Содержание

Предисловие научного редактора русского перевода 7

Пролог 15

1 Джунгли 31

2 Неожиданная простота 48

3 Стрела времени 72

4 Невозможный треугольник 99

5 Блинк-Бонни 128

6 Яблонна и Барн 147

7 Покушение 166

8 Небо в ромбе 184

9 Теорема Пенроуза о сингулярностях 191

10 Хокинг и Пенроуз 208

11 Джудит Дэниелс 222

12 Триест 240

13 Непериодичность 268

14 Вера 287

15 Синдром Гогена 302

16 Понимание 310

17 Циклы 342
18 Фантазия 362
19 Больше времени на размышления 372

От автора 395
Благодарности 399
Сведения об иллюстрациях 402
Примечания 403
Предметно-именной указатель 424

Предисловие научного редактора русского перевода

Перед вами уникальная книга об уникальной *фигуре* — каковой сэр Роджер Пенроуз, без сомнения, является в теоретической физике, а кое в чем и за ее пределами (включая даже влияние на Маурица Эшера).

Это *не* научно-популярная книга о физике или математике. Но это историко-психологическая драма о выдающемся математическом физике — нобелевском лауреате и одновременно авторе ряда «сумасбродных» идей. Книга рассказывает о *судьбе* героя, главным душевным качеством которого оказался взгляд на мир без четких различий между окружающими людьми и остальной Вселенной. Книга даже не о цене, а, я бы сказал, о *функционировании* гениальности.

Уникальна же эта книга тем *прямым доступом* к личной жизни, который сам Пенроуз охотно предоставил автору, — буквально как если бы это были тексты написанных им статей. Барсс — хороший рассказчик, владеющий читательским вниманием, — отплатил ему безжалостным препарированием его личности (как, впрочем, и ряда других действующих лиц, до которых Барссу удалось так или иначе «дотянуться», ино-

гда через самого Пенроуза). Читатель оценит ритм и напряженность повествования. Но мои заметки сейчас не об этом.

Результаты научной работы Пенроуза изложены в нескольких сотнях статей. По ходу чтения полезно представлять себе, что главный герой производит идеи и воплощает их в формулах и вычислениях с должной периодичностью, позволившей ему эти сотни статей написать; с точки зрения внешних событий жизни это может представляться как фоновая деятельность, но для самого Пенроуза фоном почти наверняка было все остальное.

О том, как структурировались мир, работа и жизнь, так сказать, с «внутренней» точки зрения самого Пенроуза, читатель узнает из книги; я же очень коротко остановлюсь на его работе, как она выглядит «снаружи».

Научная деятельность Пенроуза сконцентрирована вокруг общей теории относительности. Это совсем не то же самое, что специальная теория относительности. Эта последняя — описание движения в пространстве без гравитации, состоящее, по существу, из «словаря» для согласования картин мира различных наблюдателей, движущихся относительно друг друга. Этот «словарь» принимает простой и почти наглядный вид с использованием идеи пространства-времени. В отсутствие гравитации пространство-время называется еще *пространством* Минковского (про то, что оно включает в себя еще и время, приходится помнить самостоятельно). Общая теория относительности — гораздо более серьезная вещь: это теория гравитационного поля (и да, «обобщенный словарь» для согласования картин мира наблюдателей, движущихся как угодно). В ней гравитационное поле отождествляется с геометрией пространства-времени — с его *искривлением* по сравнению с пространством Минковского. Геометрия связана с наличием материи, и связь эта выражается в (достаточно сложных) уравнениях Эйнштейна.

Среди *решений* уравнений Эйнштейна — не только хорошо знакомые нам эффекты вроде притяжения Земли к Солнцу, но и черные дыры, гравитационные волны и (!) расширяющаяся Вселенная. Непрерывные наблюдения за Вселенной — это постоянная проверка справедливости уравнений Эйнштейна, которую они с честью проходят.

И тем не менее в самом сердце черных дыр эти уравнения «сходят с ума» — отказывают, выдают бессмысленные ответы. Мы говорим, что там *сингулярность*. Но это слово означает не явление, а наше незнание о происходящих там явлениях. Общую теорию относительности там надо заменить на какую-то другую теорию. Возможно — квантовую; общая теория относительности ничего квантового в себе не содержит, но по аналогии с другими полями можно думать, что «в глубине вещей» и гравитационное поле имеет квантовую природу, которая и проявит себя там, где сейчас уравнения натыкаются на сингулярность. Квантовой теории гравитации, однако, до сих пор не построено. Часто называемая причина — неясность в отношении того, как сделать квантовым само пространство-время.

Нобелевскую премию Пенроузу принесли именно сингулярности — а точнее, доказательство неизбежности их появления в нашей Вселенной.

Пенроуз, видимо, никогда не следовал «общей мудрости», а развивал свое собственное понимание математических и физических проблем. Уже в 1959 г. он обратил внимание, что — вопреки тому, что *все* утверждали, — сфера, пролетающая мимо вас с почти околосветовой скоростью, *не* выглядит для вас сплюснутой; вместо этого наблюдается другой эффект (*поворот* Пенроуза — Террелла). В начале 1960-х совместно с Ньюманом он разработал «тетрадный метод спиновых коэффициентов», ставший рабочей лошадкой всей теории гравитационного излучения и возмущений черных дыр; затем после-

довали глубокие результаты о том, как «придать смысл» пространственно-временным бесконечностям и использовать их, чтобы лучше понимать и анализировать решения уравнений Эйнштейна для гравитационного поля (включая и гравитационные волны — открытые экспериментально, кстати, полвека спустя). В трехстраничной заметке 1965 г. был «заявлен» результат, принесший ему Нобелевскую премию в 2022-м, — теорема о неизбежном возникновении сингулярностей в рамках общей теории относительности. Полное доказательство растянулось на несколько последующих лет и публикаций.

С 1967 г. заметное место в научной биографии Пенроуза занимают твисторы. Это изобретенная им «подмена» пространства-времени. Идея, возникшая как развитие работ Робинсона, состояла в том, чтобы вместо «точек» в пространстве-времени считать фундаментальными объектами траектории световых лучей. В этом есть глубинный смысл ввиду той особой роли, которую играет скорость света как в специальной, так и в общей теории относительности. С твисторами были связаны надежды на квантование гравитации: если сначала описать физические поля в терминах твисторов, а затем перейти к их, твисторов, квантовой теории, сложности с построением квантовой гравитации могли бы остаться в стороне, ведь твисторы — это *не* пространство-время.

Эта программа не привела к ожидаемому успеху. Хотя сама структура твисторов буквально подсказывала, как выполнить квантование, сложности возникали еще раньше: неквантовая общая теория относительности никак не «помещалась» в пространство твисторов. Дело в том, что твисторы исходно определялись для пространства Минковского, где нет гравитации. Гравитация же означает *искривление* пространства-времени, что требовало определенной деформации твисторов, но удалось построить только такие их деформации, которые учитывали «половину» кривизны (в строго определенном математиче-

ском смысле). Тем не менее по дороге теория твисторов принесла много плодов (включая нетривиальные решения сложных уравнений), и в XXI в. на ней основаны средства для проникновения в глубокие свойства квантовой теории поля.

Период с 1969 по 1973 г. — всплеск активности Пенроуза в отношении черных дыр. Среди занятных и не упомянутых в книге достижений — изящный *процесс Пенроуза*. Это нетривиальный способ извлечения энергии из вращающихся черных дыр; хотя черная дыра не тело и ее вращение проявляет себя лишь через ее гравитационное поле, Пенроуз, проанализировав структуру этого поля в так называемой эргосфере черной дыры, придумал последовательность действий, отнимающих у черной дыры энергию ее вращения и передающих ее «пробным телам», вылетающим из эргосферы. *Наполовину* шуточное замечание состоит в том, что какие-то суперцивилизации могут использовать процесс Пенроуза как источник энергии. В 1971 г. Пенроуз совместно с Флойдом заметили, что в этом процессе (несмотря на отъем энергии) площадь поверхности горизонта не убывает; это прямой предшественник теоремы Хокинга о площадях. Примерно тогда же Пенроуз сформулировал «гипотезу космической цензуры» — утверждение, что сингулярности *всегда* прикрыты горизонтами и никогда не показываются во Вселенной голыми.

В 1971 г. была опубликована (очевидно, задуманная раньше) конструкция спиновых сетей — идея построения *пространства* из квантовой теории момента количества движения. Впоследствии спиновые сети стали основой так называемой петлевой квантовой гравитации — альтернативной попытки построения квантовой гравитации (этим занимались упоминаемый в книге Смолин и известный русскоязычному читателю Ровелли).

Во второй половине 1970-х и в 1980-х гг., помимо оказавшегося очень важным технического результата (30 лет спустя

ставшего основой значительного прорыва в исследовании космической *голографии*), Пенроуз обсуждал низкоэнтропийное начало Вселенной в терминах вейлевской кривизны. 1974 год — мозаики Пенроуза. В 1982 и 1984 гг. «наконец» вышли два тома совместной с Риндлером книги «Спиноры и пространство-время», путь к которой подробно обсуждается у Барсса.

О книгах «Новый ум короля» (1989) и «Тени разума» (1994) Барсс также рассказывает достаточно подробно. В 1996-м Пенроуз высказал гипотезу, что коллапс («редукция») квантового состояния — это объективный процесс, к тому же вызываемый гравитацией (к близким идеям ранее пришел Диоши, отсюда модель Диоши — Пенроуза). С середины 2000-х (книга «Циклы времени», 2010) как развитие идей о вейлевской кривизне Пенроуз предлагает нетривиальный вариант цикличности Вселенной в виде следующих друг за другом эонов: конформно растянутая холодная бесконечность одного эона попросту отождествляется с Большим взрывом следующего.

Из книг стоит назвать еще запись дебатов с Хокингом «Природа пространства и времени» (1996), энциклопедическую «Путь к реальности» (2004) и полемическую «Мода, вера, фантазия» (2016). Премии, полученные Пенроузом до Нобелевской: медаль Эддингтона (1975, совместно с Хокингом), премия Вольфа (1988, опять совместно с Хокингом), медаль Дирака (1989) и медаль Копли от Лондонского королевского общества (2008).

Если подвести итог, безжалостно опуская детали, то главные сквозные линии, которым следовал сэр Роджер на протяжении всей своей научной карьеры, — это конформная и комплексная геометрия как язык физики, глобальные методы вместо координатных вычислений и убежденность, что гравитация ответственна и за стрелу времени, и за коллапс квантового состояния.

Вернемся к книге. В самом конце автор сообщает, что воспользовался помощью *журналистки*, которая «проверила *научную* составляющую текста». Курсив здесь мой, а итог — наглядное свидетельство, почему делать так не стоит. Какой-нибудь звонкий термин, по замыслу автора употребленный, чтобы поддержать эмоциональную составляющую повествования, может звучать нелепо с точки зрения физики. Рука научного редактора тут сама тянется к кнопке «исправить».

Результат виден в подстрочных примечаниях. Тот, кто заинтересован лишь в историко-психологической стороне дела, разумеется, волен их не замечать. Мне кажется, однако, что это несколько обедняло бы читательский опыт, да и не вполне отвечало бы замыслу автора, который *не* пишет в стиле «и тогда Пенроуз получил новый оригинальный результат», чтобы далее рассказать о его неудачном романе. Ничего подобного. Автор вводит в повествование научное содержание и, более того, постоянно отталкивается от научной конкретики, чтобы подсветить личность своего героя.

Поэтому мне близка позиция издателя русского перевода, насколько я ее понимаю: предложить читателю нечто превосходящее оригинал. Отсюда и усилия по исправлению несуразиц из-за неточного понимания физических концепций и произвольного употребления терминов, сопровождавших труды и дни героя этой книги. Его роман, например, развивается на реально состоявшихся конференциях и фактически встроен в череду обсуждений продолжающейся работы Пенроуза — и во всех таких случаях недостоверность в научной канве компрометировала бы и вплетенную в нее историко-психологическую нить, вредя замыслу всей книги. Нам же хотелось бы, чтобы подробности разного рода и толка, взятые все вместе, создавали узор, не уступающий знаменитым мозаикам Пенроуза. Там, где получалось внести поправки за счет технического изменения или добавления буквально

нескольких слов, эти изменения и добавления были сделаны прямо в тексте, с щедрой помощью литературного редактора. Все упреки в отношении частоты и детальности примечаний следует адресовать только мне.

Пенроуз широко известен в России, в частности, переводами своих книг. Добавлю, что первого апреля 2013 г. — отнюдь не в качестве первоапрельской шутки — сэр Роджер выступал в Москве с публичной лекцией «Круги времени: можно ли сквозь Большой взрыв разглядеть предыдущую Вселенную?». Я запомнил ее очень плохо, потому что был занят синхронным переводом, а этот способ работы мозга исключает запоминание. За ужином Пенроузы были втроем, но Ванесса и Макс[велл Себастьян] очень скоро отсели от компании и посвятили себя тихому досугу в стороне на весь довольно долгий вечер. Сэр Роджер оставался на всем протяжении, от ожидания начала выступления до поздних прощаний, тверд как кремень. Прочтите эту книгу, чтобы узнать, в какой мере это удавалось ему по другим поводам в течение всей его выдающейся карьеры.

Алексей Семихатов,
доктор физико-математических наук

Пролог



Фотография Оуэна Игана

Во вторник, 8 декабря 2020 г., Роджер Пенроуз проснулся один в своей квартире в Оксфорде. Босиком он молча прошел на кухню и достал из холодильника кофейник. Каждую пятницу он заваривал себе кофе, а потом всю неделю разогревал его в микроволновке — по одной чашке за раз.

Добавляя в кружку молоко, он отстраненно подумал о смерти Вселенной. Холодные шарики лактозы, белка и жира расходились в горячей жидкости, образуя изящные облака и завитки. Один круг чайной ложкой — и причудливые узоры исчезли, а в кружке осталась лишь однородная коричневая жидкость.

Такова в своей основе судьба всего сущего: островки теплого и холодного сливаются воедино, смешиваясь и бурля,

порождая прекрасные недолговечные узоры, чтобы затем превратиться в лишенное формы однородное распределение материи и энергии. Время перемалывает будущее в прошлое, и Вселенная неумолимо движется к большей энтропии. Однажды она достигнет состояния «тепловой смерти» — инертного равновесия, при котором температура и плотность станут одинаковыми и неизменными во всех направлениях и на любом расстоянии.

Недавно Роджер расстался с Ванессой Томас, с которой прожил в браке более 30 лет. На девятом десятке, впервые за многие годы оставшись один, он старался вести максимально простую и размеренную жизнь. Он ел незамысловатую пищу — рыбу с овощами или хлеб с сыром. Он коротал время под музыку Баха и передачи радиостанции BBC Radio 1.

С тех пор как в Великобритании начался многомесячный локдаун из-за пандемии, Ванесса привозила ему продукты, лекарства и все необходимое. Она присылала сообщение, что оставила пакеты у двери, и он их забирал.

Раз в две недели он готовил большую порцию мюсли: рубил и смешивал грецкие орехи, миндаль, засахаренный имбирь и пшеничные хлопья. Одну из двух ванн в квартире он приспособил под хранилище для бананов. Он складывал их в пластиковый контейнер, который ставил в ванну и заливал водой, а чтобы бананы не всплывали, прижимал их сверху тяжелой оранжево-синей стеклянной табличкой. Этот памятный знак ему вручили в 2013 г. в Техасском университете в Сан-Антонио в благодарность за лекцию «Возможные сигналы из эпохи до Большого взрыва», прочитанную в рамках цикла выступлений выдающихся ученых со всего мира.

Всю свою жизнь Роджер посвятил изучению прошлого, настоящего и будущего Вселенной. Он четко осознавал, что любая чашка кофе со временем остынет до комнатной температуры, любой кусок камня или льда в космосе распадется

на составляющие, любая звезда в конце концов погаснет, любая галактика сколлапсирует* и даже последние уцелевшие черные дыры в итоге уйдут в небытие, превратившись в рассеянное излучение.

Но Роджер не принимал эту безрадостную участь. В его изложении история Вселенной была гораздо длиннее, чем принято считать, а ее далекое будущее сулило не медленную, постепенную смерть, а обновление и возрождение. Немногие физики разделяют его точку зрения: идеи Пенроуза о цикличности космологии сделали его таким же одиночкой в мире науки, каким он был в собственной квартире.

Он взглянул на часы в телефоне. Время шло с обычной скоростью: 60 минут в час, 24 часа в сутки. Но он также знал, что ход времени — это не безжалостная и бесстрастная фабрика по производству энтропии, какой кажется. На самом деле, когда Роджеру это было нужно, он и вовсе ставил под сомнение то, что время идет.

Обычно люди воспринимают течение времени как череду слов в книге — как последовательное, страница за страницей, путешествие от начала истории к ее концу. Но если посмотреть на это иначе, все страницы книги существуют одновременно: читатель может подержать в руках весь том, хотя читать его он можно лишь слово за словом. Теория относительности — сногсшибательно мощная идея Альберта Эйнштейна, ставшая основанием для дела всей жизни Роджера, — рассматривает Вселенную как статичный объект, в котором прошлое, настоящее и будущее подобны страницам космической книги**.

---

* Идея коллапсирующих *галактик* не относится к числу вообразимых в рамках нашего понимания эволюции Вселенной. — *Здесь и далее, если не отмечено иное, примечания научного редактора.*

** *Общая* теория относительности — это теория гравитации, описываемая в терминах геометрии пространства-времени. В ее *развитие* Пенроуз внес значительный вклад. Но Вселенная в ее рамках представляет собой динами-

Кажется, что время течет от события к событию, но если взглянуть на мир не в трех, а в четырех измерениях, то уже свершившаяся история и видящееся нам еще не написанным будущее сосуществуют, реальные в равной степени.

Эта идея *блок-вселенной* представлялась Роджеру интересной и удобной. Он мог мысленно охватить все пространство-время разом: далекое прошлое и будущее; недоступные области за пределами видимой Вселенной; внутренность черных дыр и остаточное излучение угасающих галактик. В такой вселенной течение времени всего лишь иллюзия. Старение, смерть и утраты теряют свое значение. В блок-вселенной Роджер мог делать вид, будто его собственное время и энергия ничем не ограничены.

Он гнал от себя всякую мысль о том, чтобы сбавить темп: он по-прежнему публиковал статьи и читал лекции с рвением молодого ученого, который только начинает путь в науке. Он не придавал значения ни своей славе, ни популярным книгам, ни долгой и блестящей академической карьере. Его труд оставался удручающе незавершенным.

Он сознательно игнорировал проблемы со здоровьем — высокое давление, макулярную дегенерацию, трудности с передвижением, едва заметное, но уже ощутимое снижение когнитивных способностей, — которые мешали ему в работе и жизни. Он мог сосредоточиться, если его ничто не отвлекало, но малейшая помеха выбивала его из колеи на несколько часов, пока он тщетно пытался поймать ускользнувшую мысль.

ческое явление: геометрия пространства-времени откликается на наличие материи и эволюционирует согласованным с материей образом. Говоря о статичном объекте, автор, вероятно, хотел высказаться о *специальной* теории относительности, которую можно рассматривать как описание *неизменного* и плоского (неискривленного) пространства-времени (оно же — пространство Минковского).

Ему становилось все труднее вспоминать имена и термины, и он часто досадовал на то и дело подводившую его память.

Ему стало труднее отыскивать клавиши ноутбука и нажимать на них, так что набор текста превратился в мучительно медленное занятие. Он даже подсунул кусочек картона под клавишу Caps Lock, чтобы не задевать ее случайно, тратя по нескольку часов на набор целых абзацев бесполезными заглавными буквами. Редакторы с готовностью переносили для него сроки сдачи рукописей, но времени все равно никогда не хватало.

Глаза тоже его подводили: очертания предметов расплывались, а слова на странице становились неразличимыми. На правую линзу его толстых очков установили изготовленную на заказ лупу, так что, зажмурив один глаз и поднеся книгу или документ вплотную к носу, он все еще мог читать. Для работы с электронной почтой и онлайн-публикациями он купил самый большой монитор, какой только смог найти, и увеличивал текст до гигантских размеров. Он отодвигал свое кресло чуть подальше от экрана и, вооружившись выданным врачами монокуляром, водил им из стороны в сторону, читая строчку за строчкой.

С четырнадцати лет он вел дневник с торопливо набросанными идеями и рисунками. За всю жизнь он исписал десятки блокнотов и по-прежнему всегда держал под рукой один из них. Однако некогда уверенные и изящные линии на его схемах и зарисовках стали нетвердыми и нечеткими. Его нынешние рисунки казались более детскими, чем те, что он делал в шесть лет.

Перед выступлениями он заучивал порядок слайдов наизусть, потому что не мог разглядеть их на экране. Если какой-то слайд отсутствовал или оказывался перевернутым, Роджер порой так и не узнавал об этом, пока кто-нибудь из слушателей ему не говорил. Он с неохотой перешел

на программу PowerPoint, но по-прежнему предпочитал сотни красочных, нарисованных от руки прозрачек на ацетатной пленке — они хранились у него дома в кабинете, разложенные по полкам аккуратными стопками.

Роджер старался не замечать своего возраста и жил так, словно оставался все тем же деятельным, изобретательным и полным идей математиком, каким он был на протяжении более чем 60 лет.

Обычно день проходил так: он оставлял грязную посуду в раковине, выключал радио и усаживался в кабинете читать свежие научные статьи или изучать карты реликтового излучения. Из дома он выходил, как правило, лишь раз в сутки — на часовую прогулку вдоль ближайших каналов или до булочной в центре города, где пекли его любимое шоколадное печенье и зерновой хлеб. Из-за пандемии он всякий раз задерживал дыхание, проходя мимо другого человека.

Но этот декабрьский день был особенным. Вместо привычной мятой рубашки, мешковатого свитера и потертых вельветовых брюк он надел свежую белую сорочку, бордовый галстук и элегантный серый костюм. Он привел в порядок редкие седые волосы и на время оставил свои космологические уравнения.

Бросив посуду в раковину и взяв трость, он спустился на два этажа и вышел из дома; там уже ждала машина, которая должна была отвезти его в Лондон. Дорога до резиденции шведского посла заняла чуть больше часа. Там, во время скромной церемонии под открытым небом в присутствии Ванессы и их двадцатилетнего сына Макса, он принял Нобелевскую премию по физике за 2020 г.

Вечером он вернулся домой и убрал нобелевскую медаль в тот же шкаф, где уже хранились его британский орден Заслуг, медали Эддингтона и Дирака, знак отличия рыцаря-бакалавра и еще несколько десятков дипломов, почетных грамот и прочих наград.

Покончив с формальностями, он переоделся в удобную одежду и вернулся к работе.

Нобелевскую премию ему присудили за статью 1965 г., в которой он доказал, что массивные умирающие звезды неизбежно коллапсируют в точку с бесконечной плотностью, так называемую *сингулярность**. Его теорема о сингулярностях произвела фурор в мире теоретической физики, поскольку продемонстрировала неполноту эйнштейновской теории относительности. Ведущие исследовательские институты мира по сей день продолжают поиски «новой физики», которая могла бы описать, что происходит внутри черных дыр.

Между публикацией теоремы о сингулярностях и тем днем, когда шведский посол вручил Роджеру украшенный профилем Альфреда Нобеля 175-граммовый диск из 18-каратного золота, прошло почти 56 лет.

Но его путь к самой престижной награде в области физики начался еще раньше.

Примерно за 13,7 млрд лет до того, как Роджер Пенроуз получил Нобелевскую премию, в бытие исторглась одна горячая и плотная вселенная. Она была крошечной: вся реальность, известная нам сегодня как видимая Вселенная, умещалась в точке, которая, возможно, была в миллиард раз меньше протона**. В этой точке содержалось все сырье, из которого впо-

---

* Премия получена не за сценарий коллапса *звезды* в черную дыру с сингулярностью в центре, а за доказательство неизбежности возникновения сингулярности при *любом* (разумном) распределении материи во Вселенной, пока там действует общая теория относительности и отсутствует так называемая экзотическая (по существу — антигравитирующая) материя.

** *Горячая и плотная* вселенная была настолько плотной, что все вещество, от которого к настоящему моменту до нас успел дойти свет (вся «наблюдаемая Вселенная»), занимало объем примерно яблока. О точке речь здесь определенно не идет; более того, «наше яблоко» плавно переходило в «сосед-

следствии возникли свет и электричество, гравитация и магнетизм, сильные и слабые ядерные взаимодействия. Его хватило на материю, антиматерию, темную материю и темную энергию. Из него возникли все элементы таблицы Менделеева и все частицы Стандартной модели*.

Цепь событий, последовавшая за этим мигом творения, не только привела к рождению Роджера Пенроуза, но и сформировала космические объекты и силы, которые определили дело всей его жизни. Некоторые физики считают, что новорожденная Вселенная содержала лишь одну фундаментальную силу. Но через 10^{-43} секунды от нее отделилась гравитация, породив свой особый набор свойств и эффектов**. Гравитация — та самая сила, что удерживала под водой бананы в ванне Роджера, — стала ключевой для создания пространства, времени и привычной нам жизни.

В следующую долю секунды возникло сильное ядерное взаимодействие, которое скрепляет внутренности атомных ядер. Одна из теорий гласит, что сильное взаимодействие также запустило процесс охлаждения и сверхсветового расши-

---

ские» — никаких разграничений во Вселенной не было и нет, просто свет от «соседских» до нас не дошел.

* Здесь не стоит забывать о последовательности событий, чтобы не путались существенно различные явления: сначала (способом, нам не известным) появились частицы Стандартной модели, а затем (в несколько этапов, понятных нам если и не во всей полноте, то все же достаточно детально) образовались элементы из периодической таблицы.

** «Отделение гравитации на планковском времени $t \sim 10^{-43}$ с» — не столько событие ранней истории Вселенной, сколько граница применимости известных теорий, спроецированная на ось времени. Из всех «отделений сил друг от друга» это — единственное, за которым не стоит сколько-нибудь последовательной теории. Приведенное значение времени получено не из динамики, а из размерного анализа: имеется единственная комбинация постоянной Планка $\hbar$, Ньютоновой гравитационной постоянной G и скорости света c, которая имеет размерность времени; она и определяет масштаб, на котором сама идея времени теряет смысл.

рения Вселенной, известный как *космологическая инфляция**. За сотую долю миллионной доли триллионной доли триллионной доли секунды диаметр Вселенной удвоился в общей сложности более девяноста раз — в итоге став в 1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 с лишним раз больше своего первоначального значения. Инфляция прекратилась так же внезапно, как и началась, в результате не очень понятного нам процесса, известного как *плавный выход*.

Вселенная, продолжавшая расширяться, теперь представляла собой барион-фотонную плазму — первичный туман из заряженных частиц, настолько горячий и плотный, что в нем не могли образовываться атомы и не мог распространяться свет. Там не было ни промежутков, ни исключений — лишь полная непрозрачность, на которую нельзя было даже взглянуть извне. Никакого «извне» не существовало. Этот туман заполнял Вселенную, и Вселенная была этим туманом.

Последовало дальнейшее разделение фундаментальных сил, что привело к появлению слабого ядерного взаимодействия и электромагнетизма. Загадочным образом исчезла почти вся антиматерия, оставив после себя Вселенную, в которой преобладает материя**. Космос уверенно двинулся к тому, чтобы стать тем странным и прекрасным миром, который мы наблюдаем сегодня, — миром, наполненным квазарами, квар-

---

* Космологическая инфляция не могла запуститься за счет сильного ядерного взаимодействия. В этом — одна из причин, по которым гипотеза инфляции с необходимостью требует наличия специального (и, как должно быть ясно, гипотетического) поля, неоригинально названного полем инфлатона.

** «Исчезла» антиматерия не сама по себе, а в результате аннигиляции с частицами материи. По причине действительно загадочной на каждый миллиард частиц антиматерии приходилась миллиард плюс одна частица материи, и эта «одна» просто не нашла, об кого убиться. Этот оставшийся избыток материи мы сейчас и наблюдаем во Вселенной.

ками, фотонами и силами, которые станут предметом одержимости Роджера на всю его жизнь.

Спустя 379 000 лет Вселенная остыла достаточно для образования первых простых атомов. Это событие, *великая рекомбинация*, породило почти весь существующий сегодня водород. Оно также в одночасье сделало Вселенную прозрачной. Когда туман рассеялся, свет наполнил каждую точку космоса энергией настолько огромной, что ее эхо звучит там и поныне в виде реликтового излучения. Роджер жил надеждой, что это излучение, древнейшее прямое свидетельство процессов в ранней Вселенной, поможет найти доказательства для его смелых, идущих вразрез с общепринятыми, космологических теорий.

В этом новом свете космос предстал почти идеально однородным — одинаковым во всех направлениях и на любом расстоянии. Если бы ничто не нарушило эту однородность, Вселенная, возможно, прекратила бы свое развитие, оставшись такой же однородной и неизменной, как идеально размешанный кофе с молоком.

Но вместо этого невообразимо малые случайные всплески энергии — *квантовые флуктуации* — породили крошечные возмущения. Незначительный избыток энергии здесь, незначительный недостаток там. Гравитация незаметно усиливала эти возмущения, сближая некоторые атомы и создавая области чуть более пустого пространства. Симметрия нарушалась. Зарождались структуры.

Расширяющаяся Вселенная стала неоднородной.

Следующие 200 млн лет были «темными веками» — эпохой, когда повсюду царило космическое излучение, но новых источников света еще не появилось.

Облака водорода диаметром в миллиарды километров вращались, сжимаясь под действием собственной гравитации и уплотняясь в кружащиеся диски со вздутием в середине. Все

плотнее, все быстрее, все горячее. Сила гравитационного сжатия стала настолько велика, что преодолела воздействие электромагнитных сил, не дававших сливаться отдельным атомам*. В ослепительной вспышке ядерной энергии они соединились в более тяжелый элемент — гелий. Ядерный синтез высвободил колоссальное количество тепла, света и других типов излучения. Газовые облака превратились в огненные шары. Вселенная озарилась светом первых звезд.

Гравитация действовала повсюду: она собирала туманности и формировала области звездообразования. Некоторые ее проявления были более таинственными: какой-то загадочный источник притяжения создавал более крупные структуры — звездные скопления и галактики, вращающиеся в виде непостижимо огромных дисков и спиралей. Эта *темная материя* не взаимодействовала ни со светом, ни с электромагнитным полем**; она невидимой рукой ваяла крупнейшие из известных объектов Вселенной.

---

* Здесь говорится о ядерных реакциях в звездах, но там сливаются не «атомы», а атомные ядра; причем в Солнце — простейшие, то есть протоны. Гравитационное сжатие создает в недрах звезды высокое давление и высокую температуру, которая *способствует* тесному сближению протонов. Механизм слияния — сильное ядерное взаимодействие, которое вступает в силу лишь на очень малых расстояниях. Однако температура в звездах все же недостаточно высока, чтобы протоны преодолели взаимное электрическое отталкивание и сблизились на необходимое расстояние. Выручает квантовый эффект — туннелирование сквозь «стену» взаимного отталкивания. Такое туннелирование — очень маловероятный процесс, да и после туннелирования сложности не заканчиваются, поэтому успешное слияние четырех протонов в ядро атома гелия (два протона и два нейтрона) — очень редкое явление, из-за чего звезды и горят не подобно водородной бомбе, а крайне неспешно.

** Свет *и есть* электромагнитная волна, то есть определенная конфигурация электромагнитного поля. Электромагнитные волны, в зависимости от длины волны, включают в себя радиоволны, микроволны, видимый свет, инфракрасное излучение, ультрафиолет, рентген и жесткое гамма-излучение — и темная материя полностью прозрачна для всех.

Спустя миллиарды лет в первичных звездах начал иссякать водород. Когда у звезды заканчивается ядерное топливо, она сперва сжимается, а затем взрывается, выбрасывая в окружающее пространство плазму в виде гигантского облака. Тогда гравитация вновь принимается за дело, медленно и неуклонно стягивая это вещество обратно.

Туманности коллапсировали, превращаясь в звезды, а звезды взрывались, становясь туманностями, — это был непрерывный цикл смерти и возрождения. Крупные звезды спрессовывали водород и гелий в более тяжелые элементы: углерод и кислород, азот и фосфор, железо и кальций, цинк и калий, серебро и золото. Эти элементы, остаточная «звездная пыль» древних взрывов, — строительный материал жизни, то, из чего состоят кости, бананы и нобелевские медали.

С появлением каждой новой или сверхновой часть вещества не возвращалась обратно, а разлеталась прочь, со временем слипаясь в планеты, луны и астероиды. Возникали триллионы солнечных систем с завихренными газовыми гигантами, каменистыми планетоидами и безжизненными глыбами льда и пыли.

Когда умирали очень массивные звезды, гравитация полностью брала верх. Звездные останки коллапсировали под собственным весом, сжимаясь так, что процесс принимал необратимый характер. Материя и энергия исчезали за *горизонтом событий* — границей, за которой время и пространство искривлялись настолько, что ничто не могло вырваться наружу. Под каждым горизонтом событий (как однажды докажет Роджер) скрывалась сингулярность. Горизонт и сингулярность вместе стали называть *черной дырой*.

Около 5 млрд лет назад вспыхнуло и наше Солнце, окруженное вихрем из протопланет и астероидов. В результате древнего столкновения расплавленной планеты размером с Марс и блуждающего планетоида в космос был выброшен

сгусток жидкой породы. Он застыл, превратившись в безжизненный шар, диаметр которого составлял примерно четверть от диаметра новой планеты, спутником которой он стал. Так появились Земля и Луна.

На поверхности Земли вода существовала в твердом, жидком и газообразном состояниях*. Планету окутывала тонкая пелена атмосферы. Благодаря этим и прочим благоприятным условиям на ней зародилась жизнь. Атомы соединялись в молекулы, а молекулы — в более сложные структуры вроде бактерий, губок, растений и (сравнительно недавно) людей.

Утро 8 августа 1931 г. в английском Колчестере выдалось серым и влажным. Вселенная продолжала остывать и расширяться. Солнце, Земля и Луна вращались друг вокруг друга, как и миллиарды лет до того.

Младенец, которого Маргарет Пенроуз девять месяцев носила в темном море амниотической жидкости, был почти готов войти в земную атмосферу. Маргарет позвонила семейному врачу, чтобы тот встретил ее в больнице. Но пасмурная августовская суббота не лучшее время для получения медицинской помощи: ее врач уехал на рыбалку.

Маргарет изучала медицину и не раз помогала женщинам во время беременности и родов. Это был ее второй ребенок, и, имея в своем распоряжении целый штат прислуги, она решила рожать дома.

Около полудня ее второй сын сделал первый вдох, различил свет и тень, ощутил прикосновение материнской кожи.

В молекулах воды, создававших влажность в тот день, содержался первичный водород. Он был и в каплях пота на лбу Маргарет, и в первых слезах Роджера.

---

* Существование жидкой воды, а тем более льда, потребовало немало времени на остывание после описанных выше событий.

Как и у любого человека, его крошечное тело состояло из звездной пыли и пепла Большого взрыва. Он был в этом мире новорожденным и одновременно — старцем, которому миллиарды лет; все зависело лишь от того, с какого расстояния на него посмотреть.

На атомном уровне едва проросший желудь и вековой дуб практически неразличимы: оба состоят из вещества, чей возраст почти равен возрасту Вселенной. Лишь на более «грубых» уровнях — клетки, ткани, органа, организма — живые существа становятся молодыми или старыми, неопытными или мудрыми, цветущими или увядающими. За химией и биологией жизни, смерти, старения и разложения стоит вечная, неизменная физика.

Как и у любого новорожденного, в каждом из двух триллионов атомов Роджера Пенроуза была записана вся история Вселенной. И, как любой младенец, он был живым, дышащим, мыслящим существом, для которого каждое новое движение становилось экспериментом, а каждое новое ощущение — откровением. Всю свою жизнь он проведет меж этих двух миров: постоянно стремящийся раствориться в вечных загадках космоса, но навсегда прикованный к эмоциональным и физиологическим превратностям человеческого бытия.

Он так и не смог полностью оторваться от этого мира, сколь бы иллюзорным ни считала его физика. Он все равно испытывал боль от переломов и неразделенной любви, дружил десятилетиями и сталкивался с мелочностью академических интриг, был дважды женат, судился с одним из крупнейших в мире производителей туалетной бумаги, ужинал с английской королевой и спешил домой воскресными вечерами, чтобы не пропустить новый выпуск «Летающего цирка Монти Пайтона». Как бы он ни сопротивлялся, он был по-прежнему укоренен в реальности, где текло время, нужно было платить по счетам, а у любых решений имелись последствия.

Он развил в себе редкую способность видеть то, что скрыто от органов чувств обычного человека, мыслить в четырех измерениях, заглядывать внутрь черных дыр, подчинять своей воле геометрию и обуздывать бесконечность. Но его гений не возник на пустом месте. Его жизнь и труд немыслимы вне контекста людей и мира вокруг него.

Для его близких это стремление сбежать в незыблемый, вечный мир чисел и форм было источником и восхищения, и боли. Он мог быть эгоцентричным и отстраненным, оправдывая свою холодность тем, что считал личные, повседневные заботы лишь незначительными побочными эффектами ограниченности человеческого восприятия. Он изменял, отдалялся от детей, отвергал поддержку и заботу любящих его людей и объяснял свое поведение не собственным выбором, а слепыми законами физики.

Он стал одним из самых влиятельных математиков и физиков XX в., обитателем «реальности по ту сторону реальности», где все зазубренные края человеческого бытия — сердечная боль и сожаления, старение и смертность, отчуждение и утраты — исчезали, оставляя после себя лишь четкие линии и плавные изгибы бесконечной, совершенной геометрической вселенной.

Он посвятил жизнь вопросам на стыке физики, искусства и философии: почему Вселенная такова, какова она есть? Почему существует что-то, вместо того чтобы не было ничего? Указывает ли красота путь к истине? Какова природа сознания? Изобретаем ли мы математику или открываем? Существует ли нечто более глубокое и фундаментальное, чем пространство и время? На последний вопрос Роджер ответил решительным «да». Пространство и время, как и любой другой аспект физической Вселенной, возникли из чего-то еще более первичного. На самом глубоком уровне все субатомные частицы и скопления галактик, энергия и масса, тепло и свет

исчезают, обнажая первоисточник реальности — запредельно прекрасный математический остов Вселенной.

Вселенная, по мнению Роджера, соткана из геометрии.

Ведущие физики говорят, что работы Роджера сродни магии: казалось, его идеи рождались не в результате кропотливого научного труда, а благодаря озарениям и чудесам. Не связанные с наукой люди, которые преклоняются перед его оптическими иллюзиями, невозможными объектами и другими гипнотическими диковинами из области геометрии, относятся к Роджеру с почти религиозным трепетом. Он обладал поразительной способностью находить красоту и смысл в форме вещей — будь то детали головоломки или невидимые изгибы четырехмерного пространства-времени. Дело его жизни было не просто эстетически привлекательным: снова и снова он являл миру «неожиданную простоту» вселенского механизма, вызывая восхищение как у ученых, так и у обывателей.

Его исключительно визуальный склад ума сделал его знаменитым и всеми любимым лектором, героем для ценителей головоломок и занимательной математики, наконец, уважаемым мыслителем, даже когда он решительно шел наперекор основному направлению развития теоретической физики и других наук.

За свой успех Роджер заплатил высокую цену, как и многие из его окружения. Он не только оттолкнул от себя значительную часть мирового научного сообщества, но и отдалился от семьи и друзей. Свою работу он ставил превыше всего, оставляя за собой шлейф из разбитых сердец и горьких обид.

На девятом десятке, оторванный от друзей, семьи и коллег, он в основном жил в тишине и уединении. Он попрежнему купался в почестях и наградах, странствовал по Вселенной в поисках новых истин и более глубоких ответов, пытался постичь историю реальности в вечной гонке со временем.