да надзърнат в онзи прекрасен свят, който поне отчасти би трябвало да бъде напълно достъпен за тях.

Една от най-близките приятелки на майка ми в своята младост била сред хората, които така и не усвоили смятането с дробни числа. Веднъж тя сподели това с мен, след като беше прекратила успешната си кариера на балерина. Все още бях млад и не бях започнал сериозните си занимания с математика, но вече ме смятаха за човек, който умее да ѝ се наслаждава. „Така и не успях да усвоя цялото това съкращаване", ми каза тя, макар да беше изискана и изключително интелигентна жена и без съмнение да разполагаше с умствените възможности, необходими за вникването в сложната хореография на балета, които съвсем не са по-незначителни от онези, от които се нуждаем за решаването на дадена математическа задача. Ето защо силно надценявайки способността си да обяснявам, аз реших да опитам, също както и други преди мен, да ѝ помогна да вникне в елементарната и напълно логична процедура на „съкращаването".

Смятам, че опитите ми са били също толкова неуспешни, колкото тези на другите преди мен. (Впрочем баща ѝ е изявен учен и член на Кралското общество, така че нейната социална среда би трябвало да благоприятства усвояването на научна информация. Вероятно „строгото изражение" е оказало влияние в случая, макар да не мога да го твърдя със сигурност.) Разсъждавайки за това, днес се чудя дали както тя, така и много други като нея, не среща затруднение от чисто рационален характер – нещо, което съм пропуснал да забележа, увлечен от математическото си красноречие. В действителност налице е един дълбок въпрос, който изниква непрекъснато в математиката и математическата физика. На него се натъкваме за пръв път тъкмо по повод на наглед невинната операция на съкращаване на общия множител в числителя и знаменателя на обикновена числова дроб.

Онези, за които това действие се е превърнало във втора природа поради непрекъснатото му изпълняване, вероятно няма да възприемат лесно онази трудност, която се крие във въпросната привидно елементарна процедура. Сигурно много от онези, които намират съкращаването за неразбираемо, всъщност виждат по-добре онова, което останалите, небрежно отминаващи го по пътя напред, изглежда са склонни да пренебрегват. Какъв обаче е този въпрос? Както ще видим, той засяга самия начин, по който математиците гарантират съществуването на обектите, с които боравят, а също това как същите тези обекти се съотнасят с физическата реалност.

Спомням си как по времето, когато ходех на училище (бях някъде на около 11 години) се почувствах объркан, когато учителят ни попита какво всъщност представлява дадена дроб (например 3/8). Бяха изказани редица предположения, свързани с делeнето на торта на парчета и други подобни, но те бяха отхвърлени от учителя поради (валидното) основание, че са свързани с редица неточно зададени ситуации в материалния свят, към които точното математическо понятие за дроб трябва да бъде *приложено*; следователно те не ни казват какво въпросното еднозначно зададено понятие в действителност *е*. Бяха изказани и други предположения, например че 3/8 е „нещо с три отгоре, осем отдолу и хоризонтална черта по средата“. Бях силно изненадан от това, че учителят, изглежда, се отнасяше съвсем сериозно към предложения от този тип! Не помня точно как беше разрешен въпросът в крайна сметка, но, връщайки се към него ретроспективно и разполагайки с по-късния ми опит като студент по математика, предполагам, че учителят ни е направил смел опит да ни подскаже дефиницията за дроб, използваща вездесъщото математическо понятие за *клас на еквивалентност*.

Какво обаче е това понятие и как то може да бъде отнесено към дробите така, че да ни даде отговор на въпроса какво в действителност представляват те? Нека започнем с предложението на моя съученик, според когото в случая става дума за „нещо с три отгоре и осем отдолу“. По същество това означава, че дробта може да бъде зададена чрез наредена двойка от цели числа, в случая числата 3 и 8. От друга страна, очевидно не можем да приемем, че дробта *е* такава наредена двойка, тъй като дробта 6/16 например съвпада с дробта 3/8, макар двойката (6, 16) очевидно да не съвпада с двойката (3, 8). В случая става дума тъкмо за съкращаване, тъй като можем да запишем 6/16 като 3×2 / 8×2 и след това, съкращавайки множителя 2 в горната и долната част на дробта, да получим 3/8. Какво ни дава правото да направим това и по този начин да „отъждествим“ двойката (6, 16) с двойката (3, 8)? Отговорът на математѝка, който вероятно изглежда като начин за отклоняване на въпроса, се свежда до това, че правилото за съкращаване е вложено в дефиницията за дроб, тъй като според нея двойката цели числа $(a \times n, b \times n)$ представлява същата дроб като двойката (a, b) винаги когато n е различно от нула цяло число (в случая трябва да изключим също възможността b да бъде равно на нула).

