

Глава 6

Петля во времени

О да, мой сын,
в пространстве время здесь!

Рихард Вагнер. Парсифаль

Все знают, как выглядит машина времени: это такие стимпанковские сани с красным бархатным креслом, переливающимися огоньками и гигантским вращающимся штурвалом позади. Для представителей юного поколения сносной заменой будет навороченный спортивный автомобиль, увешанный хитрыми приспособлениями, а наши британские читатели наверняка отдадут предпочтение лондонской полицейской будке в стиле 50-х годов.¹ Функциональные подробности могут различаться от модели к модели, но одно известно точно: отправляясь в путешествие во времени, машина обязана дематериализоваться в облаке спецэффектов, для того чтобы возникнуть где-то за многие тысячелетия в прошлом или будущем.

Однако на самом деле все происходит совсем не так. Не потому, что путешествия во времени невозможны, а сама идея выглядит нелепицей; реальные или нереальные путешествия во времени — вопрос куда более сложный и неопределенный, чем вы можете себе вообразить. Я много раз подчеркивал сходство времени с пространством. Продолжим эту мысль: если вам повезет наткнуться на рабочую машину времени в лаборатории какого-нибудь сумасшедшего изобретателя, то вы увидите обычную «машину пространства» — банальное транспортное средство того или иного рода, предназначенное для перемещения из одного места в другое. Если уж вам хочется визуализировать путешествие в машине времени, представляйте себе ее старт как запуск космического корабля, а не как исчезновение в клубах дыма.

Так что же в действительности подразумевает путешествие во времени? Для нас интерес могут представлять два случая: путешествие в будущее и путешествие в прошлое. В будущее попасть легко: как сидели в кресле, так и продолжайте сидеть. Каждый час вы будете перемещаться ровно на час в будущее. Вы возразите: «Но ведь это скучно! Я хочу попасть далеко в будущее и как можно быстрее, а не переползать за каждый час всего лишь на один час вперед. Я хочу увидеть двадцать четвертый век еще до обеда!» Однако нам известно, что невозможно двигаться со скоростью, превышающей один час в час относительно часов, которые путешествуют вместе с вами. Вы можете попытаться

перехитрить себя, погрузившись в сон или в искусственную кому, но время идти не перестанет.

С другой стороны, вы можете изменить промежуток времени, затрачиваемый на прохождение вдоль вашей мировой линии по сравнению с мировыми линиями других людей. В ньютоновской Вселенной это невозможно, так как время универсально и вдоль всех мировых линий, соединяющих одни и те же два события, проходит один и тот же период времени. Однако специальная теория относительности позволяет нам управлять промежутками времени путем перемещения в пространстве. Движению без ускорения соответствует самый длинный временной интервал между двумя событиями; поэтому если вы желаете быстро (с вашей точки зрения) попасть в будущее, вам нужно всего лишь двигаться сквозь пространство—время по сильно искривленному пути. Вы можете улететь в межзвездное пространство на скорости, близкой к скорости света, а затем вернуться или, если запас топлива на вашей ракете достаточно велик, просто летать кругами на сверхвысокой скорости, никогда особенно не удаляясь от стартовой точки в пространстве. Когда вы приземлитесь и выйдете из космического корабля, помимо головокружения у вас будет понимание, что вы «переместились в будущее», или, точнее, что вдоль вашей мировой линии прошло меньше времени, чем вдоль мировых линий всех тех людей, с которыми вы попрощались при старте. Путешествовать в будущее просто, а как быстро вы будете перемещаться — вопрос исключительно ваших технологических возможностей. Это абсолютно не противоречит фундаментальным законам физики.

Однако в какой-то момент вам захочется вернуться обратно, и тут вы столкнетесь с настоящими трудностями. Главные проблемы путешествия во времени связаны как раз с путешествием в *прошлое*.

Жульничество с пространством—временем

Несмотря на уроки, которые мы извлекли из фильмов о Супермене, путешествие назад во времени не означает изменения направления вращения Земли на обратное. В этом должно участвовать само пространство—время. Если только, разумеется, вы не решите сжульничать, начав двигаться со скоростью выше скорости света.

В ньютоновской Вселенной вопрос путешествия назад во времени вообще не ставится. Мировые линии пронзают пространство—время, которое однозначно разделяется на трехмерные моменты равного времени, и правило о том, что мировые линии не могут менять направление и возвращаться назад, наруσιμο. В специальной теории относительности дела обстоят не намного

лучше. Определение «моментов равного времени» во Вселенной достаточно произвольно, однако в каждом событии мы сталкиваемся с ограничениями, накладываемыми световыми конусами. Будучи существами, сделанными из обычной материи, мы вынуждены двигаться из любого события вперед, внутрь светового конуса. Поэтому у нас нет никакого шанса вернуться во времени назад; на диаграмме пространства—времени мы неустанно шагаем вверх.

Если бы мы были сделаны из чего-то необычного, например *таххионов* — частиц, скорость движения которых всегда превышает скорость света, ситуация была бы немного интереснее. К сожалению, мы состоим не из тахионов, и есть веские основания полагать, что тахионы вообще не существуют. В отличие от обычных частиц, тахионы всегда вынуждены двигаться за пределами светового конуса. В специальной теории относительности объект, движущийся вне светового конуса, с точки зрения некоторых наблюдателей перемещается во времени назад. Кроме того, световые конусы — единственные структуры, определенные в пространстве—времени теории относительности; такого понятия, как «пространство в какой-то момент времени», попросту нет. Таким образом, если вы с какой-то частицей оказываетесь в одном и том же событии и она вылетает за пределы вашего светового конуса (быстрее света), это означает, что относительно вас она может перемещаться в прошлое. Остановить ее невозможно.

Получается, что тахион способен совершить нечто пугающее и непредсказуемое: «стартовать» из некоего события на мировой линии обычного, движущегося медленнее скорости света объекта (мы помним, что событие определяется некоторым положением в пространстве и некоторым моментом времени) и проследовать по пути, который приведет его в *предыдущую* точку на той же самой мировой линии. Вооружившись фонариком, испускающим тахионы, вы (по идее) могли бы сконструировать хитрую систему зеркал и отправлять световые сигналы азбукой Морзе в прошлое самому себе. Вы могли бы предостеречь себя в прошлом, что вот в то посещение ресторана креветки заказывать не стоит, или что не нужно идти на свидание со странноватой коллегой, или что неразумно вкладывать все свои сбережения в акции Pets.com.

Очевидно, что путешествия назад во времени порождают возможность возникновения парадоксов, а это способно любого человека выбить из колеи. Однако вернуть все на свои места совсем несложно: объявите, что тахионы, скорее всего, не существуют, а также несовместимы с законами физики.² Это одновременно и продуктивно, и недалеко от истины, по крайней мере до тех пор, пока вы не выходите за рамки специальной теории относительности. Когда в игру вступит искривленное пространство—время, все станет куда запутаннее и увлекательнее.

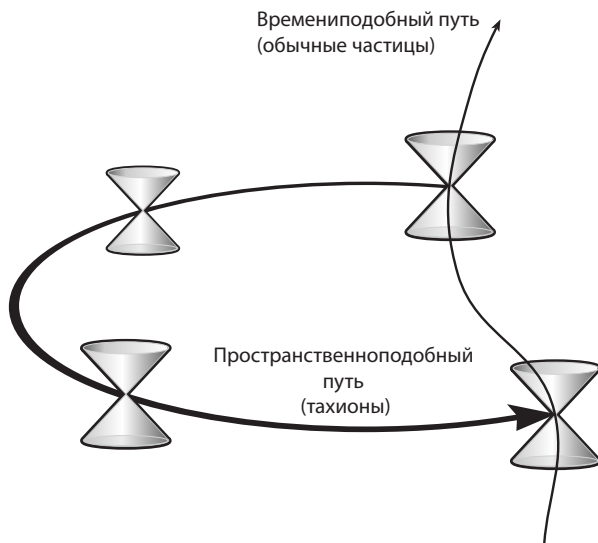


Рис. 6.1. Если бы тахионы существовали, они могли бы испускаться обычными объектами и улетать, для того чтобы быть поглощенными в прошлом. В каждом событии на своей траектории тахион двигается за пределом светового конуса

Круги во времени

Траектории в пространстве—времени тех из нас, кто сделан не из тахионов, ограничены скоростью света. Начиная с события, определяющего наше текущее местоположение — каким бы оно ни было, мы можем двигаться только «вперед во времени», навстречу какому-то другому событию внутри нашего светового конуса. Говоря научным языком, мы движемся сквозь пространство—время по времениподобной траектории. Это локальное требование, распространяющееся не на всю Вселенную, а лишь на некоторую окрестность вокруг нас. Но в общей теории относительности пространство—время искривлено. Это означает, что световые конусы в нашей окрестности не обязательно смотрят «в ту же сторону», что и световые конусы где-то вдалеке, — они могут быть наклонены по отношению друг к другу. Вспомните обсуждение из предыдущей главы, где световые конусы наклонялись в сторону черной дыры, — здесь мы говорим о точно таком же явлении.

Теперь представьте себе, что, вместо того чтобы наклоняться в сторону сингулярности и создавать черную дыру в нашем пространстве—времени,

световые конусы формируют окружность, как показано на рис. 6.2. Очевидно, что это потребовало бы наличия чрезвычайно сильного гравитационного поля, но мы можем позволить себе принять такое допущение. Если бы пространство—время было искривлено таким способом, то это бы порождало потрясающее следствие: мы могли бы следовать по времениподобному пути всегда вперед, в световой конус будущего, но в конечном счете встречаться с самими собой в каком-то момент в прошлом. Иными словами, наша мировая линия описывала бы в пространстве замкнутую окружность, пересекающую саму себя, благодаря чему мы в какой-то момент своей жизни сталкивались бы с собой образца какого-то другого момента.

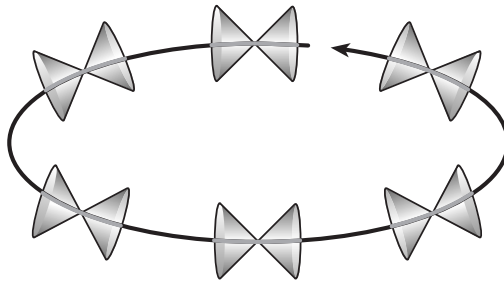


Рис. 6.2. В искривленном пространстве—времени световые конусы могли бы выстраиваться в окружность, формируя закрытые времениподобные пути

Такая мировая линия — всегда движущаяся вперед с локальной точки зрения, но умудряющаяся пересечься с самой собой в прошлом — называется *замкнутой времениподобной кривой*, или ЗВК. Именно ее мы имеем в виду, когда говорим о «машине времени» в рамках общей теории относительности. Для перемещения вдоль замкнутой времениподобной кривой вам потребуется обычное средство передвижения через пространство, скажем космический корабль. Возможно, сойдет и что-нибудь более приземленное: например, продолжать сидеть «без движения» в собственном кресле. Искривление пространства—времени само приведет вас в момент прошлого. Это центральное свойство общей теории относительности, которое сыграет важную роль позже, когда мы вернемся к обсуждению зарождения Вселенной и проблемы энтропии: пространство—время не высечено в мраморе, оно может меняться (даже появляться или исчезать), реагируя на воздействие материи и энергии.

В общей теории относительности легко найти пространство—время, и даже не одно, в котором встречаются замкнутые времениподобные кривые. Еще в 1949 году математик и логик Курт Гёдель нашел решение уравнения Эйнштейна

на, описывающее «вращающуюся» Вселенную. Его решение содержало замкнутые времениподобные кривые, проходящие через каждое событие. Гёдель подружился с бывшим уже в возрасте Эйнштейном во время работы в Институте перспективных исследований в Принстоне, и идея решения возникла из бесед между двумя учеными.³ В 1963 году новозеландский математик Рой Керр нашел точное решение, описывающее вращающуюся черную дыру; поразительно, что в этом случае сингулярность принимает форму быстро вращающегося кольца, в окрестности которого находятся замкнутые времениподобные кривые.⁴ А в 1974 году Франк Типлер доказал, что бесконечно длинный, состоящий из вещества вращающийся цилиндр, при условии, что он обладает достаточной плотностью и вращается достаточно быстро, будет создавать вокруг себя замкнутые времениподобные кривые.⁵

Однако для того чтобы сконструировать пространство—время с замкнутыми времениподобными кривыми, совсем не обязательно прилагать такие усилия. Возьмите самое заурядное плоское пространство—время, знакомое вам еще по специальной теории относительности. А теперь представьте, что времениподобное направление (определяемое каким-то конкретным движущимся без ускорения наблюдателем) представляет собой *окружность*, а не простирается вперед в бесконечность. В такой Вселенной объект, движущийся вперед во времени, будет снова и снова возвращаться к одному и тому же моменту в истории Вселенной. В фильме Гарольда Рамиса «День сурка» герой Билла Мюррея каждое утро просыпается в одной и той же обстановке и в течение дня оказывается ровно в тех же ситуациях, которые уже пережил днем раньше. Вселенная с циклическим временем, о которой мы говорим здесь, приблизительно так и выглядит. Однако имеются два важных исключения: во-первых, все дни были бы совершенно одинаковыми, включая действия и поступки главного героя, а во-вторых, вырваться из этого круга было бы невозможно. В частности, даже завоевание Энди Макдауэлл вас бы не спасло.

Вселенная с циклическим временем — не только игровая площадка для создателей фильмов; она также представляет собой точное решение уравнения Эйнштейна. Как вы помните, выбрав движущуюся без ускорения систему координат, мы можем «нарезать» четырехмерное плоское пространство—время на трехмерные моменты одинакового времени. Возьмем два таких среза: скажем, полночь 2 февраля и полночь 3 февраля — два момента во времени, распространенные на всю Вселенную (в данном конкретном случае плоского пространства—времени в данной конкретной системе координат). Теперь возьмем этот отрезок пространства—времени длиной в один день между двумя срезами, а все остальное отбросим. Наконец, отождествим время начала и время

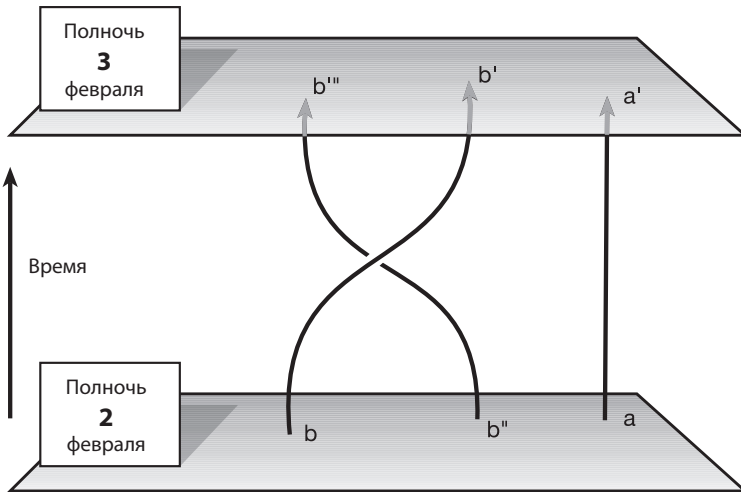


Рис. 6.3. Вселенная с циклическим временем, сконструированная путем отождествления двух моментов в плоском пространстве—времени. Показаны две замкнутые времениподобные кривые: первая замыкается за один проход (из a в a'), а вторая описывает две петли (из b в b' , затем из b'' в b''')

конца, то есть формулируем правило, согласно которому как только мировая линия доходит до какой-то точки в пространстве 3 февраля, она моментально заново появляется из соответствующей точки пространства в прошлом, 2 февраля. По сути, это то же самое, что скатать в трубочку лист бумаги и склеить края. В любом событии, даже в полночь 2 и 3 февраля, все выглядит совершенно гладко. Пространство—время плоское: время представляет собой окружность, а все точки на окружности абсолютно равноправны и ничем не отличаются друг от друга. Это пространство—время изобилует замкнутыми времениподобными кривыми, как показано на рис. 6.3. Возможно, у нас получилась не самая реалистичная Вселенная, однако мы убедились в том, что сами по себе правила общей теории относительности не противоречат существованию замкнутых времениподобных кривых.

Врата во вчера

Есть две основные причины, почему большинство людей, хотя бы немного времени посвятивших обдумыванию возможности путешествий во времени, поместили их на полку «Научная фантастика», а не «Серьезные исследования».