

О ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПУТЕШЕСТВИЙ ВО ВРЕМЕНИ

Дубнищева Татьяна Яковлевна,

доктор физико-математических наук, профессор,

профессор кафедры информационных технологий

Новосибирского государственного университета

экономики и управления – «НИИХ»

Россия, 630099, Новосибирск, ул. Каменская, 56

ORCID: 0000-0002-8173-5313

t.y.dubnishcheva@nsuem.ru

Аннотация

Обсуждаются проблемы возможности путешествия во времени в историческом контексте и на концептуальном уровне. Хотя все живущие в некотором смысле путешествуют во времени, здесь речь идет о возможности свободного перемещения во времени в любом направлении. Отмечено, что во Вселенной Ньютона время текло равномерно и прямолинейно в одну сторону, что исключало возможности путешествия во времени. Специальная теория относительности указала на возможность замедления времени при скоростях, приближающихся к скорости света. Но при этом вес тела растет до бесконечности, а скорость света недостижима. Фантасты изыскивали некие возможности преодоления этого светового барьера, считая, что в этом случае можно попасть в прошлое, и рассматривали возникающие различные парадоксы.

В ряде решений уравнений общей теории относительности для различных моделей среды были найдены некие времениподобные петли. Двигаясь по такой замкнутой кривой, можно вернуться из путешествия раньше, чем отправиться в него. Коридор во времени образуют черные дыры, космические струны и туннели-червоточины, в которых можно «разогнаться» до околосветовой скорости. Эти возможности путешествий во времени разделены на четыре группы: перемещение с помощью скоростей, близких к скорости света; использование замкнутых траекторий искривленного пространства-времени вблизи массивных вращающихся тел или вращающейся Вселенной; «прокальвание» черной дыры по «туннелю времени»; параллельные квантовые вселенные. Рассмотрена и обсуждена каждая из этих математических возможностей. Путешественник во времени оказывается на горизонте событий, где уравнения теории Эйнштейна должны работать вместе с законами квантовой механики. Но теория Всего еще не создана, и потому в «машинах времени» действует что-то не позволяющее путешествовать в прошлое. Модели и допу-

щения теории связываются с проблемой совместимости свободы воли со строгостью физических законов.

Ключевые слова: гравитация, пространство-время, черные дыры, червоточины, петли времени, принцип причинности.

Библиографическое описание для цитирования:

Дубнищева Т.Я. О принципиальной возможности путешествий во времени // Идеи и идеалы. – 2018. – № 2, т. 1. – С. – 182–200. – doi: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-182-200.

Умение человека мыслить об окружающем мире в непрерывности его развития (в отличие от наборов картинок с перемещенными объектами) определено тем, что мы рассматриваем Вселенную не только в пространственных, но и во временных координатах. Вселенная понимается как множество событий: каждая точка пространства в каждый момент времени. Время отмечает и упорядочивает различные моменты. Но время определяет и длительность интервалов между разными событиями. В свободной энциклопедии Wikipedia статья о времени начинается так: «Время – форма протекания физических и психических процессов, условие возможности изменения» [1]. Время – одно из самых распространенных и самых таинственных понятий. Почему почти все самопроизвольные процессы в природе необратимы? Почему при этом практически все физические законы инвариантны относительно смены направления времени? Почему мы способны влиять на будущее, а прошлое изменить не можем? Почему наша свободная воля не распространяется на будущее, почему оно зафиксировано? Почему у нас в памяти только прошлое, но не будущее? Почему мы можем перемещаться в пространстве во всех направлениях, а время всегда «течет» только в одном направлении?

Тема путешествий во времени – одна из наиболее популярных в фантастических произведениях – рассказах, книгах, фильмах, телесериалах... Впервые (в западной литературе) эта тема появилась у издателя газеты New York Sun Эдварда Митчелла в 1881 г. в рассказе «Часы, которые шли назад». Повесть «Машина времени» британского фантаста Герберта Уэллса, появившаяся в 1895 г., своим названием определила целое направление многих разнообразных сочинений на эту тему. Машина Уэллса двигалась вдоль оси времени, аналогичной трем пространственным осям. По этой оси могло свободно перемещаться сознание и часть пространства вблизи самой машины. В фантастической повести братьев Стругацких «Понедельник начинается в субботу» машина времени была похожа на велосипед, у Айзека Азимова в повести «Конец вечности» выведена в образе капсул, похожих на кабины лифта. В фильме «Иван Васильевич меняет профессию» машина времени занимает почти целую

комнату, а в рассказе Станислава Лема «Пропавшая машина времени» она весьма компактна. Технический прогресс делал такие машины более функциональными. У Кира Булычева в повести «Алиса и крестоносцы» машина времени самонастраивалась – компьютер предварительно проверял туннель времени, выбирая нужную точку выхода. Многие идеи фантастов оказались пророческими: подводные лодки, путешествия на Луну, разнообразные роботы и пр.