Дори това не ни дава отговор на въпроса какво всъщност е дроб, а по-скоро ни подсказва как можем да представяме дробите. Какво тогава *е* дробта? От гледна точка на математическото понятие за „клас на еквивалентност“, дробта 3/8 не е нищо повече от безкрайна съвкупност, включваща всички двойки

$$(3, 8), (-3, -8), (6, 16), (-6, -16), (9, 24), (-9, -24), (12, 32), \ldots,$$

като всяка двойка може да бъде получена от всяка друга в списъка посредством определен брой приложения на правилото за съкращаване, за което стана дума по-горе[1]. При това положение ще са ни нужни също дефиниции, показващи как да събираме, изваждаме и умножаваме такива безкрайни съвкупности от двойки цели числа, удовлетворяващи обичайните правила на алгебрата, а също и указания как да разглеждаме самите цели числа като определен тип дроби.

Тази дефиниция ни дава всичко, от което имаме нужда, за да боравим математически с дробите (от нея следва например, че 1/2 е такова число, което, прибавено към себе си, дава единица и т.н.), а операцията на съкращаване на свой ред е, както вече видяхме, вградена във въпросната дефиниция. Въпреки това тя изглежда твърде формална и затова можем да се запитаме дали наистина отговаря на интуитивното ни понятие за дроб. Макар вездесъщата процедура за формиране на класове на еквивалентност, която беше илюстрирана посредством горния пример, да е изключително мощен, чисто математически инструмент за установяване на непротиворечивост и математическо съществуване, тя ни дава доста странни на вид обекти. Освен това тя едва ли предава правдиво интуитивното ни разбиране, например за дробта 3/8! Ето защо не е изненадващо, че приятелката на майка ми се е почувствала смутена от нея.

В предложените тук описания на различни математически понятия ще се опитам да избягвам, доколкото е възможно, онзи математически педантизъм, който ни кара да въвеждаме дробите чрез „безкрайни класове от наредени двойки“, макар това да има смисъл от гледна точка на строгостта и точността. Тук за мен е по-важно това да предам идеята – а също красотата и магията, – която се съдържа в много от важните математически понятия. Идеята за дроб от рода на 3/8 препраща просто към определен тип обект, който, събран 8 пъти със самия себе си, дава 3. Магията е в това, че идеята за дроб всъщност върши работа, макар в материалния свят да нямаме пряк опит с неща, които могат с точност да се измерват чрез дроби – парчетата торта не са нищо повече от удобно приближение. (Не е такъв случаят с естествените числа като 1, 2 и 3, които с точност характеризират количествено различни обекти, за които имаме непосредствен опит.) Един от на-

[1] Говорим за „клас на еквивалентност“, тъй като в случая имаме клас от обекти (тук това са двойки цели числа), всеки от елементите на който се разглежда като еквивалентен в определен смисъл на всеки от останалите му елементи.

чините да се убедим, че дробите могат да бъдат използвани непротиворечиво, е като използваме „дефиницията“ посредством безкрайни съвкупности от двойки цели числа, за която стана дума по-горе. От това обаче не следва, че дробта 3/8 в действителност *е* такава съвкупност. По-добре е да мислим за 3/8 като обект, съществуващ сам по себе си (в някакъв Платонов свят), а за безкрайните съвкупности от двойки числа – като за един от възможните начини да се уверим в непротиворечивостта на обекти от този вид. След като постепенно свикнем с тях, започваме да вярваме, че лесно можем да мислим обекти от рода на дробта 3/8 като съществуващи сами по себе си, с което идеята за „безкрайната съвкупност от двойки числа“ започва да изглежда като педантичен похват, който много бързо губи връзката си с въображението ни, след като вече сме усвоили съответното понятие. В голяма част от математиката нещата стоят точно така.

За математиците (или поне за повечето от тях, доколкото съм в състояние да преценя) математиката не е просто културно-обусловена дейност, въведена от самите нас – тя има свой собствен живот, голяма част от който е в удивителна хармония с материалния свят. Не можем да вникнем в законите, които управляват физическия свят, без да навлезем в света на математиката. В частност понятието за клас на еквивалентност има пряко отношение не само към различни важни (макар и объркващи) математически понятия, а също и към различни важни (макар и объркващи) физически теории, например общата теория на относителността на Айнщайн и принципите на „калибровъчната теория“, които характеризират взаимодействията в природата от гледна точка на съвременната физика на елементарните частици. В днешната физика е невъзможно да избегнем онези тънкости, които съпътстват употребата на сложни математически техники. По тази причина първите 16 глави в настоящата книга са посветени преди всичко на изложението на различни математически идеи.

Какъв съвет бих могъл да предложа на читателя, който да му помогне да премине по този нелек път? Има четири различни нива, на които може да бъде четена настоящата книга. В едната крайност попадат читателите, които просто прелистват на следващата страница всеки път, щом зърнат математическа формула (някои читатели от този тип вероятно срещат трудности с дробите). Дори и да сте един от тях, все пак вярвам, че можете да имате полза от четенето на книгата, като просто прескачате формулите и четете словесното изложение. Предполагам, че общо взето по същия начин и аз съм преглеждал разхвърляните из дома ми списания по шахмат, когато бях малък. Шахматът имаше значително място в живота на моите родители и на братята ми, но той не будеше интереса ми, макар да се наслаждавах, когато четях за подвизите на онези изключителни, но често странни персонажи, посветили живота си на тази игра. Четейки за блестящите им ходове, аз извличах някаква полза, макар да не ги разбирах и да не полагах усилия да разгадая записа на различните позиции. Въпреки всичко за мен това беше приятна и интересна дейност, която привличаше вниманието ми. Ето защо се надявам, че математическото изложение, което предлагам тук, може да породи интерес дори сред напълно незаинтересовани от математиката читатели, стига те, водени от своите смелост и любопитство, да дръзнат да се включат в търсенето на математическите и физическите идеи, които вероятно са положени в основата на материалния свят. Не се притеснявайте да прескачате уравненията (самият аз често го правя), а дори и цели глави или части от книгата, ако те според вас посвещават прекалено много внимание на маловажни въпроси! Трудността на изложението и употребата на формули варират силно в различните части от книгата, затова може би другаде ще откриете нещо, което да ви хареса повече. Можете просто да преглеждате и прелиствате. Надявам се, че честите препратки ще ви позволят да се ориентирате в използваните понятия и означения, като при нужда се връщате към непрочетени преди това раздели.

На второ ниво се намират онези читатели, които са готови да обърнат внимание на математическите формули, когато се натъкнат на тях, но може би нямат склонност (или пък време) сами да проверяват твърденията ми. Решенията на упражненията, пръснати из по-математически ориентираните части на книгата, показват истинността на голяма част от тези твърдения. Различните степени на трудност са отбелязани посредством следните картинки:

 Давайте смело напред!

 Изисква известен размисъл.

 Не подхождайте лекомислено.

От друга страна, съвсем уместно е да приемете на доверие изказаните твърдения. Бихте могли успешно да следвате изложението дори и да изберете тази стратегия.

Ако желаете да вникнете в тези различни (и същевременно важни) математически понятия, макар да не сте запознати с излаганите от мен идеи, то се надявам, че решаването на задачите ще ви бъде от полза. В математиката винаги дори и малкото пряк опит в самостоятелното обмисляне на нещата може да осигури много по-задълбочено разбиране, отколкото бихте получили, ако просто четете информация по тези въпроси. (Ако ви интересуват отговорите на упражненията, можете да посетите www.roadsolutions.ox.ac.uk.)

Накрая, възможно е да сте специалист в областта. В такъв случай няма да имате проблеми с математиката (по-голямата част от която ще ви бъде добре позната) и поради това вероятно няма да искате да губите време с упражненията.

Въпреки това можехте да установите, че има какво да научите от моя подход към различни теми, обсъдени тук по начин, който понякога се отличава от обичайния (или дори се разминава съществено с него). Може би ще ви бъде интересно да се запознаете с мнението ми за различни съвременни теории (например теорията на суперсиметрията, разширяването на вселената, природата на Големия взрив, черните дупки, струнната теория и М-теорията, „примковите" променливи в квантовата теория на гравитацията, туистърите и дори за основите на квантовата теория). Без съмнение, по много от тези въпроси няма да можете да се съгласите с мен. От друга страна, споровете са важна част от развитието на науката, поради което не се притеснявам да защитавам възгледи, които отчасти се отклоняват от възприетата практика на съвременната теоретична физика.

Може да се каже, че истинският предмет на тази книга е отношението между математиката и физиката, както и това как взаимодействието между тях оказва влияние върху търсенето ни на по-добра теория на вселената. В много от съвременните теоретични развития съществен мотив е преценката за математическа красота, дълбочина и изтънченост. Ясно е, че този тип влияния от страна на математиката могат да имат решаващо значение, както показват някои от най-впечатляващите постижения на физиката през XX в.: уравнението на Дирак за електрона, общата теоретична рамка на квантовата механика и общата теория на относителността на Айнщайн. Все пак във всеки един от тези случаи физическите съображения, свързани в крайна сметка с наблюдателните данни, осигуряват решаващите критерии за тяхната допустимост. От друга страна, при много от съвременните идеи, които целят из основи да преобърнат разбирането ни за законите на Вселената, липсват адекватни физични критерии – т.е. експериментални данни, или дори принципна възможност за експериментална проверка. Ето защо можем да се запитаме дали наличните математически изисквания са достатъчна основа за оценка на потенциала на тези идеи. Макар това да е деликатен въпрос, тук ще обсъдя редица негови аспекти, които според мен не се достатъчно обсъдени в литературата.

Въпреки че на места ще представя идеи, които вероятно изглеждат съмнителни, ще се стремя винаги да показвам ясно на читателя кога съм си позволил такава фриволност. Съответно тази книга наистина може да бъде използвана като ръководство към основните идеи (а и към чудесата) на съвременната физика. Тя може да бъде използвана за целите на обучението като въведение в съвременната физика – по начина, по който я разбираме в началото на третото хилядолетие.