



Предисловие к переводу



Путешествия во времени – едва ли не единственная идея, которая родилась во времена первых древних философов, пережила тысячелетия, приобрела невиданную популярность в научной фантастике и наконец нашла свое подтверждение в современной физике.

Автор этой книги Пол Нахин заслужил любовь читателей благодаря обширной эрудиции, умению рассказать сложные вещи простыми словами и необычной точке зрения на многие вещи. Оригинальная книга о путешествиях во времени вышла в трех изданиях. Первые два издания были весьма объемными и содержали серьезные математические выкладки и множество ссылок на академические труды ученых. В третьем издании автор предпочел упростить материал, сократив научную составляющую книги.

Мы знаем, что наши читатели любят науку и с удовольствием разбираются в хитросплетении теорий. Поэтому при подготовке перевода мы решили взять все самое лучшее из трех изданий, опустив многочисленные отсылки к фантастической и религиозной литературе – об этом рассказывает другая недавно изданная книга Нахина «Божественная фантастика».

На наш взгляд, в итоге получилась очень содержательная и в то же время увлекательная и легкая книга про теорию путешествий во времени. Современная наука утверждает, что свободные перемещения человека в прошлое, в том виде, как их описывают в фантастических романах, навсегда останутся несбыточной мечтой. Но не огорчайтесь – когда вы дочитаете эту книгу до конца, у вас перехватит дух от воистину вселенского масштаба научных и технических проблем, которые нужно решить, чтобы переместить во времени единственную элементарную частицу или бит информации.



Оглавление



Предисловие к переводу	5
Небольшое вступление	9
Вступительное слово от издательства	19
Об авторе	20
Глава 1. Что мы понимаем под путешествием во времени?	21
1.1. Идея путешествий во времени как явление культуры	21
1.2. Почему не сработает машина времени Уэллса	23
1.3. Собственное время	24
1.4. Путешествия в прошлое – действительно ли они возможны?	27
1.5. Где все путешественники во времени?	28
1.6. Путешественники во времени и скептицизм	30
1.7. Эйнштейн, Гёдель и прошлое	35
1.8. Квантовая механика, черные дыры, сингулярности и путешествия во времени....	39
1.9. Машина времени Типлера.....	47
1.10. Вопросы для самостоятельных размышлений	51
Глава 2. О природе времени, пространства-времени и четвертого измерения	57
2.1. Что же такое время?	57
2.2. Линейное время и бесконечность прошлого и будущего	64
2.3. Причина и следствие	70
2.4. Обратная причинность.....	75
2.5. Время и часы	81
2.6. Гиперпространство и червоточины	82
2.7. Пространство как четвертое измерение.....	84
2.8. Время как четвертое измерение	87
2.9. Пространство-время и четвертое измерение	88
2.10. Пространство-время, всеведение и свободная воля.....	94
2.11. Наступило ли будущее? Остается ли с нами прошлое?	98
2.12. Вопросы для самостоятельных размышлений	100
Глава 3. Физика путешествий во времени. Часть I	103
3.1. Язык путешествий во времени	104
3.2. Имеет ли время направление?.....	105

3.3. Относительность одновременности.....	107
3.4. Что такое «сейчас»?.....	112
3.5. Необратимость времени.....	116
3.6. Энтропия в роли стрелы времени.....	119
3.7. Другие стрелы времени	124
3.8. Замедление времени и фотонные часы	129
3.9. Преобразование Лоренца	133
3.10. Диаграммы пространства-времени, световые конусы, метрики и инвариантные интервалы	142
3.11. Собственное время, замкнутые мировые линии и парадокс близнецов	161
3.12. Вопросы для самостоятельных размышлений	168
Глава 4. Парадоксы путешествий во времени	173
4.1. Два основных парадокса путешествий во времени	176
4.2. Можно ли изменить прошлое из настоящего? Можно ли уничтожить прошлое?	179
4.3. Различие между изменением прошлого и влиянием на прошлое.....	189
4.4. Почему путешественник во времени не может убить своего дедушку?.....	203
4.5. Квантовая теория и альтернативные вселенные.....	211
4.6. Причинно-следственные петли	217
4.7. Сексуальные парадоксы.....	229
4.8. Вопросы для самостоятельных размышлений	233
Глава 5. Связь с прошлым	242
5.1. Обратные во времени миры.....	242
5.2. Многомерное время.....	252
5.3. Уравнения Максвелла и опережающие эффекты	256
5.4. Парадокс Уилера–Фейнмана.....	261
5.5. Теория поглощения и сигнал в прошлое.....	265
5.6. Тахионные сигналы, пугающие действия и антiteleфон Белла.....	271
5.7. Вопросы для самостоятельных размышлений.....	282
Глава 6. Физика путешествий во времени. Часть II	288
6.1. Сверхсветовое движение в прошлое	288
6.2. Машины времени Гёделя и Типлера.....	301
6.3. Машины времени Торна на основе червоточин.....	307
6.4. Машина времени Готта на космических струнах	332
6.5. Быстрая ракета – односторонняя машина времени в будущее	340
6.6. Время и гравитация	346
6.7. Вопросы для самостоятельных размышлений.....	353
Словарь важных терминов и определений.....	356
Предметный указатель	371



Признанными пионерами научных исследований путешествий во времени были Альберт Эйнштейн (187–1955) и Курт Гёдел (1906–1978), близкие друзья, которые показаны здесь на фотографии, сделанной Ричардом Аренсом в 1954 году в Институте перспективных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси. Именно общая теория относительности Эйнштейна 1916 года («теория гравитации») использовалась Гёделем в качестве основы для работы 1949 года, где впервые показано, что общая теория относительности не запрещает путешествие во времени в прошлое.

Литературным первопроходцем путешествий во времени был, конечно, Герберт Джордж Уэллс (1866–1946), который на этом фотоснимке является



первокурсником колледжа приблизительно в 1885 году. Шутливая фотография сделана неизвестным другом, когда Уэллс посещал курс биологии, прочитанный Томасом Хаксли в Школе естественных наук в Южном Кенсингтоне (филиал Лондонского университета). Слишком худой и бедный Уэллс был тогда еще подростком, а «Машина времени» ждала его в далеком будущем.

Фотография Эйнштейна и Гёделя любезно предоставлена Американским институтом физики Эмилио Сегре, архив изображений библиотеки AIP Нильса Бора. Фотография Уэллса любезно предоставлена Отделом редких книг и специальных коллекций библиотеки Университета Иллинойса в Урбана-Шампейн.



Небольшое вступление



В течение последних нескольких лет ведущие научные журналы публикуют статьи, посвященные путешествиям во времени и машинам времени... Почему? Неужели физики решили составить конкуренцию писателям-фантастам и голливудским продюсерам?

Джон Эрман

Писать о путешествиях во времени сегодня – это уважаемое занятие. Так было не всегда. В конце концов, путешествие во времени, на первый взгляд, нарушает фундаментальный закон природы: каждое следствие имеет причину, при этом причина возникает раньше следствия. Однако путешествие во времени в прошлое, судя по всему, требует наличия обратной причинности, причем следствие (путешественник во времени, выходящий из своей машины времени) происходит раньше его причины (путешественник во времени, нажимающий кнопку запуска на панели управления своей машины годы спустя, чтобы начать свое путешествие назад во времени).

Поэтому, когда Герберт Уэллс опубликовал свой революционный шедевр «Машина времени» в 1895 году, даже те читатели, которые любили его как историю (а далеко не все любили), категорически отвергали его как романтическую фантазию. По их мнению, это была, безусловно, впечатляющая игра чистого воображения, но не более того. Рецензенты того времени употребляли такие слова, как «фокус-покус» и «причуда», и называли произведение «причудливым и живым сном». Любой из романов современника Уэллса, Жюль Верна (даже такой сверхтехнологичный, как «От Земли до Луны» 1865 года), вызывал намного больше доверия, чем работа Уэллса с точки зрения «Уж это-то могло бы действительно произойти».

Сам Уэллс всегда отрицал, что его машина времени была чем-то большим, чем литературным приемом для перемещения путешественника во времени в далекое будущее. Действительно, в 1934 году, в предисловии к семи знаменитым романам, опубликованным Кнопфом в сборнике научных романов-новелл (поскольку научная фантастика была известна еще до того, как сам термин «научная фантастика» вошел в употребление), включающем «Машину времени», Уэллс совершенно ясно выразил свою позицию: «Собранные здесь мои работы не претендуют на изображение чего-то потенциально возможного; они являются упражнениями в воображении... Это все фантазии; они не стремятся отразить реальную возможность – на самом

деле они несут лишь то количество достоверности, которое человек получает в хорошем захватывающем сне». Затем Уэллс в том же предисловии сказал, что все предыдущие попытки писать фантастические истории основывались на магии. Но только не в его работах.

«Мне пришло в голову, что вместо обычной беседы с дьяволом или магом можно было бы с пользой использовать остроумную научную болтовню». Большой вклад Уэллса в сочинение историй о путешествиях во времени заключался в том, что он представил научную машину вместо магии, наркотиков, снов, ударов по голове или анабиоза. Однако не все современные писатели-фантасты последовали примеру Уэллса.

Научно-фантастический роман Клиффорда Саймака (Clifford Simak, 1904–1988) «Мастодония» 1978 года упоминает инопланетное существо, застрявшее на Земле (из-за крушения космического корабля несколькими столетиями ранее), которое «создает туннели во времени». Один из персонажей этой истории, который пытается открыть агентство путешествий во времени, используя эти туннели, объясняет, почему отсутствие машины времени вызывает у него трудности с потенциальными клиентами: «Вся беда была в том, что я не мог рассказать им о какой-то машине – машине путешествий во времени. Если бы я мог сказать им, что мы разработали машину, они бы скорее поверили мне. Мы так доверяем машинам, они для нас – волшебство. Если бы я мог изложить какую-нибудь нелепую теорию и обрушить на них какие-нибудь уравнения, они были бы впечатлены». Я думаю, что это не совсем так. Мы доверяем машинам не потому, что они волшебны, а по совершенно противоположной причине. Они не магические, а скорее рациональные. А отвергнуть математику – значит сказать, что здесь действует какое-то неестественное или сверхъестественное влияние. Но возможна ли на самом деле машина времени? Или идея машины времени – это просто «чепуха» и «полная чушь», как прямо говорит персонаж романа Пола Андерсона «Танцовщица из Атлантиды»? Уэллс сам обратился к этому вопросу в автобиографическом эссе, опубликованном в журнале *Cornhill*, которое он написал в июле 1945 года (всего за 13 месяцев до своей смерти), с еще более резкими словами. Используя псевдоним Wilfred B. Batterave, он написал очень смешное резюме своей жизни под названием «A Complete Exposé of This Notorious Literary Humbug» – «Полное разоблачение этого жульничества». Там он описал машину времени как «материю, сотканную из абсурда, в которой люди должны метаться туда-сюда по временному измерению». С помощью нескольких обычных приемов рассказчика Уэллс избавляется от своей машины, прежде чем ее можно будет подвергнуть детальному осмотру. Он жульничает, как любой обычный «провидец». В противном случае логически получалось бы, что человек может бесконечно плодить копии самого себя, заглядывая немного в будущее и затем возвращаться. После этого их станет двое. Повторите процедуру, и их станет четверо, и так далее, пока весь мир не будет по-

лон копиями путешествующего во времени индивида. Простодушный ум принимает это за чистую монету, несмотря на все предупреждения Уэллса, и, естественно, как и любой из нас, глубоко возмущен таким оскорблением своего интеллекта. Забавно, да, но все равно довольно жестоко.

Как сказал один писатель, Уэллс, вместо того чтобы представить научное открытие, просто пытался опровергнуть почти удушающий и необоснованный, по его мнению, самодовольный оптимизм зажиточных людей поздневикторианской эпохи. Итак, путешествуя в 802 701 год от Рождества Христова, путешественник во времени обнаруживает ужасное разложение человечества в людоедском порабощении эллов морлоками, конечном результате классовой борьбы между рабочим классом (морлоками) и праздным, паразитическим верхним классом (эллами).

Немецкий социальный философ Карл Маркс, если бы он не был мертв уже как 12 лет в 1895 году, несомненно, энергично кивал бы в знак согласия, читая «Машину времени», даже если бы он сожалел о решении Уэллса так долго ждать победы угнетенных рабочих. (Какая ирония судьбы, что он похоронен на Лондонском Хайгейтском кладбище, Викторианской Валгалле, где он провел все последнее столетие, в буквальном смысле все больше смешиваясь со многими капиталистическими предками эллов!) Но гораздо более сомнительно, что Маркс считал бы возможными путешествия во времени. Как все изменилось за годы, последовавшие за появлением «Машины времени»! Поначалу, по общему признанию, произошло небольшое снижение литературного уровня, по мере того как вновь развивающиеся журналы научной фантастики подхватили эстафету и кинулись вперед с жанром путешествий во времени наперевес. Многие из журнальных историй о путешествиях во времени 1920-х, 1930-х и 1940-х годов были, откровенно говоря, просто ужасны. Но... некоторые так же были и хороши. А часть из них была действительно очень хороша. Начиная с 1950-х годов все более опытные авторы писали все более изощренные рассказы о путешествиях во времени. В академических сообществах философов и физиков тоже происходили большие события. Я отдаю первенство философам с их публикацией в 1976 году чрезвычайно важной статьи, которая начиналась такими впечатляющими словами: «Путешествия во времени, как я утверждаю, возможны. Парадоксы путешествий во времени [в прошлое] – это странности, а не невозможности. Они доказывают только то, в чем мало кто сомневался: возможный мир, в котором происходят путешествия во времени, был бы очень странным миром, фундаментально отличным от того мира, который мы считаем своим». Этот автор был не первым философом, написавшим о путешествии во времени в прошлое, но до него никто не выражал безоговорочную поддержку этой концепции такими сильными и недвусмысленными словами.

Статья Льюиса также примечательна тем, что она дает, как кажется, четкое определение того, что именно означает, что человек «путешествовал во времени» либо в прошлое, либо в будущее:

Что такое путешествие во времени? Оно неизбежно влечет за собой противоречие между временем и продолжительностью. Любой путешественник отправляется и затем прибывает в пункт назначения; время, прошедшее от отправления до прибытия (положительное или, возможно, нулевое), является продолжительностью путешествия. Но если он путешественник во времени, то разница во времени между отправлением и прибытием не равна продолжительности путешествия.

Чтобы понять это, мы должны видеть разницу между личным временем путешественника во времени и внешним временем удаленных наблюдателей путешественника во времени. Личное время путешественника во времени измеряется, например, либо временем, отсчитываемым его наручными часами, либо, возможно, горящей свечой.

Я говорю, что «даю первенство философам», потому что, хотя первая статья о путешествиях во времени по физике появилась десятилетия назад, ее автором на самом деле был вовсе не физик, а друг Эйнштейна, всемирно известный математический логик Курт Гёдель. Оглядываясь назад, можно сказать, что статья Гёделя была поворотным событием в формировании «уважаемого» имиджа научных путешествий во времени; и здесь стоит уделить некоторое время, чтобы объяснить этот важный момент.

В этой книге я рассуждаю про физическое путешествие во времени с помощью машин, которые манипулируют материей и энергией в конечной области пространства (я подробнее останавлиюсь на значении этого условия, когда мы углубимся в книгу). Кроме того, машина должна иметь рациональное объяснение. Например, как авианосец в фильме «Последний отсчет», так и другое военное судно в «Корабле, плывущем в потоке времени» (Эдмондсон) отправляется в прошлое с помощью «рационального» (по крайней мере, для литературного произведения!) объяснения – корабль оснащен медной катушкой странной формы в вакуумном сосуде, которая оказывается машиной времени с питанием от молний во время штормов. Для моей книги такое рациональное объяснение можно найти в общей теории относительности Эйнштейна и его теории гравитации. (Его специальная теория относительности применима в тех ситуациях, где нет гравитации.)

До Эйнштейна ученые использовали теорию гравитации Ньютона, которая, будучи удивительно точной для любой ситуации на Земле, вносит значительную погрешность в астрономических масштабах. Кроме того, теория Ньютона носит описательный характер; она делает возможным вычисление гравитационных эффектов, не предлагая никакого объяснения самой гравитации. Теория Эйнштейна не только дает правильные ответы, даже в тех случаях, когда не работает теория Ньютона, но также объясняет гравитацию. Эйнштейн рассматривает мир как четырехмерную структуру, в которой все четыре измерения (три пространства и одно время) в определенном смысле находятся в равных условиях. По сути, эйнштейновское описание

мира – это описание единого пространства-времени, в то время как теория Ньютона разделяет и различает пространство и время.

Как писал Ньютон о времени в начале своего шедевра «Начала» 1687 года, работы, которая произвела революцию в физике, «абсолютное, истинное и математическое время, само по себе и исходя из своей собственной природы, течет равномерно, не имея отношения ни к чему внешнему, и иначе называется длительностью». Этот взгляд на время был, разумеется, отвергнут с приходом Эйнштейна и его относительного времени, зависящего от состояния наблюдателя.

В отличие от точки зрения Эйнштейна, взгляд Ньютона на природу времени был связан с теологией. Как писал один современный теолог, «Ньютон считал, что абсолютное время основано на необходимом существовании Бога. Цитируя самого Ньютона, в «General Scholium» ко второму изданию «Начал» (1713) он добавил слова, которых не было в оригинале: «Бог есть живое, разумное и могущественное существо; и из других его совершенств [следует], что он является высшим, или наиболее совершенным. Он вечен и бесконечен, всемогущ и всеведущ, т. е. его длительность простирается от вечности до вечности; его присутствие от бесконечности до бесконечности; он управляет всеми вещами и знает все, что есть или может быть сделано. Он не вечность и бесконечность, но вечное и бесконечное; он не длительность и не пространство, но он пребывает и присутствует. Он пребывает вечно и присутствует везде; и, существуя всегда и везде, он образует длительность и пространство. Поскольку каждая частица пространства есть всегда и каждый неделимый момент длительности есть везде, конечно, создатель и Владыка всего сущего не может быть никогда и нигде».

Ну ладно, буду честен – я на самом деле не совсем понимаю, что это значит! Ньютон добавил эти слова к «Началам» в ответ на критику со стороны влиятельного философа Джорджа Беркли, что его первоначальные утверждения об абсолютном времени были «пагубными и абсурдными понятиями», которые на самом деле являются атеистическими по своей сути. Во времена Ньютона это было весьма серьезное обвинение, и он пытался (я думаю) найти какую-то защиту от тех критиков, которые проводили больше времени, думая о Боге, чем о физике. Гораздо более честными (на мой взгляд) являются остроты «время – это просто когда одна чертова вещь случается за другой» и «время – это то, что удерживает мир от того, чтобы все произошло одновременно». Скорее забавно, чем полезно – да, конечно, но хотя бы забавно.

Теологический взгляд Ньютона на время просто не имеет отношения к современной физике (хотя, возможно, представляет больший интерес для философа-историка), но во многих случаях он представляет интерес для писателя-фантаста. Например, религиозное мышление Ньютона и его (возможно!) связь с путешествиями во времени рассматривается в моем рассказе «Подарок Ньютона», первоначально опубликованном в журнале *Omni Magazine* (январь 1979 года). Уэллсовский взгляд на путешествия во времени скорее ньютоновский, чем эйнштейновский, и, возможно, это не так уж и

удивительно, учитывая, что Эйнштейну было всего 16 лет, когда была опубликована «Машина времени».

С самого начала (1905 г.) было известно, что специальная теория Эйнштейна позволяет путешествовать во времени в будущее. Однако вернуться в прошлое было невозможно. Тем не менее с 1949 года стало известно, что общая теория относительности, которая до сих пор проходила все экспериментальные испытания, при определенных условиях допускает путешествие во времени в прошлое. Именно это допущение теории отделяет размышления о путешествиях во времени от фантазийных вымыслов, с которыми они часто несправедливо смешиваются, – вымыслов, которые оправдывают шарлатанство наподобие загробной жизни, астрологии и воздействия ума на предметы (наподобие изгибания ложек силой мысли).

В своей общей теории Эйнштейн показал, что пространство-время может быть либо плоским (в случае отсутствия гравитации – в специальной теории относительности), либо искривленным (с гравитацией), и он сделал это не путем философских рассуждений, а при помощи математических уравнений – знаменитых дифференциальных тензорных уравнений гравитационного поля. В большинстве случаев эти сложные уравнения очень трудно решить. Но в некоторых частных случаях они были решены. Эти решения отражают взаимодействие материи и энергии в пространстве-времени. Как гласит популярная обобщающая фраза: «Изогнутое пространство-время говорит материи, как двигаться, а материя говорит пространству-времени, как изгибаться».

На микроскопическом локальном уровне общая теория относительности имеет внутреннюю причинность, но в больших масштабах ситуация может быть намного сложнее. Фраза «большой масштаб» на самом деле подразумевает охват значительной части всего сущего, поскольку в меньших масштабах, начиная от радиуса элементарной частицы и до радиуса Вселенной – отношение линейных размеров 10^{41} – нормально работает общая теория относительности. В большом масштабе искривленное пространство-время может (согласно некоторым решениям уравнений поля) привести к нарушениям причинности, то есть к возможности путешествовать во времени в прошлое.

В 1949 году математик Курт Гёдель нашел одно из таких решений уравнений поля, которое описывает движение массы-энергии не только в пространстве, но и назад во времени вдоль так называемых *замкнутых времениподобных линий* (closed timelike lines, CTL) или *замкнутых времениподобных кривых* (closed timelike curves, CTC), представляющих особый случай *мировых линий* (world line) в пространстве-времени. Эти мировые линии таковы, что, если человек путешествует вдоль одной из них, всегда со скоростью, меньшей скорости света, он видит, что все вокруг него происходит в обычном причинном порядке от момента к моменту (например, секундная стрелка на его часах движется по часовой стрелке в будущее), но в конце концов мировая линия замкнется сама на себя, и путешественник окажется в своем

собственном прошлом. Именно это подразумевают физика и математика в решении Гёделя. Вот что я имею в виду, говоря, что существует научная, рациональная основа для обсуждения путешествий во времени.

Особенно важно отметить, что путешествие по одной из замкнутых времениподобных линий, обнаруженных Гёделем, требует наличия машины времени, своего рода ускоряющегося космического корабля. Эта конкретная машина, однако, не генерирует СТЛ там, где их раньше не было (созданием СТЛ занимается так называемая *сильная машина времени*), а скорее просто использует СТЛ, которые присущи пространству-времени Гёделя; космический корабль Гёделя является примером *слабой машины времени*.

Двойное условие, требующее наличия как машины, так и рационального объяснения, полностью перечеркивает причудливые истории путешествий во времени, которыми изобилует ранняя научная фантастика, а также многие философские рассуждения.

Впрочем, некоторые писатели-фантасты интуитивно понимали, что рациональное путешествие во времени назад каким-то образом тесно связано с работой Эйнштейна. Например, рассказ для подростков «Маленький монстр» (Андерсон) содержит рациональное объяснение путешествия во времени. Когда мальчик спрашивает своего дядю-физика, как работает его машина времени, тот отвечает: «Приходи снова, когда изучишь тензорное исчисление, и я расскажу тебе об n -мерных силах и деформации мировых линий». Именно такое рациональное восприятие я хочу развить у читателей этой книги.

Я ранее упоминал, что «некоторые частные случаи» уравнений гравитационного поля Эйнштейна приводят к понятию СТЛ/СТС. Что это был за «частный случай», который решил Гёдель? Его решение уравнений поля относится к вращающейся, бесконечной, статичной Вселенной, состоящей из совершенной жидкости при постоянном давлении. Гёдель обнаружил, что в такой Вселенной естественные СТЛ/СТС проходят через каждую точку пространства-времени; т. е. путешествие во времени во Вселенной Гёделя не является результатом работы машины, манипулирующей массой и энергией в локальном масштабе (классическое научно-фантастическое описание машины времени); скорее, в пространстве-времени Гёделя путешествие во времени является естественным явлением! Наблюдаемая Вселенная, однако, не вращается и не расширяется (астрономы видят красные смещения в спектрах далеких звезд), и поэтому, хотя пространство-время Гёделя удовлетворяет уравнениям поля общей теории относительности, его свойству перемещения во времени нет места в пространстве-времени, в котором мы живем. (Это может объяснить, почему первоначальная реакция сообщества физиков и философов на открытие Гёделя о том, что путешествия во времени не являются бессмыслицей в соответствии с общей теорией относительности, была в основном равнодушной.) Неспособность наблюдать путешествия во времени в нашей Вселенной может (несколько удивительно, я думаю) все еще иметь возможные последствия для нас, однако, как умно

рассуждал один философ, она указывает на то, что естественно происходящие гёделианские путешествия во времени наделили бы Вселенную свойствами, особенно полезными для выживания разума (предположительно включая людей) против вымирания от множества космических катастроф. Итак, для тех, кто утверждает, что Вселенная, где мы живем, была создана для нас (сторонники различных доказательств существования Бога, которые подразумевают его в качестве нашего Творца), у нас есть очевидный вопрос: почему Он, судя по всему, упустил возможность путешествий во времени?

В приглашенном эссе, появившемся в том же году, что и его работа по физике путешествий во времени, Гёдель специально обратился к кажущемуся парадоксальным аспекту того, что он обнаружил: «Совершая круговое путешествие на ускоряющемся корабле по достаточно обширной траектории, можно в этих [вращающихся] мирах путешествовать в любую область прошлого, настоящего и будущего и обратно, точно так же как в других мирах можно путешествовать в отдаленные части космоса. Такое положение дел *кажется* (я подчеркиваю) абсурдным. Ибо оно позволяет человеку, например, путешествовать в недалекое прошлое тех мест, где он сам жил. Там он найдет человека, который будет им самим в какой-то более ранний период жизни. Теперь он мог бы сделать с этим человеком нечто такое, что, по его памяти, никогда не случилось с ним».

В тот раз нервы Гёделя подвели его, и он защищал возможность парадокса путешественника во времени, встречающего себя в прошлом, используя то, что я считаю удивительно неубедительным аргументом (особенно для логика), основанным главным образом на инженерных ограничениях: «Это и подобные противоречия, однако, чтобы доказать невозможность рассматриваемых миров, предполагают фактическую осуществимость путешествия в собственное прошлое. Но скорости, которые были бы необходимы для завершения путешествия в разумное время, намного превосходят все, что можно ожидать, чтобы когда-либо стать практической возможностью. Поэтому нельзя априори исключить на основании приведенного аргумента, что пространственно-временная структура реального мира имеет описанный тип». То есть Гёдель пытался отвести критиков своей модели вращающейся Вселенной, которые могли бы указать на результат путешествия во времени как на доказательство того, что модель Гёделя должна быть ошибочной.

В сноске Гёдель говорит, что путешественник во времени должен был бы двигаться по крайней мере со скоростью, близкой к 71 % скорости света, и что если бы его ракетный корабль мог «полностью преобразовать материю в энергию», то вес топлива был бы в 10^{22} раза больше веса ракеты, деленного на квадрат продолжительности полета (в ракетных годах). Путешествие в прошлое во Вселенной Гёделя потребовало бы машины времени, которая выглядела бы как телефонная будка Доктора Кто, прикрепленная к топливному баку размером в несколько сотен триллионов океанских лайнеров. Это внушительные цифры, но они не подразумевают нарушения физических

законов, и именно это действительно имеет значение, если путешествия во времени должны быть опровергнуты. Использование Гёделем инженерных ограничений для объяснения обратного путешествия во времени на самом деле хуже, чем просто ошибка, потому что вопрос не в практической, а скорее в том, чтобы показать возможность, предполагая, что общая теория относительности верна, насколько верная и реальная математическая физика может привести к тому, что кажется парадоксальным заключением.

Итак, что же сам великий человек, Эйнштейн, думал обо всем этом? В той же публикации, что и эссе Гёделя, он осторожно ответил: «Эссе Курта Гёделя составляет, на мой взгляд, важный вклад в общую теорию относительности, особенно в анализ понятия времени. Эта проблема беспокоила меня уже во время построения общей теории относительности, хотя мне и не удалось ее прояснить... различие “раньше-позже” оставлено для точек мира, лежащих далеко друг от друга в космологическом смысле, и возникают те парадоксы относительно направления причинной связи, о которых говорил г-н Гёдель... Было бы интересно обдумать, не следует ли исключить их на физическом основании».

Несмотря на математическую физику Гёделя, указывающую на возможность путешествий во времени в прошлое, многие философы не совсем в этом уверены. Как выразился один из них, «ни одна научная фантастика не представляет больших философских трудностей, чем путешествия во времени, но до сих пор нет единого мнения о том, являются ли фантастические путешествия во времени логическими, метафизическими или физическими невозможностями». Наиболее известной и, возможно, самой древней из парадоксальных ситуаций, которые, по-видимому, являются неотъемлемой частью путешествий во времени, является так называемый парадокс дедушки, выраженный философом Дэвидом Льюисом в его новаторской работе 1976 года таким образом:

Представь некого Тима. Он ненавидит своего деда, чья успешная торговля оружием создала семейное состояние, из которого было оплачено создание машины времени Тима. Тиму ничего так не хочется, как убить дедушку, но уввы, он опоздал. Дедушка умер в своей постели в 1957 году, когда Тим был еще маленьким мальчиком. Но когда Тим построил свою машину времени и отправился в 1920 год, он вдруг понял, что еще не слишком поздно. Он покупает винтовку... и сидит в засаде однажды зимним днем 1921 года, с заряженным ружьем, с ненавистью в сердце, а дедушка подходит все ближе и ближе...

Итак, вот она, загадка. Тим, очевидно, может достичь своей цели – у него заряженное ружье, он отличный стрелок, ни о чем не подозревающий дедушка все ближе, – но если он действительно убивает дедушку за много лет до того, как Тим родился (родится), то как может родиться Тим? А если он не родился, то как же Тим (которого нет «сейчас») может путешествовать во времени, чтобы убить дедушку? Какая запутанная ситуация, верно? Итак,

единственный возможный вывод из всего этого состоит в том, что исходная предпосылка, что путешествие во времени имеет смысл, на самом деле должна быть бессмыслицей. Так ведь?

Да, может быть, но как тогда насчет Гёделя с его путешествующим во времени космическим кораблем? Это твердая, как алмаз, непоколебимая математическая физика, ради всего святого! Мы не можем просто игнорировать это! Льюис предлагает выход из этого противоречия, и когда мы перейдем к обсуждению парадоксов (во множественном числе, потому что есть и другие парадоксы, еще более запутанные, чем убийство бабушки в далеком прошлом), мы вернемся к его решению.

С тех пор как Льюис написал свою работу, философы были особенно впечатлены парадоксом бабушки и показали себя, по крайней мере, такими же изобретательными, как и писатели-фантасты, обсуждая этот парадокс или его вариации. Вот, например, вариация этого парадокса, которую я считаю особенно умной и которая избегает убийственного духа истории, рассказанной Льюисом и Хорвичем:

Сара только что закончила строить свою машину времени. Она решает испытать машину на себе завтра утром, когда она намеревается вернуться назад на один день. А пока она идет домой, накладывает мазь на ожог, который получила в тот день, и ложится спать. Утром Сара с чашкой кофе в руке садится читать утреннюю газету. Она открывает газету на следующем заголовке: «Знаменитый физик найдена мертвой!» На первой странице фотография тела Сары внутри ее нетронутой машины времени, ожог и мазь отчетливо видны на руке. Внизу – подпись:

«Вчера нобелевский лауреат по физике была найдена мертвой в загадочном устройстве, материализовавшемся возле мэрии». Крайне потрясенная, Сара возвращается в лабораторию и уничтожает машину времени.

Есть ли в этом какой-то смысл? Мы вернемся к этому вопросу позже в главе 2, когда будем обсуждать возможность (или невозможность) многомерности времени.



Вступительное слово от издательства



Отзывы и пожелания

Мы всегда рады отзывам наших читателей. Расскажите нам, что вы думаете об этой книге – что понравилось или, может быть, не понравилось. Отзывы важны для нас, чтобы выпускать книги, которые будут для вас максимально полезны.

Вы можете написать отзыв на нашем сайте www.dmkpress.com, зайдя на страницу книги и оставив комментарий в разделе «Отзывы и рецензии». Также можно послать письмо главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com; при этом укажите название книги в теме письма.

Если вы являетесь экспертом в какой-либо области и заинтересованы в написании новой книги, заполните форму на нашем сайте по адресу http://dmkpress.com/authors/publish_book/ или напишите в издательство по адресу dmkpress@gmail.com.

Список опечаток

Хотя мы приняли все возможные меры для того, чтобы обеспечить высокое качество наших текстов, ошибки все равно случаются. Если вы найдете ошибку в одной из наших книг – возможно, ошибку в основном тексте или программном коде, – мы будем очень благодарны, если вы сообщите нам о ней. Сделав это, вы избавите других читателей от недопонимания и можете нам улучшить последующие издания этой книги.

Если вы найдете какие-либо ошибки в коде, пожалуйста, сообщите о них главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com, и мы исправим это в следующих тиражах.

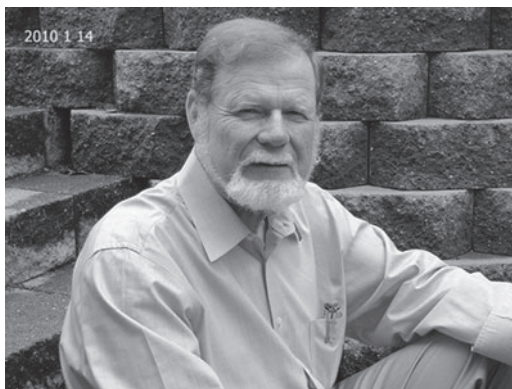
Нарушение авторских прав

Пиратство в интернете по-прежнему остается насущной проблемой. Издательство «ДМК Пресс» очень серьезно относится к вопросам защиты авторских прав и лицензирования. Если вы столкнетесь в интернете с незаконной публикацией какой-либо из наших книг, пожалуйста, пришлите нам ссылку на интернет-ресурс, чтобы мы могли применить санкции.

Ссылку на подозрительные материалы можно прислать по адресу dmkpress@gmail.com.

Мы высоко ценим любую помощь по защите наших авторов, благодаря которой мы можем предоставлять вам качественные материалы.

Об авторе



Пол Нахин родился в Калифорнии и там же прошел полный курс обучения (школа Бри-Олинда в 1958 г., бакалавриат Стэнфорда в 1962 г., аспирантура Калтеха в 1963 г., и – как докторант в команде Говарда Хагиса – получил степени кандидата, а затем и доктора технических наук по электротехнике в университете Ирвина в 1972 г.).

Профессор Нахин опубликовал два десятка коротких научно-фантастических рассказов в журналах Analog, Omny и Twilight Zone и написал 14 книг по математике и физике. Он выступал как приглашенный лектор по математике в колледже Боудойна, в аспирантуре Клермонта, в Университете Теннесси и в Калифорнийском технологическом институте, принимал участие в шоу «Научная пятница» (обсуждая путешествия во времени) Национального общественного радио, а также выступал на общественном радио Нью-Гемпшира в программе «Парадный подъезд» (обсуждая мнимые числа), консультировал сценаристов Бостонской программы общественного телевидения «Нова» по поводу эпизодов путешествия во времени. Он выступал с лекцией по математике на Сэмпсоновских курсах 2011 года в колледже Бейтса (Льюистон, штат Мэн).



ГЛАВА 1

Что мы понимаем под путешествием во времени?



Что, если бы вы знали ход событий ... прежде чем что-то произойдет? Например, убийство Кеннеди ... результаты чемпионата ... колебания фондового рынка? Большинство из нас готово умереть за возможность переиграть свои решения.

– С обложки романа Кена Гримвуда «Повтор»

1.1. Идея путешествий во времени как явление культуры

Путешествия во времени...

Можно ли придумать более захватывающее, более романтическое, более удивительное приключение? Я думаю, что нет, и, прежде чем мы перейдем к формулам и законам физики, хочу начать свою книгу с рассказа о том, насколько увлекательной многие писатели (и их читатели) считали идею путешествия во времени. И это началось задолго до того, как физики обнаружили возможность путешествия во времени, скрытую в общей теории относительности Эйнштейна.

До высадки людей на поверхность Луны в 1969 году единственным невероятным приключением, сопоставимым с путешествием во времени, было путешествие в космос. Фактически в течение семнадцатого и восемнадцатого веков такие путешествия были центром особого художественного жанра, называемого «воображаемым путешествием» или «невероятным путешествием» (позже он превратился в научную фантастику). Конечно, после 1969 года воображаемые космические путешествия потеряли свою фантастичность, и современным «невероятным путешествием» стало перемещение во времени.

Я готов поспорить, что в случайной выборке взрослых людей среднего возраста по крайней мере три четверти с энтузиазмом ответят на вопрос, интересуется ли их путешествие во времени. Возьмите группу детей старше пяти лет, и голосование, безусловно, будет единодушным.

Массовое увлечение путешествиями во времени было «научно» задокументировано. В интригующем исследовании, проведенном Коттлом в 1976 году,

несколько сотен мужчин и женщин попросили вообразить возможность провести час, день и год назад как в своем личном прошлом (с момента рождения), так и в историческом прошлом (до рождения). Им также сказали, что услуга путешествия во времени будет стоить 10 000 долларов. Ответы показали, что 10 % опрошенных готовы заплатить эту сумму за час в историческом прошлом, 22 % за день и 36 % за год. Как и следовало ожидать, цифры росли по мере снижения стоимости, и, если такое путешествие было бесплатным, интерес был почти всеобщим. Менее строгий опрос был проведен в 1988 году редакцией журнала *Seventeen*. Мартовский выпуск журнала под заголовком «Лучшие времена» открывался провокационным вопросом «Если бы вы путешествовали на машине времени, куда бы вы отправились?». Ответы варьировались от Трои 1200 года до нашей эры и викторианской Англии до «крутых пятидесятых». Ответы молодых девушек, составляющих основную читательскую аудиторию журнала, показали, что они считают прошлое «романтическим местом».

Как выразился один современный писатель-фантаст: «Путешествие во времени – это высшая форма фантазии, научное дополнение к поиску бессмертия человеком». А философ Смит правильно подметил, что «популярность обращения к путешествиям во времени ... несомненно связана с ностальгией по прошлому, которая является почти постоянным аспектом состояния человека».

For Better or For Worse®

by Lynn Johnston



Единственная фантазия, которая является общей для всех людей, принимающих решения.

FOR BETTER OR FOR WORSE © 1993 Lynn Johnston Prod., Inc.

Перепечатано с разрешения UNIVERSAL PRESS SYNDICATE. Все права защищены

Столь массовое увлечение путешествиям во времени, конечно, впечатляет, но все же для этой книги не представляют научного интереса различные сказки, мистика и выдумки. Мы будем говорить в основном о науке – физике и математике – и, отчасти, о философии. Если нам так хочется верить в машины времени, то вовсе не потому, что они магические, а по совер-

шенно противоположной причине. Они не магические, а *рациональные*. И пытаться отмахнуться от математики – значит признать, что существуют какие-то сверхъестественные, паранормальные явления. Сверхъестественное – именно то, о чем эта книга *не* рассказывает. Эта книга о *физике*.

1.2. Почему не сработает машина времени Уэллса

Справедливости ради нужно сказать, что не физики, а писатель Герберт Уэллс в 1895 году познакомил читателей с машиной времени в привычном нам понимании в своей повести о викторианском ученом, который осваивает четвертое измерение и создает устройство, переносящее его во времени последних дней Земли.

Уэллс тоже совершил почти правильное путешествие во времени на машине. Но не совсем. Как вы узнаете дальше, рациональная машина времени должна двигаться как в пространстве, так и во времени. Все теоретические модели путешествий во времени, обсуждаемые в этой книге (цилиндры Типлера, черные дыры, ракеты Гёделя, космические струны, пространственно-временные червоточины и сверхсветовые искривления пространства-времени) требуют перемещения в пространстве. Машина Уэллса, однако, не двигалась; она всегда оставалась в лаборатории Путешественника во времени (или, по крайней мере, на том месте, где находилась бы лаборатория). Такие машины времени уэллсовского типа широко распространены в научной фантастике, но на самом деле они просто не сработают. Они встречаются с рядом проблем, по крайней мере одна из которых непреодолима. Если говорить о самом худшем, такая машина столкнется сама с собой!

Представьте: у меня есть машина времени, и я готовлюсь к первому путешествию во времени, возвращению в эпоху позднего мезозоя для охоты на динозавров. Я заряжаю свой карабин патронами Nitro Express размером с банан, проверяю, плотно ли зашнурованы мои непромокаемые ботинки, прощаюсь с женой и лезу в машину времени. Я дергаю рычаг. Но машины времени уэллсовского типа не прыгают в пространстве, а перемещаются во времени. Поэтому машина времени мгновенно столкнется сама с собой в микромоменте, прежде чем я потяну рычаг! В результате разрушения, очевидно, возникает парадокс: учитывая, что это произошло до того, как я потянул рычаг, как мне удалось его потянуть? Конечно, можно утверждать, что машина Уэллса на самом деле движется, потому что она прикреплена к Земле, которая, безусловно, движется по орбите, но не ясно, почему это должно привести к тому, что машина времени прибудет в прошлое Земли в том же месте, откуда отправилась, а не в какой-то другой участок пространства (почти наверняка космический вакуум).

Еще одна проблема с рациональной машиной времени уэллсовского типа состоит в том, что, поскольку она движется *сквозь* время, машина *всегда* должна стоять в одном и том же месте. Например, в ходе путешествия из

Театра Форда сегодня в Театр Форда вечером Страстной пятницы, 14 апреля 1865 года, в тщетной попытке спасти Линкольна от пули убийцы (далее я объясню причину тщетности подобных попыток) машина времени уэллсовского типа должна была бы находиться на своем месте каждое мгновение прошедшего столетия и даже больше. Наблюдателям за пределами машины все эти годы казалось бы, что машина стоит в одном и том же месте.

Спорить о путешествиях во времени в терминах машины времени Уэллса, будь то за или против, – значит строить свой карточный домик посреди шторма; делать это столь же нелепо, как обсуждать эволюцию на примере сказочных единорогов. Тем не менее даже серьезные философы, такие как Даммет, не избежали подобных рассуждений.



Изобретатель демонстрирует работу машины времени, отправляя в путешествие свою кошку. В рассказе сам изобретатель возвращается в 1901 год, где он случайно убивает своего деда – бульварная версия знаменитого парадокса дедушки.

Иллюстрация к книге Реймонда Палмера «Трагедия времени». Перепечатано с разрешения Агентства научной фантастики Аккермана

1.3. Собственное время

Вообще-то, теоретически возможно путешествовать на машине времени в будущее настолько далеко, насколько вы пожелаете, и увидеть его своими глазами, – заключение, полностью подтвержденное общепринятой специальной теорией относительности. Как написали в 1992 году физики Дезер

и Джеки (оба суровые критики путешествий во времени): «После 1900 года специальная теория относительности сделала возможным научное обсуждение машин времени». Они имеют в виду тот факт, что, перемещаясь на космическом корабле достаточно быстро (но никогда не быстрее света) и достаточно далеко, можно покинуть Землю и отправиться в далекое путешествие, возможно, до середины Вселенной, а вернувшись, очутиться на сотни, тысячи и даже миллионы лет в будущем. Вы могли бы сделать это путешествие, фактически происходящее в вашем «личном времени», измеряемом вашими наручными часами или биением вашего сердца, настолько коротким, насколько вы хотите.

Физики называют личное время *собственным временем*, тем самым утверждая, что у разных людей может быть разное время. Это поразительное заявление повергло бы в шок многих ученых викторианской эпохи.

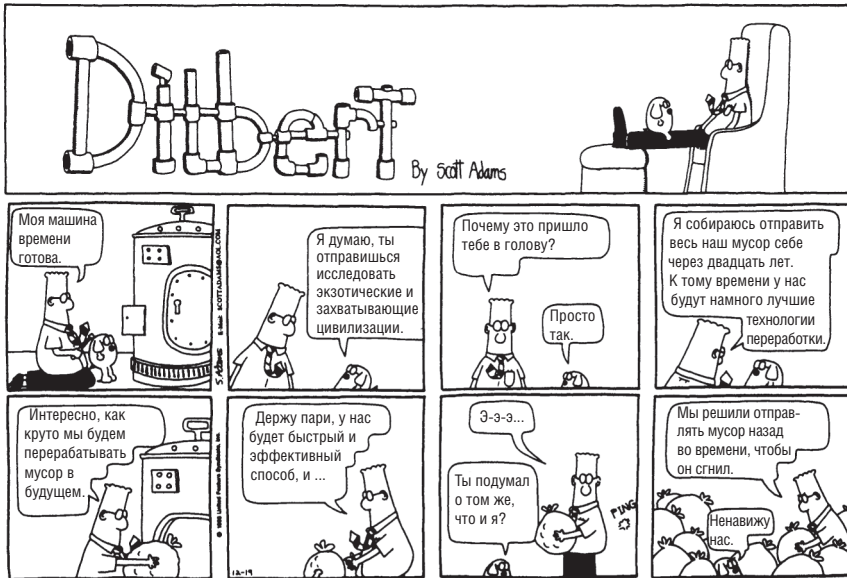
Различие между собственным (локальным) временем путешественника на космическом корабле и временем тех, кто не является попутчиком (например, оставшимися дома на Земле), является научным аргументом для отказа от замораживания (для примера) как средства реального путешествия во времени в будущее. Предположим, что вы кладете друга в морозильник, сравниваете его наручные часы с вашими часами и обнаруживаете, что они показывают одинаковое время. Спустя годы, когда вы разморозите своего друга, вы обнаружите, что ваши часы все еще синхронны (допустим, они работают и поддерживают постоянную температуру при помощи ядерных батареек, которые служат 100 лет). Но если часы второго друга совпадали с вашими в тот момент, когда он поднимался на космический корабль, чтобы начать далекое путешествие, то после его возвращения на Землю спустя годы (по вашему времени) вы обнаружите, что его часы далеко отстали от ваших. Зафиксированный приборами ход времени был одинаковым для вас и вашего замороженного друга, но не для вас и вашего космического друга. Этот вывод стал для многих ученых начала XX века слишком большим рывком вперед от всего, что им было дорого в природе реальности.

Галлуа предложил отличное пояснение разницы между собственным временем путешественника и временем его друзей, которые «остаются дома». Галлуа начинает свой анализ с вопроса, на который напрашивается очевидный ответ. Предположим, говорит он, что сейчас 1998 год, вы внезапно просыпаетесь в больнице, и вам говорят, что вы были в коме в течение последних двух недель. Вам также говорят, что вы попали в автомобильную аварию две недели назад, что вы получили временное повреждение нервной системы и что восстановление такого повреждения всегда происходит в случайное время в течение четырех недель после полученной травмы и вызывает один день мучительной боли, *если в этот день вы находитесь в сознании*. Чего бы вам хотелось больше – чтобы болезненный день восстановления пришелся на те две недели, пока вы были в коме, или на следующие две недели? Ответ кажется очевидным. В конце концов, если день, когда происходит восстановление, уже наступил, то вы просто проспали его

и пропустили боль. Выбрать день боли в будущем (когда вы не спите) кажется абсурдным. Теперь давайте добавим к условию путешествие во времени.

Все как прежде, но теперь вы сразу же выходите из больницы после того, как придете в сознание, чтобы отправиться в путешествие назад, в 1892 год, где вы пробудете две недели. Опять же очевидно, что вы бы предпочли, чтобы день боли случился в последние две недели (в 1998 году), а не в следующие две недели (в 1892 году). Обратите внимание, что слово *следующие* – это ссылка на ваше собственное время, потому что хотя 1892 год – это глобальное прошлое, это *ваше* личное будущее. Таким образом, вы бы предпочли пережить день боли в *недавнем* личном прошлом 1998 года, а не в далеком глобальном прошлом 1892 года. Теперь давайте добавим к этой истории еще один поворот во времени.

Все как прежде, за исключением того, что теперь вам говорят в больнице, что автокатастрофа произошла сразу после того, как вы совершили путешествие во времени в 2092 год: когда вы выходили из машины времени в 2092 году, вас сбил автомобиль. Две недели, в течение которых вы находились в коме, были в 2092 году, до того, как вы были признаны достаточно здоровым (хотя и без сознания), чтобы отправиться назад в 1998-й. Когда бы вы предпочли провести день боли? Очевидно, как всегда, в вашем *личном прошлом*, которое является глобальным будущим. Время *разное* для тех, кто путешествует во времени, и для тех, кто этого не делает!



Одно использование для машины времени, которую пропустила научная фантастика!
©DILBERT, перепечатано с разрешения United Feature Syndicate, Inc.

1.4. Путешествия в прошлое – действительно ли они возможны?

Вопрос, который я хочу хотя бы озвучить, прежде чем идти дальше, очевиден. Путешествия в прошлое обладают невероятной ностальгической заманчивостью, но это удел литературы. Нас больше интересует, возможно ли *физическое* путешествие во времени в прошлое? Одно дело – сказать, что специальная теория относительности позволяет путешествовать в будущее, но совсем другое – спросить, а можно ли оттуда вернуться (ведь наше настоящее – это прошлое относительно будущего). Изучая этот вопрос на протяжении всей оставшейся части данной книги, вы обнаружите, что, как сказал профессор Монте Кук, «путешествие во времени – это странное дело», а путешествие в прошлое – это, бесспорно, самая странная разновидность путешествий.

Что уж говорить о физиках, если даже писатели-фантасты не в восторге от идеи путешествий во времени в прошлое. Например, Айзек Азимов однозначно отрицал возможность путешествия во времени в прошлое, хотя даже беглый взгляд на его библиографию показывает, что он любил писать рассказы, используя эту идею. Например, он писал, что «осознание того, что истинное путешествие во времени совершенно невозможно, возникает из-за известных “парадоксов”, которые оно влечет за собой... Парадоксы чрезвычайно сложны и безнадежны... так что слепая вера в путешествия – это отказ от любой разумной концепции причинности, поэтому самый простой выход из иррационального хаоса, который возникает в результате, состоит в том, чтобы предположить, что *истинное путешествие во времени* (термин Азимова для путешествия по желанию при помощи машины, управляемой человеком, как вперед, так и назад во времени – то, что сегодня называется *сильной машиной времени*) невозможно и останется невозможным».

Занимая противоположную позицию и аргументируя разумность путешествий во времени, выдающийся философ Дэвид Льюис начал знаменитое эссе со строк «Я утверждаю, что путешествие во времени возможно. Парадоксы путешествий во времени – это странности, а не запреты. Они доказывают только то, в чем мало кто сомневался: что возможный мир, в котором происходят путешествия во времени, был бы самым странным миром, принципиально отличающимся от мира, в котором мы находимся». Так же думал и Роберт Форвард, старший научный сотрудник в штате Директората исследовательских лабораторий Хьюза. Занимаясь долгое время исследованиями в области общей экспериментальной теории относительности, он с удивительным оптимизмом заявил: «Некоторые из нас, живущих сейчас, смогут ... удивиться ограниченности дремучих философов двадцатого века, которые так переживали за эти “парадоксы машины времени”».

Здесь уместно вспомнить так называемый «закон Нивена», который принадлежит писателю и ученому Ларри Нивену:

Если рассматриваемая вселенная допускает возможность путешествий во времени и изменения прошлого, то в этой вселенной не будет изобретена машина времени.

Мягкая форма закона Нивена заключается в том, что если вселенная действительно позволяет создать машину времени, то ее использование изменит прошлое, чтобы *отменить* изобретение! Аналогичный аргумент приводят и против машины времени на основе червоточины, о которой мы поговорим позже: «Скорее всего, обратное воздействие физических полей на пространство-время разрушит машину времени».

Интересным вариантом закона Нивена является антропоцентрическая версия Гриббина и Риза (1989), которая гласит, что парадоксы путешествий во времени приемлемы, если во вселенной нет сознательных, разумных существ, которые бы знали о них. То есть парадокс на самом деле не является парадоксом, если поблизости нет кого-то, кого это беспокоит! Лично мне это кажется искусственным и совершенно неприемлемым аргументом, весьма далеким от серьезной физики.

Один известный философ, Сمارт, предложил еще более сжатое (если не более выразительное) доказательство невозможности путешествий во времени: «Движение – это скорость изменения *пространства* [мой курсив – П. Н.] относительно времени, и поэтому мы не можем двигаться через время». Философы, в отличие от физиков, слишком склонны к такого рода «лингвистическим доказательствам», и я лично не убежден аргументом профессора Смарта. Но нельзя отрицать, что он говорит от имени многих. Один ученый, чтобы продемонстрировать, насколько невероятным был план Эрнеста Лоуренса построить циклотрон на сто миллионов вольт незадолго до начала Второй мировой войны, написал, что «проект Лоуренса на сто миллионов вольт был не более осуществимым, чем машина времени».

1.5. Где все путешественники во времени?

Писатель Артур Кларк привел довольно интересное возражение против путешествий во времени. Он пишет: «Самый убедительный аргумент против путешествий во времени – это удивительное отсутствие путешественников во времени. Каким бы неприятным наш век ни казался людям будущего, наверняка можно было бы ожидать, что к нам приедут ученые и студенты, если бы такое вообще было возможно. Хотя они могут попытаться замаскироваться, шила в мешке не утаишь, как если бы мы вернулись в имперский Рим с камерами и магнитофонами, скрытыми под нейлоновыми тогами. Путешествие во времени никогда не может оставаться в тайне очень долго». Скептик в повести «Стрела времени» (Макдевитт) объясняет проблему Кларка потенциальному изобретателю машины времени: «Если путешествие во времени осуществимо, то кто-то его непре-

менно совершит. Если это произойдет, исторические места заполнят туристы. Они будут везде. Они залезут на Голгофу, они явятся на сражение при Аппоматоксе с фотокамерами наперевес, они будут ждать у могилы Христа в пасхальное утро».

С того момента, как впервые заработает машина времени, по всей истории цивилизации расплзутся многочисленные историки, не говоря уже об экскурсантах выходного дня, которые захотят посетить каждое важное историческое событие в истории человечества. Каждый из них может выйти из разного времени в будущем, но все придут в одни и те же места назначения, заполненные их коллегами – толпами путешественников, которых мы не наблюдаем!

Кларк, всегда интеллектуально объективный и не обремененный идеологическими убеждениями, которые надо защищать, упоминает и возможные опровержения своего аргумента. Как пишет Кларк: «Некоторые писатели-фантасты пытались обойти эту трудность [отсутствие путешественников во времени], предполагая, что Время – это спираль; хотя мы, возможно, и не сможем двигаться по нему, мы можем прыгать с витка на виток, разносясь во времени так далеко друг от друга, что нет опасности столкновения между культурами. Охотники за крупной дичью из будущего, возможно, уничтожили динозавров, но возраст Homo Sapiens может находиться в слепой области, которой они не могут достичь».

Существуют теоретические модели пространства-времени, которые допускают путешествие во времени в прошлое косвенным способом – перемещением в противоположном направлении, то есть в будущее. Но, как пишет профессор Вейнгард, это «не совсем то, к чему мы стремимся. Действительно, можно путешествовать во времени *в смысле* возможности отправиться в прошлое. Но это делается не путем путешествия во времени, а путем пересечения всей истории Вселенной».

Стивен Хокинг использовал аргумент «отсутствующих путешественников во времени» в качестве экспериментального доказательства своей версии «закона Нивена», так называемой *гипотезы защиты хронологии*. Хокинг отрицал возможность путешествия во времени в прошлое, потому что «нас не посещают толпы туристов из будущего».

Не все физики считают, как Хокинг, что отсутствие (пока) массовых посещений из будущего служит неотразимым аргументом против путешествий во времени в прошлое. Например, у Крили мы читаем: «Допущение о защите хронологии является серьезным недостатком, потому что нарушение хронологии не может быть исключено по физическим соображениям. Мы можем проводить только локальные (то есть мелкомасштабные) эксперименты, но нарушение причинности в общей теории относительности является глобальным (то есть крупномасштабным) эффектом, и поэтому отсутствие опыта не может свидетельствовать об отсутствии явления. Таким образом, нарушение хронологии может обсуждаться только исходя из философских соображений, которые достаточно часто оказыва-

лись лишь предрассудками». Затем, заметив, что все такие философские аргументы, если они нетривиальны, основаны на проблеме свободной воли, профессор Крили продолжает предполагать, что общая теория относительности Эйнштейна в конечном итоге окажется частным случаем еще более общей теории гравитации, в которой «свободная воля» является чем-то вроде эффекта второго порядка, и поэтому возможно, что классическое пространство-время нашего мира ограничено замкнутыми кривыми времени [подразумевающими возможность путешествия во времени в прошлое], хотя мы наслаждаемся комфортом свободной воли».

Тем не менее вопрос Хокинга об отсутствии туристов из будущего – это, несомненно, загадка, которая повторяет полувековой вопрос Энрико Ферми об инопланетной разумной жизни во вселенной – если «они» существуют, то где же они? Одна из попыток ответить на этот вопрос о путешественниках во времени заключается в том, что путешествие во времени возможно только в будущее. В нашем настоящем нет путешественников во времени из будущего, потому что такие путешественники могут путешествовать только в будущее, а путешествие во времени не было изобретено в нашем прошлом. «Доказательство» невозможности путешествия во времени назад было предложено даже экономистом (!), который заявил, что факт сохранения положительных процентных ставок «является доказательством того, что путешественники во времени не существуют и не могут существовать». Рейнганум утверждает, что путешественники во времени из будущего, если бы они действительно побывали в прошлом, могли бы, благодаря своему глубокому знанию будущих событий, совершать финансовые махинации, настолько многочисленные и масштабные, что свели бы процентные ставки к нулю. Однако процентные ставки не равны нулю, и, таким образом, путешественники во времени не находятся среди нас.

Более интересным, чем спор о корыстных путешественниках во времени, является предположение, что путешествия во времени назад возможны, но чрезвычайно опасны. Если это так, то кажется разумным, что было бы трудно заставить кого-либо сделать это добровольно.

Еще один интересный ответ на вопрос «Где все путешественники во времени?» заключается в том, что они среди нас, но (вопреки мнению Кларка) каким-то образом сумели избежать разоблачения.

1.6. Путешественники во времени и скептицизм

Вероятность обескураживающего недоверия по отношению к путешественникам во времени является центральным тезисом одной захватывающей философской статьи. Соренсен утверждает, что никто не поверит путешественнику во времени, даже если он охотно признается и раскроет свои знания о будущем или даже расскажет подробности о своей машине времени. Более того, Соренсен делает довольно неожиданное предположение, что

даже у самого путешественника во времени были бы сомнения! Эта шокирующая идея заслуживает некоторых пояснений, особенно потому, что Соренсен обращается к поддержке философского авторитета и покровителя скептиков, шотландца Дэвида Юма. Следует помнить о важном предостережении в статье Соренсена: «Ключевым вопросом будет не возможность путешествия во времени как таковая. Вместо этого мы спросим, можно ли обоснованно поверить в заявления о путешествии во времени». Вот в чем истинная суть вопроса Кларка.

Значительная доля недоверия к заявлениям о путешествии во времени основана на обычном скептицизме. Для многих путешествия во времени (в частности, в прошлое) слишком необычны, чтобы воспринимать их всерьез. Для таких людей путешествие во времени было бы буквально чудом. Великая работа Юма «Исследование о человеческом познании» содержит раздел о том, как рациональный человек должен реагировать на утверждение о том, что произошло чудо. Юм провозгласил, что чудо по определению нарушает научный закон и, поскольку научные законы основаны на «твердом и неизменном опыте», любое нарушение одного или нескольких научных законов заведомо обеспечивает опровержение сообщений о чуде. По словам самого Юма:

Ничто не почитается как чудо, если это когда-либо происходило в общем русле природы. Неудивительно, что человек, казалось бы, здоровый, внезапно умирает; потому что такого рода смерть, хотя и более необычная, чем любая другая, все же часто наблюдалась. Но это чудо, когда мертвец оживает; потому что это никогда не наблюдалось ни в каком возрасте или стране... Когда кто-нибудь говорит мне, что он видел мертвого человека, возрожденного к жизни, я сразу же спрашиваю у себя, что более вероятно – что этот человек хочет обмануть меня, или сам обманут, либо тот факт, о котором он говорит, действительно имел место? Я взвешиваю одно чудо против другого; и согласно превосходству, которое я обнаруживаю, я провозглашаю свое решение и всегда отвергаю большее чудо [мой курсив].

Соренсен поддерживает это строгое истолкование Юма, утверждая, что путешественник во времени не найдет веры – среди рациональных людей, во всяком случае – своим рассказам о «разных местах». Как объясняет Соренсен: «Совершенно очевидно, что путешественник во времени не может убедить рационального человека, открыто заявляя, что он путешественник во времени. Невероятность его заявления возлагает на него тяжелое бремя доказывания. Но, возможно, он мог бы облегчить это бремя с помощью артефактов, предсказаний и демонстраций». Соренсен отвергает все эти возможности, однако напоминает нам о несколько неприглядных примерах парапсихологии и спиритизма, которые противоречат известным научным законам, но продолжают обманывать «многих уважаемых ученых». Любой артефакт, предсказание или демонстрация путешествия во времени, ут-

верждает Соренсен, скорее окажется результатом обмана и мошенничества, чем фактического путешествия во времени: «Если путешественник возьмет наблюдателей с собой в работающую машину времени, мы скептически сравним их приключения с сеансами разоблачения магии». Согласно утверждению Соренсена, рациональная реакция на такое наблюдение на протяжении веков была бы похожа на реакцию мага, который не может понять, как коллега только что выполнил свой новый фокус: «Отличный трюк! Как ты это сделал?»

Для многих такая скептическая реакция на путешественников во времени кажется крайне догматичной – реакция человека без воображения, без души и с головой, в которой камень вместо мозга. Похоже, что скептицизм Юма требует отказа от всего, что вызывает удивление, оставляя мир существовать в условиях крайней предсказуемости и скуки. Как сказал Роберт Шекли в «Кое-что задаром»: «Когда происходит чудо, только унылым ничтожествам не дано его принять». Соренсен отвечает на эту резкую критику следующим образом: «Юмианцы реагируют, четко различая неожиданности. Большинство неожиданностей в науке не нарушают общепринятых научных законов. Странная дикая природа в Австралии не противоречит биологии, рентгеновские лучи не противоречат физике». Соренсен, однако, ловко избегает упоминания таких невероятных сюрпризов, как, например, спектр излучения черного тела и, позже, фотоэлектрический эффект, которые не входили в область познаний известной классической науки в начале двадцатого века. Эти загадочные, удивительные, *совершенно невероятные* эффекты требовали новой науки – открытия Максом Планком концепции квантовой физики. Строгий юмианец викторианской эпохи, описанный Соренсеном, ошибочно отверг бы экспериментальные доводы обо всех квантовых явлениях, как отвергал (возможно, тоже ошибочно) все сообщения о путешествиях во времени.

Не все современные философы согласны со строгим юмианским определением, согласно которому чудо требует нарушения одного или нескольких научных законов природы. Ахерн (1977) определяет чудо как любое событие, которое «может быть объяснено *только* [мой курсив – П. Н.] ссылкой на вмешательство сверхъестественной силы». Согласно этой интерпретации, путешествие во времени – не чудо, потому что все, что требуется, – это теория относительности, а не Бог. Профессор Ахерн утверждает, что именно его определение чуда на самом деле является истинно юмианским.

Клайв Льюис, покойный профессор литературы Средневековья и Ренессанса в Кембриджском университете, категорически отвергал мнение Юма о том, как рациональный человек должен реагировать на различные неожиданные события. Льюис, один из самых вдумчивых современных авторов христианского богословия, терпеть не мог скептиков (или, как он их называл, материалистов), в описании Соренсена. Профессор Льюис наглядно иллюстрирует свое разочарование Юмом следующими словами: «Если бы

конец света появился во всех буквальных атрибутах Апокалипсиса; если бы современный материалист [так Льюис называет скептика] своими глазами увидел разверзнутые небеса и явление великого сияющего трона; если бы у него возникло ощущение, что он сам себя повергает в геенну огненную, он бы и адское пламя воспринимал как иллюзию и находил объяснение в психоанализе или заболевании мозга». Если даже конец света получит такой скептический отклик, то у простого путешественника во времени нет никакой надежды на то, что ему поверят.

Льюис, безусловно, отклонил бы самое удивительное утверждение Соренсена: «Прежде я рассматривал вопрос о путешествиях во времени с точки зрения аудитории путешественника. Как насчет самого путешественника во времени? Может ли он хотя бы знать, что он путешественник во времени?» Соренсен утверждает, что путешественник во времени, если он настоящий, должен быть в состоянии убедить нас, и что если он не может (и *не сможет*, если мы истинные скептики-юмианцы), тогда путешественник также должен испытывать сомнения! Не важно, говорит Соренсен, что у путешественника во времени есть воспоминания о его приключениях, и не важно, что в глубине своего сердца он знает, что говорит правду. Используя слова, которые Льюис говорил с сарказмом, Соренсен всерьез отвергает важность самопознания путешественника во времени, объявляя такие воспоминания лишь симптомами своеобразного глубокого психоза, а внутреннюю уверенность путешественника – продуктом грубого самообмана.

В защиту Юма следует сказать, что он не заявляет об абсолютном неверии в удивительное, а скорее рассуждает о рациональном анализе. Исторически сложилось так, что контекст деятельности Юма был тем, что он считал нерациональными аргументами для веры в Бога. То есть, как сказал профессор Питер Хит в удивительно интересном и умном эссе, Юм был «разоблачителем дурных аргументов в рациональной теологии». Для Юма пересказанные кем-то (или даже более древние) истории о воскрешении человека из мертвых – утверждение, на котором буквально держится христианство после казни Христа, – были сомнительными. Как объясняет Хит: «Юм ... не пытается отрицать предполагаемые факты; он просто утверждает, что они согласуются с другими объяснениями и другими аналогиями менее амбициозного вида. Нет оснований приписывать причинам таких явлений более сложные объяснения, чем необходимо для получения наблюдаемых эффектов».

Интересно, что бы Артур Кларк подумал о скептицизме по отношению к тем, кто утверждает, что у него есть машина времени? Именно с его мыслей о трудностях, с которыми будут сталкиваться путешественники во времени, мы начали предыдущий раздел, поэтому мы могли бы задаться вопросом, что Кларк подумает о скептицизме Юма, поскольку он связан с путешествием во времени. Конечно, было бы лучше спросить лично Кларка, но я предполагаю, что у него вызвало бы раздражение такое недоверие. Удивление,

с которым столкнулся путешественник во времени, вскоре обернулось бы благоговением и удовольствием, ЕСЛИ – и я подчеркиваю, ЕСЛИ – если бы Кларк удостоверился в реальности машины незнакомца. Он наверняка процитировал бы свой знаменитый «Третий закон Кларка», чтобы объяснить причину этого чуда: «Любая достаточно продвинутая технология неотличима от магии».

Или, возможно, он вспомнил бы первую строчку романа Фаулера Райта 1930 года «Мир внизу»: «Прикладная наука всегда невероятна для вульгарного ума». В том же духе персонаж Роберта Хайнлайна в рассказе «Лазарь» однажды заявил, что «магия в глазах одного человека – это инженерия для другого человека. “Сверхъестественное” – пустое слово». Или, как говорится в рассказе «Четырехмерный пресс» (Олсен), «эти вещи [четырёхмерные объекты] выглядят как чудеса; но, в конце концов, что такое чудеса, кроме как явления, которые мы не можем объяснить из-за нашего невежества?»

На самом деле даже Юм мог быть уверен в довольно странных вещах, и я думаю, что Соренсен интерпретирует философа слишком узко. Профессор Хит в своем эссе о позиции Юма о вере в Бога задается вопросом, существуют ли «эмпирические [мыслимые] доказательства, которые убедили бы любой рациональный разум в реальном существовании бесконечного Бога». Хит отвечает на свой собственный вопрос следующим образом: «если звезды и галактики в течение ночи начнут перемещаться по небу, складываясь в слова на разных языках АЗ ЕСМЬ СУЩЕЕ, или БОГ ЕСТЬ ЛЮБОВЬ, – да, привереды могут сказать, что все это выглядит очень вульгарно, но разве подобное событие не закрывает вопрос о всемогуществе раз и навсегда? Столкнувшись с такой демонстрацией, бескомпромиссный юмианец [но не сам Юм, я думаю – П. Н.] наверняка продолжил бы утверждать, что при всех своих колоссальных масштабах могущество по-прежнему конечно, хотя и огромно, поскольку конечные, хотя и невероятно огромные усилия не могут служить доказательством бесконечного могущества».

Хит подводит итог мыслью, которую я считаю идеальным опровержением для любого, кто откажется признать путешествие во времени, даже после того, как совершит короткое путешествие назад на несколько десятков миллионов лет в эпоху позднего мезозоя для охоты на тираннозавра и даже после рассматривания фотографии мертвого монстра с собственной ногой скептика на голове или лапы невероятного размера, с которой капает кровь на пол машины времени. Профессор Хит, говоря о юмианце, который хранит недоверие даже на фоне перекроенного небосвода, отмечает: «Но на самом деле это лучшее доказательство того, что даже всемогущество бессильно против экстремальных форм скептической непримиримости». Там, где даже Бог не может убедить скептика, простой путешественник во времени вряд ли может надеяться на большее! Если его экзаменаторы – толпа консервативных, осторожных юмианцев, путешественник во времени обречен.

1.7. Эйнштейн, Гёдель и прошлое

Персидский поэт-философ одиннадцатого века Омар Хайям был прямолинейным в своей оценке вероятности возвращения прошлого. Как он красиво написал в одном из катренов поэмы «Рубайят»:

*Скользит перо... и пусть себе скользит.
Пиши, не сомневаясь ни минуты,
Ни силой, ни мольбой не взять слова назад,
Не отменить написанные буквы.*

Немного позже английский поэт Томас Хейвуд в своей пьесе «Женщина, убитая с любовью» заставил одного из своих героев выразить похожую мысль:

*О Боже, Боже, если было бы возможно
Вернуть назад вчерашний день и сделанное отменить;
И времени струящийся песок остановить,
Иначе пережить те дни и выкупить ушедшие часы.
Или чтоб солнце
Могло пойти по небу вспять, взойдя на западе опять,
Вернуть из счета Времени ушедшие минуты,
Немного, только до сегодняшнего дня.
...
Но – ах! – я говорю о невозможном,
Хочу увидеть обратную сторону Луны.*

Вин Ваххорст, современный исследователь популярной культуры, придумал странный способ опровергнуть путешествия во времени. Переноса викторианского путешественника во времени Уэллса в чуждый ему век и призывая Эйнштейна, он пишет (1984): «Мы обязаны Уэллсу не только за понятие осознанного путешествия во времени, но и за образ, в котором мы его воспринимаем: сиятельный эдвардианский (!) джентльмен садится на богато украшенную парную повозку, которая движется во времени почти так же, как трамвай по городу. Это пространственное представление о времени, наряду с его ньютоновским катехизисом, все дальше и дальше идет по пути шляпок и туфель с высокими пуговицами в новом мире Эйнштейна и квантовой механики».

Последний комментарий Ваххорста по-своему ироничен, потому что именно уравнения поля Эйнштейна фактически обеспечивают основу для современной теории путешествий во времени.

Впрочем, вы можете сказать, что подобные отрицатели путешествий во времени – просто сказочники, философы, поэты и журналисты. Что *они* могут знать о возможности путешествий во времени? Важно лишь то, что ду-

мают физики и математики, потому что, в конце концов, если машина времени когда-либо будет построена, это будет результатом нового понимания математической физики на гораздо более глубоком уровне, чем сегодня. И разумеется, есть физики и математики, которые уже сейчас не сбрасывают со счетов возможность путешествий во времени.

Например, Курт Гёдель, упомянутый в некрологе как один из величайших математических логиков всех времен, опубликовал решение уравнений поля Эйнштейна для общей теории относительности – решение, применимое к вращающейся вселенной, состоящей из совершенной жидкости при постоянном давлении. В этой вселенной, называемой *вселенной Гёделя*, существуют замкнутые времениподобные мировые линии в пространстве-времени. Как выразился Гёдель, такие мировые линии подразумевают, что «в [такой вселенной] теоретически возможно путешествовать в прошлое или иным образом влиять на прошлое». Эти мировые линии являются возможными путями космических путешественников, которые всегда движутся в местное будущее, но тем не менее в конечном итоге возвращаются в свое прошлое. Фактически такие *естественные* замкнутые временные линии мира проходят через *каждую* точку пространства-времени Гёделя; то есть путешествие во времени во вселенной Гёделя *не* является результатом того, что машина манипулирует массой и энергией в локальном масштабе. В пространстве-времени Гёделя путешествие во времени является естественным явлением!

Удивительно то, что один из великих физиков двадцатого века, Герман Вейль, коллега Эйнштейна и Гёделя в Институте перспективных исследований в Принстоне, написал в 1952 году следующий провидческий текст за три десятилетия до Гёделя:

В настоящем возможно переживать события, которые частично будут результатом моих будущих решений и действий. Более того, для мировой линии (в частности, проходящей через мое тело) не исключено, что она имеет временное направление в каждой точке, ведущее в окрестность точки, через которую она уже когда-то проходила. В результате получился бы спектральный образ мира, более пугающий, чем что-либо, что когда-то рождала странная фантазия Хоффмана [немецкого писателя-эксцентрика начала XIX века]. На самом деле очень значительные колебания [компонентов метрического тензора], которые были бы необходимы для получения этого эффекта, не наблюдаются в той части мира, в которой мы живем. ... Хотя существуют парадоксы подобного рода, нигде мы не находим реального противоречия фактам, непосредственно представленным нам в опыте [мой курсив – П. Н.].

Прошло тридцать лет после того, как Вейль написал эти удивительные слова, прежде чем Гёдель наконец представил свою вращающуюся вселенную, которая показывала, как на самом деле могут происходить эти «значительные колебания».

В ключевом 1949 году Гёдель специально упомянул парадоксальный аспект своего кругового путешествия во времени: «Если совершать круговое путешествие на космическом корабле через достаточно обширное пространство, то в этих [вращающихся] мирах можно путешествовать в любую область прошлого, настоящего и будущего и обратно, точно так же, как это возможно в других мирах для перемещения в отдаленные части пространства. Такое положение вещей, *кажется* [мой курсив – П. Н.], подразумевает абсурд, потому что это позволяет наблюдателю, например, путешествовать в недалекое прошлое собственной жизни. Там он найдет человека, который будет им самим в более ранний период жизни. Он сможет сделать с этим человеком что-то такое, чего, по его памяти, с ним не случилось».

Гёдель защищал свои утверждения о парадоксе путешественника во времени, встречающего себя в прошлом с удивительно неубедительным аргументом (особенно для логика), основанным прежде всего на технических ограничениях: «Это и подобные противоречия, аргументирующие невозможность рассматриваемых миров, предполагают реальную возможность путешествия в собственное прошлое. Но скорости, которые были бы необходимы для завершения путешествия в разумные сроки, намного превышают все, что можно ожидать на практике. Поэтому нельзя исключать – априори, исходя только из приведенного аргумента, – что пространственно-временная структура реального мира относится к описанному типу». То есть Гёдель таким способом пытался сходу разоружить критиков своей модели вращающейся вселенной, которые могли бы указать на парадокс путешествия во времени в качестве доказательства ошибочности модели.

В ответ на работу Гёделя Эйнштейн написал: «На мой взгляд, статья Курта Гёделя является важным вкладом в общую теорию относительности, особенно в анализ концепции времени. Эта проблема беспокоила меня уже во время создания общей теории относительности, и мне не удалось ее прояснить. ... различие “раньше-позже” вынесено в точки мира, которые находятся далеко друг от друга в космологическом смысле, и отсюда возникают те парадоксы, касающиеся направления причинной связи, о которых говорил г-н Гёдель. ... Будет интересно взвесить, не исключено ли это по физическим соображениям».

Озсват и Шуккинг полагали, что одно из возможных обоснований для отказа от путешествий во времени в решении Гёделя, основанное на «физических соображениях», может опираться на тот факт, что вселенная Гёделя бесконечна. Вероятно, говорили они, вращающаяся *конечная* вселенная будет лишена возможности путешествий во времени. Главной заботой этих ученых было то, что вращающаяся вселенная Гёделя не включает принцип Маха, утверждающий, что инерция любого объекта определяется распределением всей остальной массы во вселенной. Сам Эйнштейн изначально полагал, что общая теория удовлетворяет этому принципу, и до контрпримера Гёделя в 1949 году все известные решения уравнений гравитационного поля фактически соответствовали утверждению Маха.



Кое-кто утверждает, что этот комикс из журнала *New Yorker* 1957 года объединяет путешествия во времени и пространстве. Если это правда, это просто замечательно. Прошло всего восемь лет с тех пор, как Гёдель показал, что можно совершить путешествие во времени назад на космическом корабле, и могут ли даже читатели *New Yorker* быть настолько продвинутыми, чтобы посмеяться над шуткой, основанной на статье в «Обзорах современной физики»? На первый взгляд кажется, что это посещение Эдемского сада в попытке изменить прошлое. Но, конечно, это не так; существа на рисунке – не люди (внимательно посмотрите на их головы). Безусловно, художник не имел в виду путешествие во времени.

Автор рисунка: Whitney Darrow, Jr.; © 1957 The New Yorker Magazine, Inc.

Предположив, что принцип Маха может быть сохранен в конечной вращающейся вселенной, Озват и Шуккинг решили таким образом найти новый контрпример – вращающееся решение, которое является конечным и не допускает путешествия во времени в прошлое, но все же нарушает принцип Маха. Им удалось решить эту задачу. Их желание найти такое решение было особенно понятно; Гёдель провокационно утверждал, что в 1950 году он сам нашел такую модель. К сожалению, Гёдель не сообщил подробностей, но Озват и Шуккинг в своей статье 1962 года упоминают, что они получили личное сообщение от Гёделя о том, что одной из сохраняющих время моделей, которые он имел в виду, была, по сути, их модель. В статье 1962 года вы можете найти набросок этой модели, а в более поздней статье Озват и Шуккинг опубликовали гораздо более подробный анализ. Таким образом, принцип Маха был окончательно изгнан из общей теории относительности.

Однако теоретическую возможность путешествий во времени оказалось не так-то просто опровергнуть. В течение последующих нескольких лет были найдены другие решения, допускающие путешествия во времени, такими исследователями, как Сом и Рейчаудхури (1968), Банерджи и Банеджи (1968) и Де (1969). В последней работе был сделан вывод, что *можно* сформулировать общую релятивистскую ситуацию, нарушающую причинность. То есть путешествие во времени в прошлое, кажется, не просто аномалия конкретного решения Гёделя, а скорее оно встроено прямо в основные уравнения гравитационного поля общей теории относительности!

1.8. Квантовая механика, черные дыры, сингулярности и путешествия во времени

Основное возражение идеям Гёделя и самой идее путешествия во времени в прошлое основано на общей теории относительности и состоит в том, что в очень глубоком смысле общая теория относительности, *как известно*, является неполной. То есть она несовместима с квантовой механикой, которая является физикой очень, *очень* маленьких объектов порядка одной молекулы или даже меньше. В квантовой механике дискретная природа атомного мира проявляется в таких явлениях, как фотоэлектрический эффект, при котором свет действует как отдельные частицы, а не как непрерывные волны. Общая теория относительности прекрасно работает в космологическом масштабе, но, как и теория электромагнетизма Максвелла, в отличие от квантовой механики, она совершенно не работает, когда оказывается глубоко внутри атома. Квантовая теория, кажется, работает везде. Как пишет физик Ник Герберт в своей превосходной книге «Быстрее света»: «Насколько мы можем судить, нет эксперимента, который квантовая теория не может объяснить, по крайней мере в принципе... Хотя физики применили квантовую теорию к областям, далеким от атомного царства, в котором она родилась, нет никаких признаков того, что она когда-нибудь оплошает».

Как я отмечал ранее в этой главе, одним из центральных понятий в теории относительности является мировая линия, которая представляет собой полную историю частицы в пространстве-времени. Мировая линия назначает частице определенное положение в каждый момент времени. Однако это классическая доквантовая концепция, и сегодня для описания положения и импульса частицы физики используют вероятностные идеи квантовой механики, как только они достигают атомного масштаба материи. Квантовая теория – это дискретная теория, в которой значения физических сущностей изменяются ступенчато («квантовые скачки»), тогда как в классических теориях значения физических сущностей являются непрерывными. Разница между этими двумя типами теорий похожа на разницу между песком и водой. Сочетание двух теорий – классически непрерывной общей теории относительности и дискретной квантовой механики – потенциально может сформировать *теорию квантовой гравитации*, которая сегодня является святым Граалем физиков, и до сих пор они имеют лишь смутное представление, как это сделать. Как пишет Кар в статье, в которой делается попытка выделить существенные свойства, которыми должна обладать теория квантовой гравитации (например, локальность), «оказалось трудным представить, даже в общих чертах, любую теорию, которая объединяет фундаментальные принципы общей теории относительности и квантовой теории поля...».

Одним из наиболее любопытных результатов слияния квантовой механики с общей теорией относительности может быть *квантовое время*. То есть в квантовой гравитации наименьший прирост времени, который имеет физический смысл, – иногда его называют *хронон* – термин, впервые использованный в рассказе «Идеал» Стэнли Вейнбаума о путешествии во времени, – может иметь ненулевое значение. Как мы увидим позже, большая часть нынешних возражений по поводу осуществимости машины времени зависит от того, что называется *ограничением квантовой гравитации*. Это ограничение разрушительных пространственно-временных напряжений, которые стремятся к бесконечности всякий раз, когда пытается сработать машина времени. Этот процесс упоминается под общим названием *обратной реакции* и концептуально похож на растягивание резиновой полосы, которая становится все более тугой по мере ее растяжения и тем самым противостоит еще большему растяжению (и, конечно, если растягивать слишком сильно, она рвется).

Предполагается, что так называемое ограничение этих напряжений происходит при некотором конечном значении, когда заключительная фаза роста должна произойти менее чем за минимально возможный интервал времени. Ограничение срабатывает, потому что на самом деле ничто не может произойти быстрее, чем за минимальное время. Дебаты застряли на вопросах о том, какова минимальная продолжительность, и о том, произойдет ли ограничение до того, как напряжения смогут достичь *конечных* значений, достаточно высоких, чтобы в любом случае разрушить предполагаемую машину времени. Конечно, это все еще очень умозрительно, и поиск

способа соединить общую теорию относительности и квантовую механику продолжается. Все это связано с путешествием во времени благодаря череде фантастических открытий, сделанных за последние девяносто лет в релятивистской физике.

Общая теория относительности предсказывает, что достаточно массивная звезда, – более чем в четыре раза превышающая массу Солнца, – когда ее топливо почти истощится и ядерная топка начнет угасать, претерпит впечатляющую смерть, называемую полным гравитационным коллапсом. Когда ее ослабевшее из-за выгорающего топлива радиационное давление больше не сможет сдерживать коллапсирующие силы собственной гравитации, звезда взорвется и схлопнется в так называемую черную дыру, термин, впервые озвученный в 1967 году принстонским физиком Джоном Уилером в обращении к Американской ассоциации развития науки. Черная дыра – это компактный объект с гравитационным полем, настолько сильным, что даже свет не может его покинуть, оттого она и «черная», центром которого является сингулярность в пространстве-времени. *Сингулярность* – это место, где, как полагают физики, пространство-время либо ведет себя ужасно странно, либо вообще не существует. Катастрофические представления о коллапсе материи на самом деле довольно стары. Например, в труде Лукреция «Природа Вселенной», датированном первым веком до нашей эры, мы находим следующие «восхитительно ужасные» образы того, на что было бы похоже, если бы сама материя «разверзлась»: «Земля упадет из-под наших ног, ее частицы смешаются с небесами. Весь мир исчезнет в пропасти, и в мгновение ока не останется ничего, кроме пустого пространства и невидимых атомов. В каком бы месте вы ни допустили крушение материи, это станет воротами к гибели». Эти слова на самом деле были вызваны больше землетрясениями, чем черными дырами, но они одинаково хорошо подходят к обоим явлениям.

Как писал физик-теоретик Пол Дэвис, «как только гравитация выходит из-под контроля, пространство-время проваливается в сингулярность», или, цитируя Стивена Хокинга, «сингулярность – это место, где классические понятия пространства и времени перестают действовать, как и все известные законы физики». Лучше всего, я думаю, анонимное замечание, что сингулярность – это место «где Бог делит на ноль». Одно из представлений о сингулярности состоит в том, что это место в пространстве-времени, которое имеет бесконечную плотность и бесконечно сильное гравитационное поле. Этот тип сингулярности физики считают центром невращающихся черных дыр. Однако исторически возникновение бесконечностей в физических теориях было признаком того, что теории просто были слишком обобщены.

Вероятно, наличие бесконечности означает, что сингулярности встречаются только в нереалистичных, идеалистических приложениях теории; возможно, это только *идеально* сферические коллапсирующие звезды, которые могут превратиться в сингулярности черных дыр. Российские астрофизики И. М. Халатников и Э. М. Лифшиц в 1960-х пытались обосновать именно эту

точку зрения, но были вынуждены отказаться от нее, когда Стивен Хокинг и Роджер Пенроуз в 1970 году показали, что сингулярности в общей теории относительности попросту неизбежны. Этот результат волновал многих. Даже единственный помощник Эйнштейна, Питер Бергман, однажды заявил, что «теория, которая включает в себя сингулярности и неизбежно применяет их, несет в себе семена своего собственного разрушения». В случае реалистичной, сокрушительной сингулярности, возможно, все это означает, что как только коллапсирующая звезда схлопнулась в объект, даже меньший, чем электрон, общая теория относительности Эйнштейна перестает действовать и терпит неудачу. Это было бы похоже на поведение теории Ньютона, которая терпит неудачу на скоростях, сопоставимых со скоростью света. Сам Эйнштейн имел совершенно ясное мнение по этому вопросу. В своей книге «Значение относительности» он писал про использование относительности для изучения происхождения Вселенной из Большого взрыва: «Для больших плотностей поля и вещества, уравнения поля [общей теории относительности] и даже переменные поля, которые входят в них, не будут иметь реального значения. Поэтому не следует полагать, что уравнения справедливы для очень высокой плотности поля и вещества, и нельзя заключать, что «начало расширения» должно означать сингулярность в математическом смысле».

Другой способ охарактеризовать сингулярность – сказать, что именно там заканчиваются мировые линии. Эта характеристика, конечно, включает гравитационную сингулярность, которую мы только что обсуждали, но есть еще одна вариация, которая не подразумевает бесконечную кривизну пространства-времени, – пространство-время, содержащее такие особенности, называется *геодезически неполным*. Как мы увидим в следующем разделе, различие между двумя типами сингулярностей, гравитационной и неполной, имеет большое значение при анализе машины времени. Оба типа сингулярностей, конечно, сигнализируют о том, что происходит что-то необычное, возможно, даже провал общей теории относительности. Однако если физики держатся подальше от сингулярности во время своих математических дискуссий, тогда выводы общей теории относительности, безусловно, верны.

Так *что* же предсказывает теория? Некоторые из удивительных ответов на этот вопрос были получены в результате серии теоретических исследований, проведенных американским физиком Дж. Робертом Оппенгеймером и его учениками в конце 1930-х годов, – ответов настолько удивительных, что *на самом деле* все считали их математической абстракцией, не имеющей физического воплощения. Сам Эйнштейн разделял эту точку зрения, и в ныне почти забытой статье 1939 года он заявил, что сингулярности «не существуют в физической реальности ... по той причине, что материя не может быть сжата в произвольной степени». Для начала, общая теория относительности говорит, что вокруг сингулярности черной дыры на расстоянии, прямо пропорциональном массе сжатого объекта, должно происходить формирование так называемого горизонта событий пространства-време-

ни. *Горизонт событий* – это поверхность в пространстве-времени, через которую все может упасть в дыру, но через которую ничто, даже фотоны света, не может вырваться наружу. Поэтому сингулярность в центре черной дыры не видна (то есть не «обнажена») внешнему наблюдателю. Говорят, что сингулярность «одета» горизонтом событий, и для наблюдателя за пределами горизонта любой черной дыры единственными наблюдаемыми свойствами дыры являются ее масса (посредством гравитационных эффектов), ее угловой момент (скорость вращения) и ее электрический заряд.

На самом деле существует несколько принципиально разных типов черных дыр. Если коллапсирующая звезда образует невращающийся сферически симметричный незаряженный объект, то результат называется *черной дырой Шварцшильда* по имени немецкого астронома Карла Шварцшильда, который нашел первые точные решения общих уравнений относительности Эйнштейна спустя несколько месяцев после того, как Эйнштейн опубликовал их. (Даже Эйнштейн еще не нашел решение, и он, очевидно, думал, что уравнения слишком сложны, чтобы их можно было решить. Когда Эйнштейн увидел результат Шварцшильда, он написал: «Я не ожидал, что может быть сформулировано точное решение проблемы. Ваша аналитическая трактовка проблемы мне кажется великолепной».) Радиус горизонта событий пространства-времени в данном случае называют *радиусом Шварцшильда*. Вскоре после этого финн Гуннар Нордстрем и немец Генрих Рейсснер независимо нашли решение для невращающейся *заряженной* черной дыры (где заряд относится либо к электрическому, либо к магнитному заряду, хотя магнитные монополи – магнитные аналоги положительного и отрицательного электрического заряда – пока не обнаружены).

Более интересными, однако, являются теоретически возможные свойства путешествия во времени *вращающихся* черных дыр. Эти дыры *Керра–Ньюмена* названы в честь новозеландского математика Роя Керра, который впервые (1963 г.) решил уравнения гравитационного поля общей теории относительности для области пространства-времени, выходящей за горизонт вращающейся незаряженной дыры, и Эзры Ньюмена, физика из Питсбургского университета, который два года спустя расширил решение Керра до вращающихся *заряженных* черных дыр. Решение Керра–Ньюмена интригует, потому что оно подразумевает, что внутренности таких вращающихся черных дыр являются порталами в другие области пространства-времени, которые иначе недоступны для нашей Вселенной. В этих дырах центральной сингулярностью является *кольцо* – геометрическая форма с отверстием в ней, через которое материя может проходить без разрушения. Кроме того, некоторые из этих областей могут быть прошлыми (или будущими) версиями «нашей» Вселенной. То есть внутренности такой черной дыры могут содержать кольцевые порталы, которые являются «дверями в машину времени».

Конечно, все это очень умозрительно, и выдающийся физик Джон Уилер со своей стороны не убежден, что вообще существует какой-либо смысл в понятии путешествия во времени внутри черной дыры. Как он рассказывал

в душещипательной истории: «Однажды мне позвонил знаменитый адвокат из Вашингтона. Он сказал: “Мы с женой потеряли нашего единственного ребенка, нашего двенадцатилетнего сына. Без него наша жизнь потеряла смысл. Мы готовы пойти на любой риск, заплатить любую цену, сделать все возможное, чтобы оказаться в прошлом вместе с ним. Мы слышали, что черные дыры существуют и что время движется назад в окрестности черной дыры. Это правда?” Мне пришлось ответить: “Очень жаль, но нет”».

Возражение Уилера в отношении возможностей черной дыры основано на квантовых флуктуациях гравитационных полей, которые связаны с неопределенностью, присущей нашим знаниям о свойствах физических объектов (не говоря уже про огромные инженерные проблемы, возникающие в связи с просьбой адвоката). Такие флуктуации, исчезающе малые в системах привычного нам размера, резко возрастают на очень крошечных расстояниях, примерно на двадцать порядков меньше, чем ядро атома. В микроскопической области пространства-времени, в которую сжимается материя, образующая черную дыру, эти флуктуации могут привести к эффектам, препятствующим формированию сингулярности на конечной стадии. На сегодняшний день найдены убедительные астрономические доказательства существования черных дыр, но вопрос существования сингулярностей все еще остается открытым, и, возможно, таких вещей на самом деле не существует.

Когда ученые завершат разработку теории квантовой гравитации, мы, вероятно, узнаем, действительно ли черные дыры являются потенциальными машинами времени – хотя, по крайней мере, один физик, Миснер, уже давно утверждал, что теория квантовой гравитации *не* отменяет понятие сингулярности. Другой физик, Соленг, с пессимизмом относится к использованию сингулярностей для путешествий во времени, даже если они существуют. Он начинает со слов «теория Эйнштейна ... неоднократно сталкивается с проблемами сингулярности. Эти проблемы, однако, могут быть отвергнуты на основании того, что экстремальные условия очень ранней Вселенной или внутри черных дыр лежат за пределами применимости теории. В этих случаях будут доминировать квантовые эффекты». Но он по-прежнему негативно относится к попыткам «замести под коврик» проблемы путешествий во времени: «Проблемы причинности модели Гёделя ... нельзя избежать путем обращения к квантовым эффектам. Скорее, они указывают на серьезный недостаток в нашем понимании пространства-времени. Можем ли мы принять теорию, которая допускает такие парадоксальные решения, или следует как-то исключить существование причудливых замкнутых кривых времени?»

Еще один физик, Брэндон Картер, также скептически относился к путешествиям во времени внутри черной дыры. Он пришел к выводу, обсуждая решение проблемы черной дыры Керра: «Когда заряд или момент импульса достаточно велик, оказывается, что нарушение причинности является наиболее приемлемым способом связать любое событие с другим

событием на уходящей в будущее линии времени». То есть путешествие во времени назад допустимо, даже если путешественник всегда движется со скоростью, меньшей скорости света, в свое локальное будущее. Картеру совершенно не понравился этот вывод; он объявил такой результат «патологическим» и назвал понятие времениподобного пути «порочным». Точнее, пространство-время, такое как у Гёделя, в котором в каждой точке существует замкнутый времениподобный путь, Картер называет *абсолютно порочным*. Картер был чрезвычайно обеспокоен возможностью путешествия во времени и полагал, что «нарушение общей теории относительности может быть настолько серьезным, что, возможно, придется отказаться от всей теории». Несколько лет спустя Симпсон и Пенроуз согласились с ним, написав, что «наличие замкнутых времениподобных кривых вблизи кольцевой сингулярности черной дыры Керра, похоже, противоречит любой тесной связи с физической реальностью». Однако вот вам очень занятный факт – теорема Хокинга и Роджера Пенроуза 1970 года гласит, что сингулярности *должны* возникать, если сделаны определенные предположения, одним из которых является то, что обратное путешествие во времени невозможно. Сингулярности, эти сущности, которые так пугали Картера и Соленга именно потому, что они, кажется, *позволяют* путешествовать во времени, были объявлены неизбежными, если допустить, что путешествие во времени *не* может произойти!

Что мы должны думать об этой путанице в возражениях? Еще до появления общей теории относительности Питкин написал жесткую критику концепции уэллсовского путешествия во времени, и все же он начал свой анализ с предостережения, о котором полезно помнить и сегодня: «Может ли быть так, что прыжок в пятидесятый век нашей эры кажется нам невозможным просто из-за приверженности предрассудкам, которые делают нашу жизнь проще, или по причине безнадежного пренебрежения важными фактами? Конечно, это не глупый вопрос. Его ответ, каким бы он ни был, имеет неизмеримые последствия для метафизики». Предположение о глобальной причинности было подвергнуто сомнению в теореме Хокинга и Пенроуза – фактически предполагалось, что сингулярности и путешествия во времени в прошлое могут сосуществовать. Вскоре после них Цветич с коллегами нашли не зависящие от сингулярностей решения гравитационных уравнений, которые все еще позволяют путешествовать во времени в прошлое. По их словам, они нашли «причинно нетривиальные точные решения уравнений Эйнштейна без сингулярностей пространства-времени... в которых можно рассмотреть физику замкнутых времениподобных кривых». То есть они обнаружили, что существуют решения для уравнений поля, позволяющие путешествовать во времени «без трудностей, которые сингулярность искривленного пространства представляет для черных дыр». Тем не менее путешествие во времени в прошлое настолько странно, что многие физики долго пытались доказать, что это невозможно.

В одной из ранних попыток обнаружить физическую причину запрета существования машин времени, требующих вращения для своей работы, Чарльтон, который ссылается на «неприятную природу машин времени», предполагает, что подобные машины при вращении будут излучать настолько много энергии, что возникнет угловой момент, препятствующий разгону до скорости, необходимой для генерации замкнутых времениподобных линий в пространстве-времени. С тех пор, как появились первые предположения, поиск физических механизмов, препятствующих созданию *любой* машины времени, вращающейся или нет, стал еще более изощренным и абстрактным. Некоторые физики были до глубины души потрясены потенциальными парадоксами, к которым ведет существование машины времени, и утверждали, что такие ограничительные механизмы просто *должны* существовать. Эту точку зрения иллюстрирует Виссер, который, испытывая досаду по поводу неспособности найти такие механизмы, просто заявляет, что «это [гипотезу Хокинга о защите хронологии] следует принимать за аксиому, а не пытаться доказать расчетным путем».

Впоследствии, однако, другие физики пришли к выводу об опасности делать выводы из того, что может *казаться* парадоксальным. Например, после доказательства теоремы, которая начинается с выдвижения гипотезы об образовании обнаженной сингулярности посредством гравитационного коллапса, Кларке и де Феличе показали, что конечным результатом может быть нарушение хронологии во всем пространстве-времени и, таким образом, что «это означает, что наблюдатель мог получать информацию из своего будущего». Потрясенные, но не сломленные, эти два физика закончили свою работу смелыми словами: «Если подходящей альтернативы не найдется, вероятно, нам придется столкнуться с трудной, но увлекательной задачей принятия этих крайних последствий общей теории относительности как реальной возможности, существующей в природе». И в качестве второго примера стойкого научного самообладания, после краткого описания того, насколько сильно общая теория относительности накладывает ограничения на геометрию пространства-времени, Юртсевер отмечает, что «теория не предлагает и не гарантирует отказ от целого класса пространства-времени как “нефизического”, независимо от того, насколько странными и нелогичными могут быть его свойства. Точки зрения, которые приводят к таким выборочным, основанным на предубеждении утверждениям о недопустимости некоторых пространственно-временных явлений, могут быть вводящими в заблуждение и контрпродуктивными». Юртсевер напоминает своим читателям, что еще относительно недавно физики отвергали понятие горизонта событий черных дыр как «нефизическое», однако дальнейшие исследования убедительно доказали, что это явление существует.

Согласен с рассуждениями Юртсевера и другой физик, Политцер, который написал: «Хотя явления, основанные на существовании машины времени, могут оскорблять наши чувства, вряд ли стоит отвергать их существование только по этой причине». Точно так же предсказания общей теории

гравитационного излучения – буквально пульсации в пространстве-времени – когда-то воспринимались с большим скептицизмом. Однако сегодня большинство теоретиков считают, что такое излучение существует и что обнаружение колебаний из астрономических источников – это просто вопрос времени и усовершенствованного инструментария. Тем не менее были и несогласные; в первую очередь это Виссер, который называл возможность существования машин времени «чрезвычайно тревожной» и «несчастной случайностью» и открывает свой анализ философской позицией, заявляя: «Если эти исключительные условия приняты, то борьба с путешествиями во времени уже проиграна, пространство-время ущербно, и *его следует исключить из рассмотрения* [мой курсив]». Вместо горизонта событий и гравитационных волн, которые перестали считать «сумасшедшими идеями», скептики принялись за пространство-время и причинность. Возможно, предупреждает Юртсевер, современным физикам полезно вспоминать о поспешных суждениях прошлых лет.

1.9. Машина времени Типлера

В 1974 году молодой аспирант по физике в Университете Мэриленда Фрэнк Типлер вызвал небольшой переполох, когда опубликовал то, что казалось довольно точным описанием конструкции машины времени. Действительно, последнее предложение в его статье звучит предельно ясно: «В целом общая теория относительности предполагает, что если мы создадим достаточно большой вращающийся цилиндр, мы создадим машину времени». Никто никогда прежде не делал такого заявления в уважаемом физическом журнале, и, что лучше всего, не было никаких явных сингулярностей (как в случае с черными дырами). Тем не менее если внимательно посмотреть на идею Типлера, можно увидеть кое-какие проблемы.

То, что на самом деле сделал Типлер, – это показал, что если бы у кого-то был *бесконечно длинный, очень плотный* цилиндр, вращающийся с скоростью поверхности, равной, по крайней мере, половине скорости света (скорость вращения такова, что центробежные силы уравновешены гравитационным притяжением), то это позволило бы сформировать замкнутые времениподобные линии, связывающие события в пространстве-времени. Это означает, что, перемещаясь по поверхности такого фантастического цилиндра, можно путешествовать во времени в прошлое, но не раньше времени создания цилиндра.

Этот момент очень важен, поскольку позволяет избежать одного особенно странного парадокса, называемого *парадоксом самопричинности*, или *бутстрэпом* (bootstrap): это путешественник, направляющийся обратно во времени, чтобы рассказать изобретателю машины времени (возможно, более ранней версии самого путешественника во времени), как построить машину времени. Вы можете найти эту идею в ранней научной фантастике, и один из ее вариантов был забавно проиллюстрирован в фильме 1985 года

«Стартрек-4: Дорога домой». (Когда вы будете в очередной раз пересматривать фильм, спросите себя, кто на самом деле изобрел «прозрачный алюминий»?) Парадоксы самопричинности весьма загадочны и до сих пор сбивают с толку физиков и философов.

Цилиндр Типлера также позволил бы путешественнику вернуться к своему исходному времени, то есть «назад в будущее». Раздел 6.2 содержит простой пример, основанный на аналогичной иллюстрации в диссертации Типлера, демонстрирующей работу цилиндра в качестве машины времени. На самом деле никто не оспаривает этого. Это правда. На бумаге.

Но Типлер *не* доказал, что это свойство путешествия во времени справедливо для цилиндров пусть очень большой, но конечной длины, которые мы можем построить из конечного количества вещества; он просто предположил, что это может быть так. Это предположение кажется разумным, потому что если путешественник во времени движется по орбите в средней точке цилиндра, вблизи поверхности, то гравитационные концевые эффекты достаточно удаленных концов цилиндра могут быть незначительными. Подобные математические приближения обычно делаются, например, при расчете электрических эффектов заряженных цилиндров конечной длины. Но, как предупреждает Торн, «экстраполяция из цилиндрической симметрии в реальность очень опасна, поскольку пространство-время не является даже асимптотически плоским [см. пояснение в разделе 3.10] вокруг бесконечного цилиндра». Вопрос о том, может ли вращающийся цилиндр конечной длины создавать замкнутые времениподобные линии, все еще остается открытым. Как говорил Боннер, «в некоторых отношениях бесконечный цилиндр может быть моделью для длинного конечного цилиндра, и нельзя исключать возможность того, что машина времени может быть основана на длинной, но конечной вращающейся системе». Например, у Гриббина мы находим оценку, что отношение длины цилиндра к радиусу 10:1 может быть достаточным для того, чтобы цилиндр Типлера считался «бесконечным».

Есть, однако, еще одна потенциальная проблема, кроме длины цилиндра. Существует большая вероятность того, что строящийся цилиндр Типлера разрушится под действием собственного внутреннего гравитационного давления, прежде чем его можно будет сделать достаточно длинным, чтобы он считался хотя бы «приблизительно бесконечным». То есть такой цилиндр конечной длины мог бы на самом деле раздавить себя вдоль своей длинной оси в блиноподобную лепешку, что-то вроде того, что произошло бы с длинным цилиндром желе, поставленным на торец. Обычная банка желированного клюквенного соуса также иногда демонстрирует это любопытное поведение.

Еще одна проблема заключается в необходимой скорости вращения. Мы не говорим о цилиндрах с диаметром как у карандаша или даже как у большой водопроводной трубы. Напомним, что при заданной скорости поверхности чем больше диаметр, тем меньше центробежное ускорение на

поверхности. Нетрудно подсчитать, что даже огромный цилиндр с радиусом 10 километров – и, по оценке Гриббина, длиной не менее 100 километров – имел бы при скорости поверхности, равной половине скорости света, поверхностное ускорение в двести миллиардов раз больше ускорения земной гравитации. Ни одна известная форма обычной материи не может вращаться так быстро и не разрушиться со взрывом. Но тогда цилиндры Типлера нельзя назвать обычными ни в каком смысле этого слова. Типлер подсчитал, что необходимая плотность для цилиндра машины времени будет на 40–80 порядков выше плотности ядерной материи. Сделанный из такого сверхплотного материала конечный цилиндр был бы таким же массивным, как Солнце, но во много триллионов раз меньше. Не испытывая недостатка в воображении, Типлер сам предложил (1977) проект ускорения вращения существующей звезды в качестве альтернативы изготовлению цилиндра. Конечно, это был бы проект для общества будущего, с очень продвинутой технологией.

Научный пессимизм Типлера о путешествии во времени при помощи цилиндров сквозит в словах, которыми он открыл свою статью 1977 года: «Любая попытка изготовить машину времени из нормальной материи приведет к образованию сингулярности пространства-времени. Таким образом, если под словом “изготовление” мы подразумеваем “конструировать, используя *только* обычные материалы”, то теоремы этой статьи убедительно продемонстрируют, что машина времени не может быть изготовлена». Гораздо менее пессимистичным был Ори, который сделал два метких наблюдения: во-первых, теоремы Типлера применяются только к сингулярностям неполного типа, а не к более убедительным сингулярностям изогнутого типа. Во-вторых, Ори делает еще более убедительное наблюдение – я тоже так думаю, поэтому процитирую его полностью.

Стандартная интерпретация теорем Типлера заключается в том, что появление сингулярности в данной модели [пространства-времени] указывает на то, что эта модель нереальна и не может быть физически реализована. Даже инженеры будущего, вероятно, не смогут использовать «особую материю» для построения машины времени. Однако теория черных дыр дает очевидный контрпример к этой интерпретации. Ибо, применив эту интерпретацию к теоремам сингулярности черной дыры, можно заключить, что черные дыры никогда не могут образоваться. Эта аналогия указывает, что теоремы Типлера могут иметь совершенно иную интерпретацию, а именно что построение машины времени возможно, но нарушение причинности неизбежно приведет к образованию сингулярности. Эта возможная интерпретация предполагает, что следует отказаться от модели машины времени из-за сингулярности только в том случае, если эта сингулярность появляется достаточно рано [в процессе «создания» машины времени], чтобы причинно помешать возникновению нарушения причинности.

Еще меньше озабочены сингулярностями Хедрик и Готт, которые написали: «Может показаться, что успешная попытка изготовить машину времени в конечной области пространства будет сопровождаться созданием сингулярности... Это, однако, не означает, что невозможно создать машину времени при наличии достаточно продвинутой технологии. *Нет никаких оснований полагать, что сингулярности пространства-времени в принципе не могут быть созданы преднамеренными действиями человека* [мой курсив – П. Н.]». Эти взгляды, конечно, были приятной новостью для писателей-фантастов, которые использовали цилиндры Типлера почти с тех пор, как Типлер впервые написал о них.

Например, писатель-фантаст Пол Андерсон использовал цилиндры Типлера (он назвал их «Т-машинами») в своем романе 1978 года «Аватар». Он описывает такие цилиндры, разбросанные по вселенной древними бескорыстными инопланетянами, так называемыми «Другими». Эти цилиндры может использовать любой желающий, у кого хватит ума расшифровать инструкцию. Андерсон знал про очевидные проблемы с цилиндрами Типлера, поэтому один из его персонажей сказал о Т-машинах: «Я не сомневаюсь, что это продукт цивилизации, которая опережает нашу так же, как мы опережаем каменный век». Действительно, в своей статье 1977 года Типлер писал, что из чего бы ни делались эти цилиндры, это можно было бы назвать только «неизвестным материалом». Потребность в суперматерии, кажется, является особенностью машин времени в целом – как поясняется, например, в разделе 6.3 про машину времени на основе червоточины, которая требует того, что физики называют «экзотическими» условиями. Так что, увы, цилиндры Типлера не станут, по крайней мере в обозримом будущем, действующими машинами времени – но даже «великому отрицателю машин времени» Ларри Нивену настолько понравилась эта идея, что он вынес ее в заголовок короткой работы про путешествия во времени «Вращающиеся цилиндры и возможность глобального нарушения причинности». Значение результатов Типлера и Гёделя состоит в том, что они дают хотя бы небольшую надежду на физическую возможность путешествия во времени в прошлое. Тот факт, что придуманные ими конкретные механизмы достижения цели невозможны в инженерном смысле, не имеет значения. Другие, еще не придуманные методы, которые Форвард называет «магией будущего», могут когда-нибудь стать технически осуществимыми.

Тем не менее остается серьезное возражение против путешествий во времени, которое беспокоило Эйнштейна в решении Гёделя, и именно его труднее всего отвергнуть. Это проблема нарушения причинности, которой посвящена отдельная глава. Но сначала нам нужно поближе взглянуть на само время – это «вещь», понятие или ...? И вообще, как мы собираемся путешествовать – «через» время, «сквозь» время, «вдоль» времени или как-то еще?

1.10. Вопросы для самостоятельных размышлений

Наблюдения за фоновым микроволновым излучением, которое пронизывает Вселенную, являются веским экспериментальным доказательством Большого взрыва – сингулярности, которая считается источником Вселенной. Эта сингулярность не защищена от нас горизонтом событий, и поэтому она не является голой сингулярностью, что означает, что она потенциально видима. Однако в 1969 году английский теоретик Роджер Пенроуз предложил метафизический «закон», названный принципом космической цензуры, который утверждает, что голые сингулярности невозможны. Что вы думаете об очевидном противоречии между принципом Пенроуза и сингулярностью Большого взрыва?

В тексте я упоминаю «парадокс прозрачного алюминия», который появляется в фильме 1985 года «Стартрек-4». А еще раньше бутстрэп-парадокс появился в фильме 1980 года «Последний отсчет». Там проектировщик современного военного корабля, временно вернувшийся в Перл-Харбор 6 декабря 1941 года, оказывается членом экипажа, который был (и есть) случайно оставлен в прошлом, когда корабль возвращается в настоящее. В прошлом он сможет спроектировать корабль, потому что он уже знает, как он был спроектирован – им самим! В знаменитом фильме «Интерстеллар» обнаружена червоточина вблизи Сатурна. К концу фильма мы узнаем, что она была помещена туда людьми будущего, людьми, которые существуют, потому что их предки (мы!) были спасены от общепланетной экологической катастрофы, когда они использовали червоточину для открытия новых миров в отдаленных регионах Вселенной. Решите, является ли существование червоточины парадоксом самопричинности, и обоснуйте свою позицию.

Одна из трудностей в использовании черной дыры как средства перемещения из одной области Вселенной в другую (с путешествием во времени как частный случай) заключается в том, чтобы просто добраться до черной дыры. Ближайшая к Земле, насколько известно, находится на расстоянии многих световых лет. Одна из причин этого может быть антропной. То есть планета, находящаяся вблизи вращающейся черной дыры, в конечном счете либо будет поглощена целиком, либо ее поверхность будет взорвана огненным штормом излучения, вызванного падающей материей.

(Окончание далее)

В любом случае ни одна разумная жизнь, способная изобрести путешествия во времени, никогда не будет развиваться на такой планете. То есть мы здесь задаемся вопросом своего отсутствия вблизи черных дыр именно благодаря тому, что мы не находимся вблизи черной дыры. Отсутствие черных дыр вблизи Земли рассматривается в романе Джо Халдемана (Joe Haldeman) «Земля против пришельцев» (из цикла «Бесконечная война»), где используется эффект замедления времени специальной теории относительности, что позволяет преодолевать большие расстояния за разумное время (измеряемое часами на ракетных кораблях, движущихся со скоростью, близкой к скорости света). Но вместе с тем как время полета до черной дыры, удаленной от Земли на много световых лет, может составлять всего 6 месяцев корабельного времени, на Земле может пройти много лет. Оказавшись в черной дыре, корабль входит в нее и мгновенно «прыгает» в совершенно другую область Вселенной. В романе не происходит никакого путешествия во времени после замедления времени, испытываемого только при приближении к черной дыре, но Халдеман эффектно использует это следующим образом. Прежде чем вступить в бой, солдатам Земли говорят, что когда они выйдут из дыры в новую область Вселенной, то могут столкнуться с инопланетными военными кораблями, оснащенными новейшей технологией, которая может быть намного впереди технологии земного военного корабля, датируемой прошлым Земли. То есть люди будут сражаться против технологии, которая относится к будущему военных кораблей Земли. Если процитировать роман, «относительность заманивает нас в ловушку в прошлом врага; относительность приносит их из нашего будущего». Попробуйте объяснить это.

В одном из четверостиший-рубаи персидский поэт-философ XI века Омар Хайям написал: «Ни силой, ни мольбой не взять слова назад, не отменить написанные буквы». Почти 1000 лет спустя немецкий физик-теоретик Герман Вейль (Hermann Weyl, 1885–1955), коллега Эйнштейна и Гёделя по Институту перспективных исследований в Принстоне, Нью-Джерси, написал следующее в своей книге «Пространство. Время. Материя» (опубликованной в 1921 году, за три десятилетия до публикации Гёделем в 1949 году статьи о путешествиях во времени): «Сейчас возможно переживать события, которые отчасти будут следствием моих возможных будущих решений и действий».

(Окончание далее)

Более того, не исключено, что мировая линия (в частности, линия моего тела), хотя и имеет в каждой точке направление, подобное времени, вернется в окрестности точки, через которую она уже однажды прошла. В результате получился бы призрачный образ мира, более страшный, чем все, что когда-либо вызывала странная фантазия Э. Т. А. Гофмана [эксцентричного немецкого писателя начала XIX века]. На самом деле очень значительные флуктуации [компонентов метрического тензора, которые будут обсуждаться в главе 3] – то, что было бы необходимо для получения этого эффекта, не происходят в той области мира, в которой мы живем... Хотя парадоксы такого рода и возникают, мы нигде не находим реальных противоречий фактам, непосредственно представленным нам в опыте. Сравните эти две точки зрения и, в частности, обсудите, что каждая из них говорит об идее «оживления прошлого».

Во вступлении к этой книге я упоминаю о том, как время от времени научная фантастика предвосхищала физику. Один интересный пример этого можно найти в рассказе путешественника во времени, который почти встретился с самим собой, – рассказе, опубликованном за два года до публикации в 1949 году статьи Гёделя о путешествиях во времени, в которой он предполагает именно такую возможность. История начинается с того, что человек на корабле замечает сигнальный огонь потерпевшего кораблекрушение на тихоокеанском острове, а также крошечную, отдаленную фигуру человека, размахивающего руками и прыгающего вокруг. Пока корабль плывет на помощь, он попадает на мину, оставшуюся от войны, и потенциальный спасатель тоже становится потерпевшим кораблекрушение. Доплыв до острова, он не может найти никаких следов того, кто развел костер, хотя повсюду на песке видны следы ног. Исследуя остров, он находит остатки разбившегося межзвездного космического корабля (!), приводимого в действие установкой, основанной на «темпоральной прецессии». Любопытный человек включает двигатель и таким образом отсылает себя назад во времени на один день. Затем он замечает на горизонте корабль, разводит костер, машет руками и прыгает, а потом узнает в нем свой собственный корабль... И вот петля почти, но не совсем замыкается. Человек, очевидно, убегает в джунгли, охваченный ужасом при мысли о встрече с самим собой. Поразмышляйте о том, что произошло с этим человеком.

Один философ возражал против гипотезы Хокинга о защите хронологии следующим образом: «Есть старый аргумент в пользу того, что хотя обратное путешествие во времени возможно, оно никогда не произойдет, потому что если бы оно должно было произойти, мы бы уже столкнулись с путешественниками во времени, оказавшимися в нашей реальности, тогда как на самом деле мы ничего подобного не наблюдаем... Но представьте себе изолированное общество, живущее на отдаленном острове в океане. Некоторые члены этого общества ведут длительные дебаты о возможности бегства с острова. Если бы «Боинг-747» пролетел над их головами, то обязательно ли спорщики узнали бы, что в нем летят люди? Ответ на этот вопрос мог бы годами стоять у них перед глазами, но им не дано этого понять». Как бы вы ответили на аргумент философа? Как вы думаете, правдоподобно ли, что мы могли бы прямо сейчас наблюдать (не осознавая этого) присутствие путешественников во времени среди нас? К каким мыслям может привести подобное подозрение?

Как я упоминал, Типлер выразил некоторый пессимизм насчет возможности построения действующей машины времени из вращающегося цилиндра. Но это не значит, что у него не было никаких сомнений относительно теоретических «доказательств» невозможности чего-то. Например, в свою докторскую диссертацию 1976 года он включил забавную ссылку на печально известного математика Саймона Ньюкомба, опубликовавшего математические «доказательства» того, что при известной науке невозможно построить «практически осуществимую машину, с помощью которой люди будут летать на большие расстояния по воздуху». Как вы думаете, почему Типлер это сделал?

В своей автобиографии физик из Принстона Джон Уилер так сказал о времени: «Плавное течение времени – или наше плавное прохождение сквозь него – это иллюзия, которая разрушается, когда мы... спросим о времени в момент Большого взрыва, в момент гравитационного коллапса, в момент Большого сжатия. Студенты и другие люди часто спрашивают, – что существовало до Большого взрыва. Сказать, что мы не знаем, значит сказать недостаточно. Даже сказать, что у нас нет способа узнать, недостаточно.

(Окончание далее)

На самом деле мы должны сказать, что пространство и время возникли вместе с материей, энергией и законами физики в момент Большого взрыва. Если Вселенная расширится до максимального размера, начнет сжиматься и в конце концов исчезнет в ослепительной вспышке – судьба, которая кажется вероятной мне и некоторым другим теоретикам... тогда время и пространство тоже исчезнут в этом коллапсе. Я не могу прийти ни к какому другому выводу, кроме этого: не было никакого «до» до Большого взрыва и не будет «после» после Большого сжатия». То есть когда произошла сингулярность Большого взрыва, было создано время, и если в далеком будущем Вселенная схлопнется в большом сжатии, время будет уничтожено. Этот взгляд на будущее «ничто» даже мрачнее ожидания могилы. Разделяя мрачный взгляд Уилера на конечную судьбу реальности, но вместо этого отдавая победу времени (а не его уничтожению), ирландский писатель Джонатан Свифт (1667–1745) в своей поэме «Riddles» (около 1724 года) писал: «Вечно ем, никогда не пресыщаюсь, все пожираю, все разрушаю, никогда не завершаю трапезу, пока не съем наконец весь мир». Как, по-вашему, теологи отнеслись бы к Уилеру и Свифту?

Американский философ Рой Соренсон рассуждал о способах убедить скептиков в том, что он действительно путешествовал во времени (за исключением того, чтобы принести свежее яйцо динозавра и вывести из него детеныша). В ранней научной фантастике предлагался следующий способ: путешественник во времени берет запечатанную коробку с чистым радием (с его именем, написанным на внутренней стороне крышки) в далекое прошлое и закапывает ее в надежном месте. Вернувшись в настоящее, он выкапывает шкатулку; проверка содержимого покажет, что часть радия радиоактивно распалась до свинца. Действительно, степень распада будет прямым показателем того, как далеко в прошлое была перенесена коробка. Позже этот вопрос был подробно рассмотрен английским философом Аласдером Ричмондом. В своей статье он представил себе два возможных способа, которыми путешествующий во времени ученый-шекспировед мог бы попытаться убедить скептически настроенных коллег, что он обнаружил черновик «Гамлета», датируемый 1589 годом (за 10 лет до самой ранней принятой даты его сочинения Шекспиром). Первая попытка состоит в том, чтобы просто принести этот документ непосредственно с собой в машину времени, с 1589 года до настоящего момента.

(Окончание далее)

Тогда, конечно, многие из внутренних ключей к подлинности черновика, такие как химический состав чернил, переплетение бумаги и орфография (стиль письма в 1589 году), будут соответствовать утверждению путешественника во времени, но другие ключи не будут – возраст бумаги и чернил, например, будет рассматриваться как свидетельство, фатальное для утверждения, поскольку им не будет почти что 430 лет. На самом деле они казались бы практически новыми! Поэтому доказательство будет отклонено как просто искусная подделка. Вторая попытка попытается обойти эту проблему следующим образом. Обнаружив черновик в 1589 году, путешественник во времени не возвращает его в настоящее, а прячет в тайнике. Затем, вернувшись в настоящее, он приводит своих коллег в тайное убежище и эффектно «находит» черновик, которому сейчас почти 430 лет. Однако, к большому разочарованию путешественника во времени, его коллеги все еще отвергают его заявление о путешествии во времени, на этот раз говоря, что он, должно быть, просто нашел черновик «обычным» способом (под половицами на чьем-то чердаке, например) и просто делает вид, что приобрел его через путешествие во времени. Можете ли вы придумать способ, используя такую гамлетовскую задачку, чтобы путешественник во времени мог бы убедить своих скептически настроенных коллег?

В фильме 2014 года «Интерстеллар» космический зонд ныряет в черную дыру, получает данные из сингулярности дыры, измеряет некоторые неопределенные квантовые эффекты, а затем отправляет измерения обратно на Землю (через пятое измерение) в виде сигнала, похожего на судорожные подергивания секундной стрелки на чьих-то часах. Все это ведет (намекает) к теории квантовой гравитации. Если бы вы увидели, что секундная стрелка на ваших часах вдруг начала судорожно подергиваться, вы бы сразу же подумали:

- а) что сообщение азбукой Морзе пришло к вам через пятое измерение и содержит секреты квантовой гравитации?
- б) что вашим часам нужна новая батарейка?
- в) что-то еще?

Уверенно обоснуйте свой ответ.