Поскольку реальной машины времени за все эти годы не появилось, рассуждения на тему путешествий во времени часто относят к квазинауке. Однако, в отличие от разработок в области торсионных полей или телепортации, до сих пор не только нет очевидцев перемещения во времени, но и универсального определения времени. Несмотря на отсутствие каких-либо практических достижений в направлении путешествий во времени, ученые не отрицают такой возможности, и теоретические исследования продолжаются.

В начале XX века наука опиралась на механику Ньютона и теорию света Максвелла. По Ньютону, время однородно, а часы синхронизированы во всей Вселенной. В его Вселенной вопрос о возможности путешествий во времени вообще не ставился. Уравнения Максвелла показывали, что свет распространяется с постоянной скоростью, одинаковой во всех инерциальных системах отсчета вне зависимости от движения наблюдателя. Этот факт, зафиксированный опытами Майкельсона и Морли, обсуждался многими физиками. Альберт Эйнштейн связал этот результат с относительностью времени – возможностью движения времени с различной скоростью, определяемой скоростью движения тела. Вместе со временем, вероятно, должны изменяться и другие величины (масса, энергия, длина) в соответствии с преобразованиями Лоренца. В специальной теории относительности (СТО), появившейся в 1905 г., Эйнштейн постулировал, что скорость света – максимально возможная скорость перемещения физических объектов и информации в нашей Вселенной.

В СТО чем быстрее вы двигаетесь, тем становитесь тяжелее и сильнее сокращаетесь в направлении движения. При этом с ростом скорости тела его энергия движения может трансформироваться в материю. Время не абсолютно (как у Ньютона), и различные часы идут с разными скоростями. При значении скорости тела, приближающейся к скорости света, время должно замедляться, а при достижении ее – остановиться, а вес тела – стать бесконечным. Потребовались годы, чтобы представления Эйнштейна были приняты. Замедление времени зафиксировано во многих экспериментах. Поскольку достичь скорости света невозможно, феномен путешествия во времени стал объясняться с точки зрения действия пространственно-временного континуума. Изучались возможности экзотических

объектов и особой среды, в которой возможно перемещение тел со скоростями, превышающими скорость света.

Польский математик Герман Минковский в 1908 г. пришел к выводу о том, что взаимосвязь координат пространства и времени означает, что мы живем в четырехмерном мире особого типа: «Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность» [10, с. 148]. Вскоре известный физик Артур Зоммерфельд предположил, что в природе могут существовать частицы, движущиеся со сверхсветовыми скоростями («*таххионы*»). Свойства этих гипотетических частиц, как показали теоретические исследования, противоположны свойствам обычных частиц («*тадиононов*»). Эти два типа частиц разделены непроницаемым световым барьером, запрещающим переход в прошлое [2, с. 82]. Физики считают, что тахионы либо не существуют, либо не взаимодействуют с обычной материей. Но стало модно размышлять о возможности перемещений во времени. Если тахионы существуют, специальная теория относительности допускает возможность использовать их для путешествий во времени в прошлое [13].

Выдающийся математик Уильям Клиффорд, называвший Николая Лобачевского Коперником геометрии и переведивший работы Георга Римана на английский, был очарован идеями о связи геометрии с физическими явлениями и развивал их. Клиффорд умер в 1879 г. (год рождения Эйнштейна), но его идеи о порождении тяготения искривлением пространства опередили почти на 40 лет ОТО – общую теорию относительности [3, с. 223]. Эйнштейн проанализировал результаты многих мысленных экспериментов и пришел к выводу, что тяготение не является силой. Он записал десять уравнений, в которых левая часть характеризует кривизну пространства-времени, а правая – величины, вызывающие это искривление (энергию, импульс, давление и пр.). Гравитация выступает уже не как невидимая сила, действующая мгновенно во всей Вселенной, а как видимый эффект искривления пространства-времени. Геометрическая теория тяготения, завершенная Эйнштейном в 1915 г., отразила неразрывную связь материи, движения, пространства и времени. Если у Ньютона источник гравитации – масса, то в ОТО – энергия вместе с величинами, характеризующими натяжение пространства. Наличие материи-энергии искривляет пространство-время, без них не существует пространства-времени. Так, движение планет осуществляется потому, что Солнце вокруг себя так искривляет пространство. В искривленном пространстве Римана, принятом в ОТО, тела выбирают кратчайшую траекторию. Но прямая линия в четырехмерном пространстве при проецировании на трехмерное обращается в кривую.

