



## Глава 1

# ФЕЙНМАНОВСКИЙ МИР

Без сомнения, мы никогда не узнаем имени первого космолога, который посмотрел в небо и задался вопросами: «Что всё это значит? Откуда оно взялось? Какова моя роль во всём этом?» Мы можем лишь предположить, что это произошло в доисторические времена, вероятно, в Африке. Первые космологические модели, базировавшиеся на мифах, не имели ничего общего с сегодняшней научной космологией, но они родились из того же человеческого любопытства. Неудивительно, что эти мифы рассказывали о земле, воде, небе и живых существах. И разумеется, они апеллировали к сверхъестественному творцу: как же ещё объяснить существование таких сложных и замысловатых существ, как люди, не упомянуть дождь, солнце, съедобных животных и растения, которые, кажется, созданы исключительно для нашей пользы?

Идея о существовании точных законов, управляющих как горным, так и дольным миром, отсылает нас к Исааку Ньютону. До Ньютона не существовало концепции универсальных законов, одинаково применимых как к небесным телам типа планет, так и к повседневным земным явлениям: льющемуся дождю или летящей стреле. Ньютонские законы движения служат первым примером таких универсальных законов. Но даже могучий ум сэра Исаака не сумел проникнуть настолько далеко, чтобы предположить, будто те же самые законы способны привести и к возникновению человека. К сожалению, Ньютон тратил больше времени на теологию, чем на физику.

Хоть я и не историк, всё же рискну высказать мнение, что современная космология фактически началась с Дарвина и Уоллеса<sup>1</sup>. В отличие от своих предшественников, им удалось представить объяснение нашего существования, полностью исключающее вмешательство сверхъестественных сил. В основе эволюционного учения Дарвина лежат два эмпирических закона. Первый говорит о том, что невозможно полностью избежать ошибок при копировании информации. Даже лучший репродуктивный механизм время от времени даёт сбои, и репликация ДНК — не исключение. За столетие до открытия Криком и Уотсоном двойной молекулярной спирали ДНК Дарвин интуитивно понял, что накопление случайных мутаций и есть тот механизм, который служит локомотивом эволюции. Большинство мутаций неблагоприятны, но Дарвин достаточно хорошо разбирался в вероятностях, чтобы понимать, что то и дело по чистой случайности возникают и полезные мутации.

Вторым столпом интуитивной теории Дарвина был принцип конкуренции. Победитель размножается. Лучшие гены обеспечивают процветание, худшие приводят в смертельный эволюционный тупик. Эти две простые идеи великолепно объясняют, как сложные и даже разумные формы жизни способны развиться без сверхъестественного вмешательства. В сегодняшнем мире компьютерных вирусов и интернет-червей очень легко представить себе аналогичные эволюционные принципы применительно к неживым объектам. После того как мы удалили магию из происхождения живых существ, перед нами открывается путь к чисто научному объяснению акта творения.

Дарвин и Уоллес задали стандарты не только для биологических наук, но также и для космологии. Законы, управляющие рождением и эволюцией Вселенной, должны быть теми же самыми законами, которые управляют падением камней, химическими реакциями, ядерными процессами и превращениями элементарных частиц. Они освобождают нас от оков сверхъестественного, показывая, что сложная и даже разумная жизнь может развиться естественным образом из случайностей путём

---

<sup>1</sup> Альфред Рассел Уоллес (1823–1913) — британский натуралист, путешественник, географ, биолог и антрополог, современник Дарвина и сооткрыватель механизма естественного отбора. Именно знакомство с записками Уоллеса и сподвигло Дарвина на публикацию своей работы.

конкуренции. Космологам следует поступить так же: положить в основу космологии обезличенные правила, одинаковые для всей Вселенной, происхождение которых не имеет никакой связи с нашим собственным существованием. Единственный бог, существование которого могли бы допустить космологи, — это «слепой часовщик» Ричарда Докинза<sup>1</sup>.

Современная космологическая парадигма не очень стара. Когда я был молодым и учился в магистратуре Корнелльского университета, в начале 1960-х, *Теория Большого взрыва* ещё находилась в состоянии острой конфронтации с другим серьёзным претендентом — *Теорией стационарной Вселенной*, которая была очевидным логическим антагонистом теории Большого взрыва. Если теория Большого взрыва утверждала, что Вселенная возникла в какой-то момент времени, то теория стационарной Вселенной говорила, что Вселенная существовала *всегда*. Эта теория была детищем трёх знаменитых космологов: Фреда Хойла, Германа Бонди и Томаса Голда, считавших возникновение Вселенной в результате происшедшего каких-то десять миллиардов лет назад взрыва слишком сомнительным событием. Голд был профессором в Корнелле, и его кабинет располагался всего через несколько дверей от моего. В те времена он неустанно проповедовал добродетель бесконечно старой и бесконечно большой Вселенной. Моё знакомство с ним ограничивалось тем, что мы здоровались по утрам, но однажды, что было очень нехарактерно для него, Голд подсел с чашкой кофе к нескольким студентам, и у меня появилась возможность задать ему давно мучивший меня вопрос: «Если Вселенная вечна и неизменна, как так получается, что галактики удаляются друг от друга? Не означает ли это, что в прошлом они были более тесно упакованы в пространстве?» Объяснение Голда было простым: «Разумеется, галактики разлетаются, но по мере того, как они удаляются друг от друга, освобождающееся пространство между ними заполняется вновь создаваемой материей». Это был, конечно, разумный, но не имеющий математического смысла ответ. В течение нескольких после-

<sup>1</sup> Слепой часовщик в заглавии книги Ричарда Докинза взят из трактата Уильяма Пейли, доказывавшего, что часы не могут появиться самопроизвольно, а только как результат деятельности разумного существа (часовщика). Докинз в своей книге показывает, что естественный отбор, слепо оперирующий спонтанными вариациями простых исходных форм, может породить не менее сложные конструкции. Эта метафора может быть легко распространена и на процесс создания космоса.

дующих лет теория стационарной Вселенной уступила место теории Большого взрыва и была забыта. Победившая парадигма Большого взрыва утверждала, что расширяющаяся Вселенная насчитывает около десяти миллиардов лет и имеет протяжённость в десять миллиардов световых лет<sup>1</sup>. Однако одно утверждение разделялось обеими теориями: уверенность в том, что Вселенная однородна, то есть что в любой её части на протяжении всей её истории действуют одни и те же физические законы, причём это именно те самые законы, которые мы открываем в наших земных лабораториях.

Было интересно наблюдать взросление экспериментальной космологии. За последние сорок лет она превратилась из набора качественных гипотез в зрелую и очень точную количественную науку. Но лишь сравнительно недавно основные концепции теории Большого взрыва, сформулированные ещё Георгием Гамовым, начали вытесняться более мощными идеями. На заре нового столетия мы вдруг обнаружили, что перешли тот водораздел, который, по-видимому, навсегда изменит наши представления о Вселенной. Случилось нечто гораздо более важное, чем открытие нового факта или вывод нового уравнения. Наше видение мира, рамки, ограничивающие наше мышление, более того, вся эпистемология физики и космологии сейчас переживают серьёзное потрясение. Узкая парадигма XX века, представляющая единственную Вселенную с возрастом в десять миллиардов лет и десяти миллиардов световых лет в поперечнике, уступает место чему-то несравнимо большему, готовому разродиться массой новых возможностей. Постепенно космологи и физики вроде меня приходят к точке зрения на нашу десятиллиардолетнюю Вселенную как на один из бесконечно малых карманов колоссального *Мегаверсума*<sup>2</sup>, в то время как физики-теоретики предлагают теории, задвигающие наши обычные законы природы в дальний угол гигантского ландшафта математических возможностей.

---

<sup>1</sup> Один световой год — это, как можно догадаться, расстояние, которое свет пролетает за один год. Оно составляет приблизительно десять триллионов километров.

<sup>2</sup> Термин *мультиверсум* или *мультивселенная* используется более широко, чем термин *Мегаверсум*, но лично я предпочитаю Мегаверсум как более звучный термин. Мои извинения энтузиастам мультивселенной.

Слову «ландшафт» в том значении, в котором оно используется в контексте этой книги, всего несколько лет, но с тех пор, как я в 2003 году ввёл его в обращение, оно заняло прочное положение в космологическом лексиконе. Оно обозначает математическое пространство, представляющее все возможные природные условия, допускаемые теорией. Каждая возможная реализация условий содержит свои собственные физические законы, собственный набор элементарных частиц и фундаментальных констант. Некоторые из реализуемых миров очень похожи на наш, но отличаются в деталях. Например, один мир может содержать электроны и кварки и все прочие элементарные частицы, известные в нашем мире, но гравитационное взаимодействие в нём будет в миллиард раз сильнее. В другом гравитационные силы будут такими же, как и в нашем мире, но электроны — тяжелее атомных ядер<sup>1</sup>. Третий окажется во всём похож на наш, за исключением огромной отталкивающей силы (она описывается космологической постоянной), растаскивающей в разные стороны галактики, молекулы и даже атомы. И даже трёхмерность нашего пространства не является «священной коровой»; отдельные области Ландшафта могут иметь четыре, пять, шесть и больше пространственных измерений.

Согласно современным космологическим теориям, разнообразие ландшафта приводит к соответствующему разнообразию в обычном пространстве. Лучшая на сегодняшний день теория Вселенной — *инфляционная космология* — против нашей воли приводит нас к концепции Мегаверсума, заполненного огромным количеством миров, которые Алан Гут назвал «карманными вселенными». Некоторые из карманных вселенных микроскопически малы и никогда не достигнут макроразмеров. Другие — велики, как наша, но абсолютно пусты. И каждая из них расположена в собственной маленькой долине космического Ландшафта. Так что старый вопрос XX века «Что мы можем найти во Вселенной?» теперь следует переформулировать в виде: «Что мы *не* можем в ней найти?»

Следует также пересмотреть и переосмыслить место человека во Вселенной. Мегаверсум столь разнообразен, что вряд ли допускает существование разумной жизни повсюду, но она может развиваться в отдельных его частях. Согласно этой новой точке зрения, ответы на множество

<sup>1</sup> В нашем мире атомные ядра в тысячи раз тяжелее электронов.

вопросов типа: «Почему эта физическая константа имеет именно такое значение, а не другое?» будут радикально отличаться от тех, которые надеялись услышать физики. Уникальные значения констант не будут являться результатом строгого математического вывода, поскольку Ландшафт допускает бесконечное число вариаций всех возможных значений. Вместо этого ответом будет: «Где-то в Мегаверсуме эта константа имеет такое значение, а где-то — сякое. Мы живём в одном маленьком кармане, в котором значения констант таковы, что позволяют существовать жизни нашего типа. Именно поэтому. И это всё! Других ответов нет».

Мы наблюдаем удивительно гармоничное сочетание законов природы и значений фундаментальных констант, которое не имеет никакого иного объяснения, кроме как: «Если бы было иначе, разумная жизнь не могла бы существовать». Некоторым кажется, что законы физики, по крайней мере часть их, были специально подобраны с таким расчётом, чтобы обеспечить наше существование. Эта идея, называемая *антропным принципом*, ненавидима большинством физиков, о чём я уже упомянул во Введении. Для многих она пахнет сверхъестественным мифом творения, религией и разумным замыслом. Кое-кто считает, что она призывает сдаться и отказаться от благородных поисков рациональных ответов. Но из-за новых беспрецедентных открытий в физике, астрономии и космологии те же самые физики вынуждены в настоящее время пересматривать свои предубеждения. Движущей силой, которая гонит эти волны перемен, служат четыре принципиальных открытия: два в области теоретической физики и два — в области наблюдательной астрономии. С теоретической стороны гонит волну ответвление инфляционной теории, называемое *теорией вечной инфляции* и требующее, чтобы мир представлял собой Мегаверсум, наполненный карманными вселенными, раздувающимися подобно пузырькам газа в только что откупоренной бутылке шампанского. В то же время теория струн порождает невероятно разнообразный ландшафт. Лучшая оценка даёт  $10^{500}$  различных вариантов возможных миров. Это число (единица с пятьюстами нулями) намного превосходит самые «невообразимо большие» числа, но даже оно может оказаться недостаточно большим, чтобы описать все возможные варианты.

Самые последние астрономические открытия были сделаны практически параллельно с теоретическими достижениями. Новей-

шие астрономические данные подтверждают, что Вселенная во время инфляционной фазы экспоненциально расширилась до размеров, в невероятное число раз превышающих те стандартные десять или пятнадцать миллиардов световых лет, которыми мы привыкли оперировать. У нас практически не осталось сомнений, что мы являемся частью намного большего Мегаверсума. Но самой потрясающей новостью оказалось то, что в нашем космическом кармане пресловутая космологическая постоянная (математический член, который Эйнштейн ввёл в свои уравнения и впоследствии решительно от него отказался) отнюдь не равна нулю, как предполагалось ранее. Эти открытия раскачали лодку больше, чем какие-либо другие. Космологическая постоянная вносит в гравитационное взаимодействие дополнительную силу отталкивания, своего рода антигравитацию, в существование которой в реальном мире абсолютно никто не верил. Сам факт наличия ненулевого космологического члена стал катастрофой для физиков, и единственный известный нам способ хоть как-то осмыслить это открытие — апелляция к презираемому и поносимому антропному принципу.

Я не знаю, какие ещё странные и невообразимые повороты будет преодолевать наше представление о Вселенной на пути исследования просторов космического Ландшафта. Но я уверен, что на рубеже XXII века философы и физики будут смотреть на наше «сегодня» как на рубеж, на котором концепция устройства Вселенной XX века уступила место Мегаверсуму, заполненному Ландшафтом умопомрачительных масштабов.

## Природа дрожит

Если квантовая теория не потрясла тебя, значит, ты её ещё не понял.

— Нильс Бор

Утверждение, что Законы Физики могут меняться во Вселенной от места к месту, имеет такую же степень бессмысленности, как и утверж-

дение, что в природе существует более чем одна вселенная. Вселенная — в буквальном смысле слова — это всё, что существует, и по идее это существительное вообще не должно иметь множественного числа. Законы, управляющие Вселенной в целом, не могут меняться, потому что сразу же возникает вопрос: а какие законы управляют изменением законов? Относятся ли эти законы к Законам Физики?

Но я понимаю под Законами Физики нечто более скромное, чем великие всеобъемлющие законы, регулирующие все аспекты Мегаверсума. Я понимаю под ними то же, что понимали рядовые физики XX века, занятые в большей степени своими лабораторными исследованиями, нежели размышлениями о судьбах Вселенной: под Законами Физики я понимаю законы, управляющие «строительными блоками» обычной материи.

Эта книга — именно о таких Законах Физики. Она ставит вопрос не «Что они такое?», а «Почему они такие?». Что же это за законы? Что они утверждают и как они выражаются? Задача первой главы моей книги — коротко рассказать о законах физики, как они понимаются в начале третьего тысячелетия.

Для Исаака Ньютона и его последователей физический мир представлял собой строго детерминированную машину, будущее которой однозначно определялось её прошлым с той же неизбежностью, «как вслед за днём бывает ночь». Законы природы представляли собой правила (уравнения), описывающие этот детерминизм точным математическим языком. Например, можно совершенно однозначно определить траекторию, по которой будет двигаться объект, точно задав его начальные координаты и скорость. Великий французский физик Пьер-Симон Лаплас (1749–1827) выражал идею детерминизма следующим образом:

*«Мы можем рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие его прошлого и причину его будущего. Разум, которому в каждый определённый момент времени были бы известны все силы, приводящие природу в движение, и положение всех тел, из которых она состоит, будь он также достаточно обширен, чтобы подвергнуть эти данные анализу, смог бы объять единым законом движение величайших тел Вселенной и мельчайшего атома; для такого разума ничего не было бы неясного, и будущее существовало бы в его глазах точно так же, как прошлое».*