

МИТИО КАКУ

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ МИРЫ

ОБ УСТРОЙСТВЕ МИРОЗДАНИЯ, ВЫСШИХ ИЗМЕРЕНИЯХ
И БУДУЩЕМ КОСМОСА

Перевод с английского



Москва
2017

ГЛАВА 5

Порталы в другие измерения и путешествие во времени

В недрах каждой коллапсирующей черной дыры могут таиться семена новой расширяющейся Вселенной.

Сэр Мартин Рис

Черные дыры могут стать проходами в какое угодно время. Если бы нам пришлось прыгнуть в черную дыру, то предполагается, что мы бы появились в другой части Вселенной и в другой временной эпохе... Черные дыры могут быть воротами в Страны чудес. Но есть ли там Алисы и белые кролики?

Карл Саган

Общая теория относительности подобна троянскому коню. Внешне теория великолепна. Сделав несколько простых допущений, можно получить основные характеристики космоса, включая искривление звездного света и сам Большой взрыв, которые были измерены с поразительной точностью. Даже теорию инфляции можно подогнать к решению, вписав подобранную космологическую константу в уравнения юной Вселенной.

Эти решения дают нам убедительнейшую теорию возникновения и смерти Вселенной.

Однако внутри троянского коня мы находим притаившихся демонов и гоблинов, в том числе черные дыры, белые дыры, пространственно-временные туннели и даже машины времени, которые находятся за пределами здравого смысла. Эти аномалии считаются настолько странными, что даже сам Эйнштейн отрицал возможность их обнаружения в природе. В течение многих лет он напряженно боролся с этими странными решениями. Сегодня мы знаем, что эти аномалии нельзя просто так сбрасывать со счетов. Они — неотъемлемая часть общей теории относительности. И, по сути, могут даже дать шанс на спасение любому разумному созданию, столкнувшемуся с угрозой Большого охлаждения.

Но самой странной из этих аномалий, скорее всего, является возможность существования параллельных вселенных и врат, их соединяющих. Если мы вспомним шекспировскую метафору о том, что весь мир — сцена, то можно сказать, что общая теория относительности допускает возможность существования люков на сцене. Но мы видим, что вместо того, чтобы вести в подвальный этаж, люки ведут на параллельные сцены, подобные нашей. Представьте себе сцену жизни, состоящую из многоэтажных сцен, одна поверх другой. На каждой сцене актеры читают свои роли и передвигаются среди декораций, считая, что их сцена — единственная, и не задумываясь о возможности существования других реальностей. Однако если однажды они случайно провалятся в люк, то обнаружат себя на совершенно новой сцене с новыми законами, новыми правилами игры и новым сценарием.

Но если может существовать бесконечное множество вселенных, то получается, что жизнь возможна в любой из этих вселенных в соответствии с иными физическими законами? Это тот самый вопрос, который Айзек Азимов поставил в своей классическом научно-фантастическом романе «Сами боги», где создал параллельную вселенную с ядерным взаимодействием.

ем, отличным от нашего. Возникают захватывающие возможности, когда отменяются обычные законы физики и вводятся новые.

История Азимова начинается в 2070 году, когда ученый Фредерик Хэллем обращает внимание на то, что обычный вольфрам-186 странным образом превращается в загадочный плутоний-186, у которого слишком много протонов и который поэтому должен быть неустойчив. Хэллем выдвигает теорию, гласящую, что этот странный плутоний-186 появляется из параллельной вселенной, где ядерное взаимодействие намного сильнее и поэтому оно преодолевает отталкивание протонов. Поскольку этот странный плутоний-186 выделяет большие количества энергии в виде электронов, его можно использовать для получения дешевой энергии в неслыханных объемах. Это позволяет создать знаменитый электронный насос Хэллема, который решает проблему энергетического кризиса на Земле и делает Хэллема богатым человеком. Но за это нужно заплатить свою цену. Если определенное количество чужого плутония-186 будет привнесено в нашу Вселенную, то возрастет сила ядерного взаимодействия в целом. Это означает, что в результате процесса синтеза будет высвобождаться все больше энергии, Солнце станет светить все ярче и в конце концов взорвется, уничтожив при этом Солнечную систему!

А тем временем обитатели параллельной вселенной строят совсем другие планы. Их вселенная умирает. Ядерное взаимодействие в их вселенной довольно сильно, а это значит, что звездам очень быстро потребуется водород и они скоро погибнут. Инопланетяне организуют обмен: бесполезный плутоний-186 отсылается в нашу Вселенную в обмен на бесценный вольфрам-186, который позволяет создать позитронный насос, спасающий их умирающий мир. Хотя они понимают, что ядерное взаимодействие усилится в нашей Вселенной и из-за этого взорвутся наши звезды, но их это не волнует.

Кажется, что Земля обречена на катастрофу. Человечество пристрастилось к «энергии Хэллема» и отказывается верить,

что Солнце вскоре взорвется. Еще один ученый находит гениальное решение этой головоломки. Он убежден в существовании параллельных вселенных. Он успешно модифицирует мощный ускоритель частиц для создания дыры в пространстве, которая соединит нашу Вселенную с другими. Он ищет и наконец находит среди них параллельную вселенную, которая совершенно пуста, если не считать «космического яйца», содержащего неограниченные количества энергии, но с более слабым ядерным взаимодействием.

При помощи перекачивания энергии из этого космического яйца ученому удастся создать новый энергетический насос и в то же время ослабить ядерное взаимодействие в нашей Вселенной, что предотвращает надвигающийся взрыв Солнца. Однако и такое решение имеет свою цену: в параллельной вселенной сила ядерного взаимодействия возрастет, что приведет к взрыву этой параллельной вселенной. Но ученый рассуждает следующим образом: взрыв лишь даст возможность этому яйцу «вылупиться», что вызовет новый Большой взрыв. По сути, он понимает, что станет акушером, принимающим роды новой расширяющейся вселенной.

Научно-фантастический роман Азимова — один из немногих, где используются действующие законы физики для «раскрутки» истории о жадности, интригах и спасении. Азимов был прав, предполагая, что изменение силы взаимодействий в нашей Вселенной имело бы катастрофические последствия, что звезды в нашей Вселенной стали бы гореть ярче, а затем взорвались бы, если бы ядерное взаимодействие усилилось. Это поднимает неизбежный вопрос: согласуются ли законы параллельных вселенных с нашими законами физики? А если это так, то что необходимо для того, чтобы попасть в одну из них?

Чтобы сообразить, о чем идет речь, прежде всего необходимо понять природу пространственно-временных туннелей, отрицательной энергии и, конечно, природу загадочных объектов, называемых черными дырами.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

В 1783 году британский астроном Джон Мичелл впервые задался вопросом, что же произойдет, если звезда увеличится настолько, что ее не сможет «покинуть» даже свет. Ему было известно, что у каждого объекта есть скорость убегания, то есть та скорость, которая необходима, чтобы преодолеть гравитационное притяжение. (Например, для Земли скорость убегания составляет 40 000 км/ч, это та скорость, которую должна развить ракета, чтобы преодолеть действие гравитации Земли.)

Мичелл заинтересовался тем, что же случится, если звезда станет настолько массивной, что ее скорость убегания сравняется со скоростью света. Ее гравитация будет настолько неимоверной, что ничто не сможет освободиться от ее силы притяжения, даже свет, а потому сам объект будет казаться наблюдателю из внешнего мира абсолютно черным. Обнаружить такой объект в космосе в каком-то смысле невозможно, поскольку он невидим.

О темных звездах Мичелла не вспоминали полтора столетия. Вопрос снова всплыл в 1916 году, когда Карл Шварцшильд, немецкий физик, работавший на армию и находившийся тогда на русском фронте, нашел точное решение уравнений Эйнштейна для массивной звезды. Даже в наши дни решение Шварцшильда известно как одно из простейших, изящнейших и точных решений уравнений Эйнштейна. Эйнштейн был изумлен, узнав, что Шварцшильду удалось найти решение сложных тензорных уравнений, прячась от артиллерийских снарядов. Он был еще больше удивлен, обнаружив, что решение Шварцшильда имело особые свойства.

На первый взгляд, оно было справедливо для гравитации обычной звезды, и Эйнштейн быстро использовал решение для вычисления гравитации Солнца и проверки своих ранних расчетов, в которых допускал приближения. Он всю жизнь был благодарен Шварцшильду за это. Но в своей второй работе Шварцшильд доказал, что очень массивную звезду окружа-

ет воображаемая «магическая сфера», обладающая странными свойствами. Эта «магическая сфера» является критической точкой, откуда уже вернуться нельзя. Любого проникшего сквозь эту «магическую сферу» немедленно засосало бы гравитацией в звезду, и никто бы больше никогда его не увидел. «Даже свет был бы полностью поглощен, если бы прошел сквозь эту сферу. Шварцшильд не знал того, что заново открыл темную звезду Мичелла с помощью уравнений Эйнштейна.

Затем он вычислил радиус этой «магической сферы» (называемый радиусом Шварцшильда). Для объекта размером с наше Солнце радиус «магической сферы» равнялся примерно 3 км. (Для Земли радиус Шварцшильда равняется приблизительно 1 см.) Это означало, что, если Солнце сжать до трех километров, оно превратилось бы в темную звезду и пожирало бы любой объект, пересекающий критическую точку невозвращения.

Экспериментальным путем доказать существование «магической сферы» не представлялось возможным: кто возьмется сжимать Солнце? Не существует никаких известных нам механизмов, способных создать такую фантастическую звезду. Но с точки зрения теории это было полной катастрофой. Хотя общая теория относительности Эйнштейна могла дать блестящие результаты, такие как искривление звездного света вокруг Солнца, но эта теория не имела никакого смысла при приближении к «магической сфере», где гравитация стремилась к бесконечности.

Нидерландский физик Иоганнес Дросте доказал позже, что решение было еще более сумасшедшим. Он утверждал, что, согласно теории относительности, лучи света значительно искривлялись, приближаясь к объекту подобного рода. По сути, на расстоянии в 1,5 радиуса Шварцшильда лучи света начинали путешествовать по орбите вокруг звезды. Дросте показал, что искривления времени, обнаруженные в общей теории относительности, применительно к таким массивным звездам были намного больше, чем те, которые выявила специальная

теория относительности. Он также утверждал, что если вы приближаетесь к «магической сфере», то наблюдатель, находящийся далеко от вас, посчитал бы, что ваши часы идут все медленнее и медленнее до тех пор, пока они не остановились бы вовсе в момент, когда вы ударитесь о сам объект. По сути, наблюдатель из внешнего мира уверился бы в том, что вы застыли во времени в тот момент, когда достигли «магической сферы». Поскольку само время остановилось бы в этой точке, некоторые физики посчитали, что существование такого странного объекта в природе невозможно. Математик Герман Вейль подлил еще больше масла в огонь — он открыл, что если исследовать мир внутри «магической сферы», то, видимо, с другой стороны ее находится другая вселенная.

Все это звучало настолько фантастично, что даже Эйнштейн не мог в это поверить. На конференции в Париже в 1922 году математик Жак Адамар спросил Эйнштейна, что бы произошло, если бы эта сингулярность существовала на самом деле, то есть если бы гравитация становилась бесконечной в пределах радиуса Шварцшильда. Эйнштейн ответил: «Это стало бы настоящей катастрофой для нашей теории; было бы очень сложно сказать априори, что произошло бы с физической точки зрения, потому что формула больше не действовала бы»¹. Позднее Эйнштейн назвал эту проблему «катастрофой Адамара». Но он посчитал, что вся эта полемика по поводу темных звезд имеет исключительно умозрительный характер. Во-первых, никто никогда не видел столь причудливого объекта, и вполне возможно, что темных звезд не существует, то есть их существование невозможно с физической точки зрения. Более того, если бы кому-то довелось упасть на одну из них, то он бы разбился насмерть. А поскольку никто никогда не смог бы пройти сквозь «магическую сферу» (поскольку время в этот момент останавливалось бы), то никто никогда не смог бы войти и в эту параллельную вселенную.

В 1920-е годы физики были здорово сбиты с толку в этом вопросе. Но в 1932 году Жорж Леметр, отец теории Боль-

шого взрыва, совершил значительный прорыв. Он доказал, что «магическая сфера» была вовсе не сингулярностью, где гравитация стремилась к бесконечности, а просто математическая иллюзия, вызванная неудачным выбором математического обоснования. (Если выбрать другой набор координат или переменных для изучения «магической сферы», то сингулярность исчезнет.)

Отталкиваясь от этого, космолог Х. Робертсон еще раз изучил первоначальные утверждения Дросте, что время останавливается на поверхности «магической сферы». Он обнаружил, что время останавливается только с точки зрения наблюдателя, следящего за тем, как ракета пересекает «магическую сферу». С точки же зрения самой ракеты понадобилась бы доля секунды, чтобы гравитация засосала ее внутрь «магической сферы». Иными словами, корабль, прошедший, к своему несчастью, сквозь магическую сферу, разбился бы практически мгновенно, но стороннему наблюдателю показалось бы, что этот процесс занял тысячи лет.

Это было важным открытием. Это означало, что «магической сферы» достичь можно, а также то, что не нужно было сбрасывать ее со счетов как математическое уродство. Необходимо было серьезно изучить вопрос, что же могло случиться с объемом при прохождении через «магическую сферу». Физики рассчитали, на что могло бы быть похоже путешествие сквозь «магическую сферу». (Сегодня «магическую сферу» называют горизонтом событий. Слово «горизонт» обозначает самую далекую точку, которую мы можем увидеть. В данном же контексте оно относится к самой далекой точке, которой может достигать свет. Радиус этого горизонта событий и называется радиусом Шварцшильда.)

Приближаясь в ракете к черной дыре, вы бы увидели свет, захваченный в плен черной дырой миллиарды лет назад, когда сама черная дыра еще только образовалась. Иными словами, перед вашими глазами развернулась бы вся история этой черной дыры. При приближении приливные силы разорвали бы

на части атомы, составляющие ваше тело, и в конце концов даже сами ядра атомов напоминали бы спагетти. Путешествие за горизонт событий стало бы путешествием в один конец, поскольку сила тяготения была бы настолько велика, что вас неизбежно засосало бы к самому центру, где бы вы разбились насмерть. Оказавшись за пределами горизонта событий, вернуться назад было бы уже невозможно. (Чтобы выбраться из-за горизонта событий, понадобилось бы развить скорость, большую, чем скорость света, что невозможно.)

В 1939 году Эйнштейн написал работу, в которой попытался оспорить существование темных звезд, утверждая, что они не могли бы образоваться естественным путем. Он начал с предположения, что звезда образуется из кружащегося скопления пыли, газа и звездных обломков, вращающихся по окружности и постепенно притягивающихся друг к другу благодаря силе гравитации. Затем он показал, что такое скопление кружащихся частиц никогда не сколлапсирует до радиуса Шварцшильда, а потому никогда не превратится в черную дыру. В лучшем случае эта вращающаяся масса частиц достигла бы величины, равной 1,5 радиуса Шварцшильда, а потому образование черной дыры практически невозможно. (Чтобы пересечь предел в 1,5 радиуса Шварцшильда, пришлось бы опять же развить скорость выше скорости света.) «Основным результатом данного исследования является ясное понимание того, почему сингулярностей Шварцшильда в физической реальности не существует»², — писал Эйнштейн.

У Артура Эддингтона также были свои глубокие соображения насчет черных дыр, он всю жизнь сомневался в их существовании. Однажды он сказал, что должен существовать «закон природы, чтобы не дать звезде вести себя столь странно»³.

По иронии судьбы в том же году Дж. Роберт Оппенгеймер (который позднее создал атомную бомбу) и его студент Хартланд Снайдер доказали, что черная дыра и в самом деле могла образоваться, но иным путем. Вместо того чтобы предположить, что черная дыра появилась из вращающегося скопления

частиц, сжимающегося под воздействием сил гравитации, они в качестве точки отсчета взяли старую массивную звезду, которая сожгла все свое ядерное топливо и взрывается вовнутрь под действием силы гравитации. К примеру, умирающая звезда массой 40 солнечных масс могла бы израсходовать ядерное топливо и сжаться под действием силы гравитации до радиуса Шварцшильда в 130 км; в этом случае она бы неизбежно сколлапсировала в черную дыру. Оппенгеймер и Снайдер предположили, что существование черных дыр не просто возможно, они могли бы быть естественной конечной точкой эволюции миллиардов умирающих в галактике звезд-гигантов. (Возможно, именно идея взрыва вовнутрь, предложенная в 1939 году Оппенгеймером, всего через несколько лет вдохновила его на создание механизма внутреннего взрыва, использующегося в атомной бомбе.)

МОСТ ЭЙНШТЕЙНА-РОЗЕНА

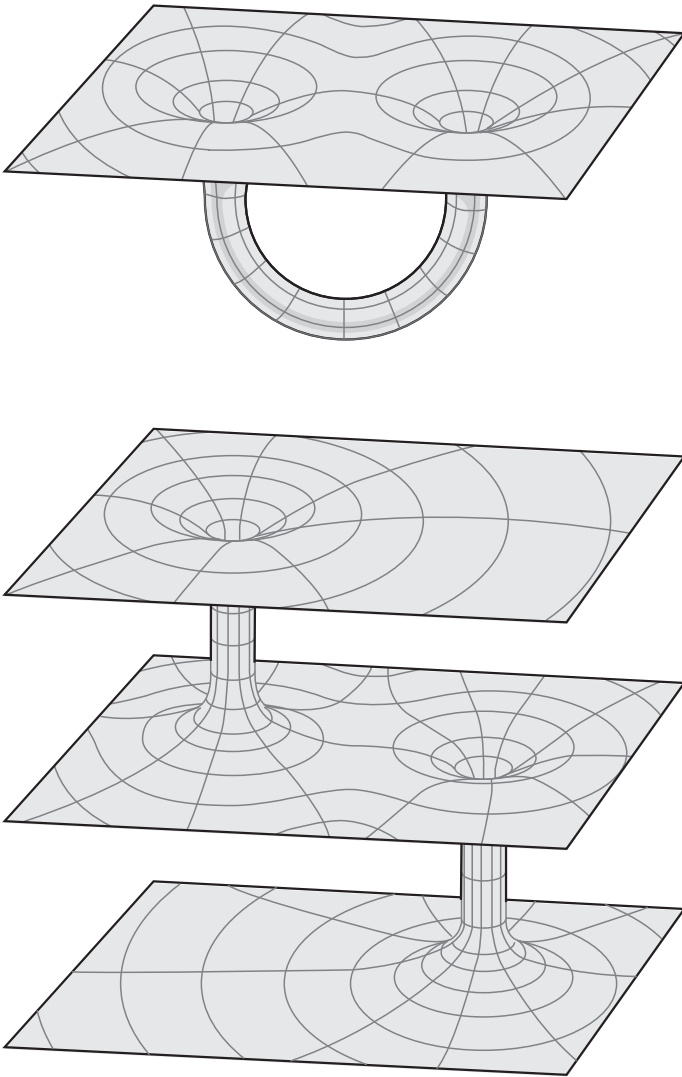
Хотя Эйнштейн считал, что черные дыры — явление слишком невероятное и в природе они существовать не могут; позднее (такова ирония судьбы) он показал, что они еще более причудливы, чем кто-либо мог предположить. Эйнштейн объяснил возможность существования пространственно-временных порталов в недрах черных дыр. Математики называют их многосвязным пространством. Физики называют такие порталы червоточинами*, поскольку, подобно червю, вгрызающемуся в землю, они создают более короткий альтернативный путь между двумя точками. Их также называют иногда порталами или вратами в другие измерения. Как их ни назови, когда-нибудь они могут стать средством путешествий между различными измерениями, но это случай крайний.

* В русскоязычной литературе часто используют более благозвучный термин «кротовая нора» (кротовина). — *Прим. науч. ред.*

Первым, кто популяризовал идею порталов, стал Чарльз Доджсон, который писал под псевдонимом Льюис Кэрролл. В книге «Алиса в Зазеркалье» он представил портал в виде зеркала, которое соединяло пригород Оксфорда и Страну чудес. Поскольку Доджсон был математиком и преподавал в Оксфорде, ему было известно о многосвязных пространствах. По определению, многосвязное пространство таково, что лассо в нем нельзя стянуть до размеров точки. Обычно любую петлю можно безо всякого труда стянуть в точку. Но если мы рассмотрим, например, пончик, вокруг которого намотано лассо, то увидим, что лассо будет стягивать этот пончик. Когда мы начнем медленно затягивать петлю, то увидим, что ее нельзя сжать до размеров точки; в лучшем случае ее можно стянуть до окружности сжатого пончика, то есть до окружности дырки.

Математики наслаждались тем фактом, что им удалось обнаружить объект, который был совершенно бесполезен при описании пространства. Но в 1935 году Эйнштейн и его студент Натан Розен представили физическому миру теорию порталов. Они попытались использовать решение проблемы черной дыры как модель элементарных частиц. Самому Эйнштейну никогда не нравилась восходящая к временам Ньютона теория, что гравитация частицы стремится к бесконечности при приближении к ней. Эйнштейн считал, что эта сингулярность должна быть искоренена, потому что в ней нет никакого смысла.

У Эйнштейна и Розена появилась оригинальная идея представить электрон (который обычно считался крошечной точкой, не имеющей структуры) как черную дыру. Таким образом, можно было использовать общую теорию относительности для объяснения загадок квантового мира в единой теории поля. Они начали с решения для стандартной черной дыры, которая напоминает большую вазу с длинным горлышком. Затем они отрезали «горлышко» и соединили его с еще одним частным решением уравнений для черной дыры, то есть с вазой, которая была перевернута вверх дном. По мнению Эйнштейна, эта



Мост Эйнштейна-Розена. В центре черной дыры находится «горлышко», которое соединяется с пространством-временем другой вселенной или другой точкой в нашей Вселенной. Хотя путешествие сквозь стационарную черную дыру имело бы фатальные последствия, вращающиеся черные дыры обладают кольцеобразной сингулярностью, которая могла бы позволить пройти сквозь кольцо и мост Эйнштейна-Розена. Существование такого моста пока вопрос открытый

причудливая, но уравновешенная конфигурация была бы свободна от сингулярности в происхождении черной дыры и могла бы действовать как электрон.

К несчастью, идея Эйнштейна о представлении электрона в качестве черной дыры провалилась. Но сегодня космологи предполагают, что мост Эйнштейна–Розена может служить воротами между двумя вселенными. Мы можем свободно передвигаться по Вселенной до тех пор, пока случайно не упадем в черную дыру, где нас немедленно протащит сквозь портал и мы появимся на другой стороне (пройдя сквозь белую дыру).

Для Эйнштейна любое решение его уравнений, если оно начиналось с физически вероятной точки отсчета, должно было соотноситься с физически вероятным объектом. Но он не беспокоился о том, кто свалится в черную дыру и попадет в параллельную вселенную. Приливные силы бесконечно возросли бы в центре, и гравитационное поле немедленно разорвало бы на части атомы любой объект, который имел несчастье свалиться в черную дыру. (Мост Эйнштейна–Розена действительно открывается за доли секунды, но закрывается настолько быстро, что ни один объект не сможет пройти его с такой скоростью, чтобы достичь другой стороны.) По мнению Эйнштейна, хотя существование порталов и возможно, живое существо никогда не сможет пройти сквозь какой-либо из них и рассказать о своих переживаниях во время этого путешествия.

ВРАЩАЮЩИЕСЯ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Однако в 1963 году взгляд на вещи стал меняться, когда математик из Новой Зеландии Рой Керр нашел точное решение уравнений Эйнштейна, описывающее, возможно, наиболее реалистично умирающую звезду — вращающуюся черную дыру. Из-за сохранения кинетического импульса, когда звезда коллапсирует под действием силы гравитации, она начи-

нает вращаться еще быстрее. (Это та же причина, по которой вращающиеся галактики выглядят подобно флюгерам, и именно поэтому фигуристы вращаются быстрее, когда прижимают руки к телу.) Вращающаяся звезда могла бы взорваться, образовав кольцо нейтронов, которое осталось бы устойчивым из-за большой центробежной силы, толкающей их наружу и уравновешивающей действие силы гравитации. Такая черная дыра обладала бы удивительным свойством: если бы вы упали в керровскую черную дыру, то не разбились насмерть. Наоборот, вас бы протянуло сквозь мост Эйнштейна–Розена в параллельную вселенную. «Проходишь сквозь это волшебное кольцо и — presto! — ты в совершенно иной вселенной, где радиус и масса отрицательны!»⁴ — обращаясь к коллеге, воскликнул Керр, обнаруживший это решение.

Иными словами, оправа зеркала Алисы была похожа на вращающееся кольцо Керра. Но любое путешествие сквозь Керрово кольцо было бы путешествием без возврата. Если бы вы пересекли горизонт событий, окружающий кольцо Керра, гравитация была бы не настолько сильна, чтобы раздавить вас, но ее будет вполне достаточно, чтобы помешать вам вернуться из-за горизонта событий. (В черной дыре Керра, по сути, есть два горизонта событий. Некоторые считают, что для обратного путешествия может понадобиться второе кольцо Керра, соединяющее параллельную вселенную с нашей.) В каком-то смысле черную дыру Керра можно сравнить с лифтом в небоскребе. Лифт представляет мост Эйнштейна–Розена, который соединяет различные этажи, только каждый этаж — это отдельная Вселенная. По сути, в этом небоскребе бесконечное количество этажей, и каждый из них отличается от других. Но лифт никогда не сможет уехать вниз. В нем есть только кнопка «вверх». Уехав с вашего этажа-вселенной, вернуться назад вы уже не сможете, поскольку пересечете горизонт событий.

Мнения физиков по поводу того, насколько устойчиво кольцо Керра, разделились. Согласно некоторым расчетам, если попытаться пройти сквозь кольцо, то само присутствие

человека дестабилизирует черную дыру и проход закроется. Например, если бы луч света упал в черную дыру Керра, он бы присоединил к себе невероятное количество энергии, падая к центру, и приобрел голубое смещение, то есть его частота и энергия возросли бы. При приближении к горизонту событий он уже будет обладать столь большой энергией, что убьет любого, кто попытается пройти сквозь мост Эйнштейна–Розена. Кроме того, луч создает собственное гравитационное поле, которое вступило бы во взаимодействие с первоначальной черной дырой, что, возможно, стало бы причиной закрытия прохода.

Иными словами, в то время, как одни физики считают, что черная дыра Керра — самая реалистичная из всех черных дыр и действительно может контактировать с параллельными вселенными, остается невыясненным, насколько безопасно будет прохождение через этот мост, а также то, насколько устойчив будет проход.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ

Из-за странных свойств черных дыр их существование еще в 1990-е годы считалось научной фантастикой. «Если бы 10 лет назад вам довелось обнаружить объект, который вы посчитали бы черной дырой в центре галактики, то половина ученого мира решила бы, что вы немножко сбрендили»⁵, — заметил астроном Дуглас Ричстоун из Мичиганского университета в 1998 году. С тех пор астрономы обнаружили в открытом космосе несколько сот черных дыр при помощи космического телескопа «Хаббл», космической рентгеновской обсерватории «Чандра» (измеряющей рентгеновское излучение мощных звездных и галактических источников), а также радиотелескопа под названием «Очень большая решетка» (Very Large Array) в Нью-Мехико, состоящего из сети мощных антенн. Многие астрономы считают, что, по сути, в центре большинства косми-

ческих галактик (которые имеют утолщение, или балдж, в центре своих дисков) находятся черные дыры.

Как и предсказывали, все обнаруженные в космосе черные дыры стремительно вращаются, причем некоторые со скоростью около 1,6 млн км/ч, что было вычислено при помощи космического телескопа «Хаббл». В самом центре можно наблюдать плоское округлое ядро, размеры которого зачастую составляют около светового года в поперечнике. Внутри этого ядра находятся горизонт событий и сама черная дыра.

Поскольку черные дыры невидимы, для их обнаружения астрономы вынуждены пользоваться методами непрямого наблюдения. На фотографиях они пытаются найти аккреционный диск вращающегося газа, окружающего черную дыру. Сегодня астрономы собрали коллекцию прекрасных фотографий аккреционных дисков. (Такие диски обнаружены почти везде у наиболее стремительно вращающихся объектов во Вселенной. Даже у нашего Солнца наверняка был такой диск, когда оно возникло 4,5 млрд лет назад, но он сконденсировался, образовав планеты. Причиной образования таких дисков является то, что они представляют состояние наименьшей энергии для стремительно вращающихся объектов.) Применяя законы движения Ньютона, астрономы могут вычислять массу центрального объекта, зная скорость звезд, вращающихся вокруг него. Если масса центрального объекта настолько велика, что скорость убегания для этого объекта равняется скорости света, то даже сам свет не может убежать, предоставляя тем самым косвенное доказательство существования черной дыры.

Горизонт событий находится в самом центре аккреционного диска (к сожалению, он слишком мал, чтобы заметить его при помощи современных приборов. Астроном Фульвио Мелиа утверждает, что заснять на пленку горизонт событий для науки о черных дырах — все равно что найти святой Грааль). Не весь газ,двигающийся по направлению к черной дыре, проходит горизонт событий. Часть его проходит мимо горизон-

та событий и с огромной скоростью выбрасывается в космос, образуя две длинные газовые струи, извергающиеся из южного и северного полюсов черной дыры. Это делает черную дыру похожей на вертящийся волчок. (Причина, по которой струи газа извергаются именно таким образом, возможно, состоит в том, что линии магнитного поля коллапсирующей звезды, по мере того как поле становится все более напряженным, концентрируются над северным и южным полюсами. По мере того как звезда продолжает сжиматься, эти магнитные линии конденсируются в два пучка, исходящие из северного и южного полюсов. Когда ионизированные частицы падают в коллапсирующую звезду, они следуют по силовым линиям и извергаются, как струи, через магнитные поля южного и северного полюсов.)

Пока обнаружено два типа черных дыр. Первый тип — черные дыры звездных масштабов. При образовании таких дыр гравитация разрушает умирающую звезду, и та взрывается внутрь. Черные дыры второго типа обнаружить намного легче. У них галактические масштабы, они таятся в самом центре огромных галактик и квазаров, и их масса составляет от миллионов до миллиардов солнечных масс.

Недавно было окончательно установлено существование черной дыры в центре Млечного Пути. К несчастью, пылевые облака закрывают от нас центр нашей Галактики; если бы не они, то каждую ночь с Земли мы бы наблюдали огромный огненный шар в созвездии Стрельца. Если бы не было этой пыли, то центр Галактики наверняка затмил бы Луну и был бы самым ярким объектом ночного неба. В самом центре этого галактического ядра находится черная дыра массой примерно 2,5 млн солнечных масс. Что касается ее радиуса, то он составляет около 0,1 радиуса орбиты Меркурия. По галактическим меркам это не самая массивная черная дыра; в квазарах могут быть черные дыры в несколько миллиардов солнечных масс. Черная дыра на нашем «заднем дворе» в настоящее время довольно статична.

Следующая по близости к нам галактическая черная дыра находится в центре туманности Андромеды, самой близкой к Земле галактики. Эта черная дыра составляет 30 млн солнечных масс, а ее радиус Шварцшильда — около 96 млн км. (В центре туманности Андромеды находится по меньшей мере два массивных объекта, видимо, представляющие собой остатки прежней галактики, поглощенной туманностью Андромеды миллиарды лет назад. Если Млечный Путь в конце концов через миллиарды лет столкнется с туманностью Андромеды, что представляется весьма вероятным, то, возможно, наша Галактика закончит свой жизненный путь в «желудке» туманности Андромеды.)

Одной из самых восхитительных фотографий галактической черной дыры является фотография галактики NGC 4261, сделанная при помощи космического телескопа «Хаббл». На прежних фотографиях этой галактики, полученных при помощи радиотелескопа, ясно видно, как две струи грациозно извергаются из северного и южного полюсов галактики, но никто не знал, что приводит этот механизм в действие. Телескоп «Хаббл» сфотографировал самый центр этой галактики, продемонстрировав нам прекрасно различимый диск размером около 400 световых лет в поперечнике. В самом его центре находится крошечная точка, содержащая в себе аккреционный диск размером около светового года в диаметре. Черная дыра в его центре, которую нельзя наблюдать при помощи телескопа «Хаббл», весит приблизительно 1,2 млрд солнечных масс.

Галактические черные дыры, подобные этой, так энергетически мощны, что могут поглощать целые звезды. В 2004 году NASA и ESA* заявили, что стали свидетелями того, как огромная черная дыра в далекой галактике одним махом «проглотила» звезду. Космическая рентгеновская обсерватория «Чандра» и европейский спутник XMM-Newton наблюдали одно и то же событие: вспышку рентгеновских лучей, испускаемую галакти-

* European Space Agency — Европейское космическое агентство. — *Прим. ред.*

кой RXJ1242–11, — это говорило о том, что черная дыра в центре галактики поглотила звезду. Масса этой черной дыры оценивается в 100 млн солнечных масс. Расчеты показали, что, когда звезда подходит опасно близко к горизонту событий, невероятная сила гравитации деформирует и растягивает звезду настолько, что та разрывается на части, испуская обнаруживающую ее вспышку рентгеновских лучей. «Эту звезду растянуло больше, чем допускал предел ее прочности. Несчастливая звезда просто забрела не в те окрестности»⁶, — заметила астроном Стефани Комосса из Института Макса Планка в Гархинге (Германия).

Факт существования черных дыр помог решить массу давних загадок. Например, галактика M87 всегда была для астрономов диковиной, поскольку выглядела как массивный шар из звезд, из которого выглядывал странный хвост. Поскольку этот шар испускал сильное излучение, в какой-то момент астрономы посчитали, что хвост представляет собой струю антивещества. Но сегодня астрономы обнаружили, что существование хвоста обусловлено огромной черной дырой массой, возможно, 3 млрд солнечных масс. А странный хвост сегодня считается гигантской струей плазмы, не устремленной внутрь галактики, а вылетающей из нее.

Одно из наиболее впечатляющих открытий в области черных дыр произошло в тот момент, когда космическая рентгеновская обсерватория «Чандра» сквозь небольшой прорыв в пылевых облаках смогла увидеть открытый космос и наблюдать там скопление черных дыр на границе видимой Вселенной. Было зафиксировано 600 черных дыр. Исходя из этого наблюдения, астрономы предполагают, что на небе существует по меньшей мере 300 млн черных дыр.

ГАММА-БАРСТЕРЫ

Возраст упомянутых выше черных дыр составляет, возможно, миллиарды лет. Но сегодня астрономам предоставляется ред-

кая возможность наблюдать собственными глазами, как образуются черные дыры. Некоторыми из них, похоже, являются загадочные источники всплесков гамма-излучения, испускающие больше всего энергии во Вселенной. По количеству выбрасываемой энергии они уступают только интенсивности Большого взрыва.

У этих источников гамма-всплесков очень интересная история, уходящая во времена холодной войны. В конце 1960-х годов Соединенные Штаты весьма обеспокоил тот факт, что Советский Союз или какая-либо другая держава в обход существующих соглашений могут тайно взорвать ядерную бомбу на пустынном участке Земли или даже на Луне. Поэтому Соединенные Штаты запустили спутник Vela, специально предназначенный для отслеживания «ядерных вспышек», или несанкционированных взрывов ядерных бомб. Поскольку ядерный взрыв разворачивается в несколько этапов, микросекунда за микросекундой, каждая ядерная вспышка дает характерную двойную вспышку света, которую можно заметить со спутника. (Спутник Vela действительно уловил две такие ядерные вспышки в 1970-е годы недалеко от побережья острова Принца Эдуарда в Южной Африке в присутствии израильских военных кораблей. В ЦРУ до сих пор ведутся споры по поводу зафиксированных сигналов.)

Однако Пентагон поразило то, что спутник Vela принимал сигналы гигантских ядерных взрывов в космосе. Может быть, Советский Союз тайно взрывал водородные бомбы в открытом космосе, используя неизвестные передовые технологии? Озабоченность тем, что Советский Союз, возможно, существенно обогнал Соединенные Штаты в вопросах разработки ядерного оружия, заставила США привлечь к анализу природы этих тревожных сигналов лучших ученых мира.

После распада Советского Союза больше не нужно было классифицировать эту информацию, и Пентагон «выбросил» целые горы данных в астрономический ученый мир. Впервые за десятилетия было открыто совершенно новое астро-

номическое явление невероятной силы и масштаба. Астрономы быстро уяснили, что мощность этих гамма-всплесков (их назвали гамма-барстерами) была просто фантастической: за несколько секунд испускалось такое же количество энергии, как наше Солнце испустило за всю свою жизнь (около 10 млрд лет). Но эти вспышки были весьма скоротечны: с тех пор, как их уловил спутник «Вела», они настолько потускнели, что, когда в их сторону направили наземные телескопы, разглядеть что-либо было уже невозможно. (Большинство вспышек длилось от 1 до 10 с, самая короткая длилась 0,01 с, но некоторые продолжались и несколько минут.)

Сегодня космические телескопы, компьютеры и команды быстрого реагирования изменили наши возможности в обнаружении гамма-барстеров. Всплески гамма-лучей улавливаются по 3 раза на день, и каждый из них приводит в действие сложную систему. Как только спутник регистрирует выброс энергии и всплеск гамма-лучей, астрономы при помощи компьютеров быстро определяют точные координаты всплеска и направляют на эту точку телескопы и сенсоры.

Данные, полученные при помощи этих новейших приборов, принесли поистине ошеломляющие результаты. В сердце гамма-барстеров обязательно находится некий объект, не очень большой, зачастую всего лишь несколько десятков километров в поперечнике. Другими словами, невероятная космическая энергия гамма-барстеров сконцентрирована на территории размером, скажем, с Нью-Йорк. Долгие годы считалось, что причиной таких вспышек, вероятнее всего, служили столкновения нейтронных звезд в двойной звездной системе. Согласно этой теории, с течением времени орбита нейтронных звезд искажалась, и они двигались по смертельной спирали, пока в конце концов не сталкивались, в результате чего происходил выброс гигантского количества энергии. Такие события чрезвычайно редки, но поскольку Вселенная очень велика, а эти вспышки освещают всю Вселенную, то их можно увидеть по несколько раз в день.

Но в 2003 году собранные учеными новые факты позволили предположить, что вспышки гамма-лучей представляют собой результат взрыва гиперновой, что создает массивную черную дыру. Быстро фокусируя телескопы и спутники в направлении вспышек гамма-лучей, ученые обнаружили, что они похожи на массивные сверхновые. Поскольку взрывающаяся звезда создает магнитное поле невероятной силы и выбрасывает излучение через свои северный и южный полюса, может показаться, что сверхновая более активна, чем на самом деле: мы можем наблюдать эти вспышки только в том случае, когда они направлены прямо к Земле, а это создает ложное впечатление мощности большей, чем в реальности.

Если гамма-барстеры — это действительно черные дыры в процессе образования, то следующее поколение космических телескопов должно позволить нам изучать этот процесс в подробностях и, возможно, ответить на некоторые из глобальных вопросов о времени и пространстве. В частности, если черные дыры могут закручивать пространство в кренделя, то могут ли они искривлять также и время?

МАШИНА ВРЕМЕНИ ВАН СТОКУМА

Теория Эйнштейна объединяет пространство и время в одно неразрывное целое. В результате любой портал, соединяющий две точки пространства, может также соединять два момента времени. Иными словами, теория Эйнштейна допускает возможность путешествий во времени.

Сам концепт времени развивался на протяжении веков. Для Ньютона время было похоже на стрелу; будучи выпущенной, она уже не меняла своей траектории полета и четко и равномерно двигалась к цели. Затем Эйнштейн предложил концепт искривленного пространства, а время стало больше похоже на реку, которая вилась по Вселенной, то ускоряя, то замедляя свой бег. Но Эйнштейна беспокоила опасность

того, что река времени может замкнуться сама на себе. Возможно, в реке времени существовали водовороты и рукава.

В 1937 году эту опасность заметили физики, когда В. Я. ван Стокум нашел решение уравнений Эйнштейна, которые делали возможным путешествие во времени. Он начал с бесконечно длинного вращающегося цилиндра. Хотя физически невозможно построить объект с бесконечными размерами, он рассчитал, что, если бы такой цилиндр вращался со скоростью, близкой к скорости света, он бы увлекал материю пространства-времени с собой, подобно тому как патока увлекается лопастями миксера. (Этот эффект скручивания также известен как захват системы отсчета и был экспериментально обнаружен на детальных фотографиях вращающихся черных дыр.)

Любого храбреца, отважившегося пройти мимо цилиндра, засосало бы внутрь с фантастической скоростью. При этом стороннему наблюдателю казалось бы, что тот человек превысил скорость света. Хотя сам ван Стокум тогда так и не понял, что, облетев вокруг цилиндра, по сути, можно вернуться назад во времени — в момент, предшествующий моменту отлета. Если вы отбыли в полдень, то к тому времени, как вы вернетесь в точку отсчета, может быть, скажем, 6 часов вечера вчерашнего дня. Чем быстрее вращение цилиндра, тем дальше вы можете унести назад во времени (при этом единственным ограничением будет то, что вы не смогли бы попасть в момент времени до создания самого цилиндра).

Поскольку сам цилиндр похож на майское дерево*, то каждый раз, когда вы в танце проносились мимо него, вы бы все дальше и дальше уходили во времени в прошлое. Конечно же, такое решение может быть с легкостью отброшено, поскольку цилиндр все-таки не может быть бесконечно длинным. Кроме того, если бы такой цилиндр все же можно было построить, то центробежная сила, действующая на него, была бы неверо-

* Украшенный цветами столб, вокруг которого танцуют в майские праздники в Англии. — *Прим. пер.*

ятно велика, что стало бы причиной разрушения материала, из которого сделан цилиндр.

ВСЕЛЕННАЯ ГЁДЕЛЯ

В 1949 году великий математик и логик Курт Гёдель обнаружил еще более сложное решение уравнений Эйнштейна. Он предположил, что вселенная вращается вся целиком. Подобно случаю с вращающимся цилиндром ван Стокума, все увлекается пространством-временем, тягучим, словно патока.

Во вселенной Гёделя человек, в принципе, может путешествовать между двумя любыми точками пространства или времени. Вы можете стать участником любого события, происшедшего в любой период времени, вне зависимости от того, насколько далеко оно от настоящего. Из-за действия гравитации вселенная Гёделя имеет тенденцию к коллапсу. Поэтому центробежная сила вращения должна сбалансировать гравитационную силу. Иными словами, вселенная должна вращаться с определенной скоростью. Чем больше вселенная, тем больше ее тенденция к коллапсу и тем быстрее она должна вращаться для его предотвращения.

К примеру, вселенная нашего размера по Гёделю должна была бы совершать один полный оборот за 70 млрд лет, а минимальный радиус для путешествия во времени составлял бы 16 млрд световых лет. Однако, путешествуя во времени в прошлое, вы должны двигаться со скоростью чуть ниже скорости света.

Гёделю было прекрасно известно о парадоксах, которые могли возникнуть из такого решения, — возможности встретить самого себя в прошлом и изменить ход истории. «Совершая кругосветное путешествие на ракете по достаточно длинному маршруту, в этих мирах возможно попадать в любой момент прошлого, настоящего и будущего, а потом снова возвращаться обратно, так же как в других мирах возможно путешество-

вать в отдаленные области пространства, — писал он. — Такое положение дел, кажется, несет в себе элемент абсурда. Ибо оно позволяет человеку отправляться в не очень отдаленное прошлое тех мест, где он сам жил когда-то. Там он обнаружил бы человека, который был бы им самим в более ранний период его жизни. И тогда он смог бы сделать что-нибудь с этим человеком, чего, по его воспоминаниям, с ним самим не происходило»⁷.

Эйнштейн был глубоко обеспокоен решением, найденным его другом и коллегой по Институту перспективных исследований в Принстоне. Его ответ был достаточно прозрачен:

Работа Курта Гёделя, на мой взгляд, представляет собой важный вклад в общую теорию относительности, особенно в анализ концепта времени. Проблема, рассмотренная в работе, беспокоила меня еще во время создания общей теории относительности, и я так и не достиг успеха в ее разрешении... Различие раньше — позже стирается при рассмотрении точек Вселенной, отстоящих далеко друг от друга в космологическом смысле, а при учете направления причинных связей возникают те парадоксы, о которых говорит господин Гёдель... Будет интересно разобраться, можно ли отбросить их по причине недостаточного физического обоснования⁸.

Ответ Эйнштейна интересен по двум причинам. Во-первых, он признал, что возможность путешествий во времени беспокоила его с того самого момента, когда он впервые сформулировал общую теорию относительности. Поскольку считается, что время и пространство похожи на кусок резины, который может сгибаться и искривляться, Эйнштейна обеспокоило то, что пространство-время может искривиться настолько, что путешествие во времени станет возможно. Во-вторых, он исключил решение Гёделя по причине недостаточного «физического обоснования», поскольку Вселенная не вращается, она расширяется.

Когда Эйнштейн умер, стало известно, что его уравнения допускали существование странных явлений (путеше-

ствий во времени, порталов). Но никто о них серьезно не задумывался — ведь ученые считали, что эти явления не могут быть реализованы. Всеобщее мнение гласило: для этих решений не существует основы в реальном мире. Вы бы погибли, если бы попытались попасть в параллельную вселенную через черную дыру; вселенная не вращается; цилиндр бесконечной длины изготовить нельзя — все это придавало вопросу о путешествиях во времени чисто теоретический характер.

МАШИНА ВРЕМЕНИ ТОРНА

О путешествиях во времени забыли на целых 35 лет до 1985 года, когда астроном Карл Саган написал роман «Контакт» (Contact) и захотел описать, как его героиня смогла бы попасть на звезду Вега. Ему требовалось путешествие в оба конца, то есть чтобы героиня сначала попала на Вегу, а потом вернулась на Землю, а с помощью порталов черных дыр это было невозможно. Саган обратился за помощью к физику Кипу Торну. Торн потряс мир физики новыми решениями уравнений Эйнштейна, которые допускали путешествие во времени в обход многих проблем. В 1988 году вместе с коллегами, Майклом Моррисом и Ульви Юртсивером, Торн объявил, что машину времени сконструировать возможно при условии, что каким-то образом будут получены странные формы вещества и энергии, такие как экзотическое отрицательное вещество и отрицательная энергия. Сначала физики скептически отнеслись к этому новому решению, поскольку никто никогда не видел это экзотическое вещество, а отрицательная энергия существует только в малых количествах. Но все же это решение являло собой прорыв в нашем понимании путешествия во времени.

Большим преимуществом отрицательного вещества и отрицательной энергии является то, что они способны сделать портал двусторонним и вы сможете совершить путе-

шествие в оба конца, не беспокоясь о горизонтах событий. По сути, группа Торна обнаружила, что путешествие с помощью машины времени было бы вполне мягким по сравнению со стрессом, который человек испытывает, путешествуя коммерческими авиарейсами.

Однако проблема в том, что экзотическое вещество (оно же отрицательное) обладает весьма удивительными качествами. В отличие от антивещества (которое, как известно, существует и, вероятнее всего, под воздействием гравитационного поля падает на Землю), отрицательное вещество падает вверх, так что оно будет парить, всплывать вверх под воздействием земной гравитации, поскольку обладает антигравитацией. Оно отталкивается, а не притягивается обычным веществом и другим отрицательным веществом. Это также означает, что его довольно трудно обнаружить в природе, если оно вообще существует. С тех пор как Земля образовалась 4,5 млрд лет назад, любое отрицательное вещество уплыло бы далеко в космос. Так что, возможно, отрицательное вещество плавает в космосе вдали от всех планет. (Отрицательное вещество, возможно, никогда не столкнется с пролетающей мимо звездой или планетой, поскольку оно отталкивается обычным веществом.)

Если отрицательное вещество никто никогда не видел (и вполне возможно, что его вообще не существует), существование отрицательной энергии физически возможно, но встречается она чрезвычайно редко. В 1933 году Хендрик Казимир доказал, что две незаряженные параллельные металлические пластины могут создавать отрицательную энергию. Обычно ожидается, что две пластины остаются стационарными, поскольку не имеют заряда. Однако Казимир показал, что между этими двумя незаряженными параллельными пластинами существует очень слабая сила притяжения. В 1948 году эта незначительная сила действительно была измерена, что доказало реальную возможность существования отрицательной энергии. Эффект Казимира использует довольно необычное свойство вакуума. Согласно квантовой теории, пустое про-

странство заполнено виртуальными частицами, и это возможно благодаря принципу неопределенности Гейзенберга, который допускает, что исконные классические законы могут быть нарушены, если эти нарушения кратковременны. Например, благодаря принципу неопределенности существует некоторая вероятность того, что электрон и позитрон могут возникнуть из ничего, а затем аннигилировать. Поскольку параллельные пластины находятся очень близко друг к другу, эти виртуальные частицы не могут свободно попасть в пространство между пластинами. Таким образом, поскольку вокруг пластин находится гораздо больше частиц, чем между ними, это создает силу, направленную извне, которая слегка подталкивает пластины друг к другу. Этот эффект был точно измерен в 1996 году Стивеном Ламоро из Лос-Аламосской национальной лаборатории. Измеренная им сила притяжения оказалась крошечной (равной весу 1/30 000 такого насекомого, как муравей). Чем меньше расстояние между пластинами, тем больше сила притяжения.

Итак, в этом заключается возможный принцип работы машины времени, выдуманной Торном. Высокоразвитая цивилизация могла бы начать с двух параллельных пластин, находящихся на крайне малом расстоянии друг от друга. Потом эти параллельные пластины были бы преобразованы в сферу, состоящую из внешней и внутренней оболочек. Затем они взяли бы две такие сферы и каким-либо способом протянули бы портал-червоточину между ними, таким образом эти сферы оказались бы соединены пространственным туннелем. Теперь каждая из сфер содержала бы вход в портал.

Обычно течение времени синхронно в обеих сферах. Но если мы поместим одну из сфер в ракету и запустим ее, сообщив ей скорость, близкую к световой, то для этой ракеты время замедлит свой ход, и две сферы больше не будут синхронизированы во времени. Часы в ракете идут намного медленнее, чем на Земле. Если затем прыгнуть в сферу на Земле, то через портал, соединяющий сферы, можно попасть в другую

ракеты, которая находится в прошлом (Однако опять-таки эта машина времени не может перенести вас во время, предшествующее созданию самой машины.)

ПРОБЛЕМЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Несмотря на то что, объявив о найденном решении уравнений Эйнштейна, Торн произвел настоящую сенсацию, реализация его идей затруднялась некоторыми серьезными препятствиями, трудно устранимыми даже в условиях высокоразвитой цивилизации. Для начала необходимо было получить большие количества отрицательной энергии, а она встречается довольно редко. Действие портала такого типа зависит от наличия большого количества отрицательной энергии, которая не дает portalу закрыться. Если получать отрицательную энергию, как это описал Казимир, действие ее довольно слабо и размер портала будет намного меньше атома, что делает нереальным путешествие через этот портал. Существуют и другие источники отрицательной энергии, кроме описанного эффекта Казимира, но все их довольно сложно контролировать. Например, физики Пол Дэвис и Стивен Фуллинг показали, что создание отрицательной энергии возможно с помощью быстро перемещаемого зеркала, при этом отрицательная энергия аккумулируется перед зеркалом по мере его передвижения. К сожалению, для получения отрицательной энергии зеркало придется перемещать со скоростью, близкой к скорости света. Кроме того, как и в случае с эффектом Казимира, количество полученной отрицательной энергии чрезвычайно мало.

Еще один способ получения отрицательной энергии связан с использованием высокомошных лазерных лучей. Среди энергетических состояний лазера наличествуют «сжатые состояния», в которых сосуществуют положительная и отрицательная энергия. Однако это взаимодействие тоже довольно трудно контролировать. Стандартный импульс отрицатель-

ной энергии может длиться 10^{-15} с, после чего за ним следует импульс положительной энергии. Отделить состояния положительной энергии от состояний отрицательной энергии можно, хотя и чрезвычайно трудно. Более подробно я буду говорить об этом в главе 11.

И, наконец, оказывается, отрицательная энергия содержится и в черной дыре — у ее горизонта событий. Как доказали Яков Бекенштейн и Стивен Хокинг, черная дыра не является абсолютно черной, поскольку она пусть медленно, но испускает энергию⁹. Это происходит потому, что принцип неопределенности делает возможным туннелирование излучения сквозь невероятную гравитацию черной дыры. Но, поскольку такая черная дыра теряет энергию, со временем горизонт событий сужается. Обычно, если положительное вещество (например, звезду) бросить в черную дыру, горизонт событий расширяется. Но если мы сбросим в черную дыру отрицательное вещество, то горизонт событий сузится. Таким образом, испускание энергии черной дырой создает отрицательную энергию возле горизонта событий. (Некоторые ученые выдвигали идею поместить устье портала-червоточины рядом с горизонтом событий, чтобы он собирал отрицательную энергию. Однако собирать отрицательную энергию подобным образом было бы крайне сложно и опасно, поскольку вам все время пришлось бы находиться чрезвычайно близко к горизонту событий.)

Хокинг доказал, что отрицательная энергия в целом необходима для стабилизации всех решений для порталов. Ход его рассуждений довольно прост. Обычно положительная энергия может создать вход в портал-червоточину, который концентрирует вещество и энергию. Таким образом, лучи света фокусируются в устье портала. Однако если эти же лучи света появятся с другой стороны, то где-то в центре портала-червоточины лучи света должны расфокусироваться. Единственным возможным объяснением такого варианта событий является наличие отрицательной энергии. Далее, отрицательная энергия отталкивает, что необходимо для предотвращения сжатия портала

под воздействием силы гравитации. Поэтому ключом к созданию машины времени или портала может быть достаточное количество отрицательной энергии, чтобы устье-вход портала было открыто и находилось в устойчивом состоянии. (Многие ученые-физики уже обнаружили, что при наличии сильных гравитационных полей поля отрицательной энергии — явление обычное.) Так что, возможно, когда-нибудь гравитационную отрицательную энергию смогут использовать для управления машиной времени.

Еще одним препятствием, не позволяющим создать такую машину времени, является следующее: где найти портал-червоточину? Торн опирался на тот факт, что порталы-червоточины создаются естественным путем в том, что называют пеной пространства-времени. Это возвращает нас к вопросу, который поставил более 2000 лет назад греческий философ Зенон: каково наименьшее расстояние, которое можно пройти?

Зенон когда-то математически доказал, что реку пересечь невозможно. Сначала он заметил, что расстояние между берегами реки можно разделить на бесконечное количество точек. Но поскольку для того, чтобы пройти бесконечное множество точек, понадобится бесконечное количество времени, то реку пересечь невозможно. Или, если на то пошло, ничто вообще не может двигаться. (Для разрешения этой головоломки понадобятся еще два тысячелетия и соответствующее развитие вычислительной науки. Можно доказать, что бесконечное множество точек можно пройти за конечное количество времени, что в конце концов делает движение математически возможным.)

Джон Уилер из Принстона проанализировал уравнения Эйнштейна с целью найти наименьшее расстояние. Уилер обнаружил, что на невероятно малых расстояниях порядка длины Планка (10^{-33} см) теория Эйнштейна предсказывала, что искривление пространства будет достаточно велико. Иными словами, при длине Планка проявляется то обстоятельство, что пространство совсем не гладкое, а сильно искрив-

ленное, то есть его характеризуют неоднородность и пенистость. Пространство становится комковатым и буквально бурлит; при этом крошечные пузырьки выпрыгивают из вакуума и снова исчезают в нем. Даже пустое пространство, если его рассматривать в таком масштабе, постоянно заполнено мельчайшими пузырьками пространства-времени, которые, по сути, представляют собой крошечные порталы-червоточины и вселенные-малютки. Обычно виртуальные частицы состоят из электронных и позитронных пар, которые появляются, чтобы тут же аннигилировать друг друга. Но при длине Планка крошечные пузырьки, представляющие собой целые вселенные и порталы, могут возникать только для того, чтобы тут же раствориться в вакууме. Наша собственная Вселенная могла зародиться в виде одного из таких крошечных пузырьков, качивающихся в пене пространства-времени, который потом раздулся по неизвестным нам причинам.

Поскольку порталы-червоточины в естественном состоянии можно обнаружить в «пене», Торн предположил, что высоко-развитая цивилизация сможет извлечь эти порталы из «пены», а затем расширить их и стабилизировать с помощью отрицательной энергии. Хотя это достаточно сложный процесс, он лежит в пределах возможностей, определяемых законами физики.

Машина времени Торна кажется теоретически возможной, хотя с точки зрения технологии сконструировать ее чрезвычайно сложно. Но существует еще один нерешенный вопрос: противоречат ли путешествия во времени фундаментальному закону физики?

ВСЕЛЕННАЯ У ВАС В СПАЛЬНЕ

В 1992 году Стивен Хокинг попытался разрешить вопрос о путешествиях во времени раз и навсегда. Инстинктивно он был против путешествий во времени; ведь если бы путешествия

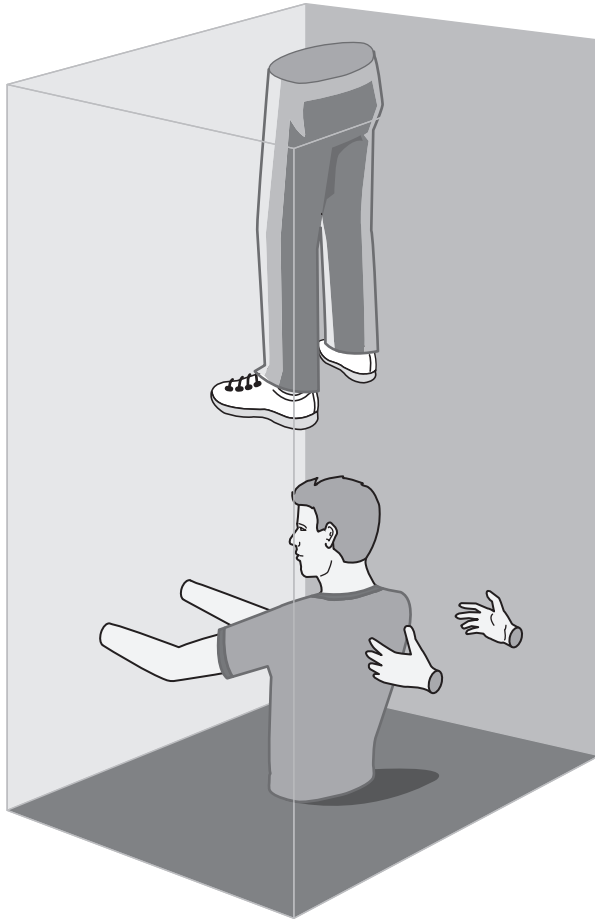
сквозь время были таким же обычным явлением, как и воскресные пикники, тогда мы должны были бы видеть туристов из далекого будущего, которые глазели бы на нас и фотографировали.

Но физики часто приводят цитату из эпического романа Т. Уайта «Король былого и грядущего» (*The Once and Future King*), где муравьиное общество заявляет: «Все, что не запрещено, обязательно к исполнению»¹⁰. Иными словами, если нет основополагающего физического принципа, запрещающего путешествия во времени, то они непременно являются физически возможными. (Причиной тому есть принцип неопределенности. Если только что-либо не запрещено, то квантовые взаимодействия и флуктуации в конце концов сделают это возможным при условии достаточно долгого ожидания.) В ответ Стивен Хокинг предложил гипотезу защиты хронологии, которая запрещает путешествия во времени и тем самым сохраняет историю для историков. Согласно этой гипотезе, путешествия во времени невозможны, поскольку противоречат частным физическим принципам.

Поскольку с решениями для порталов-червоточин работать чрезвычайно трудно, Хокинг начал свое доказательство с анализа упрощенной Вселенной, открытой Чарльзом Мизнером из Мэрилендского университета: в ней наличествовали все составляющие, необходимые для путешествий во времени. Пространство Мизнера — это идеализированное пространство, в котором, например, ваша спальня становится целой вселенной. Пусть каждая точка на левой стене спальни идентична соответствующей точке на правой стене. Это означает, что если вы пойдете по направлению к левой стене и не остановитесь вовремя, то не разобьете себе нос в кровь, а пройдете сквозь стену и выйдете из правой стены. То есть в каком-то смысле левая и правая стены соединены цилиндрически.

Кроме того, точки на передней стене дома идентичны точкам на задней стене, а точки на потолке идентичны точкам

пола. Таким образом, двигаясь в любом направлении, вы пройдете сквозь одну из стен спальни и снова вернетесь в нее. Вы не можете выйти из спальни. Иными словами, ваша спальня поистине является целой вселенной!



В пространстве Мизнера вселенная заключена в вашей спальне. Противоположные стены идентичны друг другу, а потому, пройдя сквозь одну стену, вы тут же появитесь из противоположной. Точно так же и потолок идентичен полу. Пространство Мизнера часто изучают по той причине, что его топология идентична топологии портала-червоточины, но с ним намного легче иметь дело в математическом отношении. Если стены двигаются, то во вселенной Мизнера путешествия во времени возможны

Далее, взглядевшись в левую или правую стену, вы увидите, что она, по сути, прозрачна и на другой стороне этой стены находится точная копия вашей спальни. В этой другой спальне стоит ваш точный клон, хотя вы и сможете увидеть только его спину, но никогда — лицо. Если вы посмотрите вверх или вниз, то также увидите точные копии самого себя. По сути, существует бесконечная последовательность точных копий вас самих, стоящих спереди, сзади, внизу и над вами.

Вступить в контакт с самим собой довольно трудно. Каждый раз, когда вы поворачиваете голову, чтобы взглянуть на лица клонов, то обнаруживаете, что они тоже отворачиваются, и поэтому вы никак не можете увидеть их лица. Но если спальня достаточно маленькая, то вы можете просунуть руку сквозь стену и схватить за плечо клона, стоящего перед стеной. Вас может повергнуть в шок то, что клон сзади вас также протянул руку и схватил вас за плечо. Точно так же вы можете вытянуть руки направо и налево, схватив клонов, стоящих слева и справа, и тогда образуется бесконечная последовательность вас самих, держащихся за руки. В сущности, вы протянулись через всю вселенную, чтобы схватить за плечо самого себя. (Не рекомендуется наносить вред своим клонам. Если вы возьмете пистолет и направите его на клона впереди вас, то вам, возможно, стоит пересмотреть свою позицию и не нажимать на курок, потому что клон сзади также целится в вас!)

Представьте, что в пространстве Мизнера стены вокруг вас сжимаются. Ситуация становится интересной. Допустим, что спальня сжимается и правая стена медленно движется по направлению к вам со скоростью 3 км/ч. Если теперь вы пройдете сквозь левую стену, то появитесь из правой движущейся стены, но уже приобретете дополнительную скорость, равную 3 км/ч, сообщенную вам стеной, так что теперь вы будете двигаться со скоростью 6 км/ч. По сути, каждый раз, как вы совершаете полный проход, вам сообщается дополнительная скорость, равная 3 км/ч. После повторения путешествий вокруг вселенной вы двигаетесь со скоростью 9, потом

12, 15 км/ч — до тех пор, пока не достигнете невероятной скорости, близкой к световой.

В определенной критической точке вы двигаетесь в этой вселенной Мизнера настолько быстро, что начинаете путешествие во времени назад. По сути, вы можете посетить любую предыдущую точку пространства-времени. Хокинг тщательно изучил пространство Мизнера. Он обнаружил, что с математической точки зрения правая и левая стены почти идентичны двум устьям-входам портала-червоточины. Иными словами, ваша спальня и есть портал, где правая и левая стены одинаковы и являются идентичными устьями-входами портала.

Затем он отметил тот факт, что пространство Мизнера неустойчиво с точки зрения как классической, так и квантовой механики. К примеру, если вы направите луч фонарика на левую стену, то луч будет набирать энергию каждый раз, появляясь из правой стены. Этот луч приобретет голубое смещение, то есть будет содержать все больше энергии, и так до тех пор, пока энергия не станет бесконечной, а это невозможно. Или же луч фонаря приобретет такое количество энергии, что создаст собственное невероятно сильное гравитационное поле, которое сожмет спальню/портал. Таким образом, портал сожмется, если вы попытаетесь пройти сквозь него. Также можно доказать, что нечто, называемое тензором энергии-импульса, который измеряет энергетическое и вещественное содержимое пространства, станет бесконечным, поскольку излучение может пройти сквозь эти две стены бесконечное количество раз.

Хокинг таким образом нанес завершающий смертельный удар по идее путешествий во времени — многочисленные эффекты излучения накладывались до тех пор, пока не начали стремиться к бесконечности, создавая отклонения, губя путешественника во времени и закрывая портал.

В своих работах Хокинг поднял вопрос об отклонениях, что вызвало оживленную дискуссию в физической литературе. Ученые разделились, выступая за и против принципа защиты

хронологии. По сути, несколько физиков бросились искать бреши в доказательстве Хокинга, выбирая подходящие значения для порталов, изменяя их параметры — длину и пр. Они обнаружили, что в некоторых решениях для порталов тензор энергии-импульса действительно отклонялся, но в остальных решениях он был четко определен. Русский физик Сергей Красников рассмотрел вопрос отклонений в связи с различными типами порталов и сделал вывод, что «нет ни крупницы доказательств предположения, что машина времени должна быть нестабильна»¹¹.

Научная мысль так далеко отступила от выводов Хокинга, что физик из Принстона Ли-Синь Ли даже выдвинул гипотезу антихронологической защиты: «Не существует такого закона физики, который бы препятствовал появлению замыкающихся временных петель»¹².

В 1998 году Хокинг был вынужден в некотором роде пойти на уступку. Он написал: «Тот факт, что тензор энергии-импульса не выказывает отклонений [в определенных случаях], доказывает, что обратная реакция не навязывает нам существования принципа защиты хронологии». Это совсем не означает, что путешествие во времени возможно, это лишь доказывает, что наши познания в этой области далеко не полны. Физик Мэтью Виссер считает, что провал гипотезы Хокинга «вовсе не должен питать надежды энтузиастов путешествий во времени, а скорее указывает на то, что разрешение вопросов защиты хронологии требует доскональной разработки теории квантовой гравитации»¹³.

Сегодня Хокинг уже не говорит, что путешествия во времени абсолютно невозможны. Он утверждает лишь, что они очень уж маловероятны и трудно осуществимы. Перевес совершенно очевидно не в пользу путешествий во времени. Но тем не менее нельзя полностью отбрасывать возможность их осуществления. Если бы можно было каким-либо образом использовать большие количества положительной и отрицательной энергии, то путешествия во времени и вправду стали бы возможны. (И, вероятно, наше время только потому

не наводнили толпы туристов из будущего, что самым отдаленным временем, в которое они могут отправиться, является момент создания самой машины времени, а машины времени пока что еще не сконструированы.)

МАШИНА ВРЕМЕНИ ГОТТА

В 1991 году Дж. Ричард Готт III из Принстона предложил еще одно решение эйнштейновских уравнений, которое допускало путешествия во времени. Его подход был интересен потому, что Готт выбрал совершенно новое, можно сказать, свеженькое направление, полностью отбросив вращающиеся объекты, порталы-червоточины и отрицательную энергию.

Готт родился в Луисвилле (штат Кентукки) в 1947 году. В его речи до сих пор слышен мягкий южный акцент, который кажется несколько экзотичным в разреженном, беспорядочном мире теоретической физики. Он начал изучать физику еще в детстве, вступив в клуб астрономов-любителей, где наслаждался видом звездного неба.

В школе Готт выиграл престижный конкурс «Поиски научных талантов» корпорации «Вестингауз», в котором ныне участвует как председатель жюри. Закончив Гарвард со степенью доктора математики, он отправился в Принстон, где работает и по сей день.

Занимаясь исследованиями в области космологии, Готт заинтересовался космическими струнами — остатком Большого взрыва, существование которых предсказывается во многих теориях. Космические струны могут быть тоньше диаметра атомного ядра, но их масса может быть сравнима со звездной, и они протягиваются в пространстве на миллионы световых лет. Готт первым обнаружил решение уравнений Эйнштейна, допускающее существование космических струн. Но затем он заметил в этих космических струнах нечто необычное. Если две космические струны отправить навстречу друг другу, то прямо

перед тем, как они столкнутся, их можно использовать в качестве машины времени. К тому же он обнаружил, что если облететь вокруг сталкивающихся космических струн, то пространство сжимается, что придает ему необычные свойства. Мы знаем, что, если, например, обойти вокруг стола и вернуться на место старта, мы совершим оборот (вокруг стола) в 360° . Но если ракета облетит две космические струны при их прохождении друг сквозь друга, то она, по сути, совершит неполный оборот, меньший 360° , потому что пространство сжимается. (Это топология конуса. Если мы облетим вокруг конуса, то обнаружим, что совершили неполный оборот.) Таким образом, стремительно облетев вокруг обеих струн, вы фактически могли бы превысить скорость света (с точки зрения находящегося в отдалении наблюдателя), поскольку общее расстояние будет меньшим, чем ожидалось. Однако это не противоречит специальной теории относительности, поскольку в вашей собственной системе отсчета скорость ракеты никогда не превысит скорости света.

Но это также означает, что если вы облетите две сталкивающиеся космические струны, то сможете совершить путешествие в прошлое. Готт вспоминает: «Когда я обнаружил это решение, я чрезвычайно взволновался. В решении использовалось только положительное вещество, которое двигалось со скоростью, не превышающей скорость света. Для сравнения: решения, привлекающие порталы, требуют присутствия более экзотического отрицательного энергетически плотного вещества (то есть чего-то, что весит меньше, чем ничего)»¹⁴.

Но количество энергии, необходимое для создания машины времени, просто невероятно. «Чтобы сделать возможными путешествия в прошлое, космические струны массой в 10 трлн т на сантиметр должны двигаться в противоположных направлениях со скоростями, составляющими по меньшей мере 99,999999996% скорости света. Мы наблюдали во Вселенной протоны высокой энергии, двигающиеся так же быстро, а потому такие скорости возможны»¹⁵, — замечает он.

Некоторые критики указывают, что космические струны — явление очень редкое, если они вообще существуют, а столкновение космических струн — еще более редкое. Поэтому Готт предложил следующее: высокоразвитая цивилизация может обнаружить космическую струну в открытом космосе. Используя гигантские космические корабли и точнейшие приборы огромных размеров, люди будущего могли бы преобразовать эту струну в слегка неправильный прямоугольник-петлю (похожий на наклонный стул). По его теории, эта петля-прямоугольник может коллапсировать под воздействием собственной гравитации, так что два прямых отрезка космической струны могут пролететь друг мимо друга со скоростью, близкой к скорости света, создав тем самым машину времени. И тем не менее Готт признает: «Коллапсирующая петля из космической струны, достаточно большая для того, чтобы вы смогли облететь вокруг нее и отправиться хотя бы на год назад в прошлое, должна была бы иметь массу-энергию более половины всей галактики»¹⁶.

ВРЕМЕННЫЕ ПАРАДОКСЫ

Традиционно еще одной причиной, по которой ученые отбрасывали идею путешествия во времени, были временные парадоксы. Например, если вы вернетесь назад во времени и убьете своих родителей до момента вашего рождения, то рождение ваше станет невозможным. Так что для начала вы никогда не сможете вернуться назад во времени и убить своих родителей. Это важно, поскольку наука основывается на логически последовательных идеях; такого временного парадокса было бы достаточно, чтобы отбросить идею о путешествиях во времени.

Эти временные парадоксы разделяются на несколько категорий:

Дедушкин парадокс. Согласно этому парадоксу, вы изменяете прошлое таким образом, что существование настоящего стано-

вится невозможным. Например, отправившись в отдаленное прошлое, чтобы взглянуть на динозавров, вы можете случайно наступить на маленькое мохнатое существо, которое, возможно, было первым предком рода человеческого. Уничтожив своего предка, вы делаете собственное существование логически невозможным.

Информационный парадокс. Согласно этому парадоксу, информация приходит из будущего, а это означает, что у нее нет начала. Например, представим, что какой-то ученый создал машину времени и отправляется в прошлое, чтобы поведать секрет путешествия во времени самому себе в юные годы. У этого секрета не будет начала, поскольку та машина времени, которую создаст молодой ученый, не будет изобретена им самим; секрет ее конструкции будет передан ему его старшим воплощением.

Парадокс Билкера. Предположим, человек знает, каким будет его будущее, и совершает какой-то поступок, что делает существование такого будущего невозможным. Например, вы создаете машину времени, которая может унести вас в будущее, и обнаруживаете, что вам суждено жениться на женщине по имени Джейн. Однако в пику судьбе вы решаете жениться на женщине по имени Хелен, таким образом делая невозможным существование такого будущего.

*Сексуальный парадокс*¹⁷. Согласно этому парадоксу, вы являетесь собственным отцом, что невозможно биологически. Герой истории, написанной британским философом Джонатаном Харрисоном, не только является собственным отцом, но и съедает самого себя. В классическом произведении Роберта Хайнлайна «Все вы зомби» герой одновременно и собственный отец, и мать, и дочь, и сын, то есть в нем воплощено все фамильное древо. (За подробностями обратитесь к примечаниям. Раскрыть тайну сексуального парадокса в действительности

довольно сложно, поскольку это требует знаний как в области теории путешествий во времени, так и в механике ДНК.)

В «Конце вечности» Айзек Азимов рисует в своем воображении «временную полицию», которая отвечает за предотвращение подобных парадоксов. В фильме «Терминатор» сюжет основан на информационном парадоксе — ученые изучают микрочип, взятый у робота из далекого будущего, затем они создают целую расу роботов, которые наделены сознанием, и те завоевывают весь мир. Иными словами, сама конструкция этих роботов не была создана каким-либо изобретателем; она просто взята из обломков одного из роботов далекого будущего. В фильме «Назад в будущее» Майкл Дж. Фокс пытается избежать дедушкиного парадокса, когда возвращается назад во времени и встречается со своей матерью-подростком, которая тут же влюбляется в него. Но если она отвергнет ухаживания отца Фокса, то само существование Майкла будет поставлено под угрозу.

Сценаристы охотно нарушают законы физики, создавая голливудские блокбастеры. Но в кругу физиков к таким парадоксам относятся очень серьезно. Любое решение подобных парадоксов должно быть совместимо с теорией относительности и квантовой теорией. Например, для совмещения с теорией относительности река времени должна быть бесконечной. Вы не можете запрудить реку времени. В общей теории относительности время представлено как гладкая протяженная поверхность, которую нельзя разорвать и на которой не может образоваться рябь. Топология ее может измениться, но просто так остановиться река не может. Это означает, что если вы убьете своих родителей до момента собственного рождения, то не исчезнете. Такой вариант развития событий противоречил бы законам физики.

В настоящее время физики делятся на две группы, поддерживая два возможных решения этих временных парадоксов. Русский космолог Игорь Новиков считает, что мы вынуждены

действовать таким образом, словно парадоксы неизбежны. Его подход называется «школой непротиворечивости». Если река времени мягко поворачивает вспять и снова замыкается на самой себе, создавая водоворот, то, согласно предположениям Новикова, если мы решим вернуться назад во времени, что было бы чревато созданием временного парадокса, некая невидимая рука должна вмешаться и предотвратить прыжок в прошлое. Но в подходе Новикова существуют проблемы со свободой воли. Если мы вернемся назад во времени и встретим собственных родителей, то можно подумать, что в своих действиях мы руководствуемся собственной волей; Новиков считает, что еще не открытый закон физики запрещает любое действие, которое изменило бы будущее (например, такое действие, как убийство собственных родителей или предотвращение факта собственного рождения). Он отмечает: «Мы не можем отправить путешественника во времени в сады Эдема, чтобы попросить Еву не срывать яблоко с дерева»¹⁸.

Что же это за загадочная сила, не позволяющая нам изменить прошлое и создать временной парадокс? «Такое давление на нашу волю необычно и загадочно, но все же оно имеет свои параллели, — пишет он. — Например, я могу изъявить волю прогуляться по потолку без всякого специального снаряжения. Закон гравитации не позволит мне этого сделать; я упаду на пол, если попытаюсь это сделать, а потому моя свобода воли ограничена»¹⁹.

Но временные парадоксы могут происходить и тогда, когда неодушевленное вещество (вовсе не обладающее свободной волей) забрасывается в прошлое. Предположим, что перед битвой Александра Великого с царем персов Дарием III в 330 году до н. э. вы отправляете в прошлое пулеметы с инструкцией на древнеперсидском по их использованию. Мы бы потенциально изменили всю последующую европейскую историю (и, возможно, обнаружили бы, что вместо одного из европейских языков разговариваем на каком-то диалекте персидского).