Обращаясь к масштабам всей Вселенной, которую в то время считали однородной и статичной, Эйнштейн в 1917 г. ввел в уравнения новое слагаемое – «космологическую константу». Она соответствовала мифической силе антигравитации, которая не позволила бы «слиться» всем звездам под действием только притяжения. Нидерландский физик Виллем де Ситтер нашел решение уравнений ОТО для бесконечной Вселенной, полностью свободной от материи. Её Вселенная стремительно расширялась под действием только этой силы антигравитации (называемой ныне энергией вакуума или темной энергией). Несмотря на обнаружение в 1919 г. искривления света звезд вблизи Солнца и небольшого смещения орбиты Меркурия, предсказанных ОТО, теория Эйнштейна описывала очень странную Вселенную. Положение исправил ленинградский ученый Александр Фридман. В 1922 г. он показал, что уравнения Эйнштейна для изотропной и однородной Вселенной допускают нестационарные решения. Фридман нашел самые общие решения, его Вселенная динамична, ее будущее зависит от средней плотности материи во Вселенной и темпа расширения (значения постоянной Хаббла, названной в честь астронома, измерившего расширение Вселенной в 1928 г.). Эйнштейн признал эти результаты и назвал результаты Фридмана «проливающимися новым светом» [10, с. 279]. Через год он написал Герману Вейлю: «Если нет квазистатического мира, то долой космологический член» [Там же], подчеркивая, что теория Фридмана получена «независимо от наблюдаемых фактов», а экспериментальные данные Хаббла согласуются с результатами ОТО и без космологического члена, введенного им произвольно. В 1932 г. Эйнштейн и де Ситтер совместно высказались об отказе от космологической постоянной и более к ней не обращались. Так описание законов механики превратилось в описание геометрии пространства, не связанного по своим свойствам ни с какой системой координат.

Первым исследовал уравнения ОТО Карл Шварцшильд, ведущий астроном Германии начала XX века. В 1916 г., находясь в госпитале на Русском фронте, Шварцшильд открыл важное точное решение уравнений Эйнштейна для сферической симметрии тел, предсказывающее существование черных дыр (ЧД). Он определил минимальный радиус тела, сжавшись до которого, оно становится черной дырой ($R_{\text{Ш}}$ – радиус Шварцшильда). Условия внутри ЧД экзотические. В пространстве можно передвигаться только в одном направлении – к центру ЧД, а время может течь как вперед, так и назад. Можно сказать, что время и пространство «обменялись» своими возможностями, реализовав идею машины времени. ЧД искривляет пространство так сильно, что пространство-время замыкается вокруг нее. Лучи света могут сильно изгибаться. Позже нидерландский физик Иоганнес Дросте показал, что уже с расстояния в $1,5 R_{\text{Ш}}$ лучи

начинают вращаться вокруг ЧД [2, с. 146]. Время вблизи черной дыры замедляется вплоть до полной остановки на расстоянии $R_{\text{ш}}$. Внутри такой ЧД космонавт столкнется с физической реальностью, не существующей с точки зрения земного наблюдателя.

Уравнениям ОТО удовлетворяют несколько математических моделей Вселенной. Они различаются, к примеру, начальными или граничными условиями, решения уравнений зависят от выбора системы координат. Естественно использовать сферические координаты, тогда решения отвечают шаровой симметрии, что соответствует форме объектов Вселенной. Теория Эйнштейна объединила время и пространство в единое целое. Но при соединении двух точек пространства могут соединиться и две точки времени, т. е. ОТО не исключает возможности путешествий во времени. В 1937 г. Виллем ван Стокум нашел такое решение для длинного вращающегося цилиндра. При вращении цилиндра со скоростью, близкой к скорости света, происходило бы увлечение материи пространства-времени и тело было бы «затянуто» вглубь этого цилиндра. Стороннему наблюдателю это казалась бы движением с превышением скорости света, и при каждом обороте происходило бы возвращение во времени в прошлое. Это решение было отброшено как лишенное физического смысла.

Прославившийся в молодости своей теоремой о неполноте Курт Гёдель получил в 1949 г. новое решение уравнений ОТО для Вселенной – вращающейся как целое (и также в цилиндрических координатах). Так как вращаться можно вокруг чего-то, Гёдель допустил, что удаленная материя вращается относительно направлений, на которые указывают оси волчков или гироскопов. Но из-за вращения должны возникать силы инерции (центробежная и сила Кориолиса), как на Земле. Существует ли подобная сила при существенно меньшей скорости вращения Вселенной (если она вообще существует) в огромных пространствах космоса? Чтобы Вселенная не стянулась из-за коллапса, она должна быстро вращаться. Исходя из известных тогда размеров Вселенной Гёдель сделал оценки скорости ее вращения. Один оборот он оценил в 70 млн лет, необходимое для «перехода в прошлое» расстояние – в 100 млрд световых лет, а скорость путешественника должна быть не менее 70 % скорости света [4, с. 171].

Как математик, Гёдель считал, что его теорема ограничивает наши способности познавать и предсказывать Вселенную. Он (как и Эйнштейн) добавил в уравнения ОТО космологическую постоянную, но не положительную, а отрицательную. Это означает, что он ввел еще один источник тяготения, противодействующий центробежным силам. Если у Эйнштейна поведение тел описывается четырехмерными линиями, то у Гёделя мировые линии образуют петли из-за вращения. Совершая путешествия по петле, можно попасть в свое прошлое. И это уже не просто фантастика, а

точный математический расчет. Мир Гёделя – это бесконечный цилиндр, заполненный пылевидной гравитирующей материей, которая вращается вокруг центральной оси с постоянной угловой скоростью. Но Вселенная Гёделя статична, она не расширяется и не сжимается, как наша [18]. Свое решение Гёдель оценил как лежащее «за пределами любых практических возможностей».

Эту работу Гёдель решил подарить Эйнштейну на его семидесятилетие. Они подружились, когда уже на склоне лет работали в Принстонском институте перспективных исследований. Но познакомившись с решением Гёделя, Эйнштейн лишь получил повод «поразмышлять, нельзя ли по физическим соображениям исключить саму возможность путешествий во времени» [10, с. 10]. Вслед за Эйнштейном космологи эту работу Гёделя тоже проигнорировали. Но Гёдель пытался как-то обосновать свою модель. Так, он вычислил, что для путешествия в собственное прошлое (парадокс встречи со своим дедушкой) необходимо затратить неправдоподобно большое количество энергии. Кроме того, он допускал, что существует какой-то еще неизвестный науке принцип запрета, аналогичный квантово-механическому соотношению неопределенностей, который исключает такие путешествия.

Индийский физик-теоретик С. Чандрасекар, исследовав модель Гёделя, заключил, что она не противоречит ОТО, но возникающие в ней «петли времени» лишены физического смысла. Из-за отсутствия у Гёделя расширения Вселенной, подтвержденного измерениями Э. Хаббла, его модель не считается реалистичной для нашей Вселенной, но может иллюстрировать какую-либо иную вселенную. Появление в наступившем столетии новых высокотехнологичных приборов изучения космического пространства привело к настоящей революции в космологии: открыто ускоренное расширение Вселенной; установлено, что 96 % всей энергии Вселенной составляют темная энергия и темная материя; открыта анизотропия реликтового излучения; открыты гравитационные волны... Эти открытия выявили некоторую ограниченность моделей Фридмана. Например, его модель должна учесть обнаруженную анизотропию поляризации радиоизлучения внегалактических источников [14]. Согласно публикации Берча, объяснить крупномасштабную анизотропию Вселенной можно ее вращением со скоростью около 13 рад/год. Последовала целая серия работ по развитию модели Вселенной со слабой анизотропией [5–7]. Исследование вращения Вселенной может установить возможную связь космологического вращения с вращением галактик, что способствует развитию космологии ранней Вселенной. Фантасты со всех сторон «раскрутили» различные вариации «временных петель» и их логически невозможных решений.

Ученые нашли, анализируя уравнения ОТО, и другие структуры пространства-времени, принципиально допускающие путешествия во времени. Наблюдения микроволнового фона и данные о распространенности легких элементов свидетельствуют, что ранняя Вселенная не была искривлена так, как предусматривают эти модели и как требуется, чтобы стали возможны путешествия во времени. Тот же самый вывод следует и из теоретических выкладок при условии справедливости предположения об отсутствии границ. Но если Вселенная изначально не искривлена так, как требуется для путешествий во времени, удастся ли впоследствии деформировать ограниченные области пространства-времени настолько, чтобы это стало возможным? Наука выделила ряд теоретических допущений, при которых путешествия во времени принципиально возможны. Их можно разделить на группы.

1. Перемещение с помощью скоростей, близких к скорости света.
2. Использование замкнутых траекторий искривленного пространства-времени вблизи массивных вращающихся тел.
3. «Прокалывание» черной дыры по «туннелю времени».
4. Параллельные квантовые вселенные.

1. Время путешествия, измеренное по часам того, кто двигался с такой скоростью, всегда меньше измеренного по часам того, кто оставался неподвижен («парадокс близнецов»). В 1911 г. Поль Ланжевен объяснил это явление тем, что один из близнецов удалялся с ускорением, т. е. требуемая СТО инерциальность системы нарушалась. Эйнштейн в 1916 г. объяснил парадокс влиянием гравитационного поля. Поскольку интервал между событиями различен в разных системах, время в движущейся системе относительно наблюдателя течет медленнее, чем в системе, где он покоится. Например, некоторые частицы космических лучей прилетают из космоса с околосветовыми скоростями, но имеют малое собственное время жизни. Однако они пролетают огромные расстояния, что для земного наблюдателя означает сильное замедление времени. Продолжаются попытки достичь превышения скорости света.

2. Массивные и плотные объекты, «скорость убегания» с которых может превышать скорость света, возможны и в теории гравитации Ньютона. Такие «черные» тела рассматривали в конце XVIII в. Джон Митчелл и Пьер-Симон Лаплас, но никто и не предполагал их существования. Согласно ОТО, такой объект сильно искривляет пространство-время вокруг себя. В каждой точке такого пространства-времени присутствуют световые конусы, которые разграничивают пространство на зоны прошлого, будущего и недоступные. В отличие от СТО, эти конусы могут растягиваться и наклоняться, а пространство искривляться под действием массы и энергии. В ЧД эти световые конусы наклоняются в сторону тяжелого тела столь

сильно, что покинуть эту область возможно лишь при скоростях, превышающих скорость света. Поэтому попавший в эту область объект будет погружаться, а границу определяет горизонт событий R_{III} – радиус Шварцшильда [8; 17, р. 89]. Стандартным механизмом образования черных дыр в настоящее время считается коллапс массивной звезды.

В конце 60-х на основе ОТО Роджер Пенроуз и Стивен Хокинг доказали, что в сильном гравитационном поле обязательно возникнет сингулярность [11, с. 67]. К ней внутри ЧД и наклонены световые конусы. И космонавт, оказавшись за горизонтом событий, «вырваться» от попадания в сингулярность уже не сможет. Новозеландский математик Рой Керр в 1963 г. рассчитал искривление пространства вокруг вращающейся ЧД. Физика пространства-времени внутри этих ЧД очень сложна. Вращающаяся ЧД затягивает пространство в некий водоворот, причем в плоскости его вращения скорость может достигать скорости света на радиусе Шварцшильда. Но в отличие от невращающейся дыры сингулярность в ее центре имеет вид не точки, а кольца, окружающего ось вращения. Это создает принципиальную возможность достигнуть центра Керр-Керр-Ньюмана дыры каким-нибудь космическим кораблем без того, чтобы быть раздавленным бесконечной кривизной (и приливными воздействиями) пространства-времени.

Плотность вещества в сингулярности формально бесконечно велика. Там действуют законы квантовой гравитации, которая пока не создана. Расчеты показывают, что «по ту сторону» дыры – «отрицательное» пространство-время, в котором либо расстояния и время, либо гравитация становятся негативными. Эта особенность и приводит к возможности совершения путешествий в прошлое. Если пересечь плоскость центрального кольца, спуститься «ниже», в область отрицательного пространства-времени, совершить там несколько оборотов вокруг оси вращения дыры и снова подняться «над» кольцом, то можно прибыть туда раньше, чем вышел, и притом тем раньше, чем больше кругов совершил. Но вылететь обратно из дыры такой космонавт не сможет, поскольку его не выпустит «горизонт».

Внутри вращающейся ЧД, как и внутри статической ЧД, имеется горизонт, определяемый R_{III} , где время и пространство как бы меняются местами. Но из-за вращения их оказывается два. При пересечении первого космонавт оказывается в области, похожей на внутренность статической ЧД. При дальнейшем спуске он достигнет второго горизонта, названного именем Коши. Считается, что вблизи горизонта Коши скапливаются все мировые линