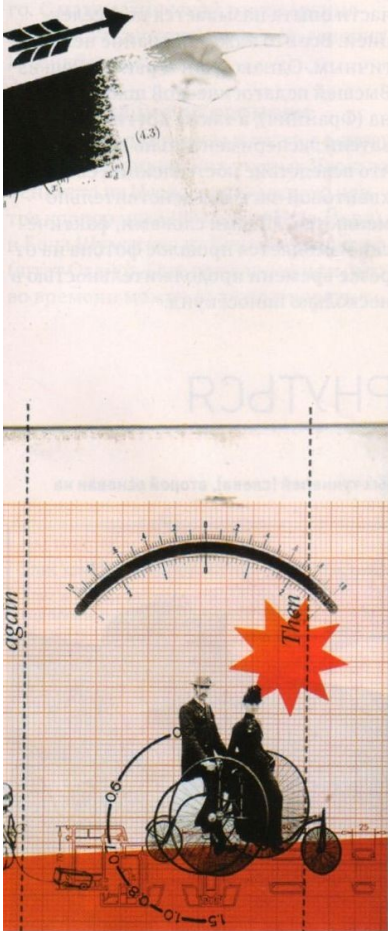


МАШИНА ВРЕМЕНИ, ИЛИ ПАРАДОКС ДЕДУШКИ



ПОПЫТОК ОТПРАВИТЬСЯ
 НАЗАД В БУДУЩЕЕ
 НЕ ОСТАВЛЯЮТ НЕ
 ТОЛЬКО ЗАПИСНЫЕ
 ФАНТАЗЕРЫ-
 КИНЕМАТОГРАФИСТЫ,
 НО И СЕРЬЕЗНЫЕ УЧЕНЫЕ.
 И РЕЧЬ ПОЙДЕТ
 НЕ О КРотовых НОРАХ
 И ЧЕРНЫХ ДЫРАХ



КОМНАТА в Массачусетском технологическом институте, из окна которой открывается вид на зеленеющий двор, кажется как нельзя более подходящим местом для разговоров о путешествиях во времени. Здание было построено в 1916 году, и с тех пор в нем мало что изменилось: те же высокие потолки, коридоры, в которых живет гулкое эхо, и затхлые кабинеты с тяжелыми дверьми.

Здесь работает Сет Ллойд — один из самых известных специалистов в области квантовой механики. Мы обсуждаем новый научный доклад, который Сет и его коллеги опубликовали около месяца тому назад. В нем ученые описали новый подход к проблеме путешествий во времени. Подобные работы появляются с периодичностью раз в несколько лет. Обычно в них рассказывается о каком-нибудь мысленном эксперименте, который основан на одних только логических умозаключениях и не имеет ничего общего с практикой.

Дело в том, что всегда есть обстоятельство, которое мешает осуществить задуманное в реальности. Например, чтобы совершить прыжок во времени, бедному испытуемому предлагается упасть в черную дыру, чего на практике никак не сделаешь. Все это очень интересно и, безусловно, достойно упоминания в научной литературе. Однако, как правило, такие теории не содержат в себе ничего, за что можно было бы по-настоящему зацепиться.

Ллойд решил подойти к вопросу с позиций квантовой механики. Мне не терпится услышать про его мысленный эксперимент, а также про то, почему его, как всегда, нельзя осуществить на самом деле. Профессор рассказывает мне о том, как фотоны могут возвращаться в прошлое, и как бы между прочим произносит нечто

совершенно невероятное. «Мы с коллегами провели этот опыт, — бросает он вскользь. — Вы, конечно, читали наш отчет, не так ли?» Не веря своим ушам, я молча смотрю на собеседника. Мне кажется, что на долю секунды время остановилось. «Опыт? Не может быть!» — проносится у меня в голове. Ллойд же как ни в чем не бывало продолжает рассказывать, и чем дальше он говорит, тем большее удивление вызывают его слова. Проведенный им эксперимент — это не воображаемое путешествие фотонов в прошлое, а самое настоящее физическое воплощение известного парадокса дедушки, основанного, как и остальные парадоксы, на противоречии. Скажем, вы каким-то образом попадаете в прошлое и убиваете своего дедушку еще до того, как тот познакомился с бабушкой. Получается, что так вы никогда не появитесь на свет, а значит, не сможете вернуться в прошлое и убить своего дедушку.

Теория дает добро

Самое интересное, что теоретически ничто не ограничивает перемещение объекта во времени. В физике считается, что время свободно может изменять свое направление от прямого к обратному. Однако что касается вещей вроде путешествия Марти Макфлая из кинофильма «Назад в будущее», то здесь все не так просто. Ведь в этом случае назад возвращается лишь один отдельно взятый объект, в то время как все остальные продолжают двигаться вперед. И все же физики не теряют надежды решить эту задачу — идей на этот счет придумано немало.

В большинстве из них ткань пространственно-временного континуума рассматривается как среда для путешествия. Согласно общей теории относительности Эйнштейна, пространство-время представляет

Проведенный Сетом Ллойдом эксперимент — это физическое воплощение известного парадокса дедушки: если вы попадете в прошлое и убьете своего дедушку еще до того, как тот познакомился с бабушкой, то вы так и не появитесь на свет, а значит, не сможете убить своего дедушку

собой некую субстанцию, которая способна сжиматься и растягиваться, как гигантский кусок резины. Объект с большой массой, например звезда, деформирует эту ткань, заставляя двигаться по направлению к себе все, что находится поблизости.

Когда пространство-время искривляется, начинают происходить очень странные вещи. Если, скажем, сложить его пополам, как лист бумаги, то те области, которые раньше находились на значительном расстоянии друг от друга, внезапно окажутся рядом. Получится петля — так называемая замкнутая времениподобная кривая, что позволит путешественнику по несколько раз возвращаться в одну и ту же точку и пространства, и времени (см. рисунок на с. 108).

В 1949 году австрийский математик Курт Гедель показал: для существования таких кривых необходимо, чтобы вращалась сама Вселенная. Тогда мировые линии — то есть траектории, по которым объект движется в четырехмерном континууме (с тремя пространственными координатами и одной временной), могут искривиться и замкнуться — то есть объект попадет из своего будущего в прошлое. С тех пор появилось много подобных научных идей, от теории космических струн до вращающихся черных дыр и пространственно-временных туннелей (так называемых кротовых нор). Но пока ни одна из них даже не подбиралась близко к экспериментальному воплощению путешествий во времени.

В эту область вторглась квантовая физика, когда ученые начали задумываться над тем, как будет вести себя элементарная частица, если совершит прыжок в прошлое. В 1991 году британский физик Дэвид Дойч предложил свою версию развития событий, в основе которой лежала серьезная теоретическая база. Ученый вообразил частицу, которая возвращается в прошлое и уничтожает саму себя, тем самым имитируя парадокс дедушки.

Для разрешения противоречия Дойч обратился к теории мультиверсума. Согласно ей, в тот момент, когда частица попадает в пространственно-временную туннель, Вселенная разделяется надвое. В одном из образовав-

ших миров частице не удастся убить себя, и она продолжает существовать, а в другом — уничтожается. Привлекая эту теорию, Дойч ловко избавляется от парадокса дедушки и разрешает одну из фундаментальных задач, касающихся путешествий во времени. Однако многим физикам не нравится такой подход. Они считают, что ни к чему плодить сверх необходимости лишние сущности в виде огромного количества новых вселенных.

Так что Ллойд и его коллеги выбрали другой путь. Они отталкивались от того, что частицы с «квантовым» поведением, например фотоны или электроны, вообще не имеют жесткой связи с направлением течения времени.

Как утверждает математическое описание квантовой теории, квантовое состояние частиц может с одинаковым успехом изменяться как в прямом, так и в обратном направлении относительно хода времени. Отсюда следует, что обычные законы причинности в этом случае не действуют, а это значит, что события, случившиеся с частицей в будущем, могут повлиять на ее прошлое.

Одним из первых сумел подтвердить это положение профессор Джон Уилер из Принстонского университета (штат Нью-Джерси, США). Он доказал,

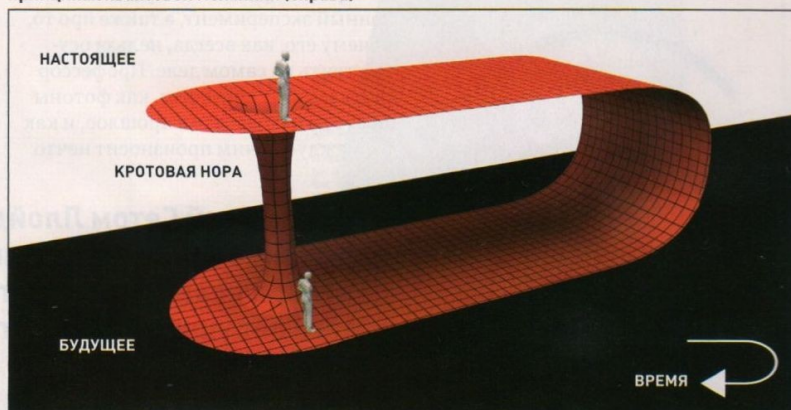
что на результат классического эксперимента Юнга с двойной щелью (доказывающего, что свет имеет волновую природу) может повлиять измерение, которое производится, когда эксперимент уже якобы закончен.

Ненаблюдаемый фотон представляет собой волну, и поэтому он может проходить одновременно через две щели. Если измерить состояние фотона, то он приобретает характеристики частицы и проходит лишь через одну щель. Уилер решил выяснить, что произойдет, если провести измерения не сразу, а через некоторое время.

Он предположил, что с помощью двух удаленных оптических приборов, которые будут наблюдать за щелями уже после эксперимента, можно заставить фотон приобрести признаки частицы. Такое измерение свойств фотонов после завершения основной части опыта называется постселекцией. Все это кажется крайне нелогичным. Однако Жан-Франсуа Рош из Высшей педагогической школы Кашана (Франция), а также другие исследователи экспериментально доказали, что вследствие постселекции свойства квантовой частицы действительно меняются. Иными словами, фактически изменяется прошлое фотона на отрезке времени продолжительностью в несколько наносекунд.

ДВА СПОСОБА ВЕРНУТЬСЯ В ПРОШЛОЕ

Первый — с помощью пространственно-временных туннелей (слева), второй основан на принципах квантовой механики (справа)



Согласно копенгагенской интерпретации квантовой теории, объективной реальности вообще не существует, пока не проведено инструментальное исследование.

Но теперь мы начинаем приходить к выводу, что даже в этом случае прошлое состояние квантовой частицы не более реально, чем будущее.

Ллойд и его коллега Эфраим Штейнберг из Университета Торонто (Канада) утверждают, что постселекция может сыграть ключевую роль в создании машины времени. Основываясь на нашем жизненном опыте, мы думаем, что именно исходные данные должны определять итог эксперимента, а не наоборот. Но на квантовые частицы одинаково влияют условия как из прошлого, так и из будущего, то есть конечное состояние само по себе может стать предпосылкой начального. С математической точки зрения этому ничто не препятствует, говорит Штейнберг.

Телепортация во времени

Как раз эти принципы и легли в основу работы американских ученых Чарльза Беннетта из Исследовательского центра корпорации IBM (штат Нью-Йорк) и Бена Шумахера из Кенион-колледжа (штат Огайо). Они предположили, что во времени можно путешествовать с

В физике считается, что время свободно может изменять свое направление от прямого к обратному

помощью квантовой телепортации. Этот феномен был подтвержден экспериментально бесчисленное количество раз и заключается в следующем. Квантовые частицы можно привести в особое состояние, которое называется квантовым перепутанным состоянием. При этом квантовые состояния двух частиц, например двух фотонов, перепутываются друг с другом так тесно, что начинают вести себя как одно целое. Особенность таких состояний состоит в том, что проведение измерений над одной из составляющих их частиц немедленно оказывает влияние на другую, как бы далеко друг от друга они ни находились.

Теперь представьте себе, что вам нужно телепортировать некий фотон X пункта А в пункт В. Для этого вы создаете пару частиц в квантовом перепутанном состоянии и помещаете одну из них в пункт А, а другую — в пункт В. Затем проводите измерения в обеих точках. Если вы делаете все правильно, то вместо частицы, находившейся в пункте В, получите ту, которую «отправляли». По правде сказать, на самом деле телепортируемая

частица никуда не движется. Вместо нее передается квантовая информация, которая полностью описывает ее. Это позволяет частице в точке В принимать состояние «путешествующей».

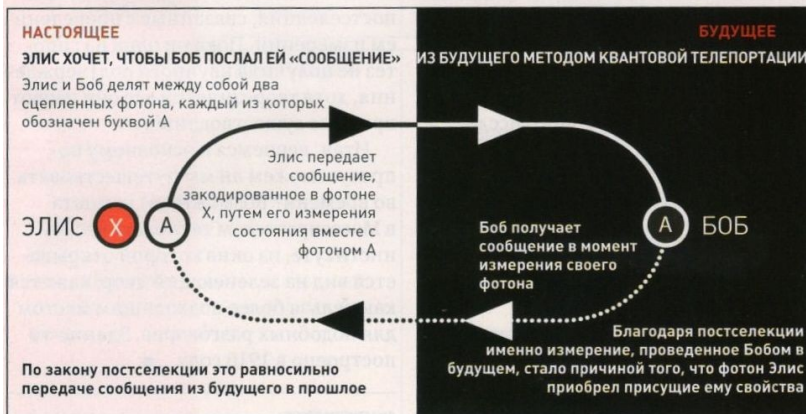
Так как телепортация представляет собой перемещение квантовой информации из пункта А в пункт В, напрашивается вывод, что толчком к началу этого перемещения становится проведение измерений в пункте А.

В то же время правильным будет и утверждение, что проведение измерений в пункте В также служит пусковым механизмом телепортации, хотя и происходит несколькими мгновениями позже (см. рисунок на с. 109). Именно такие неопределенные соотношения причины и следствия Штейнберг и Ллойд используют в своей модели, имитирующей путешествия во времени. По сути, перемещение в прошлое или будущее — та же телепортация, говорит Штейнберг.

Но не слишком ли большое значение придают ученые этому опыту? Возможно, так. Ведь им удалось передать на расстояние только информацию о состоянии, а не сам материальный объект. Тем не менее Ллойд и Штейнберг настаивают на том, что суть от этого не меняется. Пусть их экспериментальная установка не настолько мощная штука, как машина времени, способная отправить нас к динозаврам. Но и с ее помощью можно делать весьма необычные вещи.

Первым делом исследователи воспроизвели парадокс с убийством дедушки. При этом была использована телепортация, но не совсем обычная. В классическом опыте вы гарантированно получаете копию состояния, которое передаете. Так вот, ученые решили выяснить, можно ли не скопировать объект во времени и пространстве, а уничтожить его.

Для этого систему пришлось слегка видоизменить. Во-первых, было решено перепутать не состояния двух частиц, а два свойства одного и того же фотона, а именно поляризацию и



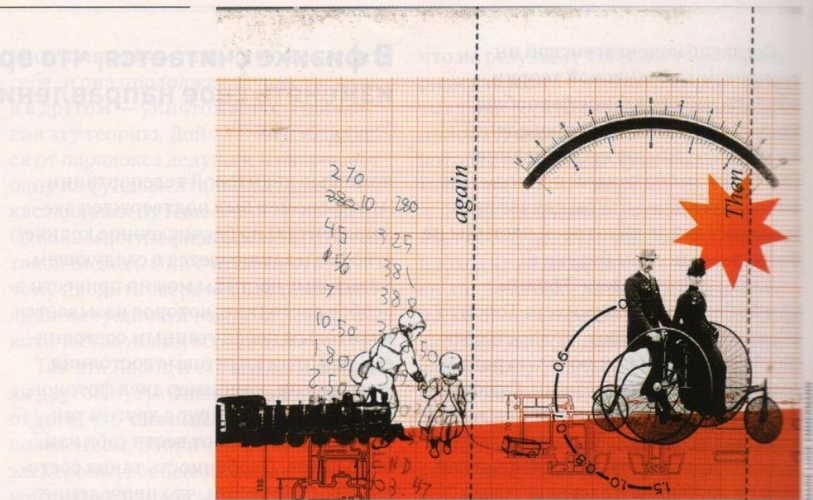
ее направление. За «настоящее» была принята его поляризация, направление которой играло роль «прошлого». Затем фотон снабдили так называемым квантовым ружьем, которое обладало способностью либо выстреливать, либо давать осечку. Это устройство называется волновой пластинкой и может менять поляризацию фотона. Поскольку поляризация и ее направление неразделимы, наличие у фотона такого ружья неизбежно влияет на «прошлое».

Наконец, в систему добавили возможность срыва телепортации. Сделать это было несложно, так как у данного процесса есть встроенный механизм несрабатывания, который при обычном способе проведения измерений действует лишь в 25% случаев. Получается, что эксперимент имеет четыре возможных результата: телепортация срабатывает, ружье выстреливает; телепортация срабатывает, ружье дает осечку; телепортации нет, ружье выстреливает; телепортации нет, ружье дает осечку.

При проведении опыта обнаружилось нечто крайне интересное: каждый раз, когда успешно совершается передача информации, ружье не стреляет. Если же происходит сбой телепортации, ружье выстреливает. На языке парадокса дедушки это означает, что возможность путешествия во времени появляется только в том случае, когда есть все шансы, что ваше ружье даст осечку и вы провалите покушение. «Вы можете прицелиться, но нажать на курок у вас не получится», — комментирует Ллойд.

Все это наводит на важные размышления, в частности по поводу происхождения нашей свободной воли и возможности ее претворения в жизнь. Получается, что существует некий естественный механизм, предотвращающий возникновение подобных парадоксов. Он либо следит за тем, чтобы у путешественника во времени вообще не возникло мысли об убийстве дедушки, либо мешает коварному плану осуществиться. «Природе все равно, что не позволит моему умыслу свершиться, — дрожащая рука или неисправность револьвера», — поясняет Штейнберг.

Хотя для большинства из нас сама мысль о путешествиях во времени



События, случившиеся с элементарной частицей в будущем, могут повлиять на ее прошлое

кажется абсолютно фантастичной, на специалистов работа Ллойда не произвела большого впечатления. Ведь эксперимент всего лишь подтвердил основные положения квантовой механики, согласно которым связь телепортации с поведением кубитов, то есть элементарных единиц измерения квантовой информации, абсолютно естественна. «Наши коллеги, безусловно, молодцы, однако в их эксперименте нет ничего сверхъестественного, результат был вполне предсказуем», — комментирует Скотт Аронсон, специалист в области компьютерных наук из Массачусетского технологического института.

Ллойд и Штейнберг придерживаются иного мнения. Они утверждают, что подобный подход к путешествиям во времени позволяет сделать далекоидущие выводы и увидеть вещи в ином свете. И самое главное — он дает возможность лабораторного исследования, чего не скажешь о теории Дойча с его раздвоением Вселенной. А то, что постселекция кажется нам ерундой, так это потому, что мы не в состоянии воспринимать время как величину, способную менять направление.

И все же эксперимент Ллойда и Штейнберга не дает ответа на один вопрос: можно ли путешествовать во времени без использования черных дыр?

Квантовая механика утверждает, что да. К сожалению, ее положения совершенно несовместимы с теорией относительности. В течение десятков лет физики пытаются свести обе точки зрения в одну квантовую теорию гравитации, но безуспешно. Одни полагают, что во всех нестыковках виновата теория относительности, другие — что дело в несовершенстве квантовой механики (*New Scientist*, английская версия, 21 августа 2010, с.33).

Это побудило ученых к поиску других, альтернативных законов квантовой механики. Арам Харроу, физик из Университета Вашингтона в Сиэтле (США), надеется, что будут открыты новые свойства частиц, так же, как и постселекция, связанные с проведением измерений. Пока ни одна из гипотез не получила научного подтверждения, хотя теоретически все они имеют право на существование.

Итак, вернемся к основному вопросу: сможем ли мы путешествовать во времени? Возможно. И комната в Массачусетском технологическом институте, из окна которой открывается вид на зеленеющий двор, кажется как нельзя более подходящим местом для подобных разговоров. Здание-то построено в 1916 году... ■

ДЖАСТИН МАЛЛИНС