

NEW YORK TIMES BESTSELLER

**WHY THERE IS SOMETHING
RATHER THAN NOTHING**

Лоуренс М. Краусс
ВСЕЛЕННАЯ ИЗ НИЧЕГО

**A
UNIVERSE
FROM
NOTHING**

"Essential, engrossing, and brilliant."

—IAN MCEWAN

Lawrence M. Krauss

Afterword by **RICHARD DAWKINS**

NEW YORK TIMES BESTSELLER

**WHY THERE IS SOMETHING
RATHER THAN NOTHING**

**A
UNIVERSE
FROM
NOTHING**

"Essential, engrossing, and brilliant."

—IAN MCEWAN

Lawrence M. Krauss

Afterword by **RICHARD DAWKINS**

Лоуренс М. Краусс

ВСЕЛЕННАЯ ИЗ НИЧЕГО

Переведено на русский язык в системе Notabenoid.com.
Переводчики: cosinus, Irina73.

**Нью-Йорк
2012**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Глава 1: Космическая мистическая история: Начало

Глава 2: Космическая мистическая история: Взвешивая Вселенную

Глава 3: Свет от начала времен

Глава 4: Много шума из ничего

Глава 5: Глава о разбегающейся Вселенной

Глава 6: Бесплатный обед на Краю Вселенной

Глава 7: Наше печальное будущее

Глава 8: Великая случайность?

Глава 9: Ничто - это нечто

Глава 10: Нестабильное ничто

Глава 11: Дивные новые миры

ЭПИЛОГ

ПОСЛЕСЛОВИЕ Ричарда Докинза

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мечта или кошмар, но мы должны жить нашим опытом каков он есть и мы должны жить проснувшись.

Мы живем в мире, насквозь пронизанном наукой, целостном и реальном.

Мы не можем превратить его в забаву, просто принимая чью-то сторону.

— ЯКОБ БРОНОВСКИЙ

Чтобы внести полную ясность, я с самого начала должен признать, что не поддерживаю убеждения, что творение требует творца, которое лежит в основе всех мировых религий.

Каждый день внезапно появляются красивые и удивительные объекты, от снежинки холодным зимним утром до потрясающей радуги после полуденного летнего душа.

Тем не менее, никто, кроме самых ярких фундаменталистов, не предположил бы, что каждый такой объект был любовно, кропотливо и, самое главное, целенаправленно создан божественным разумом.

Действительно, многие непосвященные, также как ученые, наслаждаются нашей способностью объяснять, как могут спонтанно появляться снежинки и радуги, на основе простых и элегантных законов физики.

Конечно, кто-то может спросить, и многие спрашивают: "Откуда взялись законы физики?", - и с еще большим намеком: "Кто создал эти законы?"

Даже если можно ответить на этот первый вопрос, спросивший зачастую поинтересуется: "А это откуда взялось?", - или: "А кто создал это?", - и так далее.

В конечном счете, многие мыслящие люди приходят к очевидной необходимости Первопричины, как могли бы выразиться Платон, Фома Аквинский, или современная Римско-католическая церковь, и тем самым предположить некоторое божество: творца всего, что есть, и всего, что когда-либо будет, кого-то или чего-то вечного и вездесущего.

Тем не менее, признание Первопричины оставляет открытым вопрос: "Кто создал создателя?"

В конце концов, в чем разница между утверждением в пользу вечно существующего создателя по сравнению с вечно существующей Вселенной без создателя?

Эти аргументы всегда напоминают мне о знаменитой истории компетентного эксперта, дававшего лекцию о происхождении Вселенной (иногда называют Бертрانا Рассела, а иногда Уильяма Джеймса), которому возражала женщина, верившая, что мир держится на гигантской черепахе, которая стоит на другой черепахе, та на другой... при этом все время есть следующая черепаха!

Бесконечная регрессия любой созидательной силы, порождающей саму себя, даже какой-нибудь воображаемой силы, большей, чем черепахи, не приблизит нас к тому, что дало начало Вселенной.

Тем не менее, эта метафора бесконечной регрессии может в действительности быть ближе к реальному процессу, посредством которого возникла Вселенная, чем объяснение о единственном создателе.

Непрерывная постановка вопроса утверждением, что последней инстанцией является Бог, может показаться, устраняет проблему бесконечной регрессии, но здесь я обращаюсь к своей мантре: Вселенная такова, какова она есть, нравится нам это или нет.

Существование или несуществование творца не зависит от наших желаний.

Мир без Бога или замысла может показаться неприглядным или бессмысленным, но чтобы он на самом деле существовал, Бог не требуется.

Точно так же, наши умы не могут легко осмыслить бесконечность (хотя математика, продукт нашего ума, оперирует ею довольно изящно), но это не свидетельствует о том, что бесконечности не существует.

Наша Вселенная может быть бесконечной в пространстве или времени.

Или, как выразился однажды Ричард Фейнман, законы физики могут быть похожи на бесконечно многослойный лук, и когда мы пробуем новые слои, начинают действовать новые законы.

Мы просто не знаем!

На протяжении более двух тысяч лет вопрос "Почему существует нечто, а не ничто?" преподносился как сомнение в том, что наша Вселенная, содержащая огромную совокупность звезд, галактик, людей и кто знает, чего еще, могла возникнуть без замысла, намерений или цели.

Хотя это, как правило, выражалось в виде философских и религиозных вопросов, это, прежде всего, вопрос о нашем мире, и поэтому подходящим местом, чтобы попытаться его решить, в первую очередь, служит наука.

Цель этой книги проста.

Я хочу показать, как современная наука, в различных формах, может затронуть и решить вопрос о том, почему существует нечто, а не ничто. Ответы, которые были получены (из ошеломляюще красивых экспериментальных наблюдений, а также из теорий, лежащих в основе большей части современной физики), предполагают, что получить что-то из ничего не проблема.

На самом деле, что-то из ничего, возможно, требовалось, чтобы Вселенная появилась на свет.

Кроме того, есть все признаки, что именно так наша Вселенная могла возникнуть.

Я здесь подчеркиваю слово могла, потому что мы никогда не сможем получить достаточно фактической информации, чтобы решить этот вопрос однозначно.

Но тот факт, что Вселенная из ничего вообще возможна, конечно, показателен, по крайней мере для меня.

Прежде чем продолжить, я хочу уделить несколько слов понятию "ничего", предмету, к которому я детально вернусь позже.

Поскольку я узнал, что при обсуждении этого вопроса на публичных форумах "ничто" расстраивает несогласных со мной философов и

богословов больше, чем мнение, что я, как ученый, неверно понимаю "ничто".

(Здесь меня тянет возразить, что богословы являются экспертами в ничто.)

"Ничто", настаивают они, это не те вещи, которые я обсуждаю.

Ничто - это "небытие", в некотором смутном и неопределенном смысле.

Это напоминает мне мои собственные старания дать определение "разумному замыслу", когда я впервые начинал дискутировать с креационистами, из которых стало ясно, что нет четкого определения замысла, кроме как сказать, что это не так.

"Разумный замысел" - просто объединяющий зонтик для тех, кто выступает против эволюции.

Аналогичным образом, некоторые философы и многие богословы определяют и переопределяют "ничто" как не подпадающее ни под одну из версий, описываемых в настоящее время учеными.

Но за этим, на мой взгляд, лежит интеллектуальное банкротство большей части богословия и некоторых из современных философий.

Поскольку "ничто", конечно, ничуть не менее материально, чем "нечто", особенно, если его определить как "отсутствие чего-то".

При этом нам надлежит четко понимать физическую природу обоих этих значений.

А без науки любое определение - это просто слова.

Сто лет назад кто-то описал "ничто" как относящееся к совершенно пустому пространству, не обладающему никакой реальной материальной сущностью, но для этого, возможно, мало оснований.

Однако результаты, полученные в прошлом веке, научили нас, что пустое пространство на самом деле далеко не чистое ничто, как мы предполагали, прежде чем узнали больше о том, как устроен мир.

Сейчас религиозные критики мне говорят, что я должен ссылаться на пустое пространство не как на "ничто", а скорее как на "квантовый

вакуум", чтобы отличить его от идеализированного "ничего" философов или богословов.

Так и быть.

Но что, если мы затем захотим описать "ничто" как отсутствие пространства и самого времени?

Обоснованно ли это?

Опять же, я подозреваю, что такое было... когда-то.

Но, как следует отметить, мы узнали, что пространство и время сами по себе могут появляться спонтанно, так что теперь нам говорят, что даже это "ничто" на самом деле не то ничто, которое подразумевалось.

И нам говорят, что для того, чтобы выйти из "реального" ничего, требуется божество, и что "ничто", таким образом, обязательно должно быть определено как "то, из чего только Бог может создать что-то".

Кроме того, некоторые люди, с которыми я обсуждал этот вопрос, полагают, что, если есть "потенциал" для создания чего-то, то это состояние - не истинное небытие.

И, конечно, наличие законов природы, которые дают такой потенциал, уводит нас от истинного царства небытия.

Но тогда, если я утверждаю, что, возможно, сами законы также возникали спонтанно, что, следует отметить, могло иметь место, то это тоже не годится, потому что какой бы ни была система, в которой могли возникнуть законы - это не истинное ничто.

Все новые черепахи?

Я не верю в это.

Но черепахи заманчивы, потому что наука меняет игровое поле таким образом, что не дает людям покоя.

Конечно, это одна из целей науки (во времена Сократа можно было сказать "естественной философии").

Неуспокоенность означает, что мы стоим на пороге новых идей.

Конечно, использование "Бога", чтобы избежать трудных вопросов "как" - это просто интеллектуальная лень.

В конце концов, если бы не было никакого потенциала для сотворения, то Бог не мог бы ничего сотворить.

Было бы семантическим обманом утверждать, что потенциально бесконечная регрессия устраняется, поскольку Бог существует вне природы и, следовательно, "потенциал" для самого существования не является частью небытия, из которого возникло бытие.

Моя настоящая цель здесь - продемонстрировать, что наука фактически изменила игровое поле, поэтому эти абстрактные и бесполезные споры о природе "ничего" сменились полезной, действенной работой по описанию того, как наша Вселенная могла возникнуть на самом деле.

Я также объясню возможные последствия этого для нашего настоящего и будущего.

Это отражает очень важный факт.

Когда дело доходило до понимания того, как эволюционирует наша Вселенная, религия и теология были в лучшем случае бесполезны.

Они часто мутили воду, например, сосредотачиваясь на вопросах небытия, не предоставив какого-либо определения для этого термина, основанного на эмпирических данных.

Пока мы еще не полностью поняли происхождение нашей Вселенной, нет никаких оснований ожидать, что что-то изменится в этом отношении.

Более того, я ожидаю, что в конечном итоге то же самое будет справедливо и для нашего понимания областей, которые религия сейчас считает своей территорией, таких как человеческая мораль.

Наука была эффективной в продвижении нашего понимания природы, потому что научный этос базируется на трех ключевых принципах: (1) следовать за доказательствами, куда бы они не вели; (2) если есть теория, нужно быть готовыми, что кто-то попытается доказать, что она не верна, так же как кто-то пытается доказать, что она верна, (3) наивысшим арбитром истины является эксперимент, а не утешение,

которое кто-то получает от чьей-то априорной веры, и не красота или элегантность, приписываемая чьим-то теоретическим моделям.

Результаты экспериментов, которые я здесь опишу, не только современны, они также неожиданны.

Гобелен, который ткёт наука в описании эволюции нашей Вселенной, гораздо богаче и гораздо увлекательнее, чем любые картины божественных откровений или воображаемые истории, придуманные людьми.

Природа придумывает сюрпризы, намного превосходящие те, что может создать человеческое воображение.

За последние два десятилетия волнующий ряд событий в космологии, теории элементарных частиц и гравитации полностью изменил наш взгляд на Вселенную, что имело поразительные и глубокие последствия для нашего понимания ее происхождения, а также ее будущего.

Поэтому ничто не может быть интереснее, чем писать об этом, простите за каламбур.

Истинное вдохновение для этой книги возникает не столько от желания развеять мифы или критиковать верования, сколько от моего желания прославлять знания и, наряду с этим, от абсолютно удивительного и увлекательного мира, которым оказалась наша Вселенная.

Наш поиск увлечет нас в стремительное турне в самые отдаленные уголки нашей расширяющейся Вселенной, с самых ранних моментов Большого взрыва до далекого будущего, и будет включать в себя, пожалуй, наиболее удивительное открытие в области физики в прошлом столетии.

Действительно, прямым мотивом написания этой книги сейчас является глубокое открытие, относящееся ко Вселенной, стимулировавшее мои собственные научные исследования большей части последних трех десятилетий, и приведшее к поразительному выводу, что большинство энергии во Вселенной находится в некоторой таинственной, ныне необъяснимой форме, пронизывающей все пустое пространство.

Не будет преуменьшением сказать, что это открытие изменило игровое поле современной космологии.

С одной стороны, это открытие дало новое замечательное подтверждение идее, что наша Вселенная возникла ровно из ничего.

Оно также спровоцировало нас переосмыслить множество гипотез о процессах, которые могли бы направлять ее эволюцию, и, самое главное, переосмыслить вопрос, являются ли эти самые законы природы действительно фундаментальными.

Все это, в свою очередь, теперь ведет к тому, что заставляет вопрос, почему существует нечто, а не ничто, казаться менее внушительным, а то и совсем простым, как я надеюсь его описать.

Эта книга зародилась в октябре 2009 года, когда в Лос-Анджелесе я выступал с лекцией с тем же названием.

К моему большому удивлению, видео этой лекции на YouTube, представленное Фондом Ричарда Докинза, с тех пор стало чем-то вроде сенсации, с почти миллионом просмотров на момент написания книги, а также многочисленными копиями его частей, используемыми атеистическим и теистическим сообществом в своих дебатах.

В связи с явным интересом к этой теме, а также из-за некоторых сбивающих с толку комментариев в Интернете и в различных средствах массовой информации, последовавших за моей лекцией, я подумал, что стоит более полно передать выраженные там идеи в этой книге.

Здесь я могу также воспользоваться возможностью добавить новые доводы к тем, что я представил в то время, которые почти полностью сосредоточены на недавней революции в космологии, изменившей наше представление о Вселенной, связанной с открытием энергии и геометрии пространства, доводы, которые я обсуждаю в первых двух третях этой книги.

За прошедший период я гораздо больше думал о многих предпосылках и идеях, составляющих мои аргументы; я обсудил их с другими, кто отзывался о них с некоторым заразительным энтузиазмом, и я более углубленно исследовал влияние достижений в области физики элементарных частиц, в частности, в вопросе о происхождении и природе нашей Вселенной.

И, наконец, я изложил некоторые из моих доводов тем, кто категорически их отвергает, и тем самым получил некоторое представление, которое помогло мне развить эти доводы дальше.

Расширяя идеи, которые я, в конечном итоге, попытался описать здесь, я извлек большую пользу из бесед с некоторыми из моих самых вдумчивых коллег-физиков.

В частности, я хотел бы поблагодарить Алана Гута и Фрэнка Вильчека за то, что они нашли время вести со мной долгое обсуждение и переписку, разрешая некоторые недоразумения в моих собственных мыслях, и в некоторых случаях помогая укрепить мои собственные объяснения.

Ободренный заинтересованностью Лесли Мередит и Доминика Анфусо с Free Press, Simon & Schuster, в возможности издать книгу на эту тему, я затем обратился к моему другу, Кристоферу Хитченсу, который, помимо того, что является одним из самых грамотных и блестящих людей, которых я знаю, сам мог использовать некоторые из аргументов из моей лекции в своей замечательной серии дебатов, касающихся науки и религии.

Кристофер, несмотря на плохое здоровье, любезно, щедро и смело согласился написать предисловие.

За этот акт дружбы и доверия я буду ему вечно благодарен.

К сожалению, болезнь Кристофера в конечном итоге охватила его до такой степени, что завершение предисловия стало невозможным, несмотря на все его усилия.

Тем не менее, к моему богатому выбору, красноречивый и блестящий друг, известный ученый и писатель Ричард Докинз ранее согласился написать послесловие.

После того, как мой первый черновик был завершен, он затем продолжил быстро писать что-то, чья красота и ясность была поразительной, и в то же время уничижающей.

Я по-прежнему трепещу.

Кристоферу, Ричарду и всем, перечисленным выше, я выражаю свою благодарность за поддержку и ободрение, и за то, что они мотивировали меня еще раз вернуться к моему компьютеру и записям.

ГЛАВА 1: КОСМИЧЕСКАЯ МИСТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ: НАЧАЛО

Первая загадка, которая присутствует в любом путешествии: как путешественник вообще достиг своей отправной точки?

— ЛУИЗ БОГАН, "Путешествие по моей комнате"

Была темная и грозовая ночь.

В начале 1916 года Альберт Эйнштейн только что закончил величайшую работу всей своей жизни, результат многолетних, напряженных интеллектуальных усилий по выведению новой теории гравитации, которую он назвал общей теорией относительности.

Однако это была не просто новая теория гравитации, это также была новая теория пространства и времени.

И это была первая научная теория, которая могла объяснить не только то, как объекты движутся во Вселенной, но и как может развиваться сама Вселенная.

Однако была одна загвоздка.

Когда Эйнштейн начал применять свою теорию к описанию Вселенной в целом, стало ясно, что теория не описывала Вселенную, в которой мы, несомненно, жили.

Теперь, почти сто лет спустя, трудно в полной мере оценить, насколько наша картина Вселенной изменилась в течение одной человеческой жизни.

В 1917 году научное сообщество считало, что Вселенная была статичной и вечной, и состояла из одной галактики, Млечного Пути, в окружении огромного, бесконечного, темного и пустого космоса.

В конце концов, это то, что вы бы предположили, глядя в ночное небо своими глазами или с помощью небольшого телескопа, и в то время было мало оснований полагать иначе.

В теории Эйнштейна, как и до этого в теории тяготения Ньютона, гравитация представляет собой просто силу притяжения между всеми объектами.

Это означает, что невозможно иметь в пространстве ряд масс, находящихся в покое постоянно.

Их взаимное гравитационное притяжение, в конечном счете, приведет их к сжатию, что явно противоречит, казалось бы, статичной Вселенной.

Тот факт, что общая теория относительности Эйнштейна явно не согласовывалась с тогдашней картиной мироздания, был для него ударом, большим, чем вы можете себе представить, по причинам, которые позволяют мне обойтись без мифа об Эйнштейне и общей теории относительности, который мне всегда докучал.

Принято считать, что Эйнштейн работал в изоляции, годами в закрытом помещении, используя ясную мысль и рассудок, и придумал свою красивую теорию независимо от реальности (вероятно, как некоторые струнные теоретики сегодня!)

Тем не менее ничто не может быть дальше от истины.

Эйнштейн всегда глубоко руководствовался экспериментами и наблюдениями.

Проводя множество "мысленных экспериментов" в своем сознании и усиленно работая уже более десяти лет, он по ходу изучил новую математику и проработал много ложных теорий, прежде чем, в конечном счете, создал теорию, которая была действительно математически красивой.

Однако самый важный момент становления его любви к общей теории относительности был связан с наблюдением.

В течение последних лихорадочных недель, когда он заканчивал свою теорию, конкурируя с немецким математиком Давидом Гильбертом, он использовал свои уравнения для расчета предсказания того, что иначе, возможно, казалось бы малопонятным астрофизическим результатом: небольшой прецессии "перигелия" (точки наибольшего приближения) орбиты Меркурия вокруг Солнца.

Астрономы уже давно заметили, что орбита Меркурия немного отклоняется от предсказанной Ньютоном.

Вместо идеального эллипса, повторяющего себя, орбита Меркурия испытывает прецессионное движение (что означает, что планета не возвращается точно в ту же точку после каждого оборота, но после

каждого оборота ориентация эллипса немного смещается, вычерчивая, в конечном счете, своего рода спиралевидный узор) на невероятно маленькую величину: 43 угловых секунды (примерно 1 / 100 градуса) за столетие.

Когда Эйнштейн выполнил расчет орбиты, используя свою теорию относительности, получилось именно это число.

Как сообщал биограф Эйнштейна, Абрахам Пайс: "Я полагаю, это открытие было, несомненно, самым сильным эмоциональным переживанием в научной жизни Эйнштейна, возможно, во всей его жизни".

Он утверждал, что у него участилось сердцебиение, как будто "что-то щелкало" внутри.

Месяц спустя, когда он описывал другу свою теорию как теорию "несравненной красоты", его удовлетворение математической формой было действительно очевидным, но ни о каком сердцебиении не сообщалось.

Очевидное несоответствие между общей теорией относительности и наблюдениями, относящимися к предполагаемой статичности Вселенной, было, однако, недолгим.

(И хотя это действительно заставило Эйнштейна внести изменение в свою теорию, позже он назвал это самой большой своей ошибкой.

Но об этом чуть позже.)

Все (за исключением некоторых школьных советов в США) теперь знают, что Вселенная не статична, а расширяется, и что расширение началось с невероятно горячего и плотного Большого Взрыва примерно 13,720 млрд. лет назад.

Не менее важно, мы знаем, что наша галактика является лишь одной из, возможно, 400 млрд галактик в наблюдаемой Вселенной.

Мы, как древние земные картографы, только начинаем в полной мере отображать Вселенную в ее огромных масштабах.

Неудивительно, что в последние десятилетия мы стали свидетелями революционных изменений в нашей картине Вселенной.

Открытие, что Вселенная не статична, а расширяется, имеет глубокое философское и религиозное значение, так как это предполагает, что наша Вселенная имела начало.

Начало подразумевает создание, а создание разжигает эмоции.

Хотя потребовалось несколько десятилетий после открытия в 1929 году нашей расширяющейся Вселенной, чтобы понятие Большого Взрыва получило независимое эмпирическое подтверждение, Папа Пий XII возвестил о нем в 1951 году как о доказательствах в пользу "Книги Бытия".

Как он выразился:

Похоже, современной науке одним взглядом через века удалось добыть свидетельство величественного момента начального Fiat Lux [Да будет свет], когда наряду с материей вырвалось из небытия море света и излучения, и элементы делились и перемешивались, и формировались в миллионы галактик.

Таким образом, с конкретностью, характерной для физических доказательств, [наука] подтвердила вероятность непредсказуемого возникновения Вселенной, а также обоснованность вывода относительно эпохи, когда мир вышел из рук Творца.

Следовательно, создание имело место.

Мы говорим: "Следовательно, есть Творец.

Следовательно, Бог существует!"

Вся история на самом деле немного более интересна.

Фактически, первым человеком, который предложит Большой Взрыв, был бельгийский священник и физик Жорж Леметр.

В Леметре сочетались различные профессиональные навыки.

Он начал свои исследования в качестве инженера, имел награды как артиллерист в Первой мировой войне, а затем переключился на математику во время учебы на священника в начале 1920-х.

Затем он перешел к космологии, изучая ее сначала со знаменитым британским астрофизиком сэром Артуром Стэнли Эддингтоном, прежде чем переехать в Гарвард, и, в конечном итоге, получил вторую

докторскую степень в области физики в Массачусетском технологическом институте.

В 1927 году, перед получением второй докторской степени, Леметр фактически решил уравнения Эйнштейна для общей теории относительности и показал, что теория предсказывает нестатичную Вселенную, и фактически означает, что Вселенная, в которой мы живем, расширяется.

Эта идея казалась настолько возмутительной, что сам Эйнштейн ярко возразил, заявив: "Ваша математика правильна, но ваша физика безобразна."

Тем не менее, Леметр двигался дальше, и в 1930 году также предположил, что наша расширяющаяся Вселенная на самом деле возникла как бесконечно малая точка, которую он назвал "первозданным атомом", и что ее происхождение представляло собой, с намеком, возможно, на "Книгу Бытия", "день без вчера".

Таким образом, Большой Взрыв, о котором так возвещал Папа Пий, впервые предположил священник.

Можно подумать, что Леметр был в восторге от этой папской оценки, но он уже избавился в своем сознании от представления, что эта научная теория имела богословские последствия, и, в конечном счете, удалил абзац в черновике своей работы 1931 г. о Большом Взрыве, в котором отмечался этот вопрос.

Кстати, позже Леметр выразил протест по поводу папского 1951 года доказательства "Бытия" через Большой Взрыв (не в последнюю очередь потому, что он понял, что если позже будет доказано, что его теория неправильна, то утверждение Римско-католической церкви по поводу "Бытия" может быть оспорено).

К этому времени он был избран в Папскую академию Ватикана, а позже стал ее президентом.

Как он выразился: "Насколько я могу судить, такая теория полностью остается за рамками каких-либо метафизических или религиозных вопросов".

Папа никогда не поднимал эту тему публично.

Здесь для нас важный урок.

Как признался Леметр, произошел ли Большой Взрыв на самом деле или нет - это научный вопрос, а не теологический.

Более того, даже если Большой Взрыв был (что сейчас всецело подтверждено доказательствами), каждый мог бы интерпретировать его по-разному, в зависимости от своих религиозных или метафизических пристрастий.

Вы можете предпочитать считать, что Большой взрыв наводит на мысли о творце, если чувствуете такую необходимость, или вместо этого утверждать, что математика общей теории относительности объясняет эволюцию Вселенной от самого ее возникновения, без вмешательства какого-либо божества.

Но такие метафизические спекуляции не зависят от физической достоверности самого Большого Взрыва и не имеют отношения к нашему его пониманию.

Конечно, когда мы выходим за пределы самого существования расширяющейся Вселенной, чтобы понять физические принципы, которые могут затрагивать ее происхождение, наука может пролить новый свет на эти спекуляции и, как я покажу, она это делает.

В любом случае, ни Леметр, ни Папа Пий не убедили научный мир, что Вселенная расширяется.

Скорее, как и в любой хорошей науке, доказательства пришли из тщательных наблюдений, в данном случае сделанных Эдвином Хабблом, который сохраняет для меня большую веру в человечество, потому что сам он начинал как адвокат, а затем стал астрономом.

Хаббл ранее сделал значительный прорыв в 1925 году с новым 100-дюймовым телескопом Хукера в Маунт Вилсон, на то время крупнейшим в мире.

(Для сравнения, мы сейчас строим телескопы более чем в десять раз превышающие его в диаметре и в сто раз больше по площади!)

До этого времени с помощью имевшихся телескопов астрономы смогли разглядеть нечеткие изображения объектов, которые не были просто звездами в нашей галактике.

Они называли их туманностями, что на латыни по сути означает "туманная вещь" (фактически "облако").

Они также обсуждали, были ли эти объекты внутри нашей галактики или за ее пределами.

Поскольку в то время преобладающим мнением о нашей Вселенной было то, что наша галактика была единственным, что там было, большинство астрономов присоединились к лагерю "в нашей галактике", во главе с известным астрономом Харлоу Шепли из Гарварда.

Шепли бросил школу в пятом классе и учился сам, и в конце концов собрался Принстон.

Он решил изучать астрономию, выбрав для изучения первую же тему, которую он нашел в учебной программе.

В своей фундаментальной работе он показал, что Млечный Путь был намного больше, чем считалось ранее, и что Солнце было не в его центре, а лишь в отдаленном, неинтересном углу.

Он был грозной силой в астрономии, и поэтому его взгляды на природу туманностей приобрели значительное влияние.

В первый день наступившего 1925 года Хаббл опубликовал результаты своего двухлетнего исследования так называемых спиральных туманностей, где он смог выделить определенный тип переменных звезд, названных цефеидами, в том числе в туманности, сейчас известной как Андромеда.

Впервые наблюдавшиеся в 1784 году, переменные звезды цефеиды представляют собой звезды, у которых яркость меняется за некоторый регулярный период времени.

В 1908 году новоявленный и на тот момент недооцененный будущий астроном, Генриетта Суон Ливитт, была нанята в качестве "computer" (вычислителя) в обсерваторию Гарвардского колледжа.

("Computers" были женщины, вносящие в каталог яркости звезд, зарегистрированных на фотопластинах обсерватории; женщинам в то время не разрешалось пользоваться обсерваторным телескопом.)

Дочь священника-конгрегационалиста и потомок пилигримов, Ливитт сделала поразительное открытие, которое она еще больше прояснила в 1912 году: она заметила, что существовала постоянная взаимосвязь между яркостью цефеид и периодом их изменений.

Таким образом, если бы можно было определить расстояние до одной цефеиды с известным периодом (впоследствии определенное в 1913 году), то измерения яркости других Цефеид с тем же периодом позволило бы определить расстояние до этих других звезд!

Поскольку наблюдаемая яркость звезд понижается обратно пропорционально квадрату расстояния до звезды (свет распространяется равномерно по сфере, площадь которой возрастает как квадрат расстояния,

и, таким образом, поскольку свет рассредотачивается на большей сфере, интенсивность света, наблюдаемого в любой точке, убывает обратно пропорционально площади сферы), определение расстояния до далеких звезд всегда было серьезной проблемой в астрономии.

Открытие Ливитт произвело революцию в этой области.

(Сам Хаббл, который относился пренебрежительно к Нобелевской премии, часто говорил, что работа Ливитт заслуживает эту премию, хотя и был достаточно своекорыстным. Он, возможно, предложил это только потому, что был бы закономерным соискателем на совместную с ней награду за свою более позднюю работу.)

И в Шведской королевской академии действительно началось оформление документов, чтобы номинировать Ливитт на Нобелевскую премию в 1924 году, когда стало известно, что она умерла от рака три года назад.

Благодаря силе своей личности, умелой саморекламе и мастерству наблюдателя Хаббл стал именем нарицательным, а Ливитт, увы, известна лишь фанатам этой области.

Хаббл сумел использовать свое измерение цефеид и зависимость периода их светимости, обнаруженную Ливитт, чтобы окончательно доказать, что цефеиды в Андромеде и некоторых других туманностях были слишком далеки, чтобы находиться внутри Млечного Пути.

Обнаружилось, что Андромеда была другим островом Вселенной, другой спиральной галактикой, практически идентичной нашей, и одной из более чем 100 миллиардов других галактик, которые, как мы теперь знаем, существуют в нашей наблюдаемой Вселенной.

Результат Хаббла был настолько однозначным, что астрономическое сообщество (в том числе Шепли, который, кстати, к этому времени стал директором обсерватории Гарвардского колледжа, где Ливитт

написала свою новаторскую работу) быстро смирилось с тем, что Млечный Путь - это не все, что есть вокруг нас.

Неожиданно размер известной Вселенной одним махом расширился, больше, чем за предыдущие века!

Ее характер тоже изменился, как изменилось почти все остальное.

После этого впечатляющего открытия Хаббл мог почивать на лаврах, но он охотился за более крупной рыбой или, в данном случае, более крупными галактиками.

Измеряя все более слабые цефеиды во все более далеких галактиках, он мог составить карту Вселенной в все более крупных масштабах.

Однако когда он это сделал, он обнаружил кое-что другое, что было еще более примечательно: Вселенная расширяется!

Хаббл добился своих результатов, сравнивая расстояния до галактик, полученные им, с другими расстояниями, полученными другим американским астрономом, Весто Слайфером, который измерил спектры света, идущего от этих галактик.

Понимание существования и природы таких спектров требует, чтобы я вернулся к самому зарождению современной астрономии.

Одним из наиболее важных открытий в астрономии было то, что вещество звезд и Земли в значительной степени одинаково.

А началось все, как и многое в современной науке, с Исаака Ньютона.

В 1665 году Ньютон, тогда еще молодой ученый, пропустил тонкий луч солнечного света (который он получил, завесив свою комнату, кроме небольшой дыры, сделанной в оконном ставне) через призму и увидел, что солнечный свет разделился на знакомые цвета радуги.

Он заключил, что белый свет от солнца содержит все эти цвета, и он был прав.

Сто пятьдесят лет спустя другой ученый, более внимательно исследовав разложенный свет, обнаружил темные полосы в этих цветах, и сделал вывод, что они появились за счет существования веществ во внешней атмосфере Солнца, которые поглощают свет определенных цветов или длин волн.

Эти "линии поглощения", как они стали называться, могут совпадать с длинами волн света, поглощаемыми известными веществами на Земле, в том числе водородом, кислородом, железом, натрием и кальцием.

В 1868 году еще один ученый наблюдал две новые линии поглощения в желтой части солнечного спектра, которые не соответствуют ни одному из известных элементов на Земле.

Он решил, что это должно быть связано с каким-то новым элементом, который он назвал гелием.

Поколение спустя гелий был обнаружен на Земле.

Рассмотрение спектров излучения, полученных от других звезд, является важным научным инструментом для понимания их состава, температуры и эволюции.

Начиная с 1912 года, Слайфер наблюдал спектры света, идущего от различных спиральных туманностей, и обнаружил, что их спектры были похожи на спектры близких звезд - за исключением того, что все линии поглощения были сдвинуты на одинаковую величину длины волны.

Это явление было тогда истолковано как обусловленное знакомым "эффектом Доплера," названного в честь австрийского физика Кристиана Доплера, который объяснил в 1842 году, что волны, достигающие вас от движущегося источника, будут растянуты, если источник движется от вас, и сжаты, если он движется к вам.

Это проявление эффекта, с которым мы все знакомы, и благодаря которому я обычно вспоминаю карикатуру Сидни Харрис, где два ковбоя, сидя на своих лошадях на равнинах, смотрят на далекий поезд, и один говорит другому: "Мне нравится слышать одинокий гудок железнодорожного свистка, когда параметр частоты изменяется вследствие эффекта Доплера!"

Действительно, свисток поезда или сирена скорой помощи звучит выше, если поезд или машина скорой едет к вам, и ниже, если она движется от вас.

Оказывается, такое же явление имеет место для световых волн, как и для звуковых, хотя по несколько иным причинам.

Световые волны от источника, движущегося от вас, либо из-за своего локального движения в пространстве, либо из-за продолжающегося расширения пространства, будут растянуты, и поэтому казаться более красными, чем они могли бы быть, поскольку красный - это длинноволновый конец видимого спектра, тогда как волны от источника, движущегося к вам, будут сжиматься и казаться более синими.

Слайфер наблюдал в 1912 году, что линии поглощения света, идущего от спиральных туманностей, почти все были систематично сдвинуты в длинноволновую сторону (хотя некоторые, как от Андромеды, были сдвинуты в более коротковолновом направлении).

Он правильно сделал вывод, что большинство этих объектов, следовательно, удаляются от нас со значительными скоростями.

Хаббл мог сравнить свои наблюдения расстояний до этих спиральных галактик (так как они были уже известны) с измерениями Слайфера скоростей, с которыми они удалялись.

В 1929 году с помощью сотрудника Маунт-Вилсон, Милтона Хьюмаса (который обладал таким техническим талантом, что получил работу на Маунт Вилсон, даже не имея диплома средней школы), он объявил об открытии замечательной эмпирической зависимости, теперь называемой законом Хаббла: существует линейная зависимость между скоростью удаления галактик и расстоянием до них.

А именно, более отдаленные галактики удаляются от нас с более быстрыми скоростями!

Когда впервые преподносится этот замечательный факт, что почти все галактики удаляются от нас, и те, что в два раза дальше, движутся в два раза быстрее, те, что в три раза дальше - в три раза быстрее, и т.д., кажется очевидным, что это означает: мы центр Вселенной!

Как советуют некоторые друзья, мне нужно ежедневно напоминать, что это не так.

Скорее, это точно соответствовало зависимости, предсказанной Леметром.

Наша Вселенная действительно расширяется.

Я пробовал различные способы объяснить это, и я, честно говоря, не думаю, что есть хороший способ сделать это, если ваше мышление не ограничено рамками - в данном случае, рамками Вселенной.

Чтобы понять, что подразумевает закон Хаббла, нужно удалиться с близоручной наблюдательной позиции нашей галактики и посмотреть на нашу Вселенную извне.

Хотя трудно находиться за пределами трехмерной Вселенной, легко переместиться за пределы двумерной.

На следующей странице я нарисовал одну такую расширяющуюся Вселенную в два разных момента времени.

Как вы можете видеть, позднее галактики находятся дальше друг от друга.

Теперь представьте, что вы живете в одной из более поздних галактик, t_2 , которую я отмечу белым, в момент времени t_2 .

Чтобы понять, как эволюция Вселенной будет выглядеть с точки зрения этой галактики, я просто наложу правый рисунок на левый, поместив белую галактику поверх самой себя.

Вуаля!

С точки зрения этой галактики все другие галактики удаляются, и те, что в два раза дальше, за то же время удалились на двойное расстояние, те, что в три раза дальше, удалились на тройное расстояние, и т.д.

Пока нет ни одного края, те, кто в этой галактике, чувствуют, будто они находятся в центре расширения.

Не имеет значения, какую галактику выбрать.

Выберите другую галактику и повторите:

В зависимости от вашей точки зрения, либо любое место является центром Вселенной, либо такого места нет.

Это не имеет значения; закон Хаббла указывает на Вселенную, которая расширяется.

Итак, когда Хаббл с Хьюмасоном впервые сообщили о своих результатах в 1929 году, они не только описали линейную зависимость между расстоянием и скоростью удаления, но и дали количественную оценку самой скорости расширения.

Вот фактические данные, представленные в то время:

Как вы можете видеть, Хаббл догадался провести прямую линию через полученные данные, кажется, довольно удачно.

(Существует четко определенная взаимосвязь, но будет ли прямая подходить наилучшим образом, далеко не ясно на основании одних этих данных.)

Скорость расширения, которую они получили, выведя ее из этой диаграммы, предполагает, что галактики, расположенные в миллионах парсеков друг от друга (в 3 миллионах световых лет, среднее расстояние между галактиками), отдаляются от нас со скоростью 500 километров / сек.

Однако эта оценка была не слишком удачной.

Причину этого понять относительно просто.

Если сегодня все галактики разлетаются, то раньше они были ближе друг к другу.

Теперь, если гравитация - притягивающая сила, то она должна была замедлить расширение Вселенной.

Это означает, что галактики, которые мы видим удаляющимися от нас со скоростью 500 километров в секунду сегодня, ранее должны были бы двигаться быстрее.

Тем не менее, если на данный момент мы просто предположим, что галактики мчались с такой скоростью всегда, мы можем отмотать пленку назад и выяснить, как давно они были на том месте, где находится наша галактика.

Поскольку галактики, которые находятся в два раза дальше, движутся в два раза быстрее, если мы отмотаем пленку в обратном направлении, мы узнаем, что они были на нашем месте точно в одно и то же самое время.

Действительно, вся наблюдаемая Вселенная сошлась бы в одной точке, точке Большого Взрыва, во время, которое мы можем оценить таким образом.

Такая оценка, очевидно, являлась бы верхним пределом возраста Вселенной, потому что, если галактики когда-то двигались быстрее, они оказались бы там, где сегодня, за меньшее время, чем предполагает эта оценка.

Согласно этой оценке, основанной на анализе Хаббла, Большой Взрыв произошел примерно 1,5 миллиарда лет назад.

Однако даже в 1929 году уже были ясные доказательства (которые отвергали лишь некоторые библейские буквалисты в Теннесси, Огайо и некоторых других штатах), что Земле больше 3 миллиардов лет.

Так, для ученых было унижительно, обнаружить, что Земля старше Вселенной.

Что более важно, это предполагает, что что-то не так с исследованиями.

Источником этой путаницы был тот простой факт, что оценки расстояний Хаббла, полученные с помощью зависимостей цефеид в нашей галактике, были систематически неверными.

Шкала расстояний, основанная на использовании близлежащей цефеиды, с помощью которой оценивались расстояния до дальних цефеид, а затем до галактик, в которых наблюдались еще более отдаленные цефеиды, была неверной.

История о том, как эти систематические эффекты были преодолены, слишком длинная и запутанная, чтобы описывать ее здесь, и, в любом случае, больше не имеет значения, потому что у нас теперь есть гораздо лучший метод оценки расстояний.

Одна из моих любимых фотографий с космического телескопа Хаббл показана ниже:

На ней показана красивая спиральная галактика, далеко далеко, давным-давно (давным-давно, потому что свету от этой галактики требуется некоторое время - более 50 миллионов лет - чтобы до нас добраться).

В спиральной галактике, такой как эта, напоминающей нашу собственную, около 100 миллиардов звезд.

В ярком ядре в ее центре содержится, возможно, 10 миллиардов звезд.

Обратите внимание на звезду в левом нижнем углу, светящую с яркостью, почти равной яркости этих 10 миллиардов звезд.

Увидев ее впервые, вы могли бы разумно предположить, что это гораздо более близкая звезда в нашей галактике, которая случайно попала в кадр.

Но на самом деле, это звезда из той же далекой галактики, более чем в 50 миллионах световых лет от Земли.

Разумеется, это не обычная звезда.

Это звезда, которая только что взорвалась, сверхновая, один из самых ярких фейерверков во Вселенной.

Когда звезда взрывается, она в течение короткого времени (приблизительно месяц) светит в видимом свете с яркостью 10 миллиардов звезд.

К счастью для нас, звезды не взрываются столь часто, примерно раз в сто лет в галактике.

Но нам повезло, что они взрываются, потому что, если бы не это, нас бы здесь не было.

Один из самых поэтичных фактов, которые я знаю о Вселенной, что по сути каждый атом в вашем теле произошел из звезды, которая взорвалась.

Более того, атомы в левой руке, возможно, произошли из одной звезды, а в правой - из другой.

Мы все, буквально, звездные дети, и наши тела сделаны из звездной пыли.

Откуда мы это знаем?

Что ж, мы можем экстраполировать нашу картину Большого взрыва назад в то время, когда Вселенной было около 1 секунды, и мы посчитали, что вся наблюдаемая материя была сжата тогда в плотной

плазме, температура которой должна была быть около 10 миллиардов градусов (по шкале Кельвина) .

При этой температуре ядерные реакции могут легко проходить между протонами и нейтронами, поскольку они связываются вместе, а затем разъединяются от дальнейших столкновений.

После этого процесса, когда Вселенная остывает, мы можем предсказать, как часто эти первозданные ядерные составляющие будут соединяться, образуя ядра атомов, тяжелее чем водород (т.е. гелий, литий, и так далее).

Когда мы это сделаем, мы обнаружим, что по сути ни одно ядро - кроме лития, третьего по легкости ядра в природе - не было образовано из первозданного огненного шара, которым был Большой Взрыв.

Мы уверены, что наши расчеты верны, потому что наши прогнозы относительного содержания легких элементов в космосе отлично согласуются с этими наблюдениями.

Содержание этих легких элементов - водорода, дейтерия (ядра тяжелого водорода), гелия и лития - варьируется на 10 порядков (примерно 25 процентов протонов и нейтронов, по массе, оказались в гелии, тогда как 1 из 10 млрд нейтронов и протонов оказался в ядре лития).

Что касается этого невероятного диапазона, наблюдения и теоретические предсказания совпадают.

Это одно из самых известных, значимых и успешных предсказаний говорит нам, что Большой Взрыв действительно был.

Только горячий Большой Взрыв может произвести наблюдаемое обилие легких элементов и сохранять непротиворечивость с нынешним наблюдаемым расширением Вселенной.

Я ношу в заднем кармане памятку, показывающую сравнение предсказанного и наблюдаемого относительного содержания легких элементов, так что каждый раз, когда я встречаю кого-то, кто не верит, что Большой Взрыв был, я могу ему это показать.

Конечно, я обычно никогда не дохожу до этого в дискуссии, потому что данные редко производят впечатление на людей, которые решили заранее, что что-то здесь не так.

Я все равно ношу эту карточку и воспроизведу ее для вас позже в книге.

Тогда как литий важен для некоторых людей, для остальных из нас гораздо важнее все остальные более тяжелые ядра, такие как углерод, азот, кислород, железо и так далее.

Они не были созданы в Большом Взрыве.

Единственное место, где они могли быть созданы - это раскаленные ядра звезд.

И единственный способ, которым они могли попасть в ваше тело сегодня - это если эти звезды были достаточно любезны, чтобы взорваться, извергая свои продукты в космос, чтобы они могли в один прекрасный день слиться в небольшой голубой планете, расположенной вблизи звезды, которую мы называем Солнце.

В ходе истории нашей галактики около 200 миллионов звезд взорвались.

Эти мириады звезд пожертвовали собой, если хотите, чтобы однажды вы могли родиться.

Я полагаю, это выдвигает их, не меньше, чем что-либо другое, на роль спасителя.

В ходе тщательных исследований, проведенных 1990-х годах, оказалось, что определенный тип взорвавшейся звезды, называемый сверхновая типа Ia, обладает замечательным свойством: с высокой точностью, те сверхновые типа Ia, которые по своей природе ярче, также сияют дольше.

Корреляция, хотя до конца не изучена теоретически, эмпирически очень тесная.

Это означает, что эти сверхновые очень хорошие "стандартные свечи".

Под этим мы подразумеваем, что эти сверхновые могут быть использованы для калибровки расстояний, потому что их собственную яркость можно непосредственно установить путем измерения, которое не зависит от расстояния.

Если мы наблюдаем сверхновую в далекой галактике, а мы можем это сделать, потому что они очень яркие, то, наблюдая, как долго она светит, мы можем получить ее внутреннюю яркость.

Затем, измеряя ее видимую яркость нашими телескопами, мы можем точно узнать, насколько далеко находится сверхновая и ее галактика.

Тогда, измерив "красное смещение" света от звезд в галактике, мы можем определить ее скорость, и таким образом можем сравнить скорость с расстоянием и вывести скорость расширения Вселенной.

Пока все хорошо, но если сверхновые взрываются в галактике примерно лишь раз в сто лет, насколько вероятно, что мы когда-либо сможем их увидеть?

В конце концов, последняя сверхновая в нашей Галактике, которую видели на Земле, была замечена Иоганном Кеплером в 1604 году!

Действительно, это говорит о том, что сверхновые в нашей Галактике наблюдаются только во время жизни величайших астрономов, и Кеплер, конечно, отвечает этим требованиям.

Начав свою деятельность в качестве скромного учителя математики в Австрии, Кеплер стал помощником астронома Тихо Браге (который ранее сам наблюдал сверхновую в нашей галактике и которому по возвращении король Дании подарил целый остров), и используя данные Браге о положении планет в небе, взятые более чем за десять лет, Кеплер в начале семнадцатого века вывел свои знаменитые три закона движения планет:

1. Планеты движутся вокруг Солнца по эллипсам.
2. Линия, соединяющая планету и Солнце, описывает равные площади за равные промежутки времени.
3. Квадрат периода обращения планеты прямо пропорционален кубу (3-й степени) большой полуоси его орбиты (или, другими словами, "большой полуоси" эллипса, половине расстояния через самую широкую часть эллипса).

Эти законы в свою очередь заложили основу для получения Ньютоном универсального закона всемирного тяготения почти столетие спустя.

Кроме этого замечательного вклада, Кеплер успешно защитил мать, обвиняемую в колдовстве, и написал, пожалуй, первый фантастический рассказ о путешествии на Луну.

В настоящее время, один из способов увидеть сверхновую - просто назначить по одному аспиранту на каждую галактику в небе.

В конце концов, сто лет не слишком отличается, по крайней мере в космическом смысле, от среднего времени, необходимого, чтобы сделать докторскую диссертацию, и аспирантов много, а их использовать дешево.

К счастью, однако, мы не должны прибегать к таким крайним мерам, по очень простой причине: Вселенная большая и древняя, и, как следствие, редкие события происходят все время.

Выйдите однажды ночью в лес или пустыню, где можно увидеть звезды, и поднимите руку к небу, сделав маленький кружок между большим и указательным пальцами, размером с копейку.

Направьте его на темный участок неба, где нет никаких видимых звезд.

В этом темном участке, с помощью достаточно большого телескопа, вроде тех, что есть у нас на вооружении сегодня, вы могли бы различить, возможно, 100 000 галактик, каждая из которых содержит миллиарды звезд.

Поскольку сверхновые взрываются один раз в сто лет, в пределах 100 000 галактик вы должны ожидать увидеть в среднем примерно три звезды, взорвавшиеся в данную ночь.

Астрономы именно так и сделали.

Они выпросили время на телескопе, и в некоторые ночи могли увидеть одну взорвавшуюся звезду, в некоторые ночи две, а в некоторые ночи могло быть облачно, и они не могли увидеть ни одной.

Таким образом, несколько групп смогли определить константу Хаббла с погрешностью менее 10 процентов.

Новое число, около 70 километров в секунду для галактик, находящихся в среднем в 3 млн. световых лет друг от друга, почти в 10 раз меньше, чем полученное Хабблом и Хьюмасоном.

В результате был сделан вывод, что возраст Вселенной ближе к 13 млрд лет, а не 1,5 млрд лет.

Как я опишу позже, это также полностью согласуется с независимыми оценками возраста старейших звезд в нашей галактике.

От Браге до Кеплера, от Леметра до Эйнштейна и Хаббла, и от спектров звезд до содержания легких элементов, четыреста лет современной науки представили замечательную и непротиворечивую картину расширяющейся Вселенной.

Ничто не разваливается.

Картина Большого Взрыва находится в хорошем состоянии.

ГЛАВА 2: КОСМИЧЕСКАЯ МИСТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ: ВЗВЕШИВАЯ ВСЕЛЕННУЮ

Есть известная известность.

Есть вещи, которые мы знаем, что знаем.

Есть известная неизвестность.

То есть, есть вещи, которые мы знаем, что не знаем.

Но существует еще и неизвестная неизвестность.

Есть вещи, которые мы не знаем, что не знаем.

— ДОНАЛЬД РАМСФЕЛД

Установив, что у Вселенной было начало, и что она возникла в определенное и измеримое время в прошлом, следующий естественный вопрос звучит так: "Каков ее конец?"

На самом деле, это был именно тот вопрос, который привел меня из моей вотчины, физики элементарных частиц, в космологию.

В течение 1970-х и 1980-х годов, благодаря детальному изучению движения звезд и газа в нашей Галактике, а также изучению движения галактик в больших группах галактик, называемых кластерами, становилось все более ясно, что во Вселенной есть не только то, что видится невооруженным глазом или в телескоп.

Гравитация является главной силой, действующей в огромных масштабах галактик, поэтому измерения движения объектов в этих масштабах позволяет нам исследовать гравитационное притяжение, вызывающее это движение.

Такие измерения начались с новаторской работы американского астронома Веры Рубин и ее коллег в начале 1970-х.

Рубин закончила Джорджтаун в степени доктора, посещая вечерние занятия, в то время как ее муж ждал в машине, потому что она не умела ее водить.

Она подавала заявление в Принстон, но в этот университет не принимали женщин по программе аспирантов-астрономов до 1975 года.

Рубин стала лишь второй женщиной, когда-либо награжденной Золотой медалью Королевского астрономического общества.

Эта медаль и многие другие ее заслуженные награды стали следствием ее новаторских измерений скорости вращения нашей галактики.

Наблюдая звезды и горячий газ все дальше от центра нашей галактики, Рубин определила, что эти области двигались гораздо быстрее, чем должны были бы, если бы гравитационная сила, вызывающая их движение, была обусловлена массой всех наблюдаемых объектов в галактике.

Благодаря ее работе, космологам в конечном итоге стало ясно, что единственным способом объяснить это движение было постулировать существование значительно большей массы нашей Галактики, чем можно было объяснить, суммировав массу всего этого горячего газа и звезд.

В этой теории, однако, была одна проблема.

Те же расчеты, которые так красиво объясняют наблюдаемое содержание легких элементов (водорода, гелия и лития) во Вселенной, также говорят нам, сколько примерно протонов и нейтронов, вещества обычной материи, должно существовать во Вселенной.

Причина в том, что, как и в любом кулинарном рецепте - в данном случае в ядерной готовке - количество вашего конечного продукта зависит от того, сколько каждого ингредиента вы берете.

Если вы удвоите рецепт, например, возьмете четыре яйца вместо двух, вы получите больше конечного продукта, в данном случае омлета.

Тем не менее, начальная плотность протонов и нейтронов во Вселенной, возникшая в результате Большого Взрыва, как это установлено из наблюдаемого относительного содержания водорода, гелия и лития, обеспечивает примерно вдвое большее количество вещества, чем мы можем видеть в звездах и горячем газе.

Где эти частицы?

Легко представить себе способы скрыть протоны и нейтроны (снежки, планеты, космологов... ничто из этого не светится), поэтому многие

физики полагали, что в темных объектах находится столько же протонов и нейтронов, как и в видимых объектах.

Однако когда мы подсчитываем, сколько должно быть "темной материи", чтобы объяснить движение видимой материи в нашей галактике, мы находим, что отношение всей материи к видимой материи должно быть не 2 к 1, а скорее 10 к 1.

Если это не ошибка, то темная материя не может состоять из протонов и нейтронов.

Их просто недостаточно.

Когда я был молодым физиком элементарных частиц в начале 1980-х, для меня было очень интересно узнать об этой возможности существования экзотической темной материи.

Это предполагает, в буквальном смысле, что преобладающими частицами во Вселенной были не добрые традиционные нейтроны и протоны, а, возможно, какой-то новый вид элементарных частиц, что-то, чего не существует на Земле сегодня, что-то таинственное, текущее среди звезд и молча командующее парадом, который мы называем галактикой.

Что еще более увлекательно, по крайней мере для меня, это означает три новых направления исследований, которые могли бы пролить новый свет на природу реальности.

1. Если эти частицы были созданы в результате Большого Взрыва, как легкие элементы, которые я описал, то мы можем использовать идеи о силах, управляющих взаимодействием элементарных частиц (вместо взаимодействия ядер, важного при определении относительного содержания элементов), чтобы оценить относительное количество возможных экзотических новых частиц во Вселенной сегодня.

2. Можно было бы вывести общее количество темной материи во Вселенной на основе теоретических представлений в физике элементарных частиц, или можно предложить новые эксперименты, чтобы обнаружить темную материю - то и другое может сказать нам, сколько есть материи всего и, следовательно, какова геометрия нашей Вселенной.

Работа физики - не изобретать вещи, которые мы не можем увидеть, чтобы объяснить вещи, которые мы увидеть можем, а выяснить, как

увидеть то, что мы не можем видеть, то, что было ранее невидимым, известную неизвестность.

Каждая новая кандидатура на элементарную частицу темной материи предполагает новые возможности для экспериментов по прямому обнаружению частиц темной материи, разгуливающих по всей галактике, строя на Земле детекторные устройства, чтобы обнаружить их, когда Земля преграждает путь их движению в космосе.

Вместо того, чтобы использовать телескопы для поиска далеких объектов, если частицы темной материи в диффузных сгустках проникают по всей Галактике, они сейчас здесь, и наземные детекторы могут выявить их присутствие.

3. Если бы мы могли определить природу темной материи и ее количество, мы могли бы узнать, каким будет конец Вселенной.

Это последняя возможность кажется самой захватывающей из всех, поэтому я начну с нее.

На самом деле, я ввязался в космологию, потому что хотел быть первым человеком, который узнает, как Вселенная прекратит свое существование.

В то время это казалось хорошей идеей.

Когда Эйнштейн разработал свою теорию относительности, в ее основе была возможность, что пространство может искривляться в присутствии материи или энергии.

В 1919 году эта теоретическая идея стала больше, чем просто гипотезой, когда две экспедиции наблюдали, как свет звезды изгибается вокруг Солнца во время солнечного затмения, ровно в такой степени, в которой, по предсказаниям Эйнштейна, это должно было произойти, если присутствие Солнца изгибает пространство вокруг себя.

Эйнштейн почти мгновенно стал известным и знаменитым.

(Большинство людей сегодня думают, что он стал знаменит из-за уравнения $E = mc^2$, которое появилось пятнадцатью годами ранее, но это не так.)

Итак, если пространство потенциально искривлено, то геометрия всей нашей Вселенной неожиданно становится гораздо более интересной.

В зависимости от общего количества материи в нашей Вселенной, ее геометрия может принадлежать к одному из трех различных типов, так называемому открытому, закрытому или плоскому.

Трудно представить себе, как на самом деле может выглядеть изогнутое трехмерное пространство.

Так как мы трехмерные существа, мы так же не можем легко интуитивно представить изогнутое трехмерное пространство, как двумерные существа в знаменитой книге "Флатландия" не могли представить, как их мир будет выглядеть для трехмерного наблюдателя, если этот мир изогнуть в виде поверхности сферы.

Более того, если кривизна очень мала, то трудно представить, как можно было бы фактически обнаружить это в повседневной жизни, по крайней мере так же, как в средние века многие люди считали, что Земля должна быть плоской, потому что с их точки зрения она выглядела плоской.

Изогнутые трехмерные вселенные трудно себе представить - замкнутая Вселенная похожа на трехмерную сферу, что звучит довольно устрашающе - но некоторые аспекты описать легко.

Если бы вы посмотрели достаточно далеко в одном направлении в закрытой Вселенной, вы бы увидели свой затылок.

В то время как обсуждать эти экзотические геометрии может показаться забавным или впечатляющим, в рабочем отношении есть гораздо более важное следствие их существования.

Общая теория относительности недвусмысленно говорит нам, что закрытая вселенная, энергетическая плотность которой в основном состоит из материи, такой как звезды и галактики, и даже из более экзотической темной материи, должна в один прекрасный день вновь сжаться в процессе, похожем на противоположность Большого Взрыва - Большом Разрыве, если угодно.

Открытая вселенная будет продолжать расширяться вечно с конечной скоростью, а плоская вселенная находится как раз на границе, замедлится, но так и не остановится.

Выяснение количества темной материи, и таким образом суммарной плотности масс во Вселенной, поэтому обещает раскрыть ответ на

извечный вопрос (по крайней мере настолько же старый, как Т. С. Элиот): Будет ли конец Вселенной веселым или печальным?

Сага определения общего количества темной материи восходит к временам по крайней мере полувековой давности, и можно было написать об этом целую книгу, что я на самом деле уже сделал в моей книге "Квинтэссенция".

Тем не менее, в данном случае, как я сейчас продемонстрирую (на словах, а затем на снимке), верно, что один снимок стоит по крайней мере тысячи (или, возможно, сотни тысяч) слов.

Крупнейшие связанные гравитацией объекты во Вселенной называют сверхскоплениями галактик.

Такие объекты могут содержать более тысячи отдельных галактик и простираются на десятки миллионов световых лет.

Большинство галактик находятся в таких сверхскоплениях, да и наша собственная галактика находится в галактическом сверхскоплении Девы, центр которой расположен почти в 60 миллионах световых лет от нас.

Поскольку сверхскопления настолько велики и настолько массивны, по сути все, что куда-то входит, входит в скопления.

Поэтому если бы мы могли бы взвесить сверхскопления галактик, а затем оценить общую плотность таких сверхскоплений во Вселенной, мы могли бы тогда "взвесить Вселенную", включая всю темную материю.

Затем, используя уравнения общей теории относительности, мы могли бы определить, достаточно ли материи, чтобы Вселенная была закрытой, или нет.

Пока все хорошо, но как мы можем взвесить объекты, размером в десятки миллионов световых лет?

Просто.

Используя гравитацию.

В 1936 году Альберт Эйнштейн, по настоянию астронома-любителя Руди Мандла, опубликовал небольшую статью в журнале "Science"

под названием "Линзоподобное действие звезды при отклонении света в гравитационном поле".

В этой короткой заметке Эйнштейн продемонстрировал замечательный факт, что само пространство может действовать как линза, изгибая свет и увеличивая его, точно как линзы в моих очках для чтения.

Это было доброе, тихое время в 1936 году, и интересно читать неофициальное начало работы Эйнштейна, которая в конце концов была опубликована в известном научном журнале: "Некоторое время назад, Р. У. Мандл нанес мне визит и попросил меня опубликовать результаты небольшого расчета, который я сделал по его просьбе.

Эта заметка написана согласно его желанию".

Возможно, эта неформальность с ним гармонировала, потому что он был Эйнштейн, но я предпочитаю думать, что это был продукт той эпохи, когда научные результаты не всегда излагались на языке, далеком от просторечия.

В любом случае, тот факт, что свет следует по искривленным траекториям, если само пространство искривляется в присутствии материи, был первым значительным новым предвидением общей теории относительности и открытием, которое, как я уже упоминал, привело Эйнштейна к мировой известности.

Поэтому, пожалуй, не удивительно (как недавно было обнаружено), что в 1912 году, задолго до того, как Эйнштейн фактически завершил свою общую теорию относительности, он выполнил расчеты - когда пытался найти некоторое наблюдаемое явление, которое бы убедило астрономов проверить его идеи - расчеты, которые были в основном идентичны тем, что он опубликовал в 1936 году по просьбе мистера Мандла.

Возможно, поскольку в 1912 году он пришел к такому же выводу, который он изложил в своей работе 1936 года, а именно, что "шансы наблюдать это явление невелики", он никогда не потруился опубликовать свою раннюю работу.

Действительно, после изучения его тетрадей за оба эти периода, мы не можем с уверенностью сказать, что он вообще помнил, что сделал оригинальные расчеты двадцатью четырьмя годами ранее.

Что Эйнштейн признавал в обоих случаях, так это то, что искривление света в гравитационном поле может означать, что, если яркий объект был расположен далеко позади промежуточного распределения масс, лучи света, идущие в различных направлениях, могут огибать промежуточное распределение и сходиться снова, так же, как они делают, когда пересекают обычную линзу,

создавая либо увеличение исходного объекта, либо многочисленные копии изображений исходного объекта, некоторые из которых могут быть искажены (см. рисунок ниже).

Когда он рассчитывал предсказываемый эффект для линзирования далекой звезды промежуточными звездами на переднем плане, эффект был настолько мал, что оказался совершенно неизмеримым, и это побудило его сделать замечание, упомянутое выше - что маловероятно, что такое явление когда-нибудь будет наблюдаться.

В результате Эйнштейн посчитал, что в его работе было мало практической пользы.

Как он тогда выразился в своем сопроводительном письме к редактору "Science": "Позвольте мне также поблагодарить Вас за сотрудничество в небольшой публикации, которую мистер Мандл из меня выжал.

Она не имеет большой ценности, но сделает бедного парня счастливым."

Однако Эйнштейн не был астрономом, а нужно было быть астрономом, чтобы понять, что эффект, предсказанный Эйнштейном, мог быть не только измерен, но и полезен.

Его польза была в применении линзирования удаленных объектов гораздо большими системами, такими как галактики или даже скопления галактик, а не в линзировании звезд звездами.

Через несколько месяцев после публикации Эйнштейна блестящий астроном из Калифорнийского технологического института, Фриц Цвикки, представил статью в "Physical Review", в которой он продемонстрировал практичность именно этой перспективы (а также косвенно опозорил Эйнштейна тем, что тот не принял во внимание возможный эффект линзирования галактиками, а не звездами).

Цвикки был запальчивой личностью и далеко обогнал свое время.

Еще в 1933 году он проанализировал относительное движение скопления галактик в созвездии Волосы Вероники и определил, используя законы движения Ньютона, что галактики двигались так быстро, что должны были разлететься, разрушив скопление, если бы масса скопления не была гораздо больше, более чем в 100 раз, чем если бы ее обеспечивали одни звезды.

Таким образом, его по праву можно было бы считать тем, кто обнаружил темную материю, хотя в то время его выводы были настолько удивительны, что большинство астрономов, вероятно, считали, что могут быть некоторые другие, менее экзотические объяснения полученных им результатов.

Одностраничная статья Цвикки в 1937 году была столь же замечательной.

Он предложил три различных применения для гравитационного линзирования: (1) проверка общей теории относительности, (2) использование промежуточных галактик в качестве своего рода телескопа, чтобы увеличить более отдаленные объекты, которые иначе были бы невидимыми для телескопов на Земле, и, самое главное, (3) решение тайны, почему скопления, по всей видимости, весят больше, чем может обеспечить видимая материя: "Наблюдения отклонения света вокруг туманностей может дать нам возможность наиболее прямо определять их массы и прояснить вышеупомянутое расхождение."

Работе Цвикки уже семьдесят четыре года, но между тем она читается как современный проект использования гравитационного линзирования для исследования Вселенной.

Действительно, все предложенное им свершилось, и последнее его предложение самое примечательное из всех.

Гравитационное линзирование далеких квазаров промежуточными галактиками было впервые обнаружено в 1987 году, а в 1998 году, через шестьдесят один год после того, как Цвикки предложил взвешивать туманности, используя гравитационное линзирование, с его помощью определили массу большого скопления.

В том же году физик Тони Тайсон с коллегами из ныне несуществующей Bell Laboratories (с такими титулованными представителями и такими Нобелевскими традициями великой науки, от изобретения транзистора до открытия космического микроволнового фонового излучения) наблюдали удаленное большое

скопление, колоритно обозначенное CL 0024 + 1654, расположенное примерно в 5 млрд. световых лет от Земли.

На этом красивом изображении с космического телескопа Хаббл можно видеть яркий пример сложного изображения далекой галактики, расположенной еще на 5 миллиардов световых лет позади скопления, как сильно искаженные и удлинненные изображения среди большей частью шарообразных галактик.

Взгляд на эту картинку дает пищу для воображения.

Во-первых, каждое пятнышко на этом фото - это галактика, а не звезда.

В каждой галактике содержится, возможно, 100 миллиардов звезд, а с ними, вероятно, сотни миллиардов планет, и, возможно, давно исчезнувших цивилизаций.

Я говорю давно исчезнувших, потому что изображению 5 миллиардов лет.

Свет был излучен на 500 миллионов лет раньше, чем сформировались наше Солнце и Земля.

Многие из звезд на фото больше не существуют, исчерпав свое ядерное топливо миллиарды лет назад.

Кроме того, искаженные изображения как раз показывают, что то, что утверждал Цвикки, было возможно.

Большие искаженные изображения слева от центра - сильно увеличенные (и удлинненные) версии этой далекой галактики, которой в противном случае, вероятно, не было бы видно вообще.

Отмотать пленку назад от этой фотографии, чтобы определить соответствующее распределение масс в скоплении - сложная и запутанная математическая проблема.

Чтобы это сделать, Тайсон должен был построить компьютерную модель скопления и проследить лучи от источника через скопление во всех возможных направлениях, используя законы общей теории относительности, чтобы определить закономерные пути, пока они не будут лучше всего соответствовать наблюдениям исследователей.

Когда улеглась пыль, Тайсон с сотрудниками получили графическое изображение, которое показало, где именно располагалась масса в этой системе, изображенной на исходной фотографии:

Есть кое-что странное в этом изображении.

Пики на графике представляют расположение видимых галактик на исходной фотографии, но большая часть массы системы находится между галактиками, распределенная плавным и темным образом.

Масса между галактиками в системе фактически более чем в 40 раз превышает массу, содержащуюся в видимой материи (она в 300 раз больше, чем масса, содержащаяся в звездах, вместе с остальной видимой материей в горячем газе вокруг них).

Темная материя, очевидно, не ограничивается галактикой, но еще и преобладает в скоплениях галактик.

Физики, занимающиеся элементарными частицами, как я, не были удивлены, обнаружив, что темная материя также доминирует в скоплениях.

Несмотря на то, у нас не было ни малейших прямых доказательств, все мы надеялись, что количества темной материи было достаточно, чтобы привести к плоской Вселенной, а это означало, что во Вселенной должно было быть более чем в 100 раз больше темной материи, чем видимой.

Причина была проста: плоская вселенная является единственной математически красивой вселенной.

Почему?

Сейчас поясню.

Достаточно или нет темной материи для создания плоской вселенной, наблюдения, вроде тех, что получены гравитационным линзированием (напомню, что гравитационное линзирование получается в результате локального искривления пространства вокруг массивных объектов; форма Вселенной определяется глобальной средней кривизной пространства, без учета локальной ряби вокруг массивных объектов) и более поздние наблюдения в других областях астрономии подтвердили, что общее количество темной материи в галактиках и скоплениях намного превышает то, которое учитывается при расчетах нуклеосинтеза Большого Взрыва.

Мы сейчас практически уверены, что темная материя - существование которой, я повторяю, было независимо подтверждено в целом ряде различных астрофизических вещей, от галактик до скоплений галактик - должна быть сделана из чего-то совершенно нового, чего-то, чего при нормальных условиях на Земле не существует.

Это такой материал, который не является звездным либо земным материалом.

Но это кое-что!

Эти ранние заключения о темной материи в нашей Галактике породили целую новую область экспериментальной физики, и я рад сказать, что я сыграл определенную роль в ее развитии.

Как я уже упоминал выше, частицы темной материи существуют вокруг нас - в комнате, где я печатаю, так же как и "там", в космосе.

Следовательно, мы можем проводить эксперименты по поиску темной материи и нового типа элементарной частицы или частиц, из которых она состоит.

Эксперименты ведутся в шахтах и тоннелях глубоко под землей.

Почему под землей?

Потому что на поверхности Земли нас регулярно бомбардируют всякие космические лучи, от Солнца и гораздо более дальних объектов.

Поскольку темная материя, по самой своей природе, не проявляет электромагнитного взаимодействия, чтобы создавать свет, мы предполагаем, что она взаимодействует с нормальной материей чрезвычайно слабо, так что ее будет чрезвычайно трудно обнаружить.

Даже если нас каждый день бомбардируют миллионы частиц темной материи, большинство из них проходит через нас и Землю, даже не "зная", что мы здесь, и не замечая нас.

Таким образом, если вы хотите обнаружить проявления очень редких исключений из этого правила, частицы темной материи, которые все-таки отскакивают от атомов вещества, то вам лучше подготовиться регистрировать очень редкие и нечасто случающиеся события.

Только под землей вы достаточно защищены от космических лучей, чтобы это было возможно даже в принципе.

Однако пока я это пишу появляется не менее захватывающая возможность.

Как раз сейчас запускают Большой адронный коллайдер поблизости Женевы, Швейцария, крупнейший и самый мощный в мире ускоритель элементарных частиц.

Но у нас есть много оснований считать, что при очень высоких энергиях столкновений протонов в этом устройстве будут воссозданы условия, аналогичные тем, что были в очень ранней Вселенной, хотя лишь в микроскопически малых областях.

В таких областях те же взаимодействия, которые в очень ранней Вселенной, возможно, впервые создали то, что в настоящее время является частицами темной материи, сейчас могут создавать подобные частицы в лаборатории!

Таким образом, сейчас проходит большая гонка.

Кто первым обнаружит частицы темной материи: экспериментаторы глубоко под землей или экспериментаторы на Большом адронном коллайдере?

Хорошей новостью является то, что, если одна группа выиграет гонку, никто не проиграет.

Мы все выиграем, изучая то, что в действительности представляет собой элементарное вещество материи.

Несмотря на то, что описанные мной астрофизические исследования не раскрыли природу темной материи, они говорят нам, как долго она существует.

Окончательный, прямой расчет общего количества материи во Вселенной был выполнен на основе гравитационных измерений линзирования, вроде тех, что я описал, в сочетании с другими наблюдениями рентгеновского излучения из скоплений.

Независимые подсчеты общей массы скоплений возможны потому, что температура газа в скоплениях, производящих рентгеновские лучи, связана с общей массой системы, из которой они излучаются.

Результаты оказались неожиданными, и, как я уже упоминал, разочаровывающими для многих из нас, ученых.

Поскольку, когда пыль осела, в прямом и переносном смысле, общая масса галактик и скоплений, и вещества вокруг них, была оценена примерно в 30 процентов от общего количества массы, необходимой, чтобы привести к образованию плоской Вселенной сегодня.

(Заметьте, что это более чем в 40 раз больше массы, которая могла бы считаться видимой материей, что, следовательно, составляет менее 1 процента от массы, необходимой для образования плоской вселенной.)

Эйнштейн был бы поражен, узнав, что его "небольшая публикация" в конечном счете была далеко не бесполезной.

Дополненный новыми замечательными инструментами экспериментов и наблюдений, открывшими нам новые окна в космос, новыми теоретическими разработками, которые бы поразили и восхитили Эйнштейна, и открытием темной материи, которое, наверняка, подняло бы его кровяное давление, маленький шаг Эйнштейна в мир искривленного пространства, в конечном счете, превратился в гигантский скачок.

В начале 1990-х годов Святой Грааль космологии, по-видимому, был обретен.

Наблюдениями было установлено, что мы живем в открытой Вселенной, которая поэтому будет расширяться вечно.

Или нет?

ГЛАВА 3: СВЕТ ОТ НАЧАЛА ВРЕМЕН

И ныне, и присно, и во веки веков.

— "ГЛОРИЯ ПАТРИ"

Если вы размышляете, пытаетесь определить общую кривизну Вселенной, измеряя содержащуюся в ней общую массу, а затем используя уравнения общей теории относительности, отматывание пленки назад имеет огромные потенциальные проблемы.

Вы неизбежно должны задаться вопросом, скрыта ли материя так, что мы не можем ее обнаружить.

Например, мы можем исследовать наличие материи в этих системах, используя гравитационную динамику видимых систем, таких как галактики и скопления.

Если значительная масса каким-то образом находится в другом месте, мы ее пропустим.

Было бы гораздо лучше непосредственно измерить геометрию всей видимой Вселенной.

Но как можно измерить трехмерную геометрию всей видимой Вселенной?

Легче начать с более простого вопроса: как бы вы определили, что двумерный объект, такой как поверхность Земли, был изогнут, если бы не могли обойти вокруг Земли и не могли подняться над ней в спутнике и посмотреть вниз?

Во-первых, вы могли бы спросить ученика средней школы, какова сумма углов в треугольнике?

(Только выбирайте среднюю школу тщательно... Европейская школа подойдет.)

Вам бы сказали, что 180 градусов, потому что ученик, без сомнения, изучал евклидову геометрию - геометрию, ограниченную плоским листом бумаги.

На изогнутой двумерной поверхности, такой как глобус, вы можете нарисовать треугольник, сумма углов которого намного больше, чем 180 градусов.

Рассмотрим, например, линию, нарисованную вдоль экватора, затем идущую под прямым углом, доходящую до Северного полюса, а затем идущую еще под прямым углом на юг к экватору, как показано ниже.

Три раза по 90 дает 270, намного больше, чем 180 градусов.

Вуаля!

Оказывается, это просто, двумерное мышление распространяется прямо и одинаково на три измерения, потому что математики, которые впервые предложили неплоскую, или так называемую неевклидову, геометрию поняли, что одни и те же возможности могут существовать в трех измерениях.

Кстати, самый известный математик девятнадцатого века, Карл Фридрих Гаусс, был так очарован возможностью, что наша Вселенная может быть изогнута, что взял данные карт геодезической съемки за 1820-е и 30-е годы, чтобы измерить большие треугольники между немецкими горными вершинами Hoher Hagen, Inselberg и Bracken, и определить, может ли он обнаружить какую-либо кривизну самого пространства.

Конечно, тот факт, что эти горы находятся на изогнутой поверхности Земли, означает, что двумерная кривизна поверхности Земли мешала бы любым измерениям, которые он выполнял, чтобы исследовать кривизну в фоновом трехмерном пространстве, в котором находится Земля, что он должен был знать.

Я предполагаю, что он планировал вычесть все такие вклады из своих конечных результатов, чтобы увидеть, мог ли быть связан какой-либо возможный остаток кривизны с искривлением фонового пространства.

Первым человеком, попытавшимся окончательно измерить кривизну пространства, был никому не известный математик Николай Иванович Лобачевский, живший в далекой Казани в России.

В отличие от Гаусса, Лобачевский был фактически одним из двух математиков, имевших смелость предположить в печати возможность так называемых гиперболических криволинейных геометрий, где параллельные линии могут расходиться.

Примечательно, что Лобачевский опубликовал свою работу по гиперболической геометрии (которую мы теперь называем

"отрицательно искривленными" или "открытыми" вселенными) в 1830 году.

Вскоре после этого, рассматривая, может ли наша собственная трехмерная вселенная быть гиперболической, Лобачевский предположил, что есть возможность "исследовать звездный треугольник для экспериментального решения этого вопроса".

Он предположил, что можно воспользоваться наблюдениями за яркой звездой Сириус, когда Земля была по разные стороны своей орбиты вокруг Солнца, с интервалом в шесть месяцев.

Исходя из наблюдений, он пришел к выводу, что кривизна нашей Вселенной должна быть по крайней мере в 166 000 раз больше радиуса орбиты Земли.

Это большое число, но это тривиально мало по космическим масштабам.

К сожалению, тогда как у Лобачевского была правильная идея, он был ограничен технологиями своего времени.

Однако сто пятьдесят лет спустя ситуация улучшилась благодаря наиболее важному из всех наблюдений в космологии: измерению космического микроволнового фонового излучения, или реликтового излучения.

Реликтовое излучение - это не что иное как остаточное свечение Большого Взрыва.

Оно дает еще ряд прямых доказательств, если требуются, что Большой Взрыв действительно имел место, потому что это позволяет нам непосредственно оглянуться назад и определить природу очень молодой, горячей Вселенной, из которой позже появились все структуры, которые мы видим сегодня.

Одна из многих замечательных вещей в космическом микроволновом фоновом излучении - это то, что оно было обнаружено в Нью-Джерси, кто бы мог подумать, двумя учеными, которые действительно не имели ни малейшего представления о том, что они искали.

Другое дело, что оно существовало практически у всех перед носом в течение многих десятилетий, потенциально наблюдаемое, но совершенно не замечаемое.

На самом деле, возможно, вы достаточно старый, что наблюдали его эффекты, не осознавая этого, если вы помните дни до кабельного телевидения, когда каналы использовали, заканчивая вещание в предрассветные утренние часы, а не запускали на всю ночь рекламные ролики.

Когда эфир заканчивался, после показа телевизионной таблицы, на экран возвращались помехи.

Около 1 процента этих помех, которые вы видели на экране телевизора, было излучением, оставшимся от Большого Взрыва.

Происхождение космического микроволнового фонового излучения относительно ясно.

Поскольку Вселенная имеет конечный возраст (напомним, это 13 720 000 000 лет), и поскольку мы высматриваем все более удаленные объекты, мы смотрим все дальше назад во времени (так как свету требуется больше времени, чтобы добраться до нас от этих объектов), и можно представить, что если бы мы взглянули достаточно далеко, мы бы увидели сам Большой Взрыв.

В принципе, это не невозможно, но на практике между нами и теми давними временами лежит стена.

Не физическая стена, как стены помещения, в котором я это пишу, но стена, которая, в значительной мере, оказывает такое же воздействие.

Я не могу видеть через стены в моей комнате, потому что они непрозрачны.

Они поглощают свет.

Итак, когда я смотрю в небо все дальше и дальше назад во времени, я смотрю на Вселенную, когда она была все моложе и моложе, а также все горячее и горячее, потому что она охладилась со времен Большого Взрыва.

Если я посмотрю назад достаточно далеко, в то время, когда Вселенной было примерно 300 000 лет, температура Вселенной была примерно на 3 000 градусов (по шкале Кельвина) выше абсолютного нуля.

При этой температуре окружающее излучение обладало настолько большой энергией, что могло разбивать атомы, преобладающие во

Вселенной, атомы водорода, на отдельные составляющие, протоны и электроны.

До этого времени нейтральной материи не существовало.

Обычная материя Вселенной, сделанная из атомных ядер и электронов, состояла из плотной "плазмы" заряженных частиц, взаимодействующих с излучением.

Плазма, однако, могла быть непрозрачной для излучения.

Заряженные частицы в плазме поглощали фотоны и переизлучали их, так что излучение не могло легко проходить через такое вещество беспрепятственно.

В результате, если я попытаюсь посмотреть назад во времени, я не смогу увидеть дальше времени, когда материя во Вселенной состояла в основном из такой плазмы.

Еще раз, это как стены в моей комнате.

Я вижу их только потому, что электроны в атомах на поверхности стены поглощают свет от освещения в моем кабинете, а затем переизлучают его, при этом воздух между мной и стеной прозрачен, так что я могу видеть на всем протяжении до поверхности стены, излучающей свет.

Так же и со Вселенной.

Я могу видеть весь путь назад до той "поверхности последнего рассеяния", которая была моментом, когда Вселенная стала нейтральной, и протоны объединились с электронами в нейтральные атомы водорода.

После этого момента Вселенная стала в значительной степени прозрачной для излучения, и теперь я могу видеть излучение, которое поглощалось и переизлучалось электронами, когда материя во Вселенной стала нейтральной.

Поэтому картина Большого Взрыва Вселенной предсказывает, что должно быть излучение, идущее ко мне со всех направлений от той "поверхности последнего рассеяния".

Поскольку Вселенная с тех пор расширилась примерно в 1000 раз, излучение на пути к нам остыло и теперь имеет температуру около 3 градусов выше абсолютного нуля.

И это именно тот сигнал, который обнаружили два незадачливых ученых в Нью-Джерси в 1965 году, и за открытие которого позднее они были удостоены Нобелевской премии.

Вообще-то, совсем недавно была присуждена вторая Нобелевская премия за наблюдение космического микроволнового фонового излучения, и не зря.

Если бы мы могли сфотографировать поверхность последнего рассеяния, мы получили бы картину новорожденной Вселенной в возрасте всего лишь 300 тысяч лет от ее возникновения.

Мы смогли бы увидеть все структуры, которые в один прекрасный день сжались, сформировав галактики, звезды, пришельцев и все остальное.

Самое главное, эти структуры не изменялись под действием всей последующей динамической эволюции, которая может затруднить понимание природы и происхождения первых крошечных первичных возмущений в материи и энергии, которые предположительно были созданы экзотическими процессами в самые первые моменты Большого Взрыва.

Однако самое главное для нашей задачи, что на этой поверхности был бы характерный масштаб, который был бы запечатлен там ничем иным как самим временем.

Можно понимать это следующим образом: если оценивать расстояние, охватывающее примерно 1 градус на поверхности последнего рассеяния, видимое наблюдателем на Земле, оно будет соответствовать расстоянию примерно в 300 000 световых лет.

Итак, поскольку поверхность последнего рассеяния отражает то время, когда самой Вселенной было примерно 300 000 лет, и поскольку Эйнштейн говорит нам, что никакая информация не может перемещаться в пространстве быстрее скорости света, это означает, что никакой сигнал с одного места не мог пройти по этой поверхности за это время более чем на 300 000 световых лет.

Теперь рассмотрим комков материи меньше, чем 300 000 световых лет.

Такой комок начнет сжиматься за счет собственной гравитации.

Но комок больше, чем 300 тысяч световых лет, даже не начинает сжиматься, потому что он еще даже не "знает", что является комком.

Гравитация, которая сама распространяется со скоростью света, не может пройти через всю длину комка.

Так же, как Хитрый Койот соскакивает с обрыва и висит, подвешенный в воздухе, в мультфильмах Road Runner, комок будет просто находиться там, ожидая, чтобы сжаться, когда Вселенная станет достаточно взрослой, чтобы знать, что он должен делать!

Это выделяет особый треугольник с одной стороной 300 000 световых лет на известном расстоянии от нас, определяемом расстоянием между нами и поверхностью последнего рассеяния, как показано ниже:

Самые крупные куски материи, которые уже начали сжиматься и при этом создают неровности на изображении микроволновой фоновой поверхности, будут охватывать эту угловую величину.

Если мы можем получить изображение этой поверхности, какой она выглядела в то время, мы ожидаем, что такие горячие пятна должны быть, в среднем, самыми крупными кусками, которые мы видим на фото.

Тем не менее, то, будет ли угол, охватывающий это расстояние, равен ровно 1 градусу, будет фактически определяться геометрией Вселенной.

В плоской Вселенной лучи света идут по прямой линии.

В открытой Вселенной, однако, лучи света изгибаются наружу, если проследить их назад во времени.

В замкнутой Вселенной лучи света сходятся, если проследить их назад.

Таким образом, фактический угол, измеряемый на наших глазах линейкой длиной 300 000 световых лет, находящейся на расстоянии, связанном с поверхностью последнего рассеяния, зависит от геометрии Вселенной, как показано ниже:

Это служит прямым, чистым показателем геометрии Вселенной.

Поскольку размер крупнейших горячих пятен или холодных мест в изображении микроволнового фонового излучения зависит только от причинности - факта, что гравитация может распространяться только со скоростью света, и поэтому крупнейшая область, которая может сжаться за это время, определяется просто наибольшим расстоянием, на которое за это время может распространиться луч света - и поскольку угол, который мы видим, перекрываемый определенной длины линейкой на определенном расстоянии от нас, обусловлен лишь кривизной Вселенной, простое изображение поверхности последнего рассеяния может открыть нам масштабную геометрию пространства-времени.

Первым экспериментом с попыткой таких наблюдений был эксперимент с запуском воздушного шара в Антарктиде в 1997 году под названием BOOMERANG.

В то время как этот акроним расшифровывается как Balloon Observations of Millimetric Extragalactic and Geophysics, реальная причина, почему его так называли, проще.

Микроволновый радиометр был прикреплен к высотному аэростату, как показано ниже:

Затем воздушный шар облетел вокруг света, что легко сделать в Антарктике.

На самом деле, на Южном полюсе это действительно легко сделать, так как вы можете просто развернуться по кругу.

Тем не менее, от станции Мак-Мердо полет по кругу вокруг континента с помощью полярных ветров занял две недели, после чего устройство вернулось к исходной точке, отсюда и название BOOMERANG.

Бумеранг облетел вокруг Антарктики.

Цель полета воздушного шара была проста.

Чтобы получить изображение микроволнового фонового излучения, отображающее температуру на 3 градуса выше абсолютного нуля (по шкале Кельвина), не загрязненное намного более горячей материей на Земле (даже в Антарктиде температура более чем на двести градусов жарче, чем температура космического микроволнового фонового

излучения), нам нужно подняться как можно дальше от Земли, и даже выше большей части земной атмосферы.

В идеале для этой цели мы используем спутники, но высотные воздушные шары могут сделать большую часть работы за гораздо меньшие деньги.

В любом случае, спустя две недели BOOMERANG вернулся с изображением небольшого участка неба в микроволновом диапазоне, показывающего горячие и холодные пятна в картине излучения, поступающего от поверхности последнего рассеяния.

Ниже показано одно изображение области, наблюдавшейся в эксперименте BOOMERANG (с "горячими" и "холодными" пятнами, обозначенными темным и светлым соответственно), наложенное на исходную фотографию эксперимента:

Это изображение служит двум нашим целям.

Во-первых, оно отображает реальный физический масштаб горячих и холодных пятен, увиденных в небе с помощью BOOMERANG, с основным изображением для сравнения.

Но оно также иллюстрирует еще один важный аспект, который можно назвать только нашей космической близорукостью.

Когда мы смотрим солнечным днем, мы видим голубое небо, как показано на предыдущем изображении с воздушного шара.

Но это лишь потому, что мы эволюционировали, чтобы видеть видимый свет.

Причина, без сомнения, в том, что свет от поверхности нашего Солнца достигает пика в видимой области, а также в том, что многие другие длины волн света поглощаются нашей атмосферой, поэтому они не могут достичь нас на поверхности Земли.

(Это большая удача для нас, так как большая часть этого излучения может быть вредным.)

В любом случае, если бы мы вместо этого эволюционировали, чтобы "видеть" микроволновое излучение, образ неба, который бы мы видели, днем или ночью, при условии, что мы не смотрели бы прямо на Солнце, повторял бы непосредственно изображение поверхности

последнего рассеяния, находящееся более чем в 13 млрд. световых лет от Земли.

Этот "образ" был получен детектором BOOMERANG.

Первый полет BOOMERANG, сделавший это фото, был удивительно удачным.

Антарктика - недружелюбная, непредсказуемая среда.

В более позднем полете, в 2003 году, весь эксперимент чуть не провалился из-за неисправности воздушного шара и последующей бури.

Принятое в последний момент решение избавиться от шара, прежде чем его унесет в какое-то недоступное место, спасло ситуацию, и поисково-спасательная экспедиция обнаружила научный груз на антарктической равнине и восстановила герметичный сосуд, содержащий научные данные.

Прежде чем проанализировать изображение BOOMERANG, я еще раз хочу подчеркнуть, что реальный физический размер горячих и холодных пятен, зарегистрированных на фотографии BOOMERANG, определяется простой физикой, связанной с поверхностью последнего рассеяния, а измеренные размеры горячих и холодных пятен на изображении обусловлены геометрией Вселенной.

Простая двумерная аналогия может помочь в дальнейшем объяснить результат: в двумерном виде закрытая геометрия напоминает поверхность сферы, тогда как открытая геометрия напоминает поверхность седла.

Если мы нарисуем треугольник на этих поверхностях, мы наблюдаем эффект, который я описал, когда прямые линии сходятся на сфере и расходятся на седле, и, конечно же, остаются прямыми на плоской поверхности:

Итак, в настоящий момент вопрос на миллион долларов звучит так: насколько велики горячие и холодные пятна на фото, сделанном BOOMERANG?

Чтобы на это ответить, сотрудники BOOMERANG подготовили на своем компьютере несколько смоделированных изображений горячих и холодных пятен, которые наблюдались бы в закрытых, плоских и

открытых вселенных, и сравнили их с изображением (другого цвета) фактического микроволнового излучения неба.

Если вы посмотрите на изображение смоделированной замкнутой Вселенной в левом нижнем углу, вы увидите, что в среднем пятна крупнее, чем в реальной Вселенной.

Справа средний размер пятен меньше.

Но, как кровать медвежонка в "Златовласке", изображение посередине, соответствующее моделируемой плоской Вселенной, подходит "в самый раз".

Математически красивая вселенная, которую страстно ожидали теоретики, казалось, подтверждалась этими наблюдениями, хотя это, похоже, сильно противоречило оценкам, сделанным путем взвешивания скоплений галактик.

На самом деле, совпадение между предсказаниями для плоской Вселенной и изображением, полученным с помощью BOOMERANG, почти приводит в замешательство.

Рассматривая пятна и ища самые крупные, у которых было время значительно сжаться на момент отражения от поверхности последнего рассеяния, команда BOOMERANG создала следующий график:

Данные отмечены точками.

Сплошная линия предсказывает плоскую Вселенную, с наибольшим пиком около 1 градуса!

После того, как были опубликованы результаты эксперимента BOOMERANG, НАСА запустило гораздо более чувствительный спутниковый зонд для изучения микроволнового фонового излучения, Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP).

Названный в честь покойного физика из Принстона Дэвида Уилкинсона, который был одним из первых принстонских физиков, кто должен был обнаружить реликтовое излучение раньше ученых из Bell Labs, WMAP был запущен в июне 2001 года.

Он был послан на расстояние в один миллион миль от Земли, где на противоположной от Солнца стороне Земли он мог наблюдать микроволновое излучение неба, не загрязненное солнечными лучами.

В течение семи лет он создал изображение микроволнового излучения всего неба (а не только части неба, как это сделал BOOMERANG, поскольку BOOMERANGу мешало присутствие Земли под ним) с невиданной точностью.

Здесь все небо проецируется на плоскости, так же, как поверхность земного шара может быть спроецирована на плоской карте.

Плоскость нашей галактики лежит вдоль экватора, и на 90 градусов выше плоскости нашей галактики на этой карте находится Северный полюс, а на 90 градусов ниже - Южный полюс.

Изображение галактики, однако, было удалено с карты, чтобы отразить только излучение, идущее от поверхности последнего рассеяния.

Имея такие превосходные данные, можно гораздо более точно оценить геометрию Вселенной.

WMAP построил график, аналогичный графику, показанному на фото BOOMERANG, подтверждающий с точностью до 1 процента, что мы живем в плоской Вселенной!

Ожидания теоретиков были правильными.

Хотя снова же, мы не можем игнорировать очевидную неувязку этого результата с результатом, который я описал в предыдущей главе.

Взвешивание Вселенной с помощью измерения массы галактик и скоплений дает значение в 3 раза меньшее, чем масса, необходимая для плоской Вселенной.

Должно быть какое-то решение.

В то время как теоретики, возможно, поздравляли друг друга за то, что догадались, что Вселенная плоская, почти никто не был готов к сюрпризу, который уготовила природа, в решении противоречивых оценок геометрии Вселенной, полученных с помощью сравнения измерений массы с прямыми измерениями кривизны.

Недостающая энергия, необходимая для плоской Вселенной, оказалось, буквально скрывается у нас под носом.

ГЛАВА 4: МНОГО ШУМА ИЗ НИЧЕГО

Чем меньше, тем лучше.

— ЛЮДВИГ МИС ВАН ДЕР РОЭ вслед за Робертом Браунином

Шаг вперед, два шага назад, похоже, таковы наши поиски понимания Вселенной и придания ей точного облика.

Даже несмотря на то, что наблюдения, наконец, окончательно определили кривизну нашей Вселенной - и по ходу проверили давние теоретические подозрения - даже хотя и было известно, что во Вселенной в десять раз больше материи, чем могло бы быть за счет протонов и нейтронов, даже такого огромного количества темной материи, составляющей 30 процентов того, что требуется для получения плоской Вселенной, было далеко недостаточно, чтобы объяснить всю энергию во Вселенной.

Прямое определение геометрии Вселенной и последующее открытие, что Вселенная действительно плоская, означало, что 70 процентов энергии Вселенной все еще не хватает, их нет ни внутри, ни вокруг галактик или даже скоплений галактик!

Все было не настолько шокирующим, как я это представил.

Еще до этих измерений кривизны Вселенной и определения общей массы скоплений в ней (как описано в главе 2) появились признаки того, что тогдашняя теоретическая картина нашей Вселенной - с достаточным количеством темной материи (как мы теперь знаем, в три раза большим, чем существует на самом деле), чтобы быть пространственно плоской - просто не согласовывалась с наблюдениями.

Действительно, еще в 1995 году мы с моим коллегой Майклом Тернером из Университета Чикаго написали еретическую работу, предполагая, что такая условно принятая картина не может быть правильной, и фактически единственная возможность, которая появилась с учетом плоской Вселенной (нашим теоретическим предпочтением в то время) и наблюдений скоплений галактик с их внутренней динамикой, была гораздо более странная Вселенная, которая уходит корнями к сумасшедшей теоретической идее Альберта Эйнштейна, возникшей в 1917 году, чтобы разрешить кажущееся противоречие между предсказаниями его теории и статичной Вселенной, в которой, как он думал, мы жили, и от которой впоследствии он отказался.

Насколько я помню, нашим стремлением в то время было больше показать, что что-то не так с общепринятыми знаниями, чем предложить окончательное решение проблемы.

Предположение казалось слишком сумасшедшим, чтобы действительно в него поверить, поэтому я не думаю, что кто-то был более удивлен, чем мы, когда выяснилось, три года спустя, что наша еретическое предположение было все же абсолютно правильным!

Давайте вернемся в 1917 год.

Напомню, что Эйнштейн разработал общую теорию относительности, и его сердце переполняла радость, когда он обнаружил, что может объяснить прецессию перигелия Меркурия, даже когда он столкнулся с фактом, что его теория не могла объяснить статичной Вселенной, в которой, по его мнению, он жил.

Если бы у него было больше мужества отстаивать свои убеждения, он мог бы предсказать, что Вселенная не может быть статичной.

Но он этого не сделал.

Вместо этого он понял, что может сделать небольшое изменение в своей теории, полностью согласующееся с математическими выводами, которые изначально привели его к разработке общей теории относительности, изменение, которое, похоже, делало статичную Вселенную возможной.

Хотя детали сложны, общая структура уравнений Эйнштейна в общей теории относительности относительно проста.

Левая сторона уравнений описывает кривизну Вселенной и вместе с тем силу гравитационных сил, действующих на материю и излучение.

Они определяются величиной в правой части уравнения, которая отражает суммарную плотность всех видов энергии и материи во Вселенной.

Эйнштейн понял, что добавление небольшого дополнительного постоянного члена в левую часть уравнения будет представлять небольшую дополнительную постоянную силу отталкивания повсюду в пространстве в дополнение к стандартному гравитационному притяжению между удаленными объектами, которое падает по мере увеличения расстояния между ними.

Если она достаточно мала, эта дополнительная сила может быть незаметна в человеческих масштабах или даже в масштабах нашей Солнечной системы, где закон тяготения Ньютона соблюдается столь красиво.

Но он подумал, что, поскольку она была постоянна повсюду в пространстве, она может возрасти в масштабах нашей галактики и быть достаточно большой, чтобы противодействовать силе притяжения между очень удаленными объектами.

Таким образом, рассудил он, в больших масштабах это может привести к статичной Вселенной.

Эйнштейн назвал этот дополнительный член космологическим членом.

Однако поскольку он был просто постоянным дополнением к уравнениям, то сейчас его обычно называют космологической постоянной.

После того, как он узнал, что Вселенная на самом деле расширяется, Эйнштейн обходился без этого члена и, как говорят, назвал решение добавить его в свои уравнения своей самой большой ошибкой.

Но избавиться от него не так просто.

Это все равно что пытаться затолкать зубную пасту обратно в тюбик после того как вы ее выдавили.

Все дело в том, что сейчас у нас совершенно иное представление о космологической постоянной, так что, если бы Эйнштейн не добавил этот член, то за прошедшие годы кто-то должен был бы это сделать.

Перемещение постоянной Эйнштейна из левой части его уравнений в правую - маленький шаг для математика, но гигантский скачок для физика.

Хотя математически это сделать пустяк, как только этот член оказывается справа, где находятся все члены, вносящие вклад в энергию Вселенной, он представляет нечто совершенно отличное с физической точки зрения, а именно новый вклад в суммарную энергию.

Но какого рода материю может отражать такой член?

Ответ - ничто.

Под ничем я подразумеваю не ничего, а совершенно ничего - в данном случае ничем мы обычно называем пустое пространство.

Иначе говоря, если я возьму область пространства и избавлюсь от всего - пыли, газа, людей и даже проходящего через него излучения, то есть абсолютно от всего, что есть в этой области - если остальные пустое пространство будет что-то весить, то это будет означать существование космологического члена, такого как выдумал Эйнштейн.

Итак, это заставляет космологическую постоянную Эйнштейна казаться еще безумнее!

Любой четвероклассник скажет вам, сколько энергии содержит ничто, даже если он не знает, что такое энергия.

Ответ должен быть нисколько.

Увы, большинство четвероклассников не учили квантовую механику, а также не изучали теорию относительности.

Ибо, если учесть результаты специальной теории относительности Эйнштейна в квантовом пространстве, пустое пространство становится гораздо более странным, чем это было раньше.

Фактически настолько странным, что даже физики, впервые обнаружившие и проанализировавшие это новое свойство, были почти готовы поверить, что оно на самом деле существует в реальном мире.

Первым человеком, успешно объединившим относительность и квантовую механику, был блестящий, немногословный британский физик-теоретик Поль Дирак, который ранее сам сыграл ведущую роль в развитии квантовой механики как теории.

Квантовая механика была разработана в период с 1912 по 1927 год, в первую очередь благодаря работам гениального и знаменитого датского физика Нильса Бора, блестящего, молодого, энергичного австрийского физика Эрвина Шредингера и немецкого физика Вернера Гейзенберга.

Квантовый мир, впервые предложенный Бором и математически уточненный Шредингером и Гейзенбергом, бросает вызов всем здравомыслящим представлениям, основанным на нашем знании объектов в человеческих масштабах.

Бор первым предположил, что электроны в атомах вращаются вокруг центрального ядра, как планеты вокруг Солнца, но показал, что наблюдаемые правила атомных спектров (частот света, испускаемого различными элементами) можно понять, только если электроны каким-то образом ограничены наличием стабильных орбит с фиксированным рядом "квантовых уровней" и не могут свободно постепенно приближаться к ядру.

Они могут двигаться между уровнями, поглощая или испуская только дискретные частоты, или кванты, света - те самые кванты, которые в 1905 году Макс Планк впервые предложил для понимания формы излучения горячих предметов.

Однако "правила квантования" Бора были довольно узкоспециализированы.

В 1920-х Шредингер и Гейзенберг независимо показали, что эти правила можно было получить из основных принципов, если электроны подчинялись правилам динамики, которые отличались от тех, что применяются для макроскопических объектов, таких как бейсбольные мячи.

Электроны могут вести себя и как волны, и как частицы, как бы распространяясь в пространстве (отсюда "волновая функция" Шредингера для электронов), и было показано, что измерения свойств электронов дают лишь вероятностные результаты, с различными комбинациями разных свойств, которые не могут быть точно измерены в одно и то же время (отсюда "принцип неопределенности" Гейзенберга).

Дирак показал, что математика, предлагаемая Гейзенбергом для описания квантовых систем (за которую Гейзенберг получил в 1932 году Нобелевскую премию), может быть получена по точной аналогии с известными законами, управляющими динамикой классических макроскопических объектов.

Кроме того, позже ему также удалось продемонстрировать, что математическую "волновую механику" Шредингера также можно

получить таким образом, и она была формально эквивалентна формулировке Гейзенберга.

Но Дирак также знал, что замечательная квантовая механика Бора, Гейзенберга и Шредингера применима только к системам, где были уместны законы Ньютона (а не теория относительности Эйнштейна), законы, управляющие классическими системами, по аналогии с которыми были построены квантовые системы.

Дирак любил мыслить на языке математики, а не картинных образов, и когда он сосредоточился на попытках заставить квантовую механику согласоваться с законами относительности Эйнштейна, он начал работать с различными уравнениями.

К ним относятся сложные многокомпонентные математические системы, которые были необходимы, чтобы учесть тот факт, что электроны имеют "спин", иначе говоря, что они вращаются, как маленькие волчки, и имеют угловой момент, и что они также могут вращаться как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки вокруг любой из осей.

В 1929 году он добился успеха.

Уравнение Шредингера было красивым и точно описывало поведение электронов, движущихся со скоростью гораздо более медленной, чем свет.

Дирак обнаружил, что если он превращал уравнение Шредингера в более сложное уравнение с помощью объектов, называемых матрицами - что на самом деле означало, что его уравнение в действительности описывало набор из четырех различных взаимосвязанных уравнений - он мог непротиворечиво объединить квантовую механику с относительностью, и, таким образом, в принципе, описать поведение системы, где электроны двигались на гораздо более высоких скоростях.

Однако была одна проблема.

Дирак записал уравнение, предназначенное для описания поведения электронов, когда они взаимодействовали с электрическими и магнитными полями.

Но для его уравнения, похоже, требовались также новые частицы, почти такие же, как электроны, но с противоположным электрическим зарядом.

В то время в природе была известна только одна элементарная частица с зарядом, противоположным электрону - протон.

Но протоны не совсем похожи на электроны.

Начнем с того, что они в 2000 раз тяжелее!

Дирак пришел в замешательство.

В отчаянии он утверждал, что новые частицы были фактически протонами, но что каким-то образом при перемещении в пространстве взаимодействие протонов заставляло их действовать так, как будто они были тяжелее.

Другим ученым, в том числе Гейзенбергу, не потребовалось много времени, чтобы показать, что это предположение не имело смысла.

Природа быстро пришла на помощь.

В течение двух лет Дирак предлагал свое уравнение, а через год после того, как он капитулировал и признал, что, если его работа была верна, то должна существовать новая частица, экспериментаторы, наблюдая космические лучи, бомбардирующие Землю, обнаружили свидетельства новых частиц, идентичных электронам, но с противоположным электрическим зарядом, которых окрестили позитронами.

Дирак был оправдан, но он также признал свою прежнюю неуверенность в собственной теории, позже сказав, что его уравнение было умнее, чем он сам!

Мы теперь называем позитрон "античастицей" электрона, потому что оказалось, что открытие Дирака проявлялось повсеместно.

Та же физика, что нуждается в античастице для существования электрона, нуждается в таких же частицах для существования почти всех элементарных частиц в природе.

У протонов, например, есть антипротоны.

Даже некоторые нейтральные частицы, такие как нейтроны, имеют античастицы.

Когда частицы встречаются с античастицами, они аннигилируют в чистое излучение.

Хотя все это может звучать как научная фантастика (и антиматерия, несомненно, играет важную роль в "Звездном пути"), мы создаем античастицы все время в наших больших ускорителях частиц по всему миру.

Поскольку античастицы в остальном имеют те же свойства, что и частицы, мир, сделанный из антиматерии, будет вести себя так же, как мир из материи, с антилюбленными, сидящими в антимашинах и занимающимися любовью под анти-Луной.

И это простая случайность в нашей жизни, которая, как нам кажется, вызвана гораздо более глубокими факторами, до которых мы дойдем позже, что мы живем во вселенной, которая состоит из материи, а не антиматерии, или во вселенной с равным количеством того и другого.

Я хочу сказать, что в то время как антиматерия может показаться странной, она странная в том смысле, что и странные бельгийцы.

На самом деле, они не странные, просто мы их редко встречаем.

Существование античастиц делает наблюдаемый мир гораздо более интересным местом, но это также делает пустое пространство гораздо более сложным.

Легендарный физик Ричард Фейнман был первым человеком, который привел нас к интуитивному пониманию того, почему теория относительности предполагает существование античастиц, и который также графически продемонстрировал, что пустое пространство не совсем пусто.

Фейнман понял, что теория относительности говорит нам, что наблюдатели, движущиеся с разной скоростью, будут по-разному измерять такие величины, как расстояние и время.

Например, будет казаться, что время замедляется для объектов, движущихся очень быстро.

Если каким-то образом объекты могли бы путешествовать быстрее света, они бы, казалось, двигались бы назад во времени, что является

одной из причин, по которой скорость света обычно считают пределом космической скорости.

Ключевым принципом квантовой механики, однако, является принцип неопределенности Гейзенберга, который, как я уже упоминал, утверждает, что для некоторых пар величин, таких как местоположение и скорость, невозможно одновременно определить их точные значения для данной системы.

С другой стороны, если вы измеряете данную систему только в фиксированный, конечный промежуток времени, вы не можете точно определить его полную энергию.

Все это означает, что, для очень короткого времени, настолько короткого, что вы не можете измерить скорость частиц с высокой точностью, квантовая механика допускает возможность, что эти частицы ведут себя так, как если бы они двигались быстрее света!

Но, если они движутся быстрее света, Эйнштейн говорит нам, что они должны вести себя так, как будто они движутся назад во времени!

Фейнман был достаточно храбр, чтобы воспользоваться этой, казалось бы, сумасшедшей возможностью серьезно и изучить ее последствия.

Он нарисовал следующую схему электрона, движущегося с места на место, периодически ускоряющегося в середине своего путешествия до скорости, быстрее чем скорость света.

Он понял, что теория относительности говорит нам, что другой наблюдатель мог бы альтернативно измерить то, что выглядело бы как показано ниже, при этом электрон будет двигаться то вперед, то назад во времени, а затем снова вперед.

Однако отрицательный заряд, движущийся назад во времени, математически эквивалентен положительному заряду, движущемуся вперед во времени!

Таким образом, относительность потребовала бы наличия положительно заряженных частиц с такой же массой и другими свойствами, как у электронов.

В этом случае второй рисунок Фейнмана можно интерпретировать следующим образом: движется один электрон, потом в другой точке пространства из ничего создается пара позитрон-электрон, а затем позитрон встречает первый электрон, и оба аннигилируют.

Впоследствии остается один движущийся электрон.

Если вас это не смущает, то необходимо учитывать следующее: на некоторое время, даже если у вас вначале только одна частица, и одна частица в конце, в течение короткого времени есть три движущихся частицы:

В краткий момент посредине, по крайней мере на некоторое время, что-то рождается из ничего!

Фейнман красиво описывает этот очевидный парадокс в своей работе "Теория позитронов" (1949 г.), используя восхитительную военную аналогию:

Это как если бомбардир, высматривая одну дорогу через прицел низко летящего самолета, вдруг видит три дороги, и лишь когда две из них сходятся вместе и снова исчезают, он понимает, что он просто пролетал над длинной петлей одной дороги.

Поскольку период времени в течение этой "петли" настолько короткий, что мы не можем прямо измерить все частицы, квантовая механика и теория относительности предполагают, что эта странная ситуация не просто допускается, она возникает обязательно.

Частицы, которые появляются и исчезают в масштабах времени, слишком коротких для измерения, называют виртуальными частицами.

Теперь открытие целого ряда новых частиц в пустом пространстве, которых нельзя измерить, очень похоже на множество ангелов, сидящих на булавочной головке.

И это была бы примерно такая же бесплодная идея, если бы у этих частиц не было никаких других заметных эффектов.

Тем не менее, хотя их нельзя наблюдать непосредственно, оказывается, их косвенные эффекты производят большую часть свойств Вселенной, которые мы знаем сегодня.

Мало того, можно рассчитать влияние этих частиц точнее, чем при любом другом научном расчете.

Рассмотрим, например, атом водорода - систему, которую Бор попытался объяснить, разработав свою квантовую теорию, а

Шредингер позже попытался описать, выведя свое знаменитое уравнение.

Красота квантовой механики была в том, что она могла объяснить определенные цвета света, излучаемого водородом, когда он нагрет, утверждая, что электроны, вращающиеся вокруг протона, могут существовать только на дискретных уровнях энергии, и когда они прыгают между уровнями, они поглощают или излучают только фиксированный набор частот света.

Уравнение Шредингера позволяет вычислить предсказанные частоты, и оно дает почти абсолютно правильный ответ.

Но не совсем.

Когда спектр водорода изучили более тщательно, то увидели, что он был более сложным, чем оценивалось ранее, с некоторыми дополнительными небольшими делениями между наблюдаемыми уровнями, называемыми "тонкой структурой" спектра.

Хотя эти деления были известны со времен Бора, и было подозрение, что, возможно, релятивистские эффекты имеют к ним какое-то отношение, пока релятивистская теория не стала полностью доступна, никто не мог подтвердить это подозрение.

К счастью, благодаря уравнению Дирака удалось улучшить предсказания по сравнению с уравнением Шредингера и воспроизвести общую структуру наблюдений, в том числе тонкую структуру.

Пока все хорошо, но в апреле 1947 года экспериментатор из Соединенных Штатов Уиллис Лэмб и его ученик Роберт С. Резерфорд провели эксперимент, который мог бы показаться невероятно плохо мотивированным.

Они поняли, что имели техническую возможность измерять структуру уровней энергии атомов водорода с точностью до 1 части на 100 миллионов.

Зачем им это было надо?

Что ж, всякий раз, когда экспериментаторы находят новый метод измерения чего-то со значительно большей точностью, чем это было возможно раньше, это часто бывает достаточной мотивацией для них, чтобы идти вперед.

При этом часто обнаруживаются целые новые миры, как тогда, когда голландский ученый Антони ван Левенгук первым посмотрел на каплю, казалось бы, чистой воды с помощью микроскопа в 1676 году и обнаружил, что она кипит жизнью.

В данном случае, однако, у экспериментаторов была более прямая мотивация.

До эксперимента Лэмба доступная экспериментальная точность не позволяла детально проверить предсказание Дирака.

Уравнение Дирака предсказывало общую структуру новых наблюдений, но ключевым вопросом, на который хотел ответить Лэмб, было предсказывало ли оно их детально.

Это был единственный способ действительно проверить теорию.

И когда Лэмб проверил эту теорию, казалось, он получил неправильный ответ, в масштабе примерно 100 частей на миллиард, что значительно выше чувствительности его аппарата.

Такое маленькое расхождение с экспериментом может показаться незначительным, но предсказания теории Дирака в ее простейшей интерпретации были однозначны, как и эксперимент, и они отличались.

В течение следующих нескольких лет за дело взялись лучшие теоретические умы в физике и попытались разрешить это несоответствие.

Ответ был получен после огромной работы, и когда пыль осела, стало ясно, что уравнение Дирака на самом деле дает совершенно правильный ответ, но только если учитывать влияние виртуальных частиц.

Графически это можно представить следующим образом.

Атомы водорода, как правило, в книгах по химии изображаются вот так, с протоном в центре и электроном, вращающимся вокруг него, прыгающим между различными уровнями:

Однако как только мы допускаем возможность, что электронно-позитронные пары могут ненадолго спонтанно появляться из ничего, прежде чем снова уничтожить друг друга, в течение любого короткого

времени атом водорода в действительности выглядит следующим образом:

В правой части рисунка я нарисовал такую пару, которая затем аннигилировала в верхней части.

Виртуальный электрон, будучи заряженным отрицательно, любит держаться неподалеку от протона, а позитрон любит оставаться дальше.

В любом случае, из этого рисунка видно, что фактическое распределение заряда в атоме водорода не объясняется, в любой момент, только одним электроном и протоном.

Примечательно, что мы, физики, усвоили (после всей этой тяжелой работы Фейнмана и других), что мы можем использовать уравнение Дирака для вычисления, с произвольно высокой точностью, воздействия на спектр водорода всех возможных виртуальных частиц, которые могут существовать периодически поблизости от него.

И когда мы это сделали, мы выдали самый лучший, самый точный прогноз во всей науке.

Все другие научные прогнозы бледнеют в сравнении с ним.

В астрономии самые последние наблюдения космического микроволнового фонового излучения позволяют сравнить их с теоретическими предсказаниями на уровне, возможно, 1 часть на 100 000, что замечательно.

Тем не менее, с помощью уравнения Дирака и предсказанного существования виртуальных частиц мы можем вычислить значение атомных параметров и сравнить их с результатами наблюдений, и они замечательно согласуются на уровне примерно 1 часть на миллиард или лучше!

Поэтому виртуальные частицы существуют.

Тогда как с захватывающей точностью, доступной в атомной физике, вряд ли что-то может сравниться, есть одно место, где виртуальные частицы играют ключевую роль, которое фактически может иметь более непосредственное отношение к центральному вопросу этой книги.

Оказывается, они ответственны за большую часть вашей массы, и массы всего, что мы видим во Вселенной.

Один из крупных успехов в 1970-е годы в нашем фундаментальном понимании материи пришел с открытием теории, точно описывающей взаимодействие кварков, частиц, составляющих протоны и нейтроны, формирующих основную часть вещества, из которого сделаны вы и всё, что вы можете видеть.

Математика, связанная с этой теорией, сложна, и потребовалось несколько десятилетий, прежде чем были разработаны методы, способные с нею справиться, особенно в режиме, где сильное взаимодействие между кварками стало ощутимым.

Были приложены невероятные усилия, в том числе построены несколько самых сложных компьютеров параллельной обработки, одновременно использующих десятки тысяч отдельных процессоров, с тем чтобы попытаться вычислить фундаментальные свойства протонов и нейтронов, частиц, которые мы фактически измеряем.

После всей этой работы у нас теперь есть хорошее представление о том, как на самом деле выглядят внутренности протона.

В нем может содержаться три кварка, но есть также многое другое.

В частности, виртуальные частицы, отображающие частицы и поля, передающие сильное взаимодействие между кварками, постоянно то возникают, то исчезают.

Вот снимок, как всё выглядит на самом деле.

Конечно, это не настоящая фотография, а, скорее, художественная визуализация математики, регулирующей динамику кварков и полей, которые их связывают.

Необычные формы и разные оттенки отражают силу полей, взаимодействующих друг с другом и с кварками внутри протона, когда виртуальные частицы спонтанно то возникают, то исчезают.

Протон периодически наполняется такими виртуальными частицами и фактически, когда мы пытаемся оценить, какой вклад они могли бы вносить в массу протона, мы находим, что сами кварки обеспечивают очень малую часть от общей массы, и что поля, создаваемые этими частицами, вносят большую часть энергии, составляющей энергию покоя протона и, следовательно, его массу покоя.

То же самое верно для нейтрона, и, так как вы состоите из протонов и нейтронов, то же самое верно для вас!

Итак, если мы можем рассчитать воздействие виртуальных частиц на пустое пространство внутри и вокруг атомов, и мы можем рассчитать воздействие виртуальных частиц на пустое пространство внутри протонов, можем ли мы рассчитать воздействие виртуальных частиц на само пустое пространство?

Что ж, этот расчет вообще-то сделать труднее.

Причина в том, что, когда мы рассчитываем воздействие виртуальных частиц на атомы или на массу протона, мы на самом деле рассчитываем полную энергию атома или протона, включая виртуальные частицы, а затем вычисляем полную энергию, которую внесли бы виртуальные частицы без атома или протона (т.е. в пустом пространстве), а затем вычитаем эти два числа, чтобы найти чистое воздействие на атом или протон.

Мы так делаем, потому что когда мы пытаемся решить соответствующие уравнения, оказывается, что каждая из этих двух энергий формально бесконечна, но когда мы вычитаем эти две величины, у нас остается конечная разность, причем такая, которая в точности совпадает с измеренным значением!

Однако если мы хотим вычислить воздействие виртуальных частиц на одно только пустое пространство, у нас не из чего вычитать, и в ответе мы получим, следовательно, бесконечность.

Однако бесконечность - не самое приятное число, по крайней мере для физиков, и мы стараемся избегать его, когда это возможно.

Очевидно, что энергия пустого пространства (или чего-нибудь другого, если на то пошло) не может быть физически бесконечной, так что мы должны найти способ сделать расчет и получить конечный ответ.

Причину бесконечности легко объяснить.

Когда мы рассматриваем все возможные виртуальные частицы, которые могут появиться, из принципа неопределенности Гейзенберга (который, я напомним, говорит, что неопределенность измеряемой энергии системы обратно пропорциональна промежутку времени, за который вы ее наблюдаете) следует, что частицы, несущие больше

всего энергии, могут появиться спонтанно из ничего, если только они затем исчезают в кратчайшее время.

Поэтому в принципе частицы могут обладать почти бесконечной энергией при условии, что они исчезают в почти бесконечно малое время.

Тем не менее, законы физики, как мы их понимаем, применимы только для времени и расстояний больших, чем определенное значение, соответствующее масштабам, где необходимо учитывать эффекты квантовой механики при попытке понять гравитацию (и связанные с ней воздействия на пространство-время).

Пока у нас нет теории "квантовой гравитации", как ее называют, мы не можем доверять экстраполяциям, которые выходят за эти пределы.

Таким образом, мы могли бы надеяться, что новая физика, связанная с квантовой гравитацией, каким-то образом отсечет эффекты виртуальных частиц, которые живут меньше, чем "планковское время", как его называют.

Если мы затем рассмотрим суммарное действие только виртуальных частиц с энергией, равной или ниже энергии, которую позволяет это временное ограничение, мы приходим к конечной оценке энергии, вносимой в ничто виртуальными частицами.

Но есть проблема.

Это число оказывается примерно в 1.000.000.000.000.000.000.000.
000.000.000.000.000.000.000.000.
000.000.000.000.000.000.000.000.
000.000.000.000.000.000.000.000.
000.000.000.000.000 раз больше, чем энергия, связанная со всей
известной материей во Вселенной, в том числе с темной материей!

Если расчет расположения атомных энергетических уровней, включая виртуальные частицы, является лучшим вычислением во всей физике, то эта оценка энергетического пространства - на 120 порядков большая, чем энергия всего остального во Вселенной - это, несомненно, худшее вычисление!

Если энергия пустого пространства как-то приближается к этому огромному числу, возникающая сила отталкивания (помните, энергия пустого пространства равна космологической постоянной) была бы достаточно большой, чтобы взорвать Землю сегодня, но что более

важно, она была бы так велика в древние времена, что все, что мы сейчас видим в нашей Вселенной, оттолкнулось бы друг от друга так быстро в первые доли секунды после Большого Взрыва, что ни одна структура, ни звезды, ни планеты и ни люди никогда бы не образовались.

Эту проблему, подходяще названную проблемой космологической постоянной, существовавшую задолго до того, как я стал аспирантом, впервые совершенно ясно выразил русский космолог Яков Зельдович примерно в 1967 году.

Она остается нерешенной и, пожалуй, самой глубокой нерешенной фундаментальной проблемой в физике сегодня.

Несмотря на то, что мы не имели ни малейшего представления, как решить эту проблему в течение более чем сорока лет, мы, физики-теоретики, знали, что ответ должен был быть.

Как четвероклассник, который, я полагаю, догадался бы, что энергия пустого пространства равна нулю, мы тоже чувствовали, что, когда конечная теория будет получена, она объяснит, как аннулируются эффекты виртуальных частиц, оставляя пустое пространство с ровно нулевой энергией.

Или ничто.

Или, скорее, Ничто.

Наши рассуждения были лучше, чем рассуждения четвероклассника, или мы так думали.

Нам нужно было уменьшить величину энергии пустого пространства от действительно гигантского значения, предложенного наивной оценкой, до величины, соответствующей верхним пределам, допустимым наблюдением.

Это потребовало бы какого-то способа вычесть из очень большого положительного числа другое очень большое положительное число, так, чтобы сократить 120 знаков, оставляя что-то ненулевое под 121 знаком!

Но нет ни одного прецедента в науке для сокращения двух больших чисел с такой точностью, чтобы осталось только что-то мизерное.

Однако ноль - это число, которое легко получить.

Примеры симметрии в природе часто позволяют продемонстрировать, что есть абсолютно равные и противоположные вклады, получаемые в разных местах в расчете, которые полностью сокращаются, совершенно ничего не оставляя в остатке.

Или, снова же, Ничего.

Таким образом, мы, теоретики, могли расслабиться и спать спокойно.

Мы не знали, как добиться окончательного ответа, но мы были уверены, что он должен был быть.

У природы, однако, было на уме что-то другое.

ГЛАВА 5: ГЛАВА О РАЗБЕГАЮЩЕЙСЯ ВСЕЛЕННОЙ

Просто вздор думать в настоящее время о происхождении жизни; впоору думать о происхождении материи.

— ЧАРЛЬЗ ДАРВИН

То, что мы с Майклом Тернером утверждали в 1995 году, было в высшей степени еретическим.

На основании не более чем теоретических предубеждений мы предположили, что Вселенная была плоской.

(Здесь я должен еще раз подчеркнуть, что "плоская" трехмерная вселенная является не плоским двумерным блином, а, скорее, трехмерным пространством, которое все мы интуитивно себе представляем, и в котором лучи света проходят по прямой линии.

Ее следует отличать от гораздо более трудно представимых изогнутых трехмерных пространств, в которых световые лучи, очерчивающие основополагающую кривизну пространства, идут не по прямой линии.)

Тогда мы сделали вывод, что все доступные космологические данные в то время согласовывались с плоской Вселенной, только если около 30 процентов от общей энергии пребывало в той или иной форме "темной материи", которая, как указывали наблюдения, существовала вокруг галактик и скоплений, но гораздо более странно, чем даже это, то, что остальные 70 процентов от общей энергии во Вселенной пребывало не в какой-либо из форм материи, а, скорее, в самом пустом пространстве.

Наша идея была сумасшедшей по любым стандартам.

Для того, чтобы привести значение космологической постоянной в соответствие с нашими требованиями, расчетное значение этой величины, описанной в предыдущей главе, должно было быть каким-то образом уменьшено на 120 порядков и все равно в точности не равняться нулю.

Это предполагает самую строгую тонкую настройку любой физической величины, известной в природе, без малейшего представления, как ее корректировать.

Это была одна из причин, почему, когда я читал лекции в различных университетах о затруднениях с плоской вселенной, я вызывал в основном улыбки и не более того.

Я не думаю, что многие люди воспринимали наше предположение всерьез, и я даже не уверен, что его воспринимали всерьез мы с Тернером.

Нашей главной задачей в нашей работе было вызвать удивление, графически проиллюстрировав факт, который уже начинал проявляться не только в нашем сознании, но и в сознании некоторых наших коллег-теоретиков по всему миру: что-то казалось не так с прежней "стандартной" картиной нашей Вселенной, в которой почти вся энергия, необходимая общей теорией относительности, чтобы на сегодняшний момент произвести плоскую вселенную, предполагалось, пребывает в форме экзотической темной материи (с горсточкой барионов - то есть нас, землян, звезд и видимых галактик).

Коллега недавно напомнил мне, что в течение двух лет после нашего скромного предположения на него ссылались лишь несколько раз в последующих работах, и, должно быть, все эти ссылки, кроме одной или двух из них, были в работах, написанных мною или Тернером!

Большая часть научного сообщества полагала, что наша столь сложная Вселенная не могла быть настолько сумасшедшей, как мы с Тернером предполагали.

Самым простым альтернативным исходом этих противоречий была возможность того, что Вселенная была не плоской, а открытой (в которой параллельные лучи света сегодня искривлялись бы в разные стороны, если бы мы проследили их траекторию в обратном направлении).

Это, конечно, было до того, как изучение реликтового космического излучения дало понять, что этот вариант был нереалистичен.)

Тем не менее, даже эта возможность имела свои собственные проблемы, впрочем, ситуация там также остается далеко не ясной.

Любой школьник, изучающий физику, будет рад сообщить вам, что гравитация засасывает - то есть, что она повсюду притягивает.

Конечно, как и многое в науке, мы теперь понимаем, что мы должны расширять наши горизонты, потому что природа более богата воображением, чем мы.

Если на данный момент мы полагаем, что притягивающая сущность гравитации означает, что расширение Вселенной замедлялось, напомним, что мы получили верхний предел возраста Вселенной, предположив, что скорость галактики, расположенной на некотором расстоянии от нас, была постоянной с момента Большого взрыва.

Причина в том, что, если Вселенная замедлялась, то галактика когда-то отдалялась от нас быстрее, чем сейчас, и, следовательно, ей потребовалось бы меньше времени, чтобы добраться до своей нынешней позиции, чем если бы она всегда двигалась со своей нынешней скоростью.

В открытой вселенной, в которой преобладает материя, замедление вселенной будет медленнее, чем в плоской вселенной, и поэтому предполагаемый возраст вселенной будет больше, чем для плоской вселенной, в которой преобладает материя, с такой же текущей скоростью расширения.

Фактически она была бы гораздо ближе к значению, которое мы получили, если предположить постоянную скорость расширения в течение космического времени.

Вспомните, что ненулевая энергия пустого пространства произвела бы космологическую постоянную - вроде гравитационного отталкивания - предполагающую, что расширение Вселенной наоборот, ускоряется в течение космического времени, и поэтому галактики ранее удалялись друг от друга медленнее, чем сегодня.

Это означало бы, что галактикам потребовалось еще больше времени, чтобы добраться до своих нынешних расстояний, чем это было бы для постоянного расширения.

Действительно, согласно установленным на сегодня результатам измерений постоянной Хаббла, наибольший возможный возраст нашей Вселенной (около 20 млрд. лет) получается, если учитывать вариант космологической постоянной вместе с измеренным количеством видимой и темной материи, и если мы согласуем ее значение с плотностью материи во Вселенной сегодня.

В 1996 году я работал с Брайаном Чебоером и нашими сотрудниками Пьером Демарком из Йельского университета и постдоком Питером Кернаном из Западного резервного университета Кейза, оценивая нижний предел возраста этих звезд, который должен был составлять около 12 миллиардов лет.

Мы сделали это, моделируя эволюцию миллионов различных звезд на скоростных компьютерах и сравнения их цвета и яркости с фактическими звездами, наблюдаемыми в шаровых скоплениях в нашей галактике, которые были на протяжении долгого времени одними из старейших объектов в галактике.

Предполагая, что для формирования нашей галактики потребовалось около миллиарда лет, этот нижний предел фактически исключает плоскую вселенную с преобладающей материей и поддерживает вселенную с космологической постоянной (один из факторов, которые повлияли на выводы в моей предыдущей работе с Тернером), в то время как открытая вселенная едва балансировала на краю выживания.

Тем не менее, возраст старейших звезд предусматривал выводы, основанные на наблюдениях с наибольшей на то время чувствительностью, и в 1997 году новые данные наблюдений заставили нас пересмотреть наши оценки в сторону уменьшения примерно на 2 миллиарда лет, что дает несколько младшую вселенную.

Так что ситуация стала гораздо мрачнее, и все три космологии вновь оказались жизнеспособными, отправляя многих из нас назад к чертежной доске.

Все изменилось в 1998 году, по совпадению в том же году, в котором эксперимент BOOMERANG продемонстрировал, что Вселенная плоская.

За прошедшие семьдесят лет после того, как Эдвин Хаббл измерил скорость расширения Вселенной, астрономы все упорнее трудились, чтобы точно определить его значение.

Напомню, что в 1990-х годах они, наконец, нашли "стандартную свечу", то есть, объект, внутреннюю светимость которого, как полагали наблюдатели, они могут самостоятельно установить, так что, когда они измерили видимую яркость этого объекта, они могли затем вывести расстояние до него.

Стандартная свеча, казалось, была надежной, и ее можно было наблюдать сквозь глубины космоса и времени.

Определенный тип взорвавшейся звезды под названием сверхновая типа Ia недавно наглядно продемонстрировал зависимость между яркостью и долговечностью.

Измерение, как долго данная сверхновая типа Ia остается яркой, требовало, впервые, чтобы учитывались эффекты замедления времени из-за расширения Вселенной, что подразумевает, что измеренное время жизни такой сверхновой на самом деле больше, чем ее реальное время жизни в ее покоящейся системе координат.

Тем не менее, мы могли бы вывести абсолютную яркость, измерить ее видимую яркость с помощью телескопов и, в конечном счете, определить расстояние до галактики, в которой сверхновая взорвалась.

Измерение красного смещения галактики в то же время позволило определить ее скорость.

Объединение этих двух приемов позволяет нам измерить, с возрастающей точностью, скорость расширения Вселенной.

Из-за того, что сверхновые настолько яркие, они обеспечивают не только отличный инструмент для измерения постоянной Хаббла, но также позволяют наблюдателям взглянуть назад во время, представляющее собой значительную часть общего возраста Вселенной.

Это дало новую и захватывающую возможность, которую наблюдатели рассматривали как гораздо более захватывающий источник сведений: измерить, как постоянная Хаббла меняется с течением космического времени.

Измерить, как меняется постоянная, звучит как умная глупость, и так бы оно и было, если бы не факт, что мы, люди, живем такую короткую жизнь, по крайней мере, в космическом масштабе.

В человеческом масштабе времени скорость расширения Вселенной действительно постоянна.

Однако, как я только что описал, скорость расширения Вселенной будет меняться с течением космического времени из-за воздействия гравитации.

Астрономы полагали, что если бы они могли измерить скорость и расстояние до сверхновых, расположенных на большом расстоянии -

через пространства видимой Вселенной - то они могли бы измерить скорость, с которой замедлялось расширение Вселенной (так как все полагали, что Вселенная вела себя разумно, и преобладающая гравитационная сила во Вселенной была притягивающей).

В свою очередь они надеялись определить, была ли Вселенная открытой, закрытой или плоской, так как скорость замедления в зависимости от времени отличается для каждой геометрии.

В 1996 году я провел шесть недель, посещая лабораторию Лоуренса Беркли, давая там лекции по космологии и обсуждая различные научные проекты с моими коллегами.

Я выступил с докладом о нашем заявлении, что пустое пространство может иметь энергию, а потом Сол Перлмуттер, молодой физик, который работал над выявлением далеких сверхновых, подошел ко мне и сказал: "Мы докажем, что вы неправы!"

Сол имел в виду следующий аспект нашего предположения плоской вселенной, 70 процентов энергии, которые должны содержаться в пустом пространстве.

Напомним, что такая энергия произвела бы космологическую константу, вызвав отталкивающую силу, которая тогда существовала бы всюду по всему пространству, и она повлияла бы на расширение вселенной, заставляя ее расширение ускоряться, а не замедляться.

Как я описал, если бы расширение вселенной ускорялось за космическое время, то вселенная была бы более старой сегодня, чем в ином случае, если бы мы сделали вывод, что расширение замедлялось.

Это означало бы, что взгляд назад во времени на галактики с некоторым красным смещением будет более продолжительным, чем это было бы в противном случае.

В свою очередь, если бы они разлетались от нас в течение более длительного времени, это означало бы, что свет от них начал исходить гораздо дальше.

Сверхновые в галактиках с некоторым измеренным красным смещением тогда казались бы нам более тусклыми, чем если бы свет возник ближе.

Схематически, если измерить скорость в зависимости от расстояния, наклон кривой для близких галактик позволит нам

определить скорость расширения сегодня, а затем то, наклоняется кривая вверх или вниз для далеких сверхновых сказал бы нам, ускоряется Вселенная или замедляется в течение космического времени.

Через два года после нашей встречи Сол и его сотрудники, члены международной команды под названием "Космологический проект сверхновых", опубликовали статью, основанную на первых, предварительных данных, которые действительно наводили на мысль, что мы были неправы.

(На самом деле, они не утверждали, что мы с Тернером были неправы, так как они, наряду с большинством других наблюдателей, действительно не слишком доверяли нашему предположению.)

Их данные свидетельствовали, что график зависимости расстояния от красного смещения изогнут вниз, и таким образом предельный уровень энергии пустого пространства должен был быть значительно ниже, чем было необходимо, чтобы внести существенный вклад в полную энергию сегодня.

Однако, как это часто бывает, первые поступившие данные могли не представлять всех данных - либо вы просто статистически невезучий, либо на данные могли повлиять неожиданные систематические ошибки, которые не проявятся, пока у вас не будет гораздо больше замеров.

Так было в случае с данными, опубликованными "Космологическим проектом сверхновых", и поэтому выводы были неправильными.

Другой международный проект по поиску сверхновых, называемый "High-Z Supernova Search Team", во главе с Брайаном Шмидтом из обсерватории Маунт-Стромло в Австралии, выполнял программу с той же целью, и они начали получать другие результаты.

Брайан недавно сказал мне, что, когда появились их первые серьезные расчеты "High-Z Supernova", предполагающие ускоряющуюся Вселенную со значительной энергией вакуума, им отказали во времени работы с телескопом и сообщили в журнал, что они должны быть неправы, потому что "Космологический проект сверхновых" уже установил, что вселенная в действительности была плоской, и в ней преобладала материя.

Подробную историю конкуренции между этими двумя группами, несомненно, будут повторять много раз, особенно после того, как они разделят Нобелевскую премию, которую они, безусловно, получат.

Здесь не место беспокоиться о первенстве.

Достаточно сказать, что к началу 1998 года группа Шмидта опубликовала статью, демонстрирующую, что Вселенная, кажется, ускоряется.

Примерно шесть месяцев спустя группа Перлмуттера объявила аналогичные результаты и опубликовала статью, подтверждающую результаты "High-Z Supernova", по сути, признавая свои прежние ошибки - и выражая больше доверия Вселенной с преобладанием энергии пустого пространства или, как ее теперь чаще называют, темной энергии.

Скорость, с которой эти результаты были приняты научным сообществом, даже при том, что они требовали полного пересмотра всей принятой картины мироздания, предлагает интересное исследование в научной социологии.

Почти всю ночь, казалось, продолжалось всеобщее одобрение результатов, хотя, как подчеркивал Карл Саган: "Экстраординарные заявления требуют экстраординарных доказательств".

Это было, конечно, экстраординарное заявление, какое только можно представить.

Я был потрясен, когда, в декабре 1998 года журнал "Science" назвал открытие ускоряющейся Вселенной "научным прорывом года", представив замечательную обложку с изображением шокированного Эйнштейна.

Я шокирован не был, потому что считал, что результат был не достоин обложки.

Совсем наоборот.

По правде говоря, это было одно из самых важных астрономических открытий нашего времени, но эти данные в то время лишь заставляли сильно задуматься.

Они требовали такого изменения в нашей картине мира, что я чувствовал, что все мы должны лучше убедиться, что другие

возможные причины эффектов, наблюдаемых командами, можно окончательно исключить, прежде чем все перейдут на сторону космологической постоянной.

Как я говорил по крайней мере одному журналисту в то время: "Первый раз, когда я не поверил в космологическую постоянную, был, когда наблюдатели заявили, что ее открыли."

Моя несколько шутливая реакция может показаться странной, учитывая, что я поддерживал эту возможность в той или иной форме в течение, наверное, десятилетия.

Как теоретик, я чувствую, что это хорошая гипотеза, особенно, если она выдвигает новые возможности для эксперимента.

Но я полагаю, что был настолько консервативным, насколько это возможно, при рассмотрении реальных данных, вероятно, потому что я достиг научной зрелости в период, когда так много новых и интересных, но умозрительных заявлений в моей собственной области физики элементарных частиц оказалась ложными.

Были открытия, от заявленной новой пятой силы в природе и обнаружения новых элементарных частиц до мнимого наблюдения, что наша Вселенная, вращаясь как единое целое, возникает и исчезает с большим шумом.

В то время наибольшее опасение в отношении заявленного открытия ускоряющейся Вселенной вызывало то, что эти отдаленные сверхновые могут казаться более тусклыми, чем ожидалось, не из-за ускоренного расширения, а лишь потому, что либо (а) они более тусклые, либо (б) возможно, какая-то межгалактическая или галактическая пыль, присутствовавшая в ранние времена, частично их перекрывает.

В этом десятилетии, однако же, оказалось, что доказательства ускорения стали подавляющими, почти бесспорными.

Во-первых, были измерены многие другие сверхновые в большом красном смещении.

В результате, совместный анализ сверхновых, проведенный двумя группами в течение года после первоначальной публикации, дал следующий график:

В качестве ориентира, чтобы помочь вам увидеть, наклоняется ли кривая зависимости расстояния от красного смещения вверх или вниз, наблюдатели нарисовали пунктирную прямую линию в верхней половине графика с левого нижнего в правый верхний угол, которая проходит по данным, представленным близкими сверхновыми.

Наклон этой линии указывает нам скорость расширения сегодня.

Затем, в нижней части рисунка, они сделали ту же прямую горизонтальной, для ориентира.

Если Вселенная замедляется, как ожидалось в 1998 году, далекие сверхновые в красном смещении, близком к единице, окажутся ниже прямой.

Но как вы можете видеть, большинство из них попадает выше прямой.

Это связано с одной из двух причин:

1. данные неверны, или
2. расширение Вселенной ускоряется.

Если мы примем, на минуту, вторую альтернативу и спросим: "Сколько энергии мы должны заложить в пустое пространство, чтобы получить наблюдаемое ускорение?" - мы получим замечательный ответ.

Сплошная кривая, которая наилучшим образом отвечает данным, соответствует плоской Вселенной, с 30 процентами энергии в материи и 70 процентами в пустом пространстве.

Примечательно, что именно это необходимо для того, чтобы заставить плоскую Вселенную соответствовать факту, что существует только 30 процентов от необходимой массы внутри и вокруг галактик и их скоплений.

Очевидно соответствие было достигнуто.

Тем не менее, поскольку утверждение, что 99 процентов Вселенной невидимо (1 процент видимой материи вкрапляется в море темной материи, окруженное энергией в пустом пространстве), вписывается в категорию экстраординарных утверждений, мы должны серьезно рассмотреть первую из двух возможностей, упомянутых мною выше: а именно, что данные неверны.

В этом десятилетии все остальные данные космологии продолжают укреплять общую гармоническую картину вздорной, плоской Вселенной, в которой преобладающая энергия содержится в пустом пространстве, и в которой на все, что мы можем видеть, приходится менее 1 процента полной энергии, с материей, которую мы не можем видеть, состоящей в основном из какого-то еще неизвестного, нового типа элементарных частиц.

Во-первых, новые данные о звездной эволюции были скорректированы, когда новые спутники предоставили нам информацию об относительном содержании элементов в старых звездах.

С их помощью мы с коллегой Чебоером смогли в 2005 году однозначно продемонстрировать, что неопределенности в оценках возраста Вселенной при использовании этих данных были теперь достаточно малы, чтобы исключить возраст моложе приблизительно 11 миллиардов лет.

Это не согласуется с любой вселенной, в которой само пустое пространство содержит значительное количество энергии.

Опять же, поскольку мы не уверены, что эта энергия обусловлена космологической постоянной, она сейчас известна под более простым названием "темной энергии", по аналогии с названием "темной материи", которая преобладает в галактиках.

Эту оценку возраста нашей Вселенной значительно уточнили примерно в 2006 году, когда новые, высокоточные измерения космического микроволнового фона с помощью спутника WMAP позволили наблюдателям точно измерить время, прошедшее с момента Большого Взрыва.

Теперь мы знаем возраст Вселенной до четырех значимых цифр.

Ей 13,72 миллиарда лет!

Я никогда бы не подумал, что при моей жизни мы получим такую точность.

Но теперь, когда мы это знаем, мы можем утверждать, что вселенная с измеренной на сегодня скоростью расширения ни коим образом не может быть такой старой без темной энергии, и, в частности, без

темной энергии, которая ведет себя фактически так, как вела бы себя энергия, отображаемая космологической постоянной.

Другими словами, это энергия, которая, по-видимому, остается неизменной во времени.

В следующем научном прорыве наблюдатели смогли точно определить, как материя, в форме галактик, сгруппировалась вместе в течение космического времени.

Результат зависит от скорости расширения Вселенной, поскольку силе притяжения, стягивающей галактики вместе, приходится состязаться с космическим расширением, расталкивающим материю друг от друга.

Чем больше значение энергии пустого пространства, тем быстрее она станет господствующей энергией во Вселенной, и тем скорее увеличивающаяся скорость расширения, в конечном счете, остановит гравитационный коллапс материи во все большие размеры.

Поэтому, измеряя гравитационное сгущение, наблюдатели смогли подтвердить, снова же, что только плоская вселенная, то есть которая согласуется с наблюдаемой крупномасштабной структурой, это вселенная с примерно 70 процентами темной энергии и, опять же, что темная энергия ведет себя более или менее схоже с энергией, выраженной космологической постоянной.

Независимо от этих косвенных исследований истории расширения Вселенной, наблюдатели сверхновых всесторонне проверили возможности, которые могли бы вызвать систематические ошибки в их анализе, в том числе возможность увеличения пыли на больших расстояниях, которая заставляет сверхновые выглядят тусклее, и исключали их одну за другой.

Одна из самых важных проверок включала проникновение назад во времени.

Ранее в истории Вселенной, когда то, что сейчас является нашей наблюдаемой областью, было намного меньшего размера, плотность материи была намного больше.

Тем не менее, плотность энергии пустого пространства остается одинаковой в течение долгого времени, если она отражает космологическую постоянную - или что-то вроде нее.

Таким образом, когда размер Вселенной был бы примерно наполовину меньше нынешнего, плотность энергии материи превышала бы плотность энергии пустого пространства.

Все время до этого материя, а не пустое пространство, создавала бы доминирующую гравитационную силу, оказывающую влияние на расширение.

В результате, Вселенная бы замедлялась.

В классической механике есть название для точки, в которой система меняет свое ускорение и, в частности, переходит от замедления к ускорению.

Она называется "jerk".

В 2003 году я организовал конференцию в моем университете, чтобы рассмотреть будущее космологии, и пригласил одного из членов исследовательской группы "High-Z Supernova", Адама Рисса, который сказал мне, что у него есть кое-что интересное, чтобы сообщить на конференции.

Он сообщил.

На следующий день "Нью-Йорк Таймс", которая делала отчет о конференции, поместила фото Адама, сопровождаемое заголовком "Космический jerk обнаружен".

Я сохранил эту фотографию и время от времени обращаться к ней ради развлечения.

Детальное картирование истории расширения Вселенной, демонстрирующее, что она перешла из периода замедления к ускорению, добавило существенный вес утверждению, что первоначальные наблюдения, которые подразумевали существование темной энергии, на самом деле были правильными.

Принимая во внимание все другие ныне доступные доказательства, очень трудно представить, что, следуя этой картине, в настоящее время мы так или иначе вовлечены в космическую охоту за призраками.

Нравится нам это или нет, темная энергия, похоже, укоренилась, или, по крайней мере, остается, пока каким-то образом не изменится.

Происхождение и природа темной энергии, несомненно, самая большая загадка в фундаментальной физике сегодня.

У нас нет глубокого понимания того, как она возникла и почему приняла такие значения, как она имеет.

Поэтому мы понятия не имеем, почему начало преобладать расширение Вселенной, причем лишь сравнительно недавно, в течение примерно последних 5 млрд лет, и не является ли это полной случайностью.

Естественно было бы заподозрить, что ее природа связана с какой-то базовой особенностью происхождения Вселенной.

И все признаки позволяют предположить, что она также будет определять будущее Вселенной.

ГЛАВА 6: БЕСПЛАТНЫЙ ОБЕД НА КРАЮ ВСЕЛЕННОЙ

Космос большой.

Действительно большой.

Вы просто не поверите, насколько он необычайно, умопомрачительно большой.

Я имею в виду, вам может казаться, что от вашего дома до аптеки далеко, но это просто ерунда в сравнении с космосом.

— ДУГЛАС АДАМС, "Путеводитель по Галактике для путешественников автостопом"

Я полагаю, что одно из двух - это не так уж плохо.

Мы, космологи, догадывались (и в конечном итоге это оказалось правдой), что Вселенная плоская, так что мы не были сильно смущены шокирующим фактом, что пустой космос действительно содержит энергию, и к тому же вполне достаточно энергии, чтобы оказывать влияние на расширение Вселенной.

Существование этой энергии было невероятно, но еще более невероятен тот факт, что этой энергии недостаточно для того, чтобы сделать Вселенную непригодной для жизни.

Ведь если бы энергия космоса соответствовала первоначальным предположениям, которые я описал ранее, коэффициент расширения был бы столь велик, что все, что мы сейчас наблюдаем во Вселенной, мгновенно скрылось бы за горизонтом.

Вселенная стала бы холодной и темной гораздо раньше, чем Солнце и наша Земля смогли бы сформироваться.

Из всех причин полагать, что Вселенная была плоской, пожалуй, самая простая для понимания является результатом факта, что было хорошо известно, что Вселенная почти плоская.

Даже в прежние годы, до обнаружения темной материи, известное количество видимого вещества внутри и вокруг галактик составляло, возможно, 1 процент от общего количества материи, необходимой, чтобы дать плоскую Вселенную.

Сейчас 1 процент может показаться не так много, но возраст нашей Вселенная очень большой, миллиарды лет.

Если предположить, что гравитационные эффекты материи или излучения влияют на прогрессирующее расширение, как мы, физики, всегда думали, то, если Вселенная не абсолютно плоская, по мере расширения она становится все менее и менее плоской.

Если она открытая, скорость расширения растет более быстрыми темпами, чем это было бы для плоской Вселенной, раздвигая материю все дальше и дальше друг от друга по сравнению с тем, что было бы в противном случае, уменьшая суммарную плотность и очень быстро давая бесконечно малую часть плотности, необходимой, чтобы привести к плоской Вселенной.

Если она закрытая, то это быстрее замедляет расширение и, в конечном итоге, приводит к тому, что она вновь сожмется.

Все это время плотность сначала уменьшается более медленными темпами, чем для плоской Вселенной, а затем, когда Вселенная коллапсирует обратно, плотность начинает увеличиваться.

Опять же, отклонение от плотности, ожидаемой для плоской Вселенной, со временем увеличивается.

Вселенная увеличилась в размерах почти в триллион раз, когда ее возраст был 1 секунда.

Если бы в это ранний момент плотность Вселенной не была практически точно такой, как ожидается от плоской Вселенной, а составляла бы, скажем, только 10 процентов плотности, необходимой для плоской Вселенной в то время, то сегодня плотность нашей Вселенной отличалась бы от плотности плоской Вселенной по меньшей мере в триллион раз.

Это гораздо больше, чем всего лишь в 100 раз, отличающие плотность видимого вещества во Вселенной от плотности, которая бы представляла плоскую Вселенную сегодня.

Эта проблема была хорошо известна уже в 1970-е годы, и ее стали называть "проблемой плоскостности".

Рассматриваемая геометрия Вселенной подобна воображаемому карандашу, балансирующему вертикально на кончике на столе.

Малейший дисбаланс, в ту или другую сторону, и он быстро опрокинется.

Так же и для плоской Вселенной.

Малейшее отклонение от плоскостности быстро нарастает.

Таким образом, как Вселенная может быть почти плоской сегодня, если бы не была абсолютно плоской?

Ответ прост: сегодня она должна быть практически плоской!

Этот ответ на самом деле не настолько прост, потому что он вызывает вопрос: "Как начальные условия сговорились, чтобы получить плоскую Вселенную?"

Есть два ответа на этот второй, более сложный вопрос.

Первый восходит к 1981 году, когда молодой физик-теоретик и исследователь-постдок из Стэнфордского университета, Алан Гут, размышлял о проблеме плоскостности и двух других связанных с ней проблемах стандартной картины Большого Взрыва: так называемой проблеме горизонта и проблеме монополя.

Нас здесь интересует только первая, так как проблема монополя лишь усугубляет как проблему плоскостности, так и проблему горизонта.

Проблема горизонта связана с тем, что космическое микроволновое фоновое излучение чрезвычайно однородно.

Небольшие отклонения температуры, которые я описал выше, представляют собой вариации плотности материи и излучения в прошлом, когда Вселенной было несколько сотен тысяч лет, менее чем 1 часть на 10000, если сравнивать с в остальном однородным фоном плотности и температуры.

Поэтому, хотя я сфокусировал внимание на малых отклонениях, возникал более глубокий, более актуальный вопрос: "Как Вселенная изначально стала такой однородной?"

В конце концов, если вместо прежнего снимка космического микроволнового фонового излучения (где колебания температуры в несколько частей на 100 000 отображаются разными цветами) я покажу температурную карту неба в микроволновом диапазоне в линейном масштабе (с вариациями в оттенках, отображающими

вариации температуры, скажем, примерно $\pm 0,03$ градуса [Кельвина] соответствует средней фоновой температуре около 2,72 градусов выше абсолютного нуля или вариации 1 части на 100 относительно среднего), карта будет выглядеть следующим образом:

Сравните это изображение, которое не содержит ничего примечательного в плане структуры, с аналогичной проекцией поверхности Земли, с лишь слегка большей чувствительностью, с цветовыми вариациями, представляющими вариации относительно среднего радиуса примерно 1 части на 500:

Из этого следует, что Вселенная, в больших масштабах, невероятно однородна. Как такое может быть?

Что ж, можно было бы просто предположить, что в древние времена ранняя Вселенная была горячей, плотной, и пребывала в тепловом равновесии.

Это означает, что все горячие точки охлаждались бы, а холодные пятна нагревались бы, пока первичный бульон не достиг бы одинаковой температуры на всем своем протяжении.

Однако, как я указывал ранее, когда Вселенной было несколько сотен тысяч лет, свет мог пройти лишь несколько сотен тысяч световых лет, что составляет небольшой процент от того, что сейчас представляет собой вся наблюдаемая Вселенная (это прошлое расстояние представляло бы собой угол всего лишь около 1 градуса на карте всей микроволновой фоновой поверхности последнего рассеяния, наблюдаемого сегодня).

Поскольку Эйнштейн говорит нам, что никакая информация не может распространяться быстрее света, согласно стандартной картине Большого Взрыва нет просто никакой возможности, чтобы часть того, что сейчас является наблюдаемой Вселенной, в то время влияла бы на существование и температуру других частей на угловых масштабах, больше чем примерно 1 градус.

Таким образом, невозможно, чтобы газ на этих масштабах мог бы быть со временем термализован, чтобы привести повсеместно к такой равномерной температуре!

Физик-ядерщик Гут размышлял о процессах, которые могли происходить в ранней Вселенной, и которые могли быть важными для понимания этой проблемы, когда придумал для них абсолютно блестящее объяснение.

Если, когда Вселенная охлаждалась, она переживала какую-то переходную фазу, например, когда вода замерзает в лед или железная болванка при охлаждении приобретает магнитные свойства, то могла быть решена не только проблема горизонта, но также проблема плоскостности (и, если на то пошло, проблема монополя).

Если вы любите пить по-настоящему холодное пиво, с вами, возможно, случалось такое: вы берете холодную бутылку пива из холодильника и, когда ее открываете и снижаете давление внутри, пиво вдруг замерзает полностью, и при этом может даже треснуть бутылка.

Это происходит потому, что при высоком давлении предпочтительным низкоэнергетическим состоянием пива является жидкая форма, а как только давление выпускается, предпочтительным низкоэнергетическим состоянием пива становится твердое состояние.

Во время фазового перехода может высвобождаться энергия, потому что низкоэнергетическое состояние в одной фазе может иметь более низкую энергию, чем низкоэнергетическое состояние в другой фазе.

Когда такая энергия выделяется, ее называют "скрытой теплотой".

Гут понял, что, когда сама Вселенная охлаждалась от расширения Большого взрыва, конфигурация материи и излучения в расширяющейся Вселенной, возможно, на некоторое время "застряла" в некотором мета-стабильном состоянии, до тех пор, пока, когда Вселенная, наконец, не остыла еще больше, эта конфигурация вдруг не подверглась фазовому переходу в энергетически предпочтительное основное состояние материи и излучения.

Энергия, запасенная в конфигурации "ложного вакуума" Вселенной до завершения фазового перехода - "скрытая теплота" Вселенной, если хотите - могла бы существенно повлиять на расширение Вселенной в период до перехода.

Энергия ложного вакуума вела бы себя так же, как энергия, представленная космологической постоянной, потому что она действовала бы как энергия, пронизывающая пустое пространство.

Она вызывала бы расширение Вселенной во времени, происходящее все быстрее и быстрее.

В конце концов, то, что впоследствии стало нашей наблюдаемой Вселенной, начало бы расти быстрее скорости света.

Это допускается общей теорией относительности, хотя это, похоже, нарушает специальную теорию относительности Эйнштейна, которая гласит, что ничто не может двигаться быстрее, чем скорость света.

Но надо быть похожим на юриста и разобрать это чуть более тщательно.

Специальная теория относительности говорит, что ничто не может двигаться в пространстве быстрее скорости света.

Но само пространство может делать все, что, черт возьми, оно хочет, по крайней мере, в общей теории относительности.

И когда пространство расширяется, оно может разносить друг от друга удаленные объекты, которые покоятся в этом пространстве, на сверхсветовых скоростях.

Оказывается, во время этого инфляционного периода Вселенная могла расшириться более чем в 10 раз. Хотя это невероятная цифра, это могло произойти за доли секунды в очень ранней Вселенной.

В этом случае всё в пределах нашей наблюдаемой Вселенной, перед тем как произошла инфляция, когда-то помещалось в области гораздо меньшей, чем мы установили бы, если бы инфляции не было, и самое главное, настолько маленькой, что вся эта область имела достаточно времени для термализации и установления одинаковой температуры.

Инфляция сделала возможным еще одно довольно общее предсказание.

Когда шарик надувают и он становится все больше и больше, искривление на его поверхности становится все меньше и меньше.

Что-то подобное происходит и со Вселенной, которая увеличивается в размерах по экспоненте, как это происходит во время инфляции - под действием постоянной и огромной энергии ложного вакуума.

Воистину, к моменту, когда инфляция закончится (решая проблему Горизонта) искривление Вселенной (если оно вначале равно нулю) будет столь малым, что вплоть до сегодняшнего дня при точном измерении Вселенная будет практически плоской.

Инфляция - единственное на сегодня реальное объяснение как однородности, так и плоскостности Вселенной, основанное на том, что может быть фундаментальными и заслуживающими доверия микроскопическими теориями частиц и их взаимодействий.

Но кроме того, инфляция делает другое, возможно, даже более замечательное предсказание.

Как я уже пояснил, из законов квантовой механики следует, что на очень малых масштабах в течение очень короткого времени пустое пространство может оказаться кипящим, бурлящим варевом виртуальных частиц и полей, сильно колеблющихся по величине.

Эти "квантовые флуктуации" могут быть важными для определения характера протонов и атомов, но в целом они невидимы на больших масштабах, что является одной из причин, почему их появление столь необычно для нас.

Тем не менее, во время инфляции эти квантовые флуктуации могут обусловить время, когда то, что иначе было бы различными маленькими областями пространства, прекратит свой период экспоненциального расширения.

В разных областях инфляция прекращается в слегка (микроскопически) разное время, при разной плотности материи и излучения, что приводит к тому, что энергия ложного вакуума, высвобождаемая в виде тепла в этих разных областях, немного отличается в каждой из них.

Характер флуктуаций плотности, которые получаются после инфляции - возникающих, я должен подчеркнуть, из-за квантовых флуктуаций в остальном пустого пространства - оказывается точно соответствует наблюдаемой картине холодных и горячих пятен на больших масштабах в космическом микроволновом фоновом излучении.

Хотя, конечно, схожесть не является доказательством, среди космологов крепнет точка зрения, что, опять же, если это ходит как утка, выглядит как утка и крякает как утка, то это, вероятно, утка.

И если инфляция действительно отвечает за все малые колебания плотности вещества и излучения, которые впоследствии приводят к гравитационному коллапсу материи в галактиках, звездах, планетах и

людях, то действительно можно сказать, что все мы сегодня существуем благодаря квантовым флуктуациям в том, что по сути представляет собой ничто.

Это так замечательно, что я хочу подчеркнуть это снова.

Квантовые флуктуации, которые в иных случаях были бы совершенно незаметны, застыли в результате инфляции и после этого проявились как флуктуации плотности, создавшие все, что мы можем видеть!

Если все мы - звездная пыль, как я уже писал, то также верно, если случилась инфляция, что все мы, в буквальном смысле, вышли из квантового небытия.

Это столь поразительно контринтуитивно, что может показаться почти волшебством.

Но есть по крайней мере один аспект всего этого инфляционного жонглирования, который может показаться особенно тревожным.

Откуда изначально взялась вся эта энергия?

Как микроскопически малая область стала сегодня областью вселенского размера, с материей и излучением, достаточным, чтобы объяснить всё, что мы можем видеть?

В более общем смысле, мы могли бы задать вопрос, как плотность энергии может оставаться постоянной в расширяющейся Вселенной с космологической постоянной или энергией ложного вакуума?

В конце концов, в такой Вселенной пространство расширяется в геометрической прогрессии, так что если плотность энергии остается одинаковой, полная энергия в любой области будет расти, поскольку объем области растет.

Что случилось с сохранением энергии?

Это пример того, что Гут назвал совершенно "бесплатным обедом".

Удивительно, если в рассуждениях о Вселенной учитывать влияние гравитации, то это позволяет объектам иметь как "отрицательную", так и "положительную" энергию.

Этот аспект гравитации допускает возможность, что положительная энергия вещества, такого как материя и излучение, может быть

дополнена формой отрицательной энергии, которая просто уравнивает энергию вещества, созданного положительной энергией.

При этом гравитация может начать с пустой Вселенной и закончить полной.

Это может казаться неправдоподобным, но на самом деле для многих из нас в этом состоит суть очарования плоской Вселенной.

Это также то, с чем вы, возможно, знакомы с из физики средней школы.

Рассмотрим подбрасывание мяча в воздухе.

Обычно он возвращается вниз.

Теперь бросьте его сильнее (если вы не в помещении).

Он полетит выше и будет находиться в воздухе дольше, прежде чем вернется.

Наконец, если бросить его достаточно сильно, он не вернется совсем.

Он вырвется из гравитационного поля Земли и отправится в космос.

Откуда мы знаем, когда мяч вырвется?

Мы используем простую задачу расчета энергии.

Движущийся объект в гравитационном поле Земли имеет два вида энергии.

Одна, энергия движения, называется кинетической энергией, от греческого "движение".

Эта энергия, которая зависит от скорости объекта, всегда положительна.

Другая составляющая энергии, называемая потенциальной энергией (зависящая от потенциала сделать работу), как правило, отрицательна.

Поэтому мы и считаем суммарную гравитационную энергию объекта, расположенного в покое бесконечно далеко от любого другого объекта, равной нулю, что представляется разумным.

Кинетическая энергия, очевидно, равна нулю, и мы определяем, что потенциальная энергия в этой точке равна нулю, так что суммарная гравитационная энергия равна нулю.

Теперь, если этот объект не бесконечно далеко от всех других объектов, а близко к такому объекту как Земля, он начнет падать на него из-за гравитационного притяжения.

Когда он падает, он ускоряется, а если врежется во что-то по дороге (например, в вашу голову), он может совершить работу, скажем, расколов ее.

Чем ближе он к поверхности Земли, когда начинает опускаться, тем меньше работы он может совершить к тому времени, когда попадает на Землю.

Таким образом, потенциальная энергия уменьшается по мере приближения к Земле.

Но если потенциальная энергия равна нулю, когда объект бесконечно далеко от Земли, она должна становиться все более и более отрицательной, чем ближе к Земле, поскольку ее потенциал совершать работу уменьшается по мере приближения.

В классической механике, как я определил ее здесь, определение потенциальной энергии произвольно.

Я мог бы приравнять потенциальную энергию объекта нулю на поверхности Земли, и тогда было бы некоторое большее число, когда объект бесконечно далеко.

Приравнивание полной энергии нулю на бесконечности имеет физический смысл, но это, по крайней мере на данный момент в нашей дискуссии, лишь условность.

Независимо от того, где установлена нулевая точка потенциальной энергии, замечательно в объектах, которые подвергаются только силе тяжести, то, что сумма их потенциальных и кинетических энергий остается постоянной.

Когда объекты падают, потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию движения, а когда они отскакивают от земли, кинетическая энергия преобразуется обратно в потенциальную, и так далее.

Это дает нам чудесный инструмент для учета того, как быстро нужно бросить что-то в воздухе, чтобы этот объект покинул Землю, поскольку если он в конечном итоге улетит бесконечно далеко от Земли, его суммарная энергия должна быть больше или равна нулю.

Затем я просто должен убедиться, что его суммарная гравитационная энергия во время, когда он покидает руку, больше или равна нулю.

Поскольку я могу контролировать только один аспект его суммарной энергии, а именно скорость, с которой я выпускаю его из руки - все, что нужно сделать, это найти волшебную скорость где положительная кинетическая энергия мяча равна отрицательной потенциальной энергии, которую он имеет из-за притяжения к земной поверхности.

И кинетическая, и потенциальная энергия мяча строго зависят от массы мяча, которая, следовательно, нейтрализуется, когда эти две величины уравниваются, и можно найти единственную "скорость отрыва" для всех объектов с поверхности Земли, а именно около 7 миль <11,2 км> в секунду, когда суммарная гравитационная энергия объекта точно равна нулю.

Что же все это дает для Вселенной в целом, и инфляции в частности, спросите вы?

Что ж, точно такой же расчет, как я только что описал для мяча, брошенного рукой с поверхности Земли, относится к каждому объекту в нашей расширяющейся Вселенной.

Рассмотрим сферическую область нашей Вселенной с центром в месте нашего расположения (в галактике Млечный Путь) и достаточно большую, чтобы охватить много галактик, но достаточно маленькую, чтобы она вполне уложилась в наибольших расстояниях, которые мы можем наблюдать сегодня:

Если эта область достаточно велика, но не слишком, то галактики на ее краю будут удаляться от нас равномерно из-за расширения Хаббла, но их скорости будут гораздо меньше, чем скорость света.

В этом случае применимы законы Ньютона, и мы можем игнорировать влияние специальной и общей теории относительности.

Другими словами, любой объект подчиняется законам физики, идентичным тем, которые описывают мячи, пытающиеся покинуть Землю, как я только что представил.

Рассмотрим галактику, показанную выше, удаляющуюся от центра распространения, как показано на рисунке.

Теперь, как и для мяча с Земли, мы можем спросить, сможет ли галактика вырваться из гравитационного притяжения всех других галактик внутри сферы.

И расчет, который мы бы выполнили, чтобы найти ответ, в точности такое же, как при расчете, выполняемом для мяча.

Мы просто рассчитываем суммарную гравитационную энергию галактики, основываясь на ее движении наружу (что придает ей положительную энергию), и гравитационном притяжении ее соседей (обеспечивающих отрицательную часть энергии).

Если ее суммарная энергия больше нуля, она будет убегать в бесконечность, а если меньше нуля, она остановится и упадет внутрь.

Примечательно, теперь можно показать, что мы можем переписать простое ньютоновское уравнение для суммарной гравитационной энергии этой галактики так, что точно воспроизведем уравнение общей теории относительности Эйнштейна для расширяющейся Вселенной.

И член, который соответствует суммарной гравитационной энергии галактики, становится в общей теории относительности членом, описывающим кривизну Вселенной.

Так что же мы тогда найдем?

В плоской Вселенной, и только в плоской Вселенной, средняя суммарная ньютоновская гравитационная энергия каждого объекта при расширении точно равна нулю.

Это то, что делает плоскую Вселенную такой особенной.

В такой Вселенной положительная энергия движения в точности компенсируется отрицательной энергией гравитационного притяжения.

Когда мы начинаем усложнять, позволяя пустому пространству иметь энергию, простая ньютоновская аналогия с мячом, подброшенным в воздух, становится некорректной, но вывод остается по существу таким же самым.

В плоской Вселенной, даже с небольшой космологической постоянной, при условии, что масштаб достаточно мал, чтобы скорости были намного меньше скорости света, ньютоновская гравитационная энергия, связанная с каждым объектом во Вселенной, равна нулю.

Фактически, с энергией вакуума "бесплатный обед" Гута становится еще более драматичным.

Когда каждая область Вселенной расширяется до все больших размеров, она становится все ближе и ближе к плоской, так что суммарная ньютоновская гравитационная энергия всего, что получается, после того как энергия вакуума во время инфляции преобразуется в материю и излучение, становится точно равной нулю.

Но вы все равно можете спросить, откуда берется вся та энергия, которая поддерживает плотность энергии постоянной при инфляции, когда Вселенная растет в геометрической прогрессии?

Здесь действует еще один замечательный аспект общей теории относительности.

Мало того, что гравитационная энергия объектов может быть отрицательной, но и их релятивистское "давление" может быть отрицательным.

Отрицательное давление еще труднее представить, чем отрицательную энергию.

Газ, скажем, в воздушном шаре, оказывает давление на стенки шара.

При этом, если он расширяет стенки шара, он совершает над шаром работу.

Эта работа заставляет газ терять энергию и охлаждаться.

Тем не менее, оказывается, что энергия пустого пространства является гравитационно отталкивающей, именно потому, что она заставляет пустое пространство оказывать "отрицательное" давление.

В результате этого отрицательного давления Вселенная фактически совершает работу над пустым пространством, когда оно расширяется.

Эта работа идет на поддержание постоянной плотности энергии пространства, даже при расширении Вселенной.

Таким образом, если квантовые свойства материи и излучения, оказалось, с очень ранних времен обеспечивают энергией даже бесконечно малую область пустого пространства, эта область может расти, становясь сколь угодно большой и сколь угодно плоской.

Когда инфляция закончилась, мы получили Вселенную, полную вещества (материи и излучения), а суммарная ньютоновская гравитационная энергия этого вещества настолько близка к нулю, насколько только можно себе представить.

Поэтому, когда вся пыль осела, и после века исследований, мы измерили кривизну Вселенной и обнаружили, что она равна нулю.

Вы можете понять, почему столь многие теоретики, такие как я, обнаружили, что это не только приносит большое удовлетворение, но и очень многообещающе.

Вселенная из ничего... действительно из ничего.

ГЛАВА 7: НАШЕ ПЕЧАЛЬНОЕ БУДУЩЕЕ

Будущее - не то, что было раньше.

— ЙОГИ БЕРРА

В каком-то смысле и замечательно, и интересно оказаться во Вселенной, в которой господствует ничто.

Структуры, которые мы можем видеть, такие как звезды и галактики, все были созданы квантовыми флуктуациями из ничего.

И средняя суммарная ньютоновская гравитационная энергия каждого объекта в нашей Вселенной равна нулю.

Наслаждайтесь этой мыслью, пока можете, если вы к ней склоняетесь, потому что, если все это правда, то мы живем, пожалуй, в худшей из всех Вселенных, в которых можно жить, по крайней мере, что касается будущей жизни.

Помните, еще столетие назад Эйнштейн впервые разработал свою общую теорию относительности.

Затем было расхожее мнение, что наша Вселенная статична и вечна.

На самом деле, Эйнштейн не только высмеивал Леметра за предположение о Большом Взрыве, но и изобрел космологическую постоянную, чтобы сделать возможной статичную Вселенную.

Теперь, спустя столетие, мы, ученые, можем ощущать самодовольство за то, что открыли основополагающее расширение Вселенной, реликтовое излучение, темную материю и темную энергию.

Но что готовит нам будущее?

Поэзия ... своего рода.

Напомню, что преобладание расширения нашей Вселенной за счет энергии, казалось бы, пустого пространства было выведено из факта, что это расширение ускоряется.

И, как и при инфляции, описанной в предыдущей главе, наша наблюдаемая Вселенная находится на пороге расширения со скоростью быстрее, чем со скоростью света.

И со временем, из-за ускоренного расширения, все будет только хуже.

Это означает, что, чем дольше мы ждем, тем меньше мы сможем увидеть.

Галактики, которые мы можем видеть сейчас, в один прекрасный день в будущем начнут удаляться от нас быстрее скорости света, что означает, что они станут для нас невидимыми.

Свет, который они излучают, не сможет успевать за расширением пространства, и он никогда не достигнет нас снова.

Эти галактики исчезнут с нашего горизонта.

Всё это будет немного иначе, чем вы можете себе представить.

Галактики исчезнут или потухнут в ночном небе не внезапно.

Скорее, по мере приближения скоростей их разбегания к скорости света, свет от этих объектов станет все больше смещаться в красную область.

В конце концов, весь их видимый свет будет перемещаться в область инфракрасных, микро-, радиоволн, и так далее, пока длина волны света, который они излучают, не станет больше размера видимой Вселенной, и в этот момент они официально станут невидимыми.

Мы можем рассчитать, сколько времени это займет.

Поскольку галактики в нашем местном скоплении галактик связаны друг с другом взаимным гравитационным притяжением, они не будут удаляться с фоновым расширением Вселенной, обнаруженным Хабблом.

Галактики, расположенные в непосредственной близости от нашей группы, находятся на расстоянии примерно $1/5000$ расстояния до точки, где скорость удаления объектов приближается к скорости света.

Им потребуется около 150 миллиардов лет, примерно в 10 раз больше возраста Вселенной, чтобы попасть туда, где весь свет от звезд внутри галактик примерно в 5000 раз дальше сместится в красную область.

Примерно через 2 триллиона лет их свет сместится в красную сторону на величину, которая сделает их длину волны равной размеру видимой Вселенной, и остальная часть Вселенной буквально исчезнет.

Может показаться, что два триллиона лет - долгое время, и это так.

Однако в космическом смысле это далеко не вечность.

Наиболее долгоживущие звезды "главной последовательности" (имеющие такую же эволюционную историю, как наше Солнце) живут гораздо дольше, чем наше Солнце, и будут по-прежнему светить через 2 триллиона лет (даже когда наше Солнце умрет примерно всего лишь через 5 миллиардов лет).

И поэтому в далеком будущем на планетах вокруг этих звезд могут быть цивилизации, питаемые солнечной энергией, с водой и органическими веществами.

И на этих планетах могут быть астрономы с телескопами.

Но когда они посмотрят на космос, по сути всё, что мы можем теперь видеть, все 400 млрд. галактик, населяющих сейчас нашу видимую Вселенную, исчезнет!

Я попытался использовать этот аргумент в Конгрессе, чтобы призвать к финансированию космологии сейчас, пока у нас еще есть время наблюдать все, что мы можем!

Для конгрессменов, однако, и два года - это очень долго.

А два триллиона невообразимо.

В любом случае, для этих астрономов в далеком будущем было бы большим сюрпризом, если бы они получили какое-то представление о том, что они упустили, но они об этом не узнают.

Потому что исчезнет не только остальная часть Вселенной, как мы с моим коллегой Робертом Шеррером из университета Вандербильта узнали несколько лет назад, но по сути все доказательства, говорящие нам, что мы живем в расширяющейся Вселенной, которая возникла с Большого Взрыва, также исчезнут, вместе со всеми свидетельствами существования темной энергии в пустом пространстве, которая будет ответственна за это исчезновение.

Тогда как менее чем столетие назад общепринятым еще считалось, что Вселенная была статичной и вечной, со звездами и планетами, возникающими и исчезающими, но на больших масштабах сама Вселенная в далеком будущем будет существовать, после того как все остатки нашей планеты и цивилизации, вероятно, будут выброшены на свалку истории, иллюзия, которую наша цивилизация испытывала до 1930 года, вернется снова, с удвоенной силой.

Есть три основных экспериментальных идеи, которые привели к эмпирической проверке Большого Взрыва, поэтому, даже если бы Эйнштейн и Леметр никогда не жили, мы были бы вынуждены признать, что Вселенная возникла в горячем и плотном состоянии: наблюдаемое расширение Хаббла; наблюдение космического микроволнового фонового излучения и наблюдаемое соответствие содержания легких элементов - водорода, гелия и лития - мы измерили во Вселенной со значениями, предсказывающими, что они были созданы в течение первых нескольких минут в истории Вселенной.

Давайте начнем с расширения Хаббла.

Откуда мы знаем, что Вселенная расширяется?

Мы измеряем скорость разбегания далеких объектов в зависимости от расстояния до них.

Тем не менее, как только все видимые объекты за пределами нашего локального скопления (в котором мы связаны гравитацией) исчезнут из нашего горизонта, у нас больше не будет никаких следов расширения - ни звезд, ни галактик, ни квазаров, ни даже больших облаков газа - которые могли бы отслеживать наблюдатели.

Расширение будет настолько быстрым, что оно унесет из нашего поля зрения все объекты, которые в настоящее время от нас удаляются.

Кроме того, в масштабах примерно менее триллиона лет все галактики в нашей локальной группе объединятся в несколько крупных метagalactic.

Наблюдатели в далеком будущем увидят более или менее точно то, что думали, что видят, наблюдатели в 1915 году: одинокую галактику со звездами и планетами, окруженную огромным, пустым, статичным космосом.

Напомню также, что все доказательства того, что пустое пространство обладает энергией, получены благодаря наблюдению ускорения нашей расширяющейся Вселенной.

Но, опять же, без следов расширения ускорение нашей расширяющейся Вселенной будет ненаблюдаемым.

Действительно, по странному стечению обстоятельств мы живем в единственной эре в истории Вселенной, когда присутствие темной энергии, пронизывающей пустое пространство, можно обнаружить.

Правда, эта эра длится несколько сотен миллиардов лет, но в вечно расширяющейся Вселенной она представляет собой лишь мгновение космического ока.

Если предположить, что энергия пустого пространства приблизительно постоянна, как это было бы в случае с космологической постоянной, то в гораздо более ранние времена плотность энергии материи и излучения значительно превышала бы плотность энергии в пустом пространстве.

Причина в том, что по мере расширения Вселенной плотность материи и излучения уменьшается вместе с расширением, потому что расстояние между частицами растет, так что становится меньше объектов в каждой единице объема.

В ранние времена, скажем, более чем примерно 5 - 10 млрд лет назад, плотность материи и излучения была бы гораздо больше, чем сегодня.

Поэтому во Вселенной в то время и ранее преобладали материя и излучение, с их последующим гравитационным притяжением.

В таком случае, расширение Вселенной в эти ранние времена замедлилось бы, и гравитационное воздействие энергии пустого пространства было бы ненаблюдаемым.

К тому же, в далеком будущем, когда Вселенной будет несколько сотен миллиардов лет, плотность материи и излучения уменьшится еще больше, и можно подсчитать, что темная энергия будет иметь среднюю плотность во много тыс. млрд. раз больше, чем плотность всей остальной материи и излучения во Вселенной.

К тому времени она будет полностью определять гравитационную динамику Вселенной на больших масштабах.

Тем не менее, в том далеком будущем скорость расширения станет в сущности ненаблюдаемой.

В этом смысле, энергия пустого пространства самой своей природой убеждает, что существует конечное время, в течение которого скорость расширения наблюдаема, и, на удивление, мы живем в это космологическое мгновение.

Что можно сказать о другом основополагающем аспекте Большого Взрыва, космическом микроволновом фоновом излучении, которое дает непосредственное представление о детстве Вселенной?

Во-первых, поскольку, чем дальше, тем Вселенная расширяется все быстрее, температура реликтового излучения будет падать.

Когда наблюдаемая сейчас Вселенная станет примерно в 100 раз больше, чем сейчас, температура реликтового излучения упадет в 100 раз, а его интенсивность, или плотность энергии, хранящейся в нем, упадет в 100 млн. раз, что приведет к тому, что тогда его будет в 100 миллионов раз труднее обнаружить, чем сейчас.

Но, в конце концов, мы смогли обнаружить реликтовое излучение среди всех других электронных шумов на Земле, и мы можем себе представить, что наблюдатели в далеком будущем будут в 100 миллионов раз умнее, чем те, которых мы прославляем сегодня, так что надежда еще есть.

Увы, оказывается, что даже самый блестящий наблюдатель, какого можно себе представить, с самым чувствительным оборудованием, которое можно построить, все же фактически не сможет добиться успеха в далеком будущем.

Причина в том, что в нашей галактике (или мета-галактике, которая сформируется, когда наша галактика сольется со своими соседями, начиная с галактикой Андромеды примерно через 5 миллиардов лет) между звездами есть горячий газ, и этот газ ионизируется, поэтому в нем содержатся электроны, и он ведет себя подобно плазме.

Как я описывал ранее, такая плазма непрозрачна для многих видов излучения.

Есть нечто, называемое "плазменной частотой", ниже которой излучение не может проходить сквозь плазму без поглощения.

Основываясь на нынешней наблюдаемой плотности свободных электронов в нашей галактике, можно оценить плазменную частоту в нашей галактике, и если мы это сделаем, мы узнаем, что основная часть реликтового излучения от Большого Взрыва будет растянута ко времени, когда Вселенная достигнет возраста примерно в 50 раз больше современного, до достаточно длинных волн, и, следовательно, до достаточно низких частот, которые к тому времени будут ниже плазменной частоты нашей будущей (мета-) галактики.

После этого излучение по существу не сможет проникнуть в нашу (мета-) галактику, чтобы его можно было наблюдать, независимо от упорства наблюдателя.

Космическое микроволновое фоновое излучение тоже исчезнет.

Поэтому не будет никакого наблюдаемого расширения, никакого остаточного свечения Большого Взрыва.

Но а как же обилие легких элементов - водорода, гелия и лития - которое также дает ясный след Большого Взрыва?

Действительно, как я описал в главе 1, всякий раз, когда я встречаю кого-то, кто не верит в Большой Взрыв, я люблю показать ему следующий рисунок, который я храню в виде карточки в моем бумажнике.

Я тогда говорю: "Смотрите!

Большой Взрыв был!"

Этот график выглядит очень сложно, я знаю, но он действительно показывает прогнозируемое относительное содержание гелия, дейтерия, гелия-3 и лития, по сравнению с водородом, исходя из нашего нынешнего понимания Большого Взрыва.

Верхняя кривая, идущая вверх и вправо, отображает прогнозируемое содержание гелия, второго самого распространенного элемента во Вселенной (по весу) по сравнению с водородом (самым распространенным элементом).

Следующие две кривые, идущие вниз и вправо, представляют прогнозируемое содержание соответственно дейтерия и гелия-3, не по весу, а по числу атомов, по сравнению с водородом.

Наконец, нижняя кривая представляет прогнозируемое относительное содержание следующего легчайшего элемента, лития, опять же по числу атомов.

Эти прогнозируемые содержания нанесены в виде зависимости от предполагаемой общей плотности обычной материи (сделанной из атомов) во Вселенной сегодня.

Если бы изменение этой величины не давало сочетания всех этих прогнозируемых содержаний элементов, которые соответствуют нашим наблюдениям, это было бы убедительным доказательством против того, что они созданы в горячем Большом Взрыве.

Обратите внимание, что предсказанные содержания этих элементов варьируют почти на 10 порядков.

Незаштрихованные прямоугольники, связанные с каждой кривой, представляют допустимый диапазон фактически установленного изначального содержания этих элементов, основанного на наблюдениях старых звезд и горячего газа внутри и за пределами нашей галактики.

При этом вертикальная заштрихованная полоса представляет собой ту область, где все прогнозы согласуются с наблюдениями.

Трудно себе представить более реальное подтверждение, чем это соответствие между предсказаниями и наблюдениями, к тому же для элементов, прогнозируемое содержание которых варьируется на 10 порядков, для раннего, горячего Большого Взрыва, когда все легкие элементы были недавно созданы.

Стоит повторить смысл этого замечательного соответствия более настойчиво: только в первые секунды горячего Большого Взрыва, с начальным обилием протонов и нейтронов, давшим в результате что-то очень близкое к наблюдаемой плотности вещества в видимых галактиках сегодня, и плотностью излучения, оставившего след, который в точности соответствует наблюдаемой интенсивности космического микроволнового фонового излучения сегодня, только тогда могли происходить ядерные реакции, которые могли создать именно такое количество легких элементов, водорода и дейтерия, гелия и лития, которое, как мы полагаем, содержится в основных строительных блоках звезд, наполняющих ночное небо сейчас.

Как мог бы выразиться Эйнштейн, только очень злонамеренный (и, следовательно, непостижимый в своих мыслях) Бог замыслил бы

создать Вселенную, которая так однозначно указывает на происхождение от Большого Взрыва, которого якобы не было.

В самом деле, когда приблизительное соответствие между полученным и предсказанным содержанием гелия во Вселенной, возникшей в результате Большого Взрыва, было впервые продемонстрировано в 1960 году, это были одни из ключевых данных, которые помогли представлению о Большом Взрыве одержать верх над очень популярной на то время стационарной моделью Вселенной, отстаиваемой Фредом Хойлом и его коллегами.

В далеком будущем, однако, все будет совсем по-другому.

Звезды, например, сожгут водород, произведя гелий.

В настоящее время только около 15 процентов всего наблюдаемого гелия во Вселенной могло быть произведено звездами со времени Большого Взрыва - снова же, есть убедительные доказательства, что требовался Большой Взрыв, чтобы создать все, что мы видим.

Но в далеком будущем все будет не так, потому что еще много поколений звезд будет жить и умирать.

Например, когда Вселенной будет триллион лет, в звездах будет произведено гораздо больше гелия, чем в самом Большом Взрыве.

Эта ситуация отображается на следующей диаграмме:

Если 60 процентов видимой материи во Вселенной состоит из гелия, для получения соответствия с данными наблюдений будет не нужно, чтобы первичный гелий был создан в горячем Большом Взрыве.

Однако наблюдатели и теоретики какой-то цивилизации в далеком будущем смогут использовать эти данные, чтобы сделать вывод, что Вселенная должна иметь конечный возраст.

Поскольку звезды сжигают водород в гелий, будет верхний предел того, как долго звезды могут существовать, чтобы дальше не исчерпать соотношение между водородом и гелием.

Таким образом, будущие ученые будут считать, что Вселенной, в которой они живут, меньше чем около триллиона лет.

Но любые прямые свидетельства, что начало предполагало Большой Взрыв, а не какой-то другое спонтанное зарождение нашей будущей единственной (мета-) галактики, будут отсутствовать.

Напомню, что Леметр вывел свое утверждение о Большом Взрыве чисто на основании размышлений об общей теории относительности Эйнштейна.

Мы можем предположить, что любая развитая цивилизация в далеком будущем откроет законы физики, электромагнетизма, квантовой механики и общей теории относительности.

В связи с этим, сможет ли какой-нибудь Леметр из далекого будущего вывести аналогичное утверждение?

Вывод Леметра, что наша Вселенная должна была возникнуть в Большом Взрыве, был неизбежен, но он был основан на предположении, которое не будет справедливо для наблюдаемой Вселенной в далеком будущем.

Вселенная с материей, простирающейся равномерно во всех направлениях, изотропная и однородная, не может быть статичной, по причинам, которые признавал Леметр и в конечном итоге Эйнштейн.

Тем не менее, есть вполне хорошее решение уравнений Эйнштейна для одной массивной системы, окруженной в остальном пустым, статичным пространством.

В конце концов, если такого решения не было бы, то общая теория относительности не могла бы описать отдельные объекты, такие как нейтронные звезды или, наконец, черные дыры.

Большие рассеяния масс, как наша галактика, неустойчивы, поэтому в конечном итоге, наша (мета-) галактика сама коллапсирует, сформировав массивную черную дыру.

Это описывается статическим решением уравнения Эйнштейна, называемым решение Шварцшильда.

Но время для коллапса нашей галактики и формирования массивной черной дыры гораздо дольше, чем время исчезновения для остальной Вселенной.

Таким образом, для ученых будущего будет казаться естественным представить, что наша галактика могла существовать в течение

триллионов лет в пустом пространстве без особого коллапса и не требуя вокруг себя расширяющуюся Вселенную.

Конечно, рассуждать о будущем, как известно, трудно.

Фактически я пишу это на Всемирном экономическом форуме в Давосе, Швейцария, где полно экономистов, которые неизменно предсказывают поведение будущих рынков и пересматривают свои прогнозы, когда те оказываются ужасно неправильными.

В целом, я считаю, любые предсказания далекого (и даже не очень далекого) будущего науки и техники еще более поверхностны, чем предсказания "мрачной науки экономики".

Действительно, всякий раз, когда меня спрашивают о ближайшем будущем науки, или когда будет следующий большой прорыв, я всегда отвечаю, что если бы я знал, я бы работал над этим прямо сейчас!

Поэтому мне хотелось бы думать, что картина, которую я представил в этой главе, немного похожа на картину будущего, представленную третьим призраком в "Рождественской истории" Диккенса.

Это будущее, каким оно могло бы быть.

В конце концов, так как мы понятия не имеем, какая темная энергия пронизывает пустое пространство, мы поэтому также не можем быть уверены, что она будет вести себя как космологическая постоянная Эйнштейна и оставаться неизменной.

Если это не так, будущее Вселенной может совершенно другим.

Расширение может не продолжать ускоряться, а вместо этого, возможно, вновь замедлится с течением времени, так что далекие галактики не исчезнут.

С другой стороны, возможно, будут какие-то новые наблюдаемые элементы, которые мы пока не можем обнаружить, и которые могут предоставить астрономам в будущем доказательства того, что Большой Взрыв когда-то был.

Тем не менее, на основе всего, что мы знаем о Вселенной сегодня, будущее, которое я обрисовал, является наиболее правдоподобным, и интересно рассмотреть вопрос, могут ли логика, разум, и эмпирические данные еще как-то помочь будущим ученым прийти к

правильному пониманию природы нашей Вселенной, или же она навсегда останется скрытой за горизонтом.

Некоторые блестящие ученые будущего, изучая фундаментальный характер сил и частиц, могли бы получить теоретическую картину, которая будет предполагать, что инфляция должна была произойти, или что должна быть энергия в пустом пространстве, что помогло бы объяснить, почему в пределах видимого горизонта нет галактик.

Но я не слишком оптимистичен по этому поводу.

Физика, в конце концов, эмпирическая наука, движимая опытом и наблюдениями.

Если бы мы в результате наблюдений не сделали вывод о существовании темной энергии, я сомневаюсь, что какой-либо теоретик был бы достаточно смелым, чтобы предложить ее существование сегодня.

И хотя можно также представить себе экспериментальные следы свидетельств, которые могли бы подсказать, что что-то не так с картиной единственной галактики в статичной Вселенной без Большого Взрыва - возможно, некоторые наблюдения содержания элементов, которое покажется аномальным - я подозреваю, что бритва Оккама будет говорить, что простейшая картина правильна, и что аномальные наблюдения можно объяснить какими-то локальными эффектами.

С тех пор как мы с Бобом Шеррером изложили перспективу, что в будущем ученые будут использовать опровергаемые данные и модели - настоящий образец хорошей науки - но в процессе этого они представят ложную картину мироздания, многие наши коллеги пытались предложить способы проверить, что Вселенная действительно будет расширяться в далеком будущем.

Я тоже могу представить себе возможные эксперименты.

Но я не могу вообразить, что они были бы хорошо мотивированы.

Например, вам нужно будет выбросить яркие звезды из нашей галактики и отправить их в космос, подождать около миллиарда лет, чтобы они взорвались, и постараться определить скорость их разбегания в зависимости от расстояния, которое они достигнут, прежде чем взорваться, чтобы увидеть, получают ли они какой-либо дополнительный толчок от возможного расширения пространства.

Трудная задача, но даже если вы можете себе вообразить кого-то, кто с ней справится, я не могу представить себе, что Национальный научный фонд в будущем будет действительно финансировать эксперимент без по крайней мере какой-либо другой мотивации для доказательства расширения Вселенной.

И если какие-то из звезд нашей галактики будут самопроизвольно выброшены, и будет видно, как они перемещаются в сторону горизонта, для меня не очевидно, что наблюдение аномального ускорения некоторых из этих объектов будет интерпретировано в терминах такого смелого и странного предположения, как расширяющаяся Вселенная, в которой преобладает темная энергия.

Мы можем считать, что нам повезло, что мы живем в настоящее время.

Или, как выразились мы с Бобом в одной из написанных нами статей: "Мы живем в совершенно особое время ... единственное время, когда мы можем экспериментально проверить, что мы живем в совершенно особое время!"

Мы написали это немного в шутку, но трезвое размышление наводит на мысль, что можно иметь в своем распоряжении лучшие наблюдательные и теоретические инструменты и тем не менее прийти к совершенно ложному представлению о крупномасштабной Вселенной.

Тем не менее, я должен отметить, что, хотя неполные данные могут привести к ложной картине, это сильно отличается от (ложной) картины, получаемой теми, кто предпочитает игнорировать эмпирические данные, выдумывая картину создания, которая противоречит доказательствам реальности (например, младоземельными креационистами), или теми, кто вместо этого требует существования чего-то, для чего нет никаких наблюдаемых доказательств (вроде божественного разума), чтобы примирить свой взгляд на создание со своими априорными предубеждениями, или, что еще хуже, теми, кто цепляется за сказки о природе, предполагающие ответы на вопросы, быстрее чем их спрашивают.

По крайней мере, ученые будущего будут основывать свои оценки на лучших доказательствах, имеющихся в их распоряжении, признавая, как и все мы, или по крайней мере как это делают ученые, что новые доказательства могут заставить нас изменить нашу основоположную картину реальности.

В связи с этим стоит добавить, что даже сегодня, возможно, нам не хватает чего-то, что мы могли бы наблюдать, если бы жили 10 миллиардов лет назад, или могли бы видеть, если бы жили на 100 млрд лет позже.

Тем не менее, я должен подчеркнуть, что картина Большого Взрыва слишком прочно опирается на данные из каждой области, чтобы была доказана ее недействительность в основных компонентах.

Но какое-нибудь новое, тонкое понимание мелких деталей в далеком прошлом или отдаленном будущем, или понимание происхождения Большого Взрыва и его возможной уникальности в пространстве, может легко появиться, если будут новые данные.

На самом деле, я надеюсь, что так и будет.

Один из уроков, который мы можем извлечь из возможного будущего конца жизни и разума во Вселенной - что мы должны иметь некоторые космическую скромность в своих притязаниях, даже если для космологов это трудно.

В любом случае, сценарий, который я только что описал, имеет определенную поэтическую гармонию, даже если он одновременно трагичен.

В далеком будущем ученые получают картину Вселенной, которая будет выглядеть как та, что мы имели в начале прошлого века, что само по себе, в конечном счете служило катализатором для исследований, которые привели к современной революции в космологии.

Космология вернется к исходной точке.

Я, например, считаю, что это замечательно, даже если это подчеркивает, что наш краткий звездный час может выглядеть в итоге тщетным.

Несмотря на это, основная проблема, которую демонстрирует возможный будущий конец космологии - это то, что у нас есть только одна Вселенная для исследований - та, в которой мы живем.

Хотя мы и должны ее исследовать, если хотим иметь какую-то надежду понять, как появилось то, что мы сейчас наблюдаем, мы, тем

не менее, ограничены как в том, что мы можем исследовать, так и в нашей интерпретации данных.

Если существует много вселенных, и если бы мы могли как-то исследовать несколько из них, у нас было бы больше шансов узнать, какие наблюдения действительно значимы и фундаментальны, а какие возникли лишь случайно в нашей ситуации.

Как мы увидим дальше, если последняя возможность маловероятна, то первая - нет, и ученые устремляются вперед с новыми исследованиями и новыми предположениями, чтобы углубить наше понимание неожиданных и странных особенностей нашей Вселенной.

Однако прежде чем продолжить, стоит, пожалуй, закончить другой, более литературной картиной вероятного будущего, которое я представил здесь, картиной, которая имеет особое отношение к теме этой книги.

Она представлена в ответе Кристофера Хитченса на сценарий, который я только что описал.

Как он выразился: "Те, кто считает замечательным, что мы живем во Вселенной "чего-то", погодите.

Ничто движется встречным курсом прямо на нас!"

ГЛАВА 8: ВЕЛИКАЯ СЛУЧАЙНОСТЬ?

Как только вы допускаете творца и замысел, это делает человека объектом в жестоком эксперименте, в котором мы созданы больными с приказом выздороветь.

— КРИСТОФЕР ХИТЧЕНС

Мы запрограммированы думать, что все, что происходит с нами, знаменательно и важно.

Нам приснилось, что друг ломает руку, и на следующий день мы узнаем, что он подвернул лодыжку.

Ух ты!

Грандиозно!

Ясновидец?

Физик Ричард Фейнман любил подойти к людям и сказать: "Вы не поверите, что случилось со мной сегодня!"

Вы просто не поверите!"

И когда они хотели точнее узнать, что произошло, он говорил: "Абсолютно ничего!"

Под этим он подразумевал, что, когда сон, такой как я описал выше, сбывается, люди приписывают ему большое значение.

Но они забывают огромное количество бессмысленных снов, которые им снились и которые не предсказали абсолютно ничего.

Забывая, что большую часть времени в течение дня не происходит ничего, что было бы достойно внимания, мы затем неправильно истолковываем природу вероятности, когда что-то необычное все же происходит: среди любого достаточно большого числа событий что-то необычное должно происходить просто случайно.

Как это относится к нашей Вселенной?

До открытия, что, по непонятным причинам, энергия пустого пространства не только не нулевая, но принимает значение, которое на 120 порядков меньше, чем оценка, которую я дал на основе идей из

предположений физики элементарных частиц, среди физиков была общепринятой точка зрения, что каждый измеренный нами в природе фундаментальный параметр является значимым.

Под этим я подразумеваю, что, так или иначе, основываясь на основополагающих принципах, мы в конечном итоге сможем понять, почему гравитация настолько слабее других сил природы, почему протон в 2000 раз тяжелее электрона, и почему есть три семейства элементарных частиц.

Иными словами, как только мы поймем фундаментальные законы, которые управляют силами природы на своих малых масштабах, все эти нынешние тайны будут раскрыты как естественные следствия этих законов.

(С другой стороны, чисто религиозные доводы могут приобрести крайне важный смысл, предполагая, что каждая фундаментальная константа имеет значение, потому что Бог, по-видимому, выбрал каждую из них, чтобы получить значение, необходимое в рамках божественного плана относительно нашей Вселенной.

В этом случае ничто является случайностью, но равным образом, ничто прогнозируемо или фактически объяснимо.

Это аргумент высшего постановления, который ведет в никуда и не дает ничего полезного в плане физических законов, управляющих Вселенной, кроме как, возможно, приносит утешение для верующего.)

Но открытие, что пустое пространство имеет энергию, внесло корректировку во взгляды многих физиков на то, что в природе обязательно, а что может быть случайно.

Катализатор этого нового видения возникает из аргумента, который я привел в последней главе: темная энергия поддается изучению сегодня, потому что "сейчас" - единственное время в истории Вселенной, когда энергия в пустом пространстве сравнима с плотностью энергии в материи.

Почему мы должны жить в такое "особое" время в истории Вселенной?

Действительно, это бросает вызов всему, что характеризовало науку со времен Коперника.

Мы узнали, что Земля - не центр Солнечной системы, и что Солнце - это звезда на унылом внешнем краю галактики, которая является всего лишь одной из 400 млрд галактик в наблюдаемой Вселенной.

Мы пришли к признанию "принципа Коперника", что нет ничего особенного в нашем месте и времени во Вселенной.

Но принимая во внимание энергию пустого пространства какая она есть, мы, похоже, живем в особое время.

Это лучше всего показано на следующей иллюстрации "Краткой истории времени".

Две кривые представляют плотность энергии всей материи во Вселенной и плотность энергии пустого пространства (предполагая, что это космологическая постоянная) как функцию времени.

Как вы можете видеть, плотность вещества падает по мере расширения Вселенной (поскольку расстояния между галактиками становятся все больше, и материя поэтому "разрезается"), как вы и ожидали.

Тем не менее, плотность энергии в пустом пространстве остается постоянной, потому что, можно утверждать, в пустом пространстве нет ничего, что можно было бы разбавить!

(Или, как я уже несколько менее остроумно отмечал, Вселенная, расширяясь, действительно оказывает влияние на пустое пространство.)

Две кривые пересекаются довольно близко к настоящему времени, что является источником странного совпадения, на которое я указывал.

Теперь рассмотрим, что произошло бы, если бы энергия в пустом пространстве была бы, скажем, в 50 раз больше, чем ее значение, рассчитанное нами сегодня.

Тогда обе кривые пересекались бы в другое, более раннее время, как показано на рисунке ниже.

Время, когда обе кривые пересекаются при более высоком значении энергии пустого пространства - это время, когда галактики впервые сформировались, примерно через миллиард лет после Большого Взрыва.

Но напомним, что энергия пустого пространства является гравитационно отталкивающей.

Если бы она стала доминирующей энергией Вселенной до времени формирования галактик, сила отталкивания, вызванная этой энергией, перевесила бы (в буквальном смысле) нормальную притягивающую гравитационную силу, которая заставляет материю собираться вместе.

И галактики никогда бы не сформировались!

Но если бы не сформировались галактики, то не сформировались бы и звезды.

А если бы не сформировались звезды, не сформировались бы и планеты.

А если бы не было планет, то не было бы и астрономов!

Так, во Вселенной с энергией пустого пространства лишь в 50 раз больше, чем та, что мы наблюдаем, по-видимому, сейчас не было бы никого, кто попытался бы измерить эту энергию.

О чем это нам может говорить?

Вскоре после открытия нашей ускоряющейся Вселенной физик Стивен Вайнберг предположил, основываясь на аргументах, которые он разработал больше десяти лет назад - до открытия темной энергии - что "проблема совпадений" может быть решена, если, возможно, значение космологической постоянной, которую мы измеряем сегодня, было почему-то выбрано "антропно".

То есть, если каким-то образом было много вселенных, и в каждой вселенной энергия пустого пространства имела случайно выбранное значение, основанное на некотором распределении вероятностей среди всех возможных энергий, то только в тех вселенных, в которых значение не сильно отличается от того, что измеряем мы, могла бы развиться жизнь, какую мы знаем.

Поэтому, возможно, мы оказались во вселенной с крошечной энергией пустого пространства, потому что мы не могли бы находиться во вселенной с гораздо большим ее значением.

Иными словами, не слишком удивительно, что мы живем во вселенной, в которой мы можем жить!

Этот аргумент, однако, имеет математический смысл только тогда, когда есть вероятность, что возникло много различных вселенных.

Разговоры о множестве различных вселенных могут звучать как умная глупость.

В конце концов, традиционное понятие Вселенной стало синонимом "всего, что существует."

Однако в последнее время Вселенная приобрела более простое и, пожалуй, более разумное значение.

Сейчас принято представлять себе "нашу" вселенную, как состоящую просто из совокупности всего, что теперь мы можем видеть, и всего, что мы могли бы увидеть когда-либо.

Следовательно, физически наша Вселенная состоит из всего, что когда-то могло оказать влияние на нас, или когда-то окажет.

Как только мы выбираем это определение Вселенной, другие "вселенные" - области, которые всегда были и всегда будут причинно несвязаны с нашей, как острова, отделенные от всякой коммуникации друг с другом океаном пространства -становятся возможными, по крайней мере в принципе.

Наша Вселенная настолько огромна, что, как я уже подчеркивал, то, что не является невозможным, практически гарантированно случается где-то внутри нее.

Редкие события происходят все время.

Вы можете спросить, применяется ли тот же принцип к возможности существования множества вселенных, или мультивселенной, как эту идею теперь называют.

Оказывается, что эта теоретическая ситуация на самом деле сильнее, чем просто возможность.

Ряд основных идей, которые движут большей частью работ в теории частиц сегодня, похоже, требуют мультивселенной.

Я хочу это подчеркнуть, потому что в дискуссиях с теми, кто чувствует необходимость существования творца, мультивселенная

рассматривается как отговорка, задуманная физиками, у которых кончились ответы, а может быть и вопросы.

Возможно, в конечном итоге это будет верным, но сейчас это не так.

Почти все логические возможности, которые можно себе представить, рассматривая расширяющиеся законы физики, как мы их знаем на малых масштабах, в более полной теории предполагают, что в больших масштабах наша Вселенная не является уникальной.

Явление инфляции дает, пожалуй, первое, и, возможно, лучшее разумное объяснение.

В инфляционной картине, на этапе, когда огромная энергия временно доминирует в некоторой области Вселенной, эта область начинает расширяться в геометрической прогрессии.

В какой-то момент небольшая область в этом "ложном вакууме" может завершить инфляцию, когда в этой области происходит фазовый переход, и поле в ней ослабевает до истинного, более низкого значения энергии; расширение в этой области перестает быть экспоненциальным.

Но пространство между такими областями будет продолжать расширяться в геометрической прогрессии.

В любой момент времени, пока фазовый переход не завершится во всем пространстве, почти все пространство находится в области инфляции.

И область инфляции отделит те области, которые первыми закончили расширяться, почти непостижимыми расстояниями.

Это подобно лаве, выплескивающейся из вулкана.

Некоторые породы будут остывать и затвердевать, но их разнесет далеко друг от друга, поскольку они плавают в море жидкой магмы.

Ситуация может быть еще более драматичной.

В 1986 году Андрей Линде, который вместе с Аланом Гутом был одним из главных архитекторов современной инфляционной теории, выдвинул и исследовал, возможно, еще более широкий сценарий.

Его в некотором смысле предвосхитил другой изобретательный российский космолог в Соединенных Штатах, Алекс Виленкин.

И Линде, и Виленкин обладали внутренней уверенностью, которую можно найти в великих русских физиках, но их история совершенно разная.

Линде преуспевал в старой советской физике, заложенной до иммиграции в США после падения Советского Союза.

Дерзкий, блестящий и смешной, он продолжал оказывать влияние на большую часть теоретической космологии частиц в этот период.

Виленкин эмигрировал гораздо раньше, прежде чем он стал физиком, и работал в США в различных местах, в том числе ночным сторожем, пока учился.

И несмотря на то, что он всегда интересовался космологией, он случайно подал заявление по дипломной работе не на тот факультет и, в конечном итоге, защитил диссертацию в области физики плотных сред - физике материалов.

Затем он получил место старшего научного сотрудника в Западном резервном университете Кейза, где я впоследствии стал профессором.

В течение этого периода он попросил своего руководителя, Филипа Тейлора, дать ему возможность проводить несколько дней в неделю, работая в области космологии, в дополнение к его назначенным проектам.

Филипп сказал мне позже, что даже при этой частичной занятости Алекс был наиболее продуктивным постдоком, который у него когда-либо был.

Так или иначе, Линде признал, что, хотя квантовые флуктуации во время инфляции могут часто поддерживать поле, что ведет инфляцию к низкоэнергетическому состоянию и поэтому обеспечивает ее постепенное прекращение, всегда есть возможность того, что в некоторых областях квантовые флуктуации будут вести поле к еще более высоким энергиям, и, следовательно, уводить от значений, где инфляция прекратится, так что инфляция будет продолжаться прежними темпами.

Поскольку такие области будут расширяться в течение более длительных периодов времени, будет гораздо больше пространства, которое расширяется, чем того, которое не расширяется.

В этих областях квантовые флуктуации снова будут вынуждать некоторые подобласти прекратить инфляцию и тем самым прекратить экспоненциальное расширение, но снова же, будут области, где квантовые флуктуации приведут к тому, что инфляция сохранится еще дольше.

И так далее.

Эта картина, которую Линде назвал "хаотической инфляцией", на самом деле больше напоминает знакомые хаотические системы на Земле.

Возьмите, например, кипящую овсянку.

В любой момент на ее поверхности может лопнуть пузырек газа, отображая области, где жидкость при высокой температуре завершает фазовый переход в форму пара.

Но между пузырьками овсянка перемешивается и течет.

В больших масштабах существует закономерность - всегда где-то появляются пузырьки.

Но локально все обстоит иначе, в зависимости от того, куда посмотреть.

Так же было бы в хаотически раздувающейся Вселенной.

Если кто-то окажется внутри "пузыря" основного состояния, который прекратил раздуваться, то его Вселенная может показаться совершенно отличной от подавляющего объема пространства вокруг нее и будет по-прежнему раздуваться.

В этой картине инфляция вечна.

В некоторых областях, на самом деле в большей части пространства, будет всегда продолжаться инфляция.

Те области, в которых инфляция прекратилась, станут отдельными, причинно несвязанными вселенными.

Я хочу подчеркнуть, что мультивселенная неизбежна, если инфляция вечна, а вечная инфляция на сегодняшний день является, безусловно, наиболее вероятным вариантом большинства, если не всех, инфляционных сценариев.

Как выразился Линде в своей статье 1986 года:

Старый вопрос, почему наша Вселенная является единственно возможной, в настоящее время заменяется вопросом, в котором теории существования мини-вселенных нашего типа [являются] возможными.

Этот вопрос по-прежнему очень сложен, но он намного легче, чем предыдущий.

По нашему мнению, изменение точки зрения на глобальную структуру Вселенной и на наше место в этом мире является одним из важнейших следствий развития сценария расширяющейся Вселенной.

Как подчеркнул Линде, и как с тех пор стало ясно, эта картина также обеспечивает еще одну новую возможность для физики.

Вполне может быть, что в природе существует множество возможных квантовых низкоэнергетических состояний Вселенной, на которые расширяющаяся Вселенная в конечном итоге может распадаться.

Поскольку конфигурация квантовых состояний этих полей будет отличаться в каждой такой области, характер фундаментальных законов физики в каждой области / вселенной может отличаться.

Здесь возникает первый "ландшафт", в котором антропный аргумент, приведенный ранее, мог бы утратить свою силу.

Если есть много различных состояний, в которых наша Вселенная может оказаться после инфляции, возможно, то, в котором мы живем, то, в котором есть ненулевая энергия вакуума, достаточно маленькая, чтобы сформировались галактики - это лишь одно из потенциально бесконечного семейства состояний, которое выбрано для любознательных ученых, поскольку поддерживает галактики, звезды, планеты, и жизнь.

Термин "ландшафт", однако, не впервые появляется в этом контексте.

Этому способствовало гораздо более эффективная маркетинговая машина, связанная с сильной командой, которая двигала теорию

частиц на протяжении большей части последней четверти века - теория струн.

Теория струн утверждает, что элементарные частицы состоят из более фундаментальных составляющих, и не частиц, а объектов, которые ведут себя как колеблющиеся струны.

Так же, как колебания струн на скрипке могут издавать различные ноты, так же в этой теории различные виды колебаний создают объекты, которые могли бы, в принципе, вести себя как все различные элементарные частицы, которые мы находим в природе.

Загвоздка, однако, в том, что теория математически не сообразна, если задана только в четырех измерениях, а требует, похоже, гораздо больше, чтобы иметь смысл.

Что происходит с другими измерениями - не очень понятно, равно как и вопрос о том, какие другие объекты, кроме струн, могут быть важны для определения теории - и это лишь некоторые из многих нерешенных проблем, которые предстают перед учеными и несколько притупляют начальный энтузиазм по отношению к этой идее.

Здесь не место тщательно рассматривать теорию струн, и, в сущности, тщательный анализ, вероятно, невозможен, так как если и стало что-то ясно в последние двадцать пять лет, так это то, что теория, раньше называемая теорией струн, явно представляет собой нечто гораздо более замысловатое и сложное, чья фундаментальная природа и строение до сих пор остается загадкой.

Мы по-прежнему не знаем, имеет ли эта замечательная теоретическая конструкция фактически хоть что-то общее с реальным миром.

Тем не менее, пожалуй, ни одна теоретическая картина никогда так успешно не проникала в сознание физиков, не демонстрируя свою способность успешно решить хоть одну экспериментальную тайну природы.

Многие люди воспримут последнюю фразу как критику теории струн, но хотя я был заклеен в прошлом как клеветник, на самом деле у меня здесь нет такого намерения, равно как и не было в многочисленных лекциях и благонамеренных публичных дебатах по этому вопросу, которые я вел с моим другом Брайаном Грином, одним из главных сторонников теории струн.

Скорее, я думаю, важно просто преодолеть шумиху для проверки реальности.

Теория струн содержит увлекательные идеи и математику, которые могли бы пролить свет на одно из самых фундаментальных противоречий в теоретической физике - нашу неспособность представить общую теорию относительности Эйнштейна в форме, которая может быть совместимой с законами квантовой механики, что привело бы к разумным предсказаниям о том, как Вселенная ведет себя на самых малых масштабах.

Я написал целую книгу о том, как теория струн попыталась обойти эту проблему, но для наших целей здесь необходим только очень краткий обзор.

Основной план легко изложить, даже если трудно реализовать.

На очень малых масштабах, соответствующих масштабам, где впервые могут обнаружиться проблемы между гравитацией и квантовой механикой, элементарные струны могут сворачиваться в замкнутые петли.

Среди множества возбужденных состояний таких замкнутых петель всегда существует одно такое состояние, которое обладает свойствами частицы, передающей, в квантовой теории, гравитацию - гравитона.

Таким образом, квантовая теория таких струн обеспечивает, в принципе, игровое поле, на котором может быть построена истинная квантовая теория гравитации.

И действительно, было обнаружено, что такая теория может избежать досадных бесконечностей в предсказаниях стандартных квантовых подходов к гравитации.

Однако была одна загвоздка.

В простейшей версии теории такие бесконечности в прогнозах могут быть устранены только если струны, образующие элементарные частицы, вибрируют, и не просто в трех пространственных измерениях и одном временном, с которыми мы все знакомы, а в двадцати шести измерениях!

Можно было бы ожидать, что такого скачка сложности (и, возможно, веры) будет достаточно, чтобы отвернуть большинство физиков от теории, но в середине 1980-х некоторые красивые математические

работы целого ряда ученых, в первую очередь Эдварда Виттена из Института перспективных исследований, показали, что теория в принципе может сделать гораздо больше, чем просто создать квантовую теорию гравитации.

Внеся новые математические симметрии, особенно удивительно мощную математическую структуру, называемую "суперсимметрией", стало возможным уменьшить число измерений, необходимых для состоятельности теории, с двадцати шести до всего лишь десяти.

Более важным, однако, казалось, что в контексте теории струн можно объединить гравитацию с другими силами в природе в единую теорию, и, кроме того, можно объяснить существование каждой отдельной элементарной частицы, известной в природе!

Наконец, казалось, что может быть одна единственная теория в десяти измерениях, которая воспроизводила бы все, что мы видим в нашем четырехмерном мире.

Начали выдвигаться заявки на разработку "теории всего", и не только в научной, но и в популярной литературе.

В результате, возможно, больше людей знакомы с "суперструнами", чем со "сверхпроводимостью" - последняя представляет собой замечательный факт, что, когда некоторые материалы охлаждаются до экстремально низких температур, они могут проводить электричество без всякого сопротивления вообще.

Это не только одно из самых замечательных свойств материи, которое когда-либо наблюдали, но оно даже изменило наше понимание квантового строения веществ.

Увы, прошедшие двадцать пять лет не были успешными для теории струн.

Несмотря на то, что лучшие теоретические умы в мире начали сосредотачивать на ней свое внимание, выдавая массу новых результатов и по ходу множество новой математики (Виттен, например, завоевал высшую награду в области математики), стало понятно, что "струны" в теории струн, вероятно, не фундаментальные объекты вообще.

Поведение этой теории, вероятно, контролируют другие, более сложные структуры, "браны", названные в честь мембран в клетках, которые существуют в более высоких измерениях.

Что еще хуже, стала исчезать уникальность теории.

В конце концов, мы ощущаем себя не в десятимерном мире, а в четырехмерном.

Что-то должно произойти с остальными шестью пространственными измерениями, и каноническое объяснение их невидимости - это то, что они каким-то образом "компактифицированы", то есть, свернуты на таких малых масштабах, что мы не можем объяснить их на наших масштабах или даже на крошечных масштабах, исследуемых сегодня на наших ускорителях самых высокоэнергетичных частиц.

Есть разница между этими предлагаемыми скрытыми областями и сферами духовности и религии, даже если они могут не показаться такими разными на первый взгляд.

Во-первых, они доступны в принципе, если можно будет построить достаточно энергичный ускоритель - возможно, за пределами реальности, но не за пределами возможности.

Во-вторых, можно было бы надеяться, как и для виртуальных частиц, найти некоторые косвенные свидетельства их существования через объекты, которые мы можем изучать в нашей четырехмерной Вселенной.

Короче говоря, поскольку эти измерения были предложены в рамках теории, разработанной, чтобы реально попытаться объяснить Вселенную, а не обосновать ее, они могли бы, в конечном итоге, быть доступными для эмпирической проверки, даже если вероятность этого мала.

Но помимо этого, возможность существования этих дополнительных измерений серьезно подрывает надежду, что наша Вселенная уникальна.

Даже если исходить из уникальной теории с десятью измерениями (о существовании которых, повторяю, мы пока не знаем), то каждый другой способ компактификации невидимых шести измерений может привести к различным типам четырехмерной Вселенной, с различными законами физики, разными силами, разными частицами, и управляемыми разными симметриями.

Некоторые теоретики прикинули,

что, может быть 10^{500} различных возможных непротиворечивых четырехмерных вселенных, которые могут быть результатом одной десятимерной теории струн.

"Теория всего" вдруг стала "теорией чего угодно"!

Эта ситуация была саркастически воспроизведена в карикатуре от одного из моих любимых научных комиксов под названием xkcd.

В этом комиксе один человек говорит другому: "Мне только что в голову пришла потрясающая идея.

Что, если вся материя и энергия состоит из крошечных вибрирующих струн".

Тогда другой человек говорит: "Хорошо.

И что это означает?"

На что первый человек отвечает: "Я не знаю".

На чуть менее шуточной ноте, лауреат Нобелевской премии физик Франк Вильчек предположил, что струнные теоретики изобрели новый способ заниматься физикой, напоминающий новый способ играть в дартс.

Сначала кто-то бросает дротик в глухую стену, а затем кто-то идет к стене и рисует мишень вокруг того места, куда попал дротик.

Хотя замечание Франка точно отражает те трюки, которые там применяются, следует подчеркнуть, что в то же время те, кто работают над этой теорией, честно пытаются раскрыть принципы, которые могли бы управлять миром, где мы живем.

Тем не менее, множество возможных четырехмерных вселенных, которые раньше были таким позором для струнных теоретиков, теперь стали доблестью этой теории.

Можно себе представить, что в десятимерную "мультивселенную" может быть встроено множество различных четырехмерных вселенных (или пятимерных, шестимерных, и так далее...), и в каждой из них могут быть различные законы физики, и, кроме того, в каждой из них энергия пустого пространства может быть разной.

Хотя это звучит как подтасованное измышление, это, похоже, является автоматическим следствием теории, и это создает настоящий "ландшафт" мультивселенной, который мог бы обеспечить естественную основу для разработки антропного понимания энергии пустого пространства.

В этом случае нам не нужно бесконечное число возможных вселенных, разделенных в трехмерном пространстве.

Скорее, мы можем представить себе бесконечное число вселенных, сложенных в стопку над одной точкой в нашем пространстве, невидимых для нас, но каждая из которых могла бы проявлять удивительно разные свойства.

Я хочу подчеркнуть, что эта теория не так тривиальна, как богословские размышления святого Фомы Аквинского о том, может ли несколько ангелов занимать одно и то же место, идея, которая была высмеяна более поздними теологами как бесплодные спекуляции о том, сколько ангелов может поместиться на острие иглы - или наиболее популярно, на булавочной головке.

Аквинский фактически ответил на этот вопрос сам, сказав, что несколько ангелов не могут занимать одно и то же пространство - конечно, без какого-либо теоретического или экспериментального обоснования!

(И если бы они были бозонными квантовыми ангелами, он был бы все равно не прав.)

Представив такую картину, и соответствующую математику, можно было бы надеяться, в принципе, действительно сделать физические предсказания.

Например, можно было бы получить вероятностное распределение, описывающее вероятность обнаружить различные типы четырехмерных вселенных, встроженных в мультивселенную большей размерности.

Можно было бы, например, обнаружить, что в большей части таких вселенных, которые имеют небольшую энергию вакуума, также есть три семейства элементарных частиц и четыре различных силы.

Или можно было бы определить, что только во вселенных с небольшой энергией вакуума может существовать сила электромагнетизма большой дальности.

Любой такой результат может обеспечить достаточно убедительные доказательства того, что вероятностное антропное объяснение энергии пустого пространства - другими словами, обнаружение, что Вселенная, которая выглядит, как наша, с небольшой энергией вакуума, не маловероятна - имеет глубокий физический смысл.

Но математика еще не продвинула нас так далеко, и она может никогда этого не сделать.

Однако, несмотря на нашу нынешнюю теоретическую импотенцию, это не означает, что такая возможность на самом деле не реализуется природой.

Тем не менее, физика элементарных частиц тем временем пошла дальше в антропных рассуждениях.

Физики-ядерщики далеко впереди космологов.

Космология выдала один совершенно таинственный параметр: энергию пустого пространства, о котором мы не знаем практически ничего.

Тем не менее, физика элементарных частиц не понимала гораздо больше вещей намного дольше!

Например, почему существует три поколения элементарных частиц - электроны и их более тяжелые братья, мюоны и тауоны, или три различных набора кварков, из которых самые низкоэнергетичные составляют большую часть материи, которую мы видим на Земле?

Почему гравитация настолько слабее других сил в природе, например, электромагнетизма?

Почему протон в 2000 раз тяжелее электрона?

Некоторые физики-ядерщики уже до крайности примкнули к антропной идее, возможно потому, что их усилия объяснить эти тайны, исходя из физических причин, до сих пор еще не увенчались успехом.

В конце концов, если одна из фундаментальных величин в природе на самом деле является случайностью, обусловленной внешними причинами, то почему не все или почти все другие фундаментальные параметры?

Может быть, все загадки физики элементарных частиц можно решить, повторяя одну и ту же мантру: если бы Вселенная была другой, мы бы в ней не могли жить.

Можно задаться вопросом, является ли такое решение тайн природы решением вообще, и что более важно, описывает ли оно науку как мы ее понимаем.

В конце концов, целью науки, и в частности физики, за последние 450 лет было объяснить, почему Вселенная должна быть такой, какой мы ее изучаем, а не почему вообще законы природы могут создавать весьма разные вселенные.

Я попытался объяснить, почему это не совсем так, а именно, почему многие уважаемые ученые обратились к антропному принципу, и почему многие довольно упорно работали, чтобы понять, можем ли мы, основываясь на нем, узнать что-то новое о нашей Вселенной.

Позвольте мне теперь пойти дальше и попытаться объяснить, как существование вечно необнаружимых вселенных - либо удаленных от нас на практически бесконечные расстояния в пространстве, либо прямо у нас под носом, удаленных от нас на микроскопические расстояния в возможных дополнительных измерениях - все же может быть подвергнуто определенного рода эмпирической проверке.

Представьте себе, например, что мы разработали теорию, основанную на объединении по крайней мере трех из четырех сил природы в какую-нибудь "теорию великого объединения", объект непрерывного и глубокого интереса к физике элементарных частиц (среди тех, кто не отказался искать фундаментальные теории в четырех измерениях).

Такая теория будет делать прогнозы о силах природы, которые мы изучаем, и о многообразии элементарных частиц, которые мы исследуем на наших ускорителях.

Если бы такая теория сделала множество предсказаний, которые были бы впоследствии проверены в наших экспериментах, мы бы имели очень серьезное основание подозревать, что в ней есть зерно истины.

Теперь предположим, что эта теория также предсказывает время инфляции в ранней Вселенной и фактически предсказывает, что наша эпоха инфляции является лишь одним из множества таких эпизодов в вечно расширяющейся мультивселенной.

Даже если бы мы не могли исследовать существование таких областей вне нашего горизонта непосредственно, то, как я уже говорил ранее, если что-то ходит как утка и крикает как утка...

Ну, вы знаете.

Поиск возможного эмпирического обоснования идей, охватывающих дополнительные измерения, более притянут за уши, но не невозможен.

Многие яркие молодые теоретики посвящают свою профессиональную карьеру в надежде разработать эту теорию до стадии, где могут появиться некоторые доказательства, даже косвенные, что она верна.

Их надежды могут быть несбыточными, но они проголосовали ногами.

Возможно, некоторые данные с нового Большого адронного коллайдера под Женевой откроют некоторые тайные окна в эту новую физику.

Так, после столетия замечательного, действительно беспрецедентного прогресса в понимании природы, мы оказались способны исследовать вселенную на масштабах, которые ранее были невообразимы.

Мы поняли природу расширения Большого Взрыва с его самых первых микросекунд и обнаружили существование сотен миллиардов новых галактик с сотнями миллиардов новых звезд.

Мы обнаружили, что 99 процентов Вселенной на самом деле невидимы для нас, включая темную материю, которая скорее всего является какой-то новой формой элементарных частиц, и более того, темную энергию, происхождение которой остается в настоящее время полной загадкой.

И после всего этого, возможно, физика станет "наукой о внешней среде".

Фундаментальные константы природы, до сих пор наделяемые особой ролью, могут оказаться просто случайностями окружающих условий.

Если мы, ученые, как правило воспринимаем себя и нашу науку слишком серьезно, может быть, мы также восприняли слишком серьезно нашу Вселенную.

Может быть, буквально и метафорически, мы делаем много шума из ничего.

По крайней мере, мы можем слишком сильно зависеть от ничего, доминирующего в нашей Вселенной!

Может быть, наша Вселенная очень похожа на слезу, затерянную в огромном мультивселенском океане возможностей.

Может быть, мы никогда не найдем теорию, которая описывает, почему Вселенная должна быть такой, какая она есть.

А может быть, найдем.

Это, в конце концов, наиболее точная картина, которую я могу нарисовать, реальности как мы ее теперь понимаем.

Она основана на работах десятков тысяч упорных мыслителей в течение прошлого века, строительстве машин, одних из самых сложных из когда-либо созданных, и разработке одних из самых красивых, а также самых сложных идей, с которыми человечеству когда-либо приходилось сталкиваться.

Это картина, создание которой наилучшим образом подчеркивает лучшее, что может быть в человеке - нашу способность представить себе множество вероятных сценариев существования и смелость их отважно исследовать - не перекладывая ответственность на неясную силу творения или на творца, который, по определению, всегда непостижим.

Мы обязаны сделать это ради себя, чтобы извлечь мудрость из этого опыта.

В противном случае мы окажем медвежью услугу всем ярким и смелым людям, которые помогли нам достичь нашего современного уровня знаний.

Если мы хотим извлечь философские выводы о нашей собственной жизни, нашей значимости и значимости самой Вселенной, наши выводы должны основываться на эмпирических знаниях.

По-настоящему раскрыть наш разум означает заставить наше воображение соответствовать реальным доказательствам, а не наоборот, независимо от того, нравятся ли нам последствия.

ГЛАВА 9: НИЧТО - ЭТО НЕЧТО

Я не против незнания.
Меня оно не пугает.

— РИЧАРД ФЕЙНМАН

Исаак Ньютон, возможно, величайший физик всех времен, глубоко изменил наше представление о Вселенной во многих отношениях.

Но, пожалуй, самым важным вкладом, который он внес, была демонстрация возможности того, что вся Вселенная объяснима.

Своим универсальным законом всемирного тяготения он впервые продемонстрировал, что даже небеса могут подчиняться власти законов природы.

Странная, враждебная, угрожающая и, казалось бы, непредсказуемая Вселенная, возможно - совсем другое дело.

Если Вселенной управляют незыблемые законы, мифические боги Древней Греции и Рима были бы бессильны.

Не было бы никакой возможности произвольно изменять мир, создавая острые проблемы для человечества.

Что применимо к Зевсу, будет также применимо к Богу Израиля.

Как могло Солнце стоять на месте в полдень, если Солнце не вращается вокруг Земли, а его движение в небе на самом деле вызвано вращением Земли, которая, если бы вдруг остановилась, вызвала бы на своей поверхности силы, которые уничтожили бы все человеческие постройки вместе с самими людьми?

Конечно, сверхъестественные деяния являются сутью чудес.

Они, в конце концов, именно те вещи, которые обходят законы природы.

Бог, который может создать законы природы, вероятно, может также обойти их по своему желанию.

Хотя, почему он так щедро обходил их тысячи лет назад, до изобретения современных коммуникационных инструментов, которые

могли бы это зарегистрировать, а не сегодня - об этом все же стоит задуматься.

В любом случае, даже во Вселенной без каких-либо чудес, столкнувшись с в корне простым основополагающим порядком, можно сделать два разных вывода.

Один, сделанный самим Ньютоном, и ранее поддержанный Галилеем и многими другими учеными на протяжении многих лет, заключается в том, что такой порядок был создан божественным разумом, ответственным не только за Вселенную, но и за существование нас самих, и что мы, люди, были созданы по его образу (а другие сложные и красивые существа, по-видимому, нет!)

Другой вывод заключается в том, что все, что существует - это сами законы.

Эти законы сами по себе требуют, чтобы наша Вселенная возникла, развивалась и эволюционировала, а мы - неизбежный побочный продукт этих законов.

Законы могут быть вечными, или они также могли возникнуть, опять же, благодаря каким-то еще неизвестным, но, возможно, чисто физическим процессам.

Философы, теологи, а иногда и ученые продолжают спорить об этих возможностях.

Мы не знаем наверняка, какие из них действительно описывают нашу Вселенную, и, возможно, никогда не узнаем.

Но дело в том, что, как я уже подчеркивал в самом начале этой книги, окончательным арбитром в этом вопросе будет выступать не надежда, желание, откровение или чистое размышление.

Это будет, если когда-нибудь будет, исследование природы.

Мечта или кошмар, - как сказал Якоб Бронковский во вступительной цитате в этой книге (и мечты одного человека в этом случае запросто могут быть кошмаром другого), - нужны нам, чтобы испытывать наши переживания, какие они есть, и с открытыми глазами.

Вселенная такова, какова она есть, нравится нам это или нет.

И здесь, я думаю, чрезвычайно важно, что Вселенная из ничего - в смысле, который я постараюсь описать - возникшая естественно, и даже неизбежно, все больше и больше соответствует тому, что мы узнали о мире.

Эти знания получены не из философских или богословских размышлений о морали или других спекуляций о мире, окружающем человека.

Вместо этого они основываются на замечательных и интересных достижениях в эмпирической космологии и физике частиц, которые я описал.

Поэтому я хочу вернуться к вопросу, который изложил в начале этой книги: почему (why) существует нечто, а не ничто?

Очевидно, мы сейчас в лучшем положении, чтобы это исправить, рассмотрев современную научную картину мира, ее историю и ее возможное будущее, а также оперативное описание того, из чего "ничто" может фактически состоять.

Как я и упоминал в начале этой книги, этот вопрос тоже был объяснен наукой, как практически все подобные философские вопросы.

Вовсе не будучи сформулированными так, чтобы навязать нам необходимость творца, сами значения упомянутых слов настолько изменились, что фраза во многом утратила свое первоначальное значение - обычная ситуация, когда эмпирическое знание проливает новый свет на темные уголки нашего воображения.

В то же время, в науке мы должны быть особенно осторожны с вопросом "why".

Когда мы спрашиваем: "why?" мы обычно подразумеваем не "зачем?", а "почему?" или "как?"

Если мы можем ответить на последний вопрос, этого как правило достаточно для наших целей.

Например, мы могли бы спросить: "Зачем (why) Земля оказалась в 93 миллионах миль от Солнца?", - но, что мы на самом деле, вероятно, имеем в виду: "Почему (как получилось, что) Земля оказалась в 93 миллионах миль от Солнца?"

То есть, нам интересно, какие физические процессы привели к тому, что Земля оказалась в ее нынешнем положении.

"Why" неявно предполагает цель, а когда мы пытаемся понять солнечную систему с научной точки зрения, мы обычно не приписываем ей цель.

Так что я буду считать, что этот вопрос на самом деле означает: "Почему (как получилось, что) существует нечто, а не ничто?"

Вопросы "почему?", "как получилось?" на самом деле единственные, на которые мы можем дать окончательные ответы, изучая природу, но поскольку эта фраза звучит довольно непривычно, я надеюсь, вы простите меня, если иногда будет казаться, что я использую более стандартную формулировку, когда на самом деле пытаюсь ответить на более конкретный вопрос "почему?"

Даже здесь, с точки зрения подлинного понимания, этот особый вопрос "почему?" был вытеснен массой более полезных в оперативном плане вопросов, таких как: "Что могло привести к свойствам Вселенной, которые наиболее ярко ее характеризуют в настоящее время?"

или, возможно, более важный, "Как мы можем это узнать?"

Здесь я хочу еще раз подстегнуть то, что я хотел бы, чтобы было дохлой лошадей.

Вопросы, сформулированные таким образом, позволяют получать новые знания и понимание.

Это то, что отличает их от чисто богословских вопросов, которые обычно предполагают заранее известные ответы.

Действительно, некоторые богословы требовали, чтобы я представил доказательства, опровергающие предпосылку, что богословие не вносит свой вклад в знания, по крайней мере в последние пятьсот лет, со времен зарождения науки.

До сих пор никто не предоставил контрпримеров.

Максимум, что меня когда-либо спрашивали в ответ, было: "Что вы имеете в виду под знаниями?"

С гносеологической точки зрения это может быть сложный вопрос, но я утверждаю, что, если бы была лучшая альтернатива, кто-то ее представил бы.

Если бы я представил ту же проблему биологам, или психологам, или историкам, или астрономам, никого из них это не привело бы в большое замешательство.

Ответы на подобного рода полезные вопросы подразумевают теоретические предсказания, которые можно проверить с помощью экспериментов, чтобы продвигать наши нынешние знания о Вселенной вперед более непосредственно.

Отчасти по этой причине я сосредоточился на таких полезных вопросах до этого момента в этой книге.

Тем не менее, вопрос "чего-то из ничего" продолжает оставаться актуальным, и поэтому, вероятно, должен быть рассмотрен.

Работы Ньютона резко сократили возможную сферу божьей деятельности, независимо от того, считаете ли вы разумность неотъемлемым свойством Вселенной.

Мало того, что законы Ньютона строго ограничивали свободу действий бога, они обходились без необходимости различных сверхъестественных вмешательств.

Ньютон открыл, что движение планет вокруг Солнца не требует, чтобы их постоянно толкали по пути, а скорее, и очень неинтуитивно, требует, чтобы их тянула сила, действующая в направлении Солнца, вследствие чего отпадает необходимость ангелов, которые, как часто считалось ранее, определяли пути движения планет.

Хотя возможность обходиться без специального использования ангелов не оказало большого влияния на готовность людей в них верить (опросы показывают, что в Соединенных Штатах в ангелов верят гораздо больше людей, чем в эволюцию), справедливости ради стоит отметить, что прогресс в науке со времен Ньютона еще более строго ограничил возможности руки Божией, проявлявшуюся в его предполагаемых рукописях.

Мы можем описать эволюцию Вселенной с самых ранних моментов Большого Взрыва, не нуждаясь особо ни в чем, кроме известных физических законов, и мы также описали возможную будущую историю Вселенной.

Конечно, есть еще загадки во Вселенной, которые мы не понимаем, но я буду считать, что читатели этой книги не являются приверженцами доказательства существования Бога, основанного на пробелах в знаниях, когда к Богу прибегают всякий раз, когда в наших наблюдениях есть что-то особое, что кажется странным или совершенно непонятным.

Даже богословы признают, что такое обращение за помощью не только уменьшает величие их всевышнего существа, но и доводит до его устранения или дальнейшей маргинализации, когда новая работа объясняет или раскрывает загадку.

В этом смысле аргумент "что-то из ничего" действительно пытается сфокусироваться на начальном акте творения и спрашивает, может ли научное объяснение когда-либо быть логически законченным и полностью удовлетворительным при решении этой конкретной проблемы.

Получается, что, учитывая наше нынешнее понимание природы, существуют три различных, отдельных смысла вопроса "чего-то из ничего".

Короткий ответ на каждый из них - "вполне вероятное да», и я буду рассматривать каждый по очереди в остальной части этой книги, пытаясь объяснить, почему (why), или, как я только что доказывал, еще лучше, как.

Бритва Оккама предполагает, что, если некоторое событие физически вероятно, нам не нужно прибегать к более экстраординарным его объяснениям.

Конечно всемогущее божество, которое каким-то образом существует за пределами нашей Вселенной, или мультивселенной, одновременно управляя тем, что происходит внутри нее, является одним из таких объяснений.

Таким образом, оно должно быть последним, а не первым, спасительным объяснением.

Я уже обсуждал в предисловии к этой книге, что просто определить "ничто" как "небытие" недостаточно, чтобы предположить, что физика, и наука в общем, непригодна для решения этого вопроса.

Позвольте мне привести здесь дополнительные, более конкретные аргументы.

Рассмотрим электрон-позитронную пару, которая спонтанно образуется из пустого пространства вблизи ядра атома и влияет на свойства этого атома в течение короткого времени, пока пара существует.

В каком смысле электрон или позитрон существовали до этого?

Конечно, по любому здравомыслящему определению они не существовали.

Конечно, был потенциал для их существования, но нельзя сказать, что больше, чем потенциал существования человека, учитывая, что я несу сперму в яичках поблизости от женщины, у которой овуляция, и мы с ней могли бы спариться.

Действительно, лучший ответ, который я когда-либо слышал, на вопрос, на что похоже быть мертвым (то есть, пребывать в небытии) - это представить, как вы себя чувствовали, до того как были зачаты.

В любом случае, если бы потенциал существования был бы то же самое, что существование, то я уверен, что к настоящему времени мастурбация была бы такой же больной темой, как аборт сейчас.

Проект "Происхождение" в университете штата Аризона, которым я руковожу, недавно провел семинар по происхождению жизни, и я не могу не рассматривать настоящее обсуждение космологии в этом контексте.

Мы еще не в полной мере поняли, как возникла жизнь на Земле.

Тем не менее, у нас есть не только правдоподобные химические механизмы, посредством которых это могло быть возможно, но мы также подходим каждый день все ближе и ближе к конкретным путям, которые могли бы позволить биомолекулам, включая РНК, возникнуть естественным образом.

Более того, теория эволюции Дарвина, основанная на естественном отборе, дает убедительно точную картину того, как сложная жизнь возникла на этой планете, независимо от того, какая конкретная химия создала первую точно самовоспроизводящуюся клетку с обменом веществ, который захватывал энергию из окружающей среды.

(Наилучшее определение жизни, которое я могу придумать на данный момент.)

Так же, как Дарвин, хотя и неохотно, устранил необходимость божественного вмешательства в эволюцию современного мира, кишашего разнообразной жизнью повсюду на этой планете (хотя он и оставил открытую дверь для возможности того, что Бог помог вдохнуть жизнь в первые формы), наше современное понимание Вселенной, ее прошлого и ее будущего, сделало более правдоподобным, что "нечто" может возникнуть из ничего, без необходимости какого-либо божественного вмешательства.

Из-за наблюдений и сопряженных с ними теоретических трудностей, связанных с разработкой деталей, я ожидаю, что мы, возможно, никогда не достигнем в этом отношении большего, чем правдоподобие.

Но само правдоподобие, на мой взгляд, является огромным шагом вперед, поскольку мы продолжаем мобилизовать мужество жить полноценной жизнью во Вселенной, которая, скорее всего появилась, и может исчезнуть, без цели, и, конечно, без нас в своем центре.

Давайте теперь вернемся к одной из самых замечательных особенностей нашей Вселенной: что она настолько близка к плоской, насколько мы можем измерить.

Я напоминаю вам об уникальном аспекте плоской Вселенной, по крайней мере, в масштабах, где доминирует материя в виде галактик, и где ньютоновское приближение остается в силе: в плоской Вселенной, и только в плоской Вселенной, в среднем ньютоновская гравитационная энергия каждого объекта, принимающего участие в расширении, точно равна нулю.

Я подчеркиваю, что это был проверяемый постулат.

Не обязательно должно быть так.

Для этого не требуется ничего, кроме теоретических спекуляций, основанных на рассмотрении Вселенной, которая могла возникнуть естественным образом из ничего, или, по крайней мере, почти из ничего.

Я не могу переоценить ни важность того факта, что, как только в наше рассмотрение природы включается гравитация, больше нельзя считать

полную энергию системы произвольной, ни того факта, что есть как положительные, так и отрицательные составляющие этой энергии.

Общая гравитационная энергия объектов, разносимых расширением Вселенной, не подлежит произвольному определению, вопросом определения является лишь геометрическая кривизна Вселенной.

Это свойство самого пространства, согласно общей теорией относительности, и это свойство пространства определяется энергией, которая в нем содержится.

Я это говорю, потому высказывалось мнение, что заявление о том, что средняя суммарная ньютоновская гравитационная энергия каждой галактики в плоской, расширяющейся Вселенной равна нулю, произвольно, и что любое другое значение было бы так же хорошо, но, что ученые "установили" нулевую точку, чтобы опровергнуть Бога.

Во всяком случае, так утверждал Динеш Д'Соуза в дебатах с Кристофером Хитченсом о существовании Бога.

Ничто не может быть дальше от истины.

Усилия, предпринятые для определения кривизны Вселенной, были реализованы более полувека назад учеными, которые посвятили свою жизнь выяснению подлинной природы Вселенной, не навязывая свои желания.

Даже много лет после того, как были впервые предложены теоретические аргументы, почему Вселенная должна быть плоской, мои наблюдательные коллеги, в 1980-х и даже начале 1990-х, стремились доказать обратное.

В конце концов, в науке можно произвести наибольшее впечатление (и часто попасть в наиболее громкие заголовки), не идя со стадом, а выступая против него.

Тем не менее, за этими данными было последнее слово, и последнее слово стало модным.

Наша наблюдаемая Вселенная настолько близка к плоской, насколько мы можем измерить.

Ньютоновская гравитационная энергия галактик, движущихся вместе с расширением Хаббла, равна нулю, нравится вам это или нет.

Теперь я хотел бы пояснить, почему, если наша Вселенная возникла из ничего, плоская Вселенная, Вселенная с нулевой суммарной ньютоновской гравитационной энергией каждого объекта - это именно то, что мы должны ожидать.

Аргумент немного более утонченный - тоньше, чем я мог описать в моих популярных лекциях на эту тему - так что я счастлив, что здесь есть место, чтобы попытаться тщательно его изложить.

Во-первых, я хочу, чтобы вы поняли, какого рода "ничто" я обсуждаю в данный момент.

Это самый простой вариант ничего, а именно пустое пространство.

На данный момент я буду считать, что существует пространство, внутри которого нет абсолютно ничего, и в котором при этом существуют законы физики.

Опять же, я понимаю это в модифицированной версии небытия, потому что тем, кто желает постоянно находить этому слову новое определение, дабы ни одно научное определение не нашло себе применения, эта версия "ничего" не подойдет.

Тем не менее, я подозреваю, что, во времена Платона и Фомы Аквинского, когда они размышляли, почему было нечто, а не ничто, пустое пространство с ничем внутри было, вероятно, хорошим приближением того, о чем они думали.

Как мы видели в Главе 6, Алан Гут пояснил, как именно мы можем получить что-то из подобного рода ничего - совершенно бесплатный обед.

Пустое пространство может иметь связанную с ним ненулевую энергию, даже в отсутствие какой-либо материи или излучения.

Общая теория относительности говорит нам, что пространство будет расширяться в геометрической прогрессии, так что поначалу даже самая крошечная область вполне могла быстро достигнуть размера, достаточно большого, чтобы содержать всю нашу видимую Вселенную сегодня.

Как я указывал в этой главе, во время такого быстрого расширения область, которая в конечном итоге будет охватывать нашу Вселенную,

будет становиться все более плоской, точно так же как энергия, содержащаяся в пустом пространстве, растет с ростом Вселенной.

Это явление происходит без всяких фокус-покусов или чудесного вмешательства.

Оно возможно потому, что гравитационное "давление", связанное с такой энергией пустого пространства, фактически отрицательно.

Это "отрицательное давление" означает, что, когда Вселенная расширяется, расширение сбрасывает энергию в пространство, а не наоборот.

Согласно этой картине, когда заканчивается инфляция, энергия, запасенная в пустом пространстве, превращается в энергию реальных частиц и излучения, тем самым создавая прослеживаемое начало нашего нынешнего расширения Большого Взрыва.

Я говорю прослеживаемое начало, потому что инфляция фактически стирает всякую память о состоянии Вселенной до ее возникновения.

Все сложности и неровности на изначально больших масштабах (если изначальная вселенная, или метавселенная, была большой, даже бесконечно большой) сегодня сглаживаются и / или уносятся так далеко за пределы нашего горизонта, что после того, как произойдет достаточное инфляционное расширение, мы всегда будем видеть почти однородную Вселенную.

Я говорю почти однородную, потому что я уже описывал в Главе 6, как квантовая механика всегда будет оставлять некоторые остаточные колебания малой плотности, которые замораживаются во время инфляции.

Это приводит ко второму удивительному проявлению инфляции, что колебания малой плотности в пустом пространстве, из-за правил квантовой механики, позже приводят к появлению всей той структуры, которую мы наблюдаем в сегодняшней Вселенной.

Таким образом, мы, и всё, что мы видим, возникло благодаря квантовым флуктуациям практически из ничего почти с начала времен, а именно в период инфляционного расширения.

После того как вся пыль осела, общая конфигурация материи и излучения представляла собой, по существу, плоскую Вселенную, в

которой средняя ньютоновская гравитационная энергия всех объектов оказалась равной нулю.

Так происходило бы почти всегда, если бы можно было очень тонко настроить величину инфляции.

Таким образом, наша наблюдаемая Вселенная могла возникнуть в виде микроскопически малой области пространства, которая могла быть фактически пустой, и все же вырасти до огромных масштабов, содержащих в итоге большое количество материи и излучения, не затратив ни капли энергии и имея достаточно материи и излучения, чтобы объяснить все то, что мы видим сегодня!

Важным моментом, который стоит подчеркнуть в этом кратком резюме инфляционной динамики, рассмотренной в Главе 6, является то, что нечто может возникнуть в пустом пространстве именно потому, что энергетика пустого пространства, в присутствии гравитации, совсем не такая, как мы могли бы подозревать, руководствуясь здравым смыслом, пока не обнаружили основополагающие законы природы.

Но никто никогда не говорил, что Вселенная руководствовалась тем, что мы, в нашем маленьком, ограниченном уголке пространства и времени, могли поначалу считать разумным.

Конечно, кажется разумным априори предположить, что материя не может спонтанно возникнуть из пустого пространства, поэтому что-то, в этом смысле, не может возникнуть из ничего.

Но когда мы принимаем во внимание динамику гравитационной и квантовой механики, мы видим, что этот практичный взгляд уже не верен.

В этом красота науки, и в этом не должно быть ничего угрожающего.

Наука просто заставляет нас пересмотреть то, что имеет смысл для устройства Вселенной, а не наоборот.

Итак, подводим итог: наблюдение, что Вселенная является плоской, и что локальная ньютоновская гравитационная энергия практически равна нулю, сегодня позволяет решительно предположить, что наша Вселенная возникла в процессе, подобном инфляции, процессе, при котором энергия пустого пространства (ничего) преобразуется в энергию чего-то, в то время как Вселенная становилась все более и более плоской на всех наблюдаемых масштабах.

Тогда как как инфляция демонстрирует, как пустое пространство, наделенное энергией, может создать практически все, что мы видим, включая невероятно большую и плоскую Вселенную, было бы нечестно говорить, что пустое пространство, наделенное энергией, которая движет инфляцией, на самом деле ничто.

При этой картине нужно предположить, что пространство существует и может сохранять энергию, и используя законы физики, вроде общей теории относительности, можно вычислить последствия.

Так что, если мы остановились здесь, может быть справедливым утверждение, что современная наука далека от реального решения - как получить что-то из ничего.

Как бы то ни было, это только первый шаг.

По мере расширения нашего понимания, мы увидим, что инфляция может представлять собой лишь кончик космического айсберга небытия.

ГЛАВА 10: НЕСТАБИЛЬНОЕ НИЧТО

Fiat justitia, ruat caelum.

(Пусть свершится правосудие и рухнет небо).

— ДРЕВНЕРИМСКАЯ ПОГОВОРКА

Существование энергии в пустом пространстве (открытие, потрясшее нашу космологическую вселенную, и идея, составляющая краеугольный камень инфляции) только укрепляет в квантовом мире то, что уже хорошо себя зарекомендовало в связи с определенного рода лабораторными экспериментами, о которых я уже упоминал.

Пустое пространство сложно для понимания.

Это кипящее варево виртуальных частиц, которые появляются и исчезают за время столь короткое, что мы не можем видеть их непосредственно.

Виртуальные частицы являются проявлениями основного свойства квантовых систем.

В основе квантовой механики лежит правило, которое иногда управляет политиками или Центрами по наблюдению Земли - пока никто не наблюдает, что-то происходит.

Системы продолжают двигаться, ежеминутно находясь между всеми возможными состояниями, в том числе состояниями, которые были бы недопустимы, если бы система была фактически измерена.

Эти "квантовые флуктуации" указывают на неотъемлемую особенность квантового мира: ничто всегда производит что-то, хотя бы на мгновение.

Но вот беда.

Сохранение энергии говорит нам, что квантовые системы могут нарушать закон лишь на небольшое время.

Как при присвоении денег биржевым брокером, если состояние, в котором колеблется система, тайком присвоит некоторое количество энергии пустого пространства, то система должна вернуть эту энергию во время, достаточно короткое, чтобы никто, производящий измерения в системе, не смог этого обнаружить.

В результате, вы можете позволить себе с уверенностью утверждать, что это "что-то", созданное квантовыми флуктуациями, эфемерно - не поддается измерению, в отличие, скажем, от вас, или меня, или Земли, на которой мы живем.

Но это эфемерное творение тоже подвержено условиям, связанным с нашими измерениями.

Рассмотрим, например, электрическое поле, распространяемое заряженным объектом.

Оно, безусловно, реально.

Вы можете почувствовать воздействие статического электричества на волосы или наблюдать воздушный шарик, прилипший к стене.

Однако квантовая теория электромагнетизма предполагает, что статическое поле возникает в результате излучения, благодаря заряженным частицам, участвующим в создании поля, виртуальным фотонам, обладающим, по существу, нулевой полной энергией.

Эти виртуальные частицы, поскольку имеют нулевую энергию, могут распространяться по всей Вселенной, не исчезая, а поле, за счет суперпозиции многих из них, настолько реально, что его можно почувствовать.

Иногда условия таковы, что реальные, массивные частицы могут фактически выскочить из пустого пространства безнаказанно.

В одном примере две заряженные пластины сводят близко друг к другу и, как только электрическое поле между ними становится достаточно сильным, для реальной пары частица-античастица становится выгодным "выглянуть" из вакуума, с отрицательным зарядом, направленным к положительной пластине, и положительным зарядом, направленным к отрицательной.

При этом вполне возможно, что снижение энергии, обусловленное снижением суммарного заряда на каждой из пластин, и, следовательно, электрического поля между ними, может быть больше, чем энергия, связанная с энергией массы покоя, необходимой для получения двух реальных частиц.

Конечно, напряженность поля должна быть огромной, чтобы такое условие было возможным.

Фактически существует место, где явление, похожее на то, что описано выше, может происходить благодаря сильным полям иного рода, в данном случае благодаря гравитации.

Осознание этой идеи фактически сделало Стивена Хокинга известным среди физиков в 1974 году, когда он показал, что черные дыры, за пределы которых, по крайней мере при отсутствии квантово-механических факторов, ничто не может вырваться, могли бы излучать физические частицы.

Есть много разных способов пытаться понять это явление, но один из них поразительно схож с ситуацией, которую я описал выше с электрическими полями.

Внешняя поверхность ядра черных дыр является радиусом, называемым "горизонтом событий".

Из-за горизонта событий ни один объект не может классически вырваться, потому что вторая космическая скорость превышает скорость света.

Таким образом, даже свет, излучаемый внутри этой области, не может выбраться за пределы горизонта событий.

А теперь представьте, что пара частица-античастица зарождается из пустого пространства сразу за горизонтом событий благодаря квантовым флуктуациям в этой области.

Одна из частиц может фактически попасть внутрь горизонта событий, и при этом, падая в черную дыру, потерять достаточно гравитационной энергии, чтобы эта энергия вдвое превышала массу покоя обеих частиц.

Это означает, что частица-партнер может улететь в бесконечность и быть наблюдаемой без нарушения закона сохранения энергии.

Общая положительная энергия, связанная с испускаемой частицей, с лихвой компенсируется потерей энергии, которую испытывает ее частица-партнер, падающая в черную дыру.

Поэтому черная дыра может испускать частицы.

Однако ситуация становится еще более интересной, из-за того что энергия, теряемая падающей внутрь частицей, больше, чем положительная энергия, связанная с ее массой покоя.

В результате, когда она падает в черную дыру, общая система черной дыры плюс частицы на самом деле обладает меньшей энергией, чем это было до того, как частица в нее упала!

Черная дыра поэтому фактически становится светлее, когда частица попадает внутрь, на величину, которая эквивалентна энергии, уносимой излучаемой, сбежавшей частицей.

В конце концов, черная дыра может испариться полностью.

На данный момент мы этого не знаем, потому что конечные стадии испарения черных дыр включают физику на таких малых масштабах расстояний, что одна только общая теория относительности не может дать нам окончательный ответ.

На этих масштабах гравитация должна рассматриваться как полностью квантово-механическая теория, и нашего нынешнего понимания общей теории относительности не достаточно, чтобы точно выяснить, что произойдет.

Тем не менее, все эти явления говорят о том, что при правильных условиях что-то не только может появиться из ничего, но и должно.

В космологии один из первых примеров того, что "ничто" может быть нестабильным и образовать что-то, был получен благодаря попыткам понять, почему мы живем во Вселенной материи.

Вы, наверное, просыпаясь каждое утро, не спрашиваете об этом, но тот факт, что наша Вселенная содержит материю, замечателен.

А особо замечательно в нем то, что, насколько мы можем судить, наша Вселенная не содержит в значительном количестве антиматерию, которая, как вы помните, предусматривается квантовой механикой и теорией относительности, так что для каждой частицы, известной нам в природе, может существовать эквивалентная античастица с противоположным зарядом и той же массой.

Казалось бы, любая разумная Вселенная в момент создания будет содержать равное количество частиц обоих видов.

В конце концов, античастицы обычных частиц имеют такую же массу и подобные другие свойства, так что если частицы были созданы в начале времен, было бы столь же легко создать античастицы.

С другой стороны, мы могли бы даже представить себе вселенную антиматерии, в которой все частицы, составляющие звезды и галактики, были бы заменены на их античастицы.

Такая Вселенная казалась бы почти идентичной той, в котором мы живем.

Наблюдатели в такой вселенной (сами состоящие из антиматерии), то, что мы называем антиматерией, несомненно, назвали бы материей.

Название произвольно.

Однако, если наша Вселенная возникла разумно, с равным количеством материи и антиматерии, и осталась такой, нас бы не было, чтобы спрашивать: "зачем?", "почему?" или "как?"

Причина в том, что все частицы материи аннигилировали бы со всеми частицами антиматерии в ранней Вселенной, не оставив ничего, кроме чистого излучения.

Никакой материи или антиматерии не осталось бы, чтобы создать звезды, или галактики, или создать любовников или антилюбовников, которые могли бы в один прекрасный день полюбоваться и испытать страсть от зрелища ночного неба в объятиях друг друга.

Никакой драмы.

История состояла бы из пустоты, ванн излучения, которые медленно охлаждались бы, что привело бы в конечном счете к холодной, темной, мрачной вселенной.

Небытие бы безраздельно властвовало.

Однако в 1970 году ученые начали понимать, что, в раннем, горячем, плотном Большом Взрыве сначала могло возникнуть равное количество материи и антиматерии, и в рамках вероятных квантовых процессов "возникло что-то из ничего" благодаря установлению небольшой асимметрии, с небольшим избытком материи над антиматерией в ранней Вселенной.

Затем, вместо полной аннигиляции материи и антиматерии, что не дало бы сегодня ничего, кроме чистого излучения, вся имеющаяся антиматерия в ранней Вселенной могли бы быть уничтожена материей, но небольшой избыток материи мог не иметь

сопоставимого количества антиматерии, чтобы аннигилировать, и остался.

Это привело бы ко всей материи, составляющей звезды и галактики, которые мы видим во Вселенной сегодня.

В результате то, что в противном случае могло бы показаться небольшим достижением (установление небольшой асимметрии в ранние времена), можно вместо этого считать практически моментом создания.

Потому что как только асимметрия между материей и антиматерией была создана, ничто могло позже их разбросать.

Будущая история Вселенной, полной звезд и галактик, была по существу написана.

Частицы антиматерии аннигилировали бы с частицами материи в ранней Вселенной, а остальной избыток частиц материи сохранился бы до сегодняшнего дня, сформировав состав видимой Вселенной, которую мы знаем и любим, и в которой живем.

Даже если бы асимметрия составляла 1 часть на миллиард, осталось бы достаточно материи, чтобы объяснить все, что мы видим во Вселенной сегодня.

На самом деле, асимметрия примерно в 1 часть на миллиард - это именно то, что требуется, потому что сегодня в космическом микроволновом фоне есть примерно 1 млрд. фотонов на каждый протон во Вселенной.

В этой картине фотоны реликтового излучения являются остатками ранней аннигиляции материи-антиматерии в начале времен.

Окончательное описание того, как этот процесс мог произойти в ранней Вселенной, в настоящее время отсутствует, потому что мы еще не в полной мере эмпирически установили детальные особенности микрофизического мира на масштабах, где эта асимметрия, скорее всего, образовалась.

Тем не менее, было изучено множество различных вероятных сценариев, основанных на лучших современных идеях, которые есть у нас о физике в этих масштабах.

Хотя они и отличаются в деталях, все они имеют одни и те же общие особенности.

Квантовые процессы, связанные с элементарными частицами в первозданном термостате, могут неотвратно превращать пустую вселенную (или, что эквивалентно, исходную вселенную с симметрией материя-антиматерия) почти незаметно во вселенную, в которой будет доминировать материя или антиматерия.

Если она могла пойти любым путем, было ли тогда случайностью, что в нашей Вселенной стала преобладать материя?

Представьте себе, что вы стоите на вершине высокой горы и спотыкаетесь.

Направление, в котором вы падаете, было не предопределено, а скорее случайно, в зависимости от того, в какую сторону вы смотрели или в какой момент ходьбы споткнулись.

Возможно, это похоже на нашу Вселенную, и даже если законы физики неизменны, конечное направление асимметрии между материей и антиматерией было обусловлено каким-то случайным начальным условием (как и в случае спотыкания и падения вниз с горы, закон гравитации нерушим и определяет, что вы упадете, но направление может быть случайным).

Еще раз, само наше существование в этом случае было бы случайностью, вызванной внешними условиями.

Однако, независимо от этой неопределенности, удивительно то, что особенности основных законов физики могут позволить квантовым процессам увести вселенную от непримечательного состояния.

Физик Фрэнк Вильчек, который был одним из первых теоретиков, изучивших эти возможности, напомнил мне, что он использовал точно тот же язык, что и я в этой главе, когда в статье в "Scientific American" 1980 года он писал об асимметрии материи-антиматерии во Вселенной.

После описания того, как асимметрия материи-антиматерии могла правдоподобно возникнуть в ранней Вселенной на основе нашего нового понимания физики элементарных частиц, он добавил, что это дает один из способов ответить на вопрос, почему существует нечто, а не ничто: ничто нестабильно.

Суть, которую подчеркивал Франк, состоит в том, что измеренное преобладание материи над антиматерией во Вселенной, на первый взгляд, является препятствием, чтобы представить себе Вселенную, которая могла возникнуть в результате нестабильности в пустом пространстве, с небытием, породившим Большой Взрыв.

Но если эта асимметрия могла возникнуть динамически после Большого Взрыва, этот барьер устраняется.

Как он выразился:

Можно предположить, что Вселенная зародилась в наиболее симметричном из возможных состояний, и что в таком состоянии никакой материи не существовало; вселенная была вакуумом.

Было второе состояние, и в нем существовала материя.

Второе состояние имело немного меньшую симметрию, но было также ниже по энергии.

В конце концов, возник участок менее симметричной фазы и быстро рос.

Энергия, выделяемая этим преобразованием, обрела форму при создании частиц.

Это событие можно рассматривать как Большой Взрыв.

Ответом на древней вопрос: "Почему существует нечто, а не ничто?", - было бы, что "ничто" нестабильно.

Прежде чем продолжить, я, однако, снова напомню о сходстве между темой, которую я только что рассмотрел, о асимметрии материи-антиматерии, и обсуждением, которое мы проводили на нашем недавнем семинаре "Origins" по изучению наших сегодняшних представлений о природе жизни во Вселенной и ее происхождении.

Я говорил, что эти фундаментальные проблемы удивительно похожи: какие специфические физические процессы в начальные моменты истории Земли могли привести к созданию первых реплицирующихся биомолекул и метаболизму?

Как и в 1970-е годы в физике, в последнее десятилетие наблюдается невероятный прогресс в области молекулярной биологии.

Мы узнали о естественных органических путях, которые, например, могли бы произвести, при приемлемых условиях, рибонуклеиновые кислоты, бывшие долгое время предшественницами нашего современного ДНК-мира.

До недавнего времени считалось, что такой прямой путь невозможен, и что ключевую роль должны были играть какие-то другие промежуточные формы.

Теперь мало кто из биохимиков и молекулярных биологов сомневается, что жизнь могла естественным образом возникнуть из неживого, хотя в деталях еще предстоит разобраться.

Но когда мы все это обсуждали, все наши работы пронизывала общая мысль: должна ли жизнь, которая впервые сформировалась на Земле, иметь химию, какую она имеет, или есть много других, одинаково эффективных возможностей?

Эйнштейн однажды задал вопрос, который, по его словам, был тем, что он действительно хотел знать о природе.

Должен признать, что это самый глубокий и фундаментальный вопрос, на который многие из нас хотели бы ответить.

Он сформулировал его следующим образом: "Я хочу знать, был ли у Бога выбор при создании Вселенной".

Я комментирую это потому, что Бог Эйнштейна не был библейским Богом.

Для Эйнштейна существование во Вселенной порядка приносило чувство такого глубокого удивления, что он ощущал к нему духовную привязанность и называл, побуждаемый Спинозой, прозвищем "Бог".

В любом случае, то, что Эйнштейн действительно имел здесь в виду, был вопрос, который я только что описал в контексте нескольких различных примеров: являются ли законы природы уникальными?

И уникальна ли Вселенная, в которой мы живем, возникшая вследствие этих законов?

Если изменить один аспект, одну константу, одну силу, даже самую маленькую, не разрушится ли все здание?

В биологическом смысле, является ли биология жизни уникальной?

Уникальны ли мы во Вселенной?

К обсуждению этого наиболее важного вопроса мы вернемся позже в этой книге.

Хотя такое обсуждение приведет нас к дальнейшему улучшению и обобщению понятий "ничто" и "нечто", я хочу вернуться к предпринятым промежуточным шагам по изложению довода о неизбежности создания чего-то.

Как я уже определил ранее, рассматриваемым "ничто", из которого возникло наше наблюдаемое "нечто", является "пустое пространство".

Однако как только мы сделаем возможным слияние квантовой механики и общей теории относительности, мы можем расширить этот аргумент на случай, когда возникает само пространство.

Общая теория относительности, будучи теорией гравитации, является, по своей сути, теорией пространства и времени.

Как я указывал в самом начале этой книги, это означает, что это была первая теория, которая могла рассматривать динамику не только объектов, движущихся в пространстве, но и то, как развивается само пространство.

Наличие квантовой теории гравитации поэтому означало бы, что правила квантовой механики будут применяться к свойствам пространства, а не только к свойствам объектов, существующих в пространстве, как в обычной квантовой механике.

Расширить квантовую механику, чтобы включить такую возможность, сложно, но математическое представление, разработанное Ричардом Фейнманом, которое привело к современному пониманию происхождения античастиц, хорошо подходит для выполнения этой задачи.

Методы Фейнмана сосредотачиваются на ключевом факте, о котором я упоминал в начале этой главы: квантово-механические системы изучают все возможные траектории, даже те, которые классически запрещены, по мере того как они эволюционируют во времени.

С целью их изучения Фейнман разработал "формулировку через интеграл по траекториям", чтобы делать прогнозы.

В этом методе мы рассматриваем все возможные траектории между двумя точками, которыми может следовать частица.

Потом мы назначаем вероятностную оценку для каждой траектории на основе четко определенных принципов квантовой механики, а затем суммируем по всем путям, чтобы определить окончательные (вероятностные) предсказания для движения частиц.

Стивен Хокинг был одним из первых ученых, в полной мере развивших эту идею до возможной квантовой механики пространства-времени (объединения нашего трехмерного пространства с одним измерением времени, чтобы сформировать четырехмерную единую пространственно-временную систему, как этого требует специальная теория относительности Эйнштейна).

Достоинством методов Фейнмана было то, что фокусировка на всех возможных путях означает, что результаты можно отобразить в зависимости от конкретных пространственных и временных меток, относящихся к каждой точке на каждом пути.

Поскольку теория относительности говорит нам, что различные наблюдатели, движущиеся друг относительно друга, будут измерять расстояние и время по-разному, и поэтому присваивать различные значения каждой точке в пространстве и времени, математический подход, независимый от различных меток, которые различные наблюдатели могут назначить каждой точке в пространстве и времени, особенно полезен.

И наиболее полезен он, возможно, с учетом общей теории относительности, где особая маркировка точек пространства и времени становится совершенно произвольной, так что разные наблюдатели в разных точках в гравитационном поле измеряют расстояния и время по-разному, и все, что в конечном счете определяет поведение системы, представляет собой геометрическую величину, вроде кривизны, которая оказывается не зависящей от всех подобных схем маркировки.

Как я уже несколько раз упоминал, общая теория относительности не полностью согласуется с квантовой механикой, по крайней мере, насколько мы можем судить, и, следовательно, нет вполне однозначного метода для определения техники интегрирования по траектории Фейнмана в общей теории относительности.

Поэтому мы должны сделать некоторые предположения заранее, опираясь на вероятность, и проверить, имеют ли результаты смысл.

Если мы хотим рассмотреть квантовую динамику пространства и времени, то надо понимать, что в "суммах" Фейнмана, необходимо учитывать все различные возможные конфигурации, описываемые различными геометриями, которые пространство может принимать на промежуточных стадиях любого процесса, когда царит квантовая неопределенность.

Это означает, что мы должны рассмотреть пространство, которое сильно изогнуто произвольным образом на малых расстояниях и коротких временах (настолько коротких и малых, что мы не можем их измерить, так что квантовые странности могут царствовать безраздельно).

Эти странные конфигурации при этом не наблюдались бы многочисленными классическими наблюдателями, такими как мы, когда мы пытаемся определить свойства пространства на больших расстояниях и временах.

Но давайте рассмотрим еще более странные возможности.

Вспомните, что, в квантовой теории электромагнетизма частицы могут произвольно выскакивать из пустого пространства, при условии, что они снова исчезают за время, определяемое принципом неопределенности.

Тогда, по аналогии, в квантовой сумме Фейнмана при возможных пространственно-временных конфигурациях, нужно ли рассматривать возможность небольших, компактных пространств, которые сами появляются и исчезают?

В более общем смысле, как насчет пространств, которые могут иметь "дыры" или "ручки", как пончики, макаемые в пространство-время?

Это открытые вопросы.

Однако, если нельзя придумать серьезное основание для исключения таких конфигураций из квантово-механической суммы, которая определяет свойства развивающейся вселенной, а на сегодняшний день, насколько я знаю, таких оснований не существует, то в соответствии с общим принципом, который остается в силе везде, где я знаю, в природе, а именно, что все не запрещенное законами физики фактически должно произойти, это представляется наиболее оправданным при рассмотрении этих возможностей.

Как подчеркнул Стивен Хокинг, квантовая теория гравитации допускает создание, хотя, возможно, на мгновение, самого пространства, где его раньше не было.

Несмотря на то, что в своей научной работе он не пытался решить загадку "чего-то из ничего", ее фактически может окончательно решить квантовая гравитация.

"Виртуальные" вселенные, то есть возможные, небольшие, компактные пространства, которые могут неожиданно появляться и исчезать на время столь короткое, что мы не можем его измерить непосредственно - это замечательные теоретические конструкции, но они, похоже, не объясняют, как что-то может возникнуть из ничего на более продолжительное время, большее, чем это делают виртуальные частицы, заполняющие в остальном пустое пространство.

Однако напомним, что ненулевое реальное электрическое поле, наблюдаемое на больших расстояниях от заряженной частицы, может быть результатом когерентного излучения множества виртуальных фотонов с нулевой энергией.

Причина в том, что виртуальные фотоны, которые несут нулевую энергию, при излучении не нарушают закона сохранения энергии.

Принцип неопределенности Гейзенберга, следовательно, не налагает на них ограничение, что они могут существовать только очень короткое время, прежде чем они должны быть поглощены и канут обратно в небытие.

(Опять же напомним, что принцип неопределенности Гейзенберга утверждает, что неопределенность, с которой мы измеряем энергию частицы, и, следовательно, возможность того, что ее энергия может незначительно измениться путем испускания и поглощения виртуальных частиц, обратно пропорциональна времени, в течение которого мы ее наблюдаем.

Таким образом, виртуальные частицы, несущие нулевую энергию, могут делать это по сути безнаказанно, а именно, они могут существовать сколь угодно долгое время и перемещаться сколь угодно далеко, пока не поглотятся. . . что приводит к возможности существования долговременного взаимодействия между заряженными частицами.

Если бы фотон не был безмассовым, вследствие чего фотоны всегда несли бы ненулевую энергию за счет массы покоя, принцип

неопределенности Гейзенберга означал бы, что электрическое поле имело бы малый радиус действия, потому что фотоны могли бы распространяться только в течение короткого времени, не будучи поглощенными снова.)

Аналогичные аргументы предполагают, что можно себе представить один определенный тип вселенной, которая могла спонтанно появляться, и которой не нужно было после этого почти сразу исчезать из-за ограничений принципа неопределенности и закона сохранения энергии.

А именно, компактную вселенную с нулевой полной энергией.

Итак, лучшее, что я хотел бы предположить - что это именно та Вселенная, в которой мы живем.

Это был бы простой выход, но я больше заинтересован здесь в том, чтобы быть верным нашему современному пониманию Вселенной, чем в принятии якобы легких и убедительных доводов создания ее из ничего.

Я доказывал, и, надеюсь, убедительно, что средняя ньютоновская гравитационная энергия каждого объекта в нашей плоской Вселенной равна нулю.

И это так.

Но это не вся история.

Гравитационная энергия - не вся энергия любого объекта.

К этой энергии мы должны добавить его энергию покоя, связанную с его массой покоя.

Иными словами, как уже было описано ранее, гравитационная энергия покоящегося объекта, изолированного от всех других объектов на бесконечное расстояние, равна нулю, потому что если он находится в состоянии покоя, он не имеет кинетической энергии движения, и если он бесконечно далеко от всех других частиц, гравитационная сила, действующая на него со стороны других частиц, которая могла бы дать возможность потенциальной энергии совершать работу, также практически равна нулю.

Однако, согласно Эйнштейну, его полная энергия не просто обусловлена гравитацией, но также включает энергию, связанную с его массой, таким образом, как мы прекрасно знаем, $E = mc^2$.

Для того чтобы учесть эту энергию покоя, мы должны перейти от ньютоновской гравитации к общей теории относительности, которая, по определению, включает эффекты специальной теории относительности (и $E = mc^2$) в теорию гравитации.

И здесь все становится тоньше и запутаннее.

На малых масштабах по сравнению с возможной кривизной Вселенной, и пока все объекты в этих масштабах движутся медленно по сравнению со скоростью света, общая релятивистская версия энергии возвращает нас к определению, известному нам от Ньютона.

Однако, как только эти условия больше не соблюдаются, почти все эти законы отменяются.

Частично проблема заключается в том, что, оказывается, энергия, как мы обычно ее понимаем в других разделах физики - не особенно четко определенное понятие на больших масштабах в искривленной вселенной.

Различные способы определения системы координат для описания различных характеристик, которые различные наблюдатели могут назначать точкам в пространстве и времени (называемые различными "координатными реперами") могут привести, на больших масштабах, к различным результатам расчета полной энергии системы.

Для того чтобы учесть этот эффект, мы должны обобщить понятие энергии, и, более того, если мы хотим определить полную энергию, содержащуюся в любой вселенной, мы должны рассмотреть, как складываются энергии во вселенных, которые могут быть бесконечны в пространственном отношении.

Ведется много дебатов, как именно это сделать.

Научная литература изобилует утверждениями и контрутверждениями по этому поводу.

Однако одно можно сказать наверняка: существует одна вселенная, в которой полная энергия безусловно и точно равна нулю.

Однако это не плоский мир, который в принципе бесконечен в пространственном отношении, и, следовательно, вычисление полной энергии становится проблематичным.

Это замкнутая вселенная, в которой плотность материи и энергии достаточна, чтобы привести к тому, что пространство замыкается само на себя.

Как я уже описал, в замкнутой вселенной, если вы посмотрите достаточно далеко в одном направлении, то в конечном итоге увидите свой затылок!

Причина, по которой энергия замкнутой вселенной равна нулю, на самом деле относительно проста.

Проще всего рассмотреть результат по аналогии с тем, что в замкнутой вселенной полный электрический заряд также должен быть равен нулю.

Со времен Майкла Фарадея мы представляем себе электрический заряд как источник электрического поля (обусловленного, говоря современным квантовым языком, излучением виртуальных фотонов, как я описал выше).

Графически мы представляем "силовые линии" исходящими радиально от заряда, при этом число силовых линий пропорционально заряду, а направление силовых линий ориентировано наружу для положительных зарядов и внутрь для отрицательных, как показано ниже.

Мы представляем эти силовые линии уходящими в бесконечность, и по мере распространения расходящимися все дальше друг от друга.

Это означает, что напряженность электрического поля становится слабее и слабее.

Тем не менее, в замкнутой Вселенной силовые линии, связанные, например, с положительным зарядом, могут начать распространяться, но в конце концов, так же, как линии долготы на карте Земли собираются вместе на Северном и Южном полюсах, силовые линии от положительного заряда соберутся снова на противоположной стороне Вселенной.

По мере того как они сходятся, поле будет становиться все сильнее и сильнее, пока не будет достаточно энергии для создания

отрицательного заряда, который может "съесть" силовые линии в этой антиподной точке Вселенной.

Оказывается, очень похожий аргумент, в данном случае связанный не с "поток" силовых линий, а с "поток" энергии в замкнутой Вселенной, говорит нам, что общая положительная энергия, в том числе связанная с массой покоя частицы, должна точно компенсироваться отрицательной гравитационной энергией, так что полная энергия в точности равна нулю.

Поэтому если полная энергия замкнутой Вселенной равна нулю, и если математика суммы по всем путям квантовой гравитации уместна, то в квантово-механическом смысле такие вселенные могли появиться спонтанно и безнаказанно, не неся чистой энергии.

Я хочу подчеркнуть, что в этих вселенных будет полностью независимые пространства-времена, не связанные с нашим собственным.

Однако есть одна загвоздка.

Закрытая, расширяющаяся вселенная, заполненная материей, как правило расширяется до максимального размера, а затем столь же быстро реколлапсирует, оказавшись в пространственно-временной сингулярности, где нейтральная зона квантовой гравитации в настоящее время не может сказать нам, какова будет ее окончательная судьба.

Характерное время жизни крошечных закрытых вселенных поэтому будет микроскопическим, возможно, порядка "планковского времени", сравнимым с масштабом, на котором должны работать квантовые гравитационные процессы, примерно 10^{-44} в степени секунд.

Однако, существует ли выход из этой дилеммы.

Если, прежде чем такая вселенная сможет коллапсировать, конфигурация полей в ней вызовет период инфляции, то даже изначально крошечная замкнутая вселенная может быстро, экспоненциально расширяться, становясь в этот период все ближе и ближе к бесконечно большой, плоской вселенной.

После того, как такая инфляция удвоит вселенную приблизительно сто раз, вселенная будет так близка к плоской, что может легко

сохраняться гораздо дольше, чем наша Вселенная уже существует без коллапсирования.

В действительности, существует другая возможность, та, которая всегда вызывает во мне небольшой приступ ностальгии (и зависти), потому что представляет для меня важный опыт в обучении.

Когда я впервые проводил постдокторантурное научное исследование в Гарварде, я играл с возможной квантовой механикой гравитационных полей, и узнал о результатах, полученных хорошим другом из аспирантуры, Яном Аффлеком.

Канадец, бывший аспирантом в Гарварде, когда я был в Массачусетском технологическом институте, Аффлек вступил в Общество стипендиатов за несколько лет до меня и использовал математическую теорию Фейнмана, которую мы теперь применяем для описания элементарных частиц и полей, названную квантовой теорией поля, чтобы вычислить, как можно получить частицы и античастицы в сильном магнитном поле.

Я понял, что форма решения, описанная Яном и названная "инстантоном", очень сильно напоминает инфляцию Вселенной, если применить ее формулы к гравитации.

Но это было похоже на раздувание Вселенной, которая возникла из ничего!

Прежде, чем описать этот результат, я хочу обратиться к своим собственным сомнениям относительно интерпретации того, какой физике такое математическое решение могло бы соответствовать.

Однако вскоре я узнал, что, пока я размышлял, будущий очень изобретательный космолог, которого я упомянул ранее, Алекс Виленкин, который с тех пор стал моим другом, как раз только что написал статью, в которой точно описал способ, каким именно образом квантовая гравитация действительно может создать раздувающуюся Вселенную непосредственно из ничего.

Меня опередили, но мне не стоит огорчаться, потому что (а) в тот момент я, откровенно говоря, не понимал в деталях, что я делаю, и (б) Алекс имел смелость предложить такое, что я в то время не предложил бы.

С тех пор я осознал, что не обязательно понимать все последствия своей работы, чтобы ее опубликовать.

Действительно, у меня есть несколько собственных важнейших работ, которые я фактически полностью осознал лишь гораздо позже.

В любом случае, хотя Стивен Хокинг и его коллега Джим Хартл предложили совсем другую схему, пытаюсь определить "граничные условия" для вселенных, которые могут возникнуть вообще ни с чего, важные факты таковы:

1. В квантовой гравитации вселенные могут (и действительно всегда будут) спонтанно возникать из ничего.

Такие вселенные не обязательно должны быть пустыми, но в них может быть материя и излучение, при условии, что полная энергия, включая отрицательную энергию, связанную с гравитацией, равна нулю.

2. Чтобы закрытые вселенные, которые могут быть созданы с помощью таких механизмов, сохранялись дольше, чем бесконечно малое время, необходимо что-то вроде инфляции.

В результате единственная долгоживущая вселенная, в которой можно было бы рассчитывать жить при реализации такого сценария - это вселенная, которая сегодня кажется плоской, как раз такая, в которой живем мы.

Урок ясен: квантовая гравитация, похоже, не только позволяет вселенным создаваться из ничего, что означает, в данном случае, я подчеркиваю, отсутствие пространства и времени, она может делать это обязательным.

"Ничто" (в данном случае отсутствие пространства, времени, вообще всего!) нестабильно.

Кроме того, общие характеристики такой вселенной, если она сохраняется долгое время, как ожидается, будут такими, как мы сегодня наблюдаем в нашей Вселенной.

Доказывает ли это, что наша Вселенная возникла из ничего?

Конечно, нет.

Но это приближает нас на довольно большой шаг к вероятности такого сценария.

И это устраняет еще одно из возражений, которые могли выдвигаться против аргумента создания из ничего, как описано в предыдущей главе.

Там "ничто" означало пустое, но существовавшее ранее пространство в сочетании с постоянными и известными законами физики.

Теперь необходимость пространства была устранена.

Но замечательно то, что, как мы обсудим далее, даже законы физики могут быть не обязательными или ненужными.

ГЛАВА 11: ДИВНЫЕ НОВЫЕ МИРЫ

Это было лучшее из всех времен,
это было худшее из всех времен.

— ЧАРЛЬЗ ДИККЕНС

Центральная проблема с понятием творения состоит в том, что оно, кажется, требует некоторого внешнего фактора, что-то за пределами самой системы, существовавшее ранее и создавшее условия, необходимые для возникновения системы.

Это происходит, как правило, там, где возникает понятие бога, некий внешний фактор, существующий отдельно от пространства, времени, и более того, от самой физической реальности, потому что кажется, что где-то должен быть тот, кто за все ответственен.

Но в этом смысле бог, как мне кажется, довольно поверхностное семантическое решение глубокого вопроса создания.

Я думаю, что это лучше всего объяснить в контексте несколько иного примера, происхождения морали, который я впервые узнал от своего друга Стивена Пинкера.

Действительно ли мораль абсолютна и существует независимо от нас, или она получена исключительно в контексте нашей биологии и нашей среды, и, следовательно, может ли она быть измерена наукой?

Во время дискуссии по этому вопросу, организованному в университете штата Аризона, Пинкер подметил следующую парадоксальную ситуацию.

Если утверждать, как это делают многие глубоко верующие люди, что без бога не может быть никаких критериев добра и зла, а именно, что Бог определяет для нас, что правильно, а что нет, тогда можно задать вопросы: Что, если бы бог постановил, что насилие и убийство морально приемлемо?

Это сделало бы их таковыми?

Хотя некоторые могли бы ответить да, я думаю, что большинство верующих сказало бы нет, Бог не установил бы такой закон.

Но почему нет?

По-видимому, потому что у Бога есть некая причина не устанавливать такой закон.

Опять же, по-видимому, это вызвано тем, что здравый смысл предполагает, что насилие и убийство нравственно не приемлемы.

Но если бы бог хотел обратиться к здравому смыслу, то почему бы не устранить посредников полностью?

Мы, возможно, пожелаем применить аналогичные рассуждения к созданию нашей Вселенной.

Все примеры, представленные мной, действительно связаны с созданием чего-то из того, что соблазнительно было бы рассматривать как ничто, но правила этого творения, т.е. законы физики, были предопределены.

Откуда появились правила?

Существуют две возможности.

Либо бог, или какое-то божественное существо, которое не связано правилами, живущее вне их, устанавливает их по своей прихоти или по злему умыслу, либо они возникают с помощью некоторого менее сверхъестественного механизма.

Проблема с богом, устанавливающим правила, состоит в том, что вы можете, по крайней мере, спросить, что, или кто, установил правила Богу.

Традиционно ответ на это должен быть следующим: бог (помимо многих других ярких определений Создателя) является причиной всех причин, говоря языком Римско-католической церкви, или Первопричиной (согласно Фоме Аквинскому), или на языке Аристотеля, источником движущей силы.

Интересно, что Аристотель признавал проблему первопричины и решил в связи с этим, что Вселенная должна быть вечной.

Более того, сам Бог, которого он определил как чистую, самопоглощенную мысль, любовь которой побуждала эту движущую силу к действию, должен был быть вечным, не создавая движение, а скорее устанавливая конечную цель движения, которое само по себе, считал Аристотель, должно было быть вечным.

Аристотель чувствовал, что отождествление первопричины с Богом не слишком удовлетворительно, фактически идеалистическое понятие первопричины было ущербным, в частности потому, что Аристотель полагал, что у каждой причины должен быть предшественник и, следовательно, это необходимое условие, чтобы Вселенная была вечна.

С другой стороны, если придерживаться мнения, что Бог является причиной всех причин, и, следовательно, он вечен, даже если наша Вселенная нет, доведенная до абсурда череда вопросов "почему" действительно заканчивается, но, как я уже подчеркнул, только за счет введения замечательного всемогущего существа, для которого не существует никаких других свидетельств.

В связи с этим возникает еще один важный момент, который следует подчеркнуть.

Кажущаяся логичной необходимость Первопричины является реальной проблемой для любой вселенной, которая имеет начало.

Поэтому, на основе одной только логики нельзя отказываться от такого деистического представления о природе.

Но даже в этом случае очень важно понять, что это божество не имеет логической связи с частными божествами великих мировых религий, несмотря на то, что это часто используется для их оправдания.

Деист, вынужденный искать какой-то глобальный интеллект для установления порядка в природе, по той же логике, не придет к частному богу Священного Писания.

Эти вопросы обсуждались и обсуждаются на протяжении тысячелетий блестящими и не очень блестящими умами, многие из последних зарабатывают себе этим на жизнь.

Мы можем вернуться к этим вопросам сейчас, потому что мы просто обладаем лучшими знаниями о природе физической реальности.

Ни Аристотель, ни Фома Аквинский не знали о существовании нашей Галактики, а тем более о Большом Взрыве или квантовой механике.

Отсюда вопросы, которыми занимались они, а позже средневековые философы, следует интерпретировать и понимать в свете новых знаний.

Рассмотрим, в свете нашей современной космологической картины, например, предположение Аристотеля, что не существует никакой первопричины или, вернее, что причины тянутся назад (и вперед) бесконечно далеко во всех направлениях.

Нет ни начала, ни сотворения, ни конца.

Когда я до сих пор описывал, как что-то почти всегда можно получить из "ничего", я сосредоточил внимание на создании чего-то из существовавшего ранее пустого пространства или создании пустого пространства не из пространства вообще.

Оба начальные условия работают на меня, когда я думаю об "отсутствии бытия" и, следовательно, являются потенциальными кандидатами на небытие.

Я, однако, не рассматривал непосредственно вопрос о том, что могло существовать, если вообще что-то существовало, до такого создания, какие законы управляли созданием, или, говоря шире, я не обсуждал то, что некоторые могут рассматривать как вопрос первопричины.

Самый простой ответ, конечно - что либо пустое пространство, либо более фундаментальное ничто, из которого может возникнуть пустое пространство, существовало ранее и вечно.

Однако, справедливости ради, это действительно может вызвать вопрос, не имеющий, конечно, ответа, о том, что определяет правила, регулирующие такое создание (если вообще что-то определяет).

Однако одно можно сказать наверняка.

Метафизическое "правило", которое проводится как железный аргумент теми, с кем я обсуждал вопрос создания, а именно, что "из ничего не возникает ничего", научно не обоснованно.

Утверждение, что это само собой разумеется, непоколебимо и неопровержимо, похоже на утверждение, ошибочно сделанное Дарвином, когда он предположил, что происхождение жизни лежит вне области науки, по аналогии с неверным утверждением, что материя не может быть создана или уничтожена.

Это лишь демонстрирует нежелание признать очевидный факт, что природа может быть умнее, чем философы или богословы.

Более того, те, кто утверждает, что из ничего ничего не возникает, кажется, совершенно удовлетворены донкихотским мнением, что каким-то образом Бог может это обойти.

Но опять же, если вам необходимо, чтобы понятие истинного небытия не подразумевало даже возможности бытия, тогда, несомненно, и Бог не может творить свои чудеса, потому что, если он действительно порождает бытие из небытия, то для бытия должна быть возможность.

Просто утверждать, что Бог может сделать что-то, чего не может природа, означает утверждать, что сверхъестественная возможность бытия как-то отличается от обычной, природной возможности бытия.

Но это кажется субъективным смысловым различием, созданным теми, кто заранее решил (как богословы имеют привычку делать), что сверхъестественное (т.е. Бог) должно существовать, таким образом они определяют свои философские идеи (опять же, совершенно далекие от каких-либо эмпирических основ), чтобы исключить все, кроме возможности Бога.

В любом случае, чтобы постулировать Бога, который может разрешить эту загадку, как я уже подчеркивал много раз, часто утверждают, что требуется, чтобы Бог существовал вне Вселенной и был или вне времени, или вечным.

Однако наше современное понимание Вселенной предлагает другое правдоподобное и, я бы сказал, гораздо более физическое решение этой проблемы, которое обладает некоторыми качествами внешнего создателя — и более того, является логически более последовательным.

Здесь я имею в виду мультивселенную.

Возможность того, что наша Вселенная - одна из большого, даже, возможно, бесконечного набора отличных и причинно разделенных вселенных, в каждой из которых любое число фундаментальных аспектов физической реальности может быть разным, открывает новые широкие возможности для понимания нашего бытия.

Как я упомянул, одно из более неприятных, но потенциально истинных значений этих картин - то, что физика на некотором фундаментальном уровне является просто наукой об окружающей среде.

(Для меня это неприятно, потому что я воспитывался на идее, что цель науки состоит в том, чтобы объяснить, почему Вселенная должна быть такой, какая она есть, и как это случилось.

Если вместо этого законы физики, какими мы их знаем, являются просто случайностями, скоррелированными для нашего существования, тогда фундаментальная цель была неуместна.

Однако я покончу с этим моим предубеждением, если эта идея окажется правдой.)

В этом случае фундаментальные силы и константы природы в этой картине не более фундаментальны, чем расстояние от Земли до Солнца.

Мы живем на Земле, а не Марсе, не потому что есть что-то глубокое и фундаментальное в расстоянии Земля - Солнце, а скорее просто потому, что если бы Земля была расположена на ином расстоянии, то жизнь, какой мы ее знаем, не могла бы эволюционировать на нашей планете.

Эти антропные аргументы крайне скользкие, и, основываясь на них, почти невозможно сделать конкретные предсказания, если не знать точно распределение вероятности фундаментальных констант и сил среди всех возможных различных вселенных, а именно, какие могут изменяться, а какие нет, и какие возможные значения и формы они могут принимать, а также, насколько "типичны" мы в нашей вселенной.

Если мы не "типичные" формы жизни, то антропный отбор, если он вообще происходит, возможно, основан на иных факторах, чем те, которые мы ему приписываем.

Тем не менее мультивселенная, либо в форме пейзажа вселенных, существующих в множестве дополнительных измерений, либо в форме возможно бесконечно воспроизводящегося набора вселенных в трехмерном пространстве, как в случае вечной инфляции, изменяет игровое поле, когда мы думаем о создании нашей собственной вселенной и условиях, которые могут потребоваться для того, чтобы это произошло.

Если на то пошло, вопрос, какие необходимые законы природы позволили нашей вселенной формироваться и развиваться, теперь становится менее значимым.

Если сами законы природы стохастические и хаотические, то не существует определенной "причины" для нашей вселенной.

Если руководствоваться общим принципом: все, что не запрещено, то разрешено, то нам гарантировано, что некая вселенная возникнет с законами, которые мы обнаружили.

Никакой механизм и никакой существо не требует, чтобы законы природы были такими, какие они есть.

Они могут быть практически любыми.

Так как у нас в настоящее время нет фундаментальной теории, которая детально объясняла бы характер ландшафта мультивселенной, мы не можем ничего сказать.

(Хотя, ради справедливости, следует отметить, что чтобы добиться каких-либо научных успехов при расчете возможностей, мы обычно предполагаем, что определенные свойства, вроде квантовой механики, распространяются на все варианты.

Я понятия не имею, может ли эта идея обойтись без этого, или, по крайней мере, я не знаю ни одной продуктивной работы в этом направлении.)

На самом деле, возможно, нет никакой фундаментальной теории вообще.

Хотя я стал физиком, поскольку надеялся, что такая теория есть, и соответственно надеялся, что мог бы однажды поспособствовать ее обнаружению, эта надежда может быть несбыточной, как я уже посетовал.

Я нахожу утешение в заявлении Ричарда Фейнмана, которое я кратко изложил прежде, но хочу представить в его здесь целиком:

Меня спрашивают: "Вы ищете окончательные законы физики?"

Нет, не ищу.

Я просто стараюсь узнать больше о мире, и если окажется, что существует простой конечной закон, который объясняет все, так тому и быть.

Его было бы очень приятно обнаружить.

Если мир окажется похожим на лук с миллионами слоев, и мы просто устанем смотреть на слои, значит быть по сему. . .

Я интересуюсь наукой, чтобы просто больше узнать о мире, и чем больше я узнаю, тем лучше.

Мне нравится узнавать.

Можно использовать этот аргумент дальше и в другом направлении, что также имеет значения для рассуждений, лежащих в основе этой книги.

В мультивселенной любого из типов, которые мы обсуждали, может быть бесконечное число областей, потенциально бесконечно больших или бесконечно малых, в которых есть просто "ничто", и могут быть области, где есть "что-то".

В этом случае, ответ на вопрос, почему существует что-то, а не ничто, становится почти банальным: есть что-то просто потому, что если бы не было ничего, то нас бы здесь не было!

Я признаю разочарование, присущее такому тривиальному ответу на то, что, казалось, таким глубоким вопросом на протяжении веков.

Но наука говорит нам, что все глубокое или тривиальное может существенно отличаться от того, что мы могли бы предположить на первый взгляд.

Вселенная гораздо более странная и гораздо богаче, гораздо необыкновеннее, чем наше скудное человеческое воображение может себе представить.

Современная космология заставила нас рассматривать идеи, которые даже не могли быть сформулированы век назад.

Великие открытия двадцатого и двадцать первого веков не только изменили мир, в котором мы работаем, они произвели революцию в нашем понимании мира или миров, которые существуют или могут существовать просто у нас под носом: реальности, которая скрыта до тех пор, пока мы не достаточно храбры, чтобы найти ее.

Именно поэтому философия и богословие, в конечном счете, не в состоянии сами по себе решить поистине фундаментальные вопросы, которые мы задаем себе о нашем бытии.

До тех пор, пока мы не откроем глаза и пока позволяем природе диктовать условия, мы обречены на близорукость.

Почему существует нечто, а не ничто?

В конечном счете, этот вопрос может быть не более значительным или глубоким, чем выяснение, почему некоторые цветы красные а другие синие.

"Что-то" всегда может появиться из ничего.

Это может быть обязательно, независимо от основополагающей природы реальности.

Или, возможно, "что-то" может не быть очень особенным или даже очень обычным в мультивселенной.

Так или иначе, действительно полезно не размышление над этим вопросом, а скорее участие в захватывающем путешествии открытий, которое как раз и может раскрыть, как вселенная, в которой мы живем, развивалась и развивается, и те процессы, которые в конечном счете, определяют наше существование.

Вот почему у нас есть наука.

Мы можем дополнить это представление размышлениями и обратиться к такой философии.

Но только продолжая исследовать каждый закоулок Вселенной, который нам доступен, мы сможем дать реально полезную оценку нашему собственному месту в космосе.

В заключение, я хочу поднять еще один аспект этого вопроса, которого я не коснулся, но которого, мне кажется, стоит коснуться в конце.

В вопросе, почему существует нечто, а не ничто, неявно подразумевалось солипсистское ожидание, что "нечто" будет продолжать существовать, что Вселенная почему-то "прогрессировала", чтобы обеспечить наше бытие, как будто мы были вершиной творения.

Гораздо более вероятной, на основе всего того, что мы знаем о Вселенной, является возможность, что в будущем, может быть, в бесконечно далеком будущем, вновь будет царствовать ничто.

Если мы живем во Вселенной, в которой доминирует энергия ничего, как я отмечал, будущее действительно безрадостно.

Небеса станут холодными, темными и пустыми.

Но ситуация на самом деле еще хуже.

Вселенная, где доминирует энергия пустого пространства - худшая из всех вселенных для будущей жизни.

Любой цивилизации гарантированно исчезновение в такой вселенной из-за нехватки энергии для выживания.

Через непостижимо долгое время некоторые квантовые флуктуации или тепловые колебания могут создать локальную область, где жизнь может развиваться и процветать снова.

Но это тоже будет не вечно.

В будущем будет господствовать вселенная, в которой не будет ничего, чтобы оценить ее громадную тайну.

Или же, если материя, сотворившая нас, была создана в начале времен некоторыми квантовыми процессами, о чем я писал, нам практически гарантированно, что она тоже снова исчезнет.

Физика является улицей с двусторонним движением, и начала и исчезновения взаимосвязаны.

Далеко-далеко в будущем протоны и нейтроны распадутся, материя исчезнет, и вселенная приблизится к состоянию максимальной простоты и симметрии.

Возможно, математически красивая, но лишенная вещества.

Как написал Гераклит Эфесский в несколько ином контексте, "Гомер был не прав, восклицая: "Пусть исчезнет борьба из жизни богов и людей!"

Он не понимал, что он призывал к уничтожению Вселенной, ибо, если бы его призыв был услышан, мир бы перестал существовать."

Или, как это иначе сформулировал Кристофер Хитченс:" Нирвана есть ничто".

Может оказаться неминуемым более радикальный вариант этого возможного отступления в небытие.

Некоторые струнные теоретики, основываясь на сложных математических вычислениях, утверждают, что такая Вселенная как наша, с положительной энергией пустого пространства, не может быть стабильной.

В конце концов, она должна распасться в состояние, в котором энергия, связанная с пространством, будет отрицательной.

Наша Вселенная вновь сожмется в точку, возвращаясь к квантовому туману, из которого, возможно, началось наше собственное существование.

Если эти доводы верны, наша Вселенная, вероятно, исчезнет так же внезапно, как и возникла.

В этом случае ответ на вопрос: "Почему существует нечто, а не ничто?" будет простым: "Так будет не долго".

ЭПИЛОГ

Установление факта, полученного опытным путем, как среза истины является абсолютной причиной и главной движущей силой, которая продвигала нашу цивилизацию начиная с эпохи Возрождения.

— ДЖЕЙКОБ БРОНОВСКИ

Я начал эту книгу с другой цитаты Джейкоба Броновски:

Мечта или кошмар, но мы должны жить нашим опытом, каков он есть, и мы должны жить проснувшись.

Мы живем в мире, насквозь пронизанном наукой, целостном и реальном.

Мы не можем превратить его в забаву, просто принимая чью-то сторону.

Как я также утверждал, мечта одного человека - кошмар другого.

Некоторым может показаться, что Вселенная без цели или руководства делает саму жизнь бессмысленной.

Других, в том числе меня, такая Вселенная бодрит.

Это делает факт нашего существования еще более удивительным, побуждает нас искать смысл наших собственных действий и максимально использовать наше краткое существование под солнцем, просто потому что мы здесь, наделенные сознанием и возможностью это делать.

По мнению Броновского, однако, это в действительности не имеет значения, в любом случае, и наши желания в этой Вселенной не имеют значения.

Все, что случилось, то случилось, и случилось это в космическом масштабе.

И все, что случится в этом масштабе, будет происходить независимо от наших симпатий и антипатий.

Мы не можем повлиять на произошедшее и вряд ли повлияем на последующее.

Однако то, что мы можем сделать - это попытаться понять обстоятельства нашего существования.

Я описал в этой книге одну из самых замечательных исследовательских экспедиций человечества, когда-либо предпринятую в его эволюционной истории.

Это эпическое стремление изучить и понять космос в масштабах, который был просто неизвестен еще век назад.

Это путешествие расширило пределы человеческого духа, совместив готовность следовать за доказательствами туда, куда они могут повести, с мужеством посвятить всю жизнь изучению неизвестного, с осознанием того, что усилия могут пропасть зря, и, наконец, потребовав смеси творчества и настойчивости в решении зачастую нудных задач перебора бесконечных уравнений или бесконечных экспериментальных проблем.

Меня всегда привлекал миф о Сизифе, и я время от времени уподоблял научные усилия с его вечной задачей толкать камень в гору, только для того, чтобы тот падал обратно каждый раз, прежде чем он достигнет вершины.

Поскольку Камю представлял Сизифа улыбающимся, таковыми должны быть и мы.

Наше путешествие, каким бы ни был его исход, само по себе награда.

Феноменальный прогресс, которого мы добились в прошлом веке, приблизил нас к грани, где ученые оперативно решают глубокие вопросы, которые существовали с момента, когда мы, люди, сделали наши первые робкие шаги, чтобы понять, кто мы, и откуда мы появились.

Как я описал здесь, сам смысл этих вопросов развивался вместе с нашим пониманием Вселенной.

"Почему есть что-то, а не ничто?"

- следует понимать в контексте космоса, где смысл этих слов не такой, как был раньше, и само различие между чем-то и ничем начало исчезать, где переходы от одного к другому в различных ситуациях не только распространены, но обязательны.

Таким образом, сам этот вопрос стал второстепенным по мере нашего стремления к знаниям.

Вместо этого мы стремимся понять процессы, которые управляют природой, что сможет позволить делать прогнозы и, по возможности, влиять на наше будущее.

При этом мы обнаружили, что мы живем во Вселенной, где пустое пространство, которое ранее могло считаться ничем, имеет новую динамику, определяющую нынешнюю эволюцию космоса.

Мы обнаружили, что все признаки указывают на Вселенную, которая могла и, вероятно, возникла из глубокого ничего, включая отсутствие самого пространства, и которая может однажды вернуться в ничто через процессы, которые могут быть не только доступны для понимания, но также и процессы, которые не требуют какого-либо внешнего контроля или управления.

В этом смысле наука, как подчеркнул физик Стивен Вайнберг, не лишает возможности верить в бога, а скорее позволяет не верить в бога.

Без науки все является чудом.

С наукой есть вероятность, что никаких чудес нет.

Религиозная вера в этом случае становится все менее и менее необходимой, а также все менее и менее адекватной.

Конечно, каждый из нас может выбирать, прибегать ли к понятию божественного творения, и я не ожидаю, что продолжающиеся споры угаснут в ближайшее время.

Но, как я уже подчеркивал, я считаю, что, если мы хотим быть интеллектуально честным, мы должны сделать осознанный выбор, осознанный благодаря фактам, а не откровению.

Целью этой книги было представить осознанную картину Вселенной как мы ее понимаем и описать теоретические предположения, которые в настоящее время стимулируют движение физики вперед, когда мы, ученые, пытаемся отделить зерна от плевел в наших наблюдениях и теориях.

Я ясно высказал свое собственное предпочтение: то, что наша Вселенная возникла из ничего, кажется мне самой убедительной интеллектуальной альтернативой в настоящее время.

Вам делать свой собственный вывод.

Я хочу закончить свое обсуждение, вернувшись к вопросу, который я лично нахожу еще более интеллектуально захватывающим, чем вопрос о чем-то из ничего.

Это вопрос, который задал Эйнштейн: был ли у бога какой-либо выбор при сотворении вселенной.

Этот вопрос обеспечивает базовую мотивацию для почти всех исследований в области фундаментальной структуры материи, пространства и времени, исследований, которые занимали меня на протяжении большей части моей профессиональной жизни.

Раньше я думал, что существует нелегкий выбор при ответе на этот вопрос, но в процессе написания этой книги, мои взгляды изменились.

Ясно, что если есть одна теория, включающая в себя уникальный набор законов, которые описывают и, по сути, предписывают, как наша Вселенная возникла, и правил, которые направляли ее эволюцию с тех пор (что является целью физики, начиная с Ньютона или Галилея), то ответ, по-видимому: "Нет, все должно было быть таким, каким оно было и остается".

Но если наша Вселенная не уникальна и является частью обширной и, возможно, бесконечной мультивселенной, было бы ответом на вопрос Эйнштейна громкое "да, есть множество вариантов бытия"?

Я в этом не уверен.

Могло случиться так, что есть бесконечный набор различных комбинаций законов и вариантов частиц, веществ и сил, и даже различных вселенных, которые могут возникнуть в такой мультивселенной.

Возможно, что только определенная очень ограниченная комбинация, приводящая к образованию вселенной такого типа, где живем мы, или очень похожая, может поддерживать эволюцию существ, которые могут задавать такой вопрос.

Тогда ответ Эйнштейну по-прежнему останется отрицательным.

Бог или Природа, которые могли охватывать мультивселенную, были бы столь ограничены при создании вселенной, в которой Эйнштейн мог задать вопрос, что был бы (если бы был) только один вариант непротиворечивой физической реальности.

Я нахожу странной убедительную возможность того, что, при любом сценарии, даже, казалось бы, всемогущий бог не имел бы никакой свободы выбора при создании нашей Вселенной.

Несомненно, причина в том, что это также предполагает, что бог является ненужным или в лучшем случае излишним.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Ричарда Докинза

Ничто так не расширяет ум, как расширяющаяся Вселенная.

Музыка сфер - это детский стишок, перезвон в сравнении с величественными аккордами Симфонии галактики.

Изменения метафор и размерностей, пыль веков и туманы того, что мы позволяем себе называть "древней" историей, скоро будут сдуты постоянными и разрушающими ветрами геологических эпох.

Даже возраст Вселенной, уточненный, как уверяет Лоуренс Краусс, до четвертой значащей цифры в 13720 миллионов лет, незначителен по сравнению с триллионами лет, которые еще будут.

Но крауссовское видение космологии отдаленного будущего парадоксально и пугающе.

Научный прогресс, вероятно, пойдет в обратном направлении.

Мы естественно думаем, что, если в 2-х триллионном году н.э. будут космологи, их видение вселенной будет шире нашего.

Вовсе нет, и это один из многих сокрушительных выводов, которые я делаю в завершении этой книги.

Плюс-минус несколько миллиардов лет, мы живем в очень благоприятное время, чтобы быть космологом.

Два триллиона лет Вселенная будет расширяться, пока все галактики, но не галактика космолога (какой бы она ни была), не окажутся за эйнштейновским горизонтом, настолько незыблемым, настолько недоступным, что они станут не только невидимыми, но и потеряют всякую возможность оставить какой-либо след, сколь угодно косвенный.

С таким же успехом они могли не существовать вовсе.

Всякий след Большого взрыва, скорее всего, будет утерян навсегда без возможности восстановления.

Космологи будущего будут отрезаны от их прошлого и не знать, где находятся, в отличие от нас.

Мы знаем, что находимся среди 100 миллиардов галактик, и мы знаем о Большом Взрыве, потому что у нас есть свидетельства: красное смещение излучения от далеких галактик говорит нам о хабловском расширении, и мы экстраполируем его в прошлое.

Нам посчастливилось видеть эти свидетельства, потому что мы смотрим на Вселенную в младенчестве, нежащуюся в том возрасте, когда свет еще может путешествовать из галактики в галактику.

Как остроумно выразились Краусс с его коллегой: "Мы живем в совершенно особое время ... единственное время, когда мы можем экспериментально проверить, что мы живем в совершенно особое время!"

Космологи третьего триллионнолетия будут обречены вернуться к нашему ограниченному видению начала XX века, запертые, как мы тогда, в единственной галактике, которая, во всем, что мы знали или могли себе представить, была синонимом Вселенной.

В конце концов, и неизбежно, плоская Вселенная далее сгладится в небытие, которое отражает ее начало.

Там не только не будет никаких космологов, чтобы смотреть на Вселенную, не будет ничего, что они могли бы увидеть, даже если бы они были.

Ничего вообще.

Даже атомов.

Ничего.

Если вы думаете, что это мрачно и уныло, очень жаль.

Реальность не обязана нас утешать.

Когда Маргарет Фуллер заметила, как я представляю себе, со вздохом успокоения: "Я принимаю эту вселенную", ответ Томаса Карлейля был уничижителен: "Да уж, пожалуй! Это в ваших же интересах!"

Лично, я считаю, что у вечного покоя бесконечно плоского небытия есть величие, с которым, по крайней мере, стоит мужественно встретиться лицом к лицу.

Но если что-то может разгладиться в ничто, может ли ничто взяться за дело и породить что-то?

Или почему, цитируя теологическую банальность, существует нечто, а не ничто?

Здесь мы подходим к, пожалуй, самому замечательному уроку, который мы оставили на завершение книги Лоуренса Краусса.

Физика не только говорит нам, как что-то могло произойти из ничего, она идет дальше, как объясняет Краусс, и показывает нам, что ничто нестабильно: что-то почти неизбежно обязано возникнуть из него.

Если я понимаю Краусса правильно, это происходит все время: этот принцип похож на своего рода физическую версию того, что два минуса дают плюс.

Частицы и античастицы мигают, возникая и исчезая, как субатомные светлячки, уничтожая друг друга, а затем воссоздаваясь благодаря обратным процессам, из небытия.

Спонтанное зарождение чего-то из ничего произошло в значительной степени в начале пространства и времени, известном как Большой Взрыв, сопровождаемое инфляционным периодом, когда Вселенная и все в ней за долю секунды выросло на двадцать восемь порядков своей величины (это - 1 с двадцатью восемью нолями — задумайтесь об этом).

Какая странная, нелепая идея!

Ох уж эти ученые!

Они так же безнадежны, как средневековые схоласты, подсчитывающие ангелов на кончике булавки или обсуждающие "тайну" пресуществления.

Нет, нет и еще раз нет!

Есть много вещей, которых наука еще не знает (и она работает над этим засучив рукава).

Но часть из того, что мы знаем, мы знаем не просто приблизительно (Вселенной не просто тысячи, а миллиарды лет): мы знаем это с уверенностью и с ошеломляющей точностью.

Я уже упоминал о том, что возраст Вселенной оценивается до четырех значащих цифр.

Это достаточно впечатляет, но это ничто по сравнению с точностью некоторых из предсказаний, которыми Лоуренс Краусс и его коллеги могут нас удивить.

Герой Краусса Ричард Фейнман указал, что некоторые из предсказаний квантовой теории (снова же, основанные на предположениях, которые, кажутся более странными, чем что-либо выдуманное даже самыми яркими мракобесами-богословами) были подтверждены с точностью, эквивалентной предсказанию расстояния между Нью-Йорком и Лос-Анджелесом в пределах толщины одного волоска.

Богословы могут размышлять об ангелах на булавочных головках или подобных нынешних аналогах.

У физиков, может показаться, есть свои собственные ангелы и свои собственные булавочные головки: кванты и кварки, "очарование", "странность" и "спин".

Но физики могут посчитать своих ангелов с точностью до одного из 10 млрд.: ни ангелом больше, ни ангелом меньше.

Наука может быть странной и непонятной, более странной и менее понятной, чем любая теология, но наука работает.

Она получает результаты.

Она может отправить вас к Сатурну, используя по пути Венеру и Юпитер как катапульту.

Мы можем не понимать квантовую теорию (небеса свидетели, я не понимаю), но теория, которая предсказывает реальный мир до десяти десятичных знаков, не может ни в каком смысле быть неправильной.

Богословию не только не хватает знаков после запятой: в ней нет даже намека на связь с реальным миром.

Как сказал Томас Джефферсон, когда основал Университет в Вирджинии: "Профессорам богословия не должно быть места в нашем учреждении."

Если вы спросите верующих, почему они верят, вы сможете найти несколько "искушенных" богословов, которые будут говорить о боге как о "основе всех данностей", или как о "метафоре для межличностного общения", или подобные увертки.

Но большинство верующих хватаются, более честно и уязвимо, за версию замысла или первопричины.

Философам калибра Дэвида Юма даже не нужно было вставать с кресла, чтобы продемонстрировать роковую слабость всех таких аргументов: они задавали встречный вопрос о происхождении создателя.

Но потребовался Чарльз Дарвин, отправленный в реальный мир на военном корабле "Бигль", чтобы обнаружить блестящую (и не вызывающую встречных вопросов) альтернативу создания.

А именно в области биологии.

Биология всегда была излюбленным охотничьим угодьем для естественных теологов, пока Дарвин, ненамеренно, ибо он был самым добрым и самым нежным человеком, их не разогнал.

Они сбежали на менее освоенные пастбища физики и происхождения Вселенной, лишь для того чтобы обнаружить, что здесь их ожидают Лоуренс Краусс и его предшественники.

Разве законы и физические константы не выглядят тонко настроенными и спроектированными для того, чтобы возникли мы?

Думаете, должен был быть зачинщик, который привел к появлению всего?

Читайте Виктора Стенджера, если не можете понять, что не так с подобными аргументами.

Прочтите Стивена Вайнберга, Питера Аткинса, Мартина Риса, Стивена Хокинга.

И теперь мы можем почитать Лоуренса Краусса, который, как по мне, подобен сокрушительному порыву.

Даже последний оставшийся козырь богослова, "Почему существует нечто, а не ничто?"

чахнет на ваших глазах, когда вы читаете эти страницы.

Если "О происхождении видов" была смертельным ударом биологии по сверхъестественному, мы можем приветствовать "Вселенную из ничего" как ее аналог от космологии.

Название означает именно то, что оно говорит.

И то, что оно говорит, сокрушительно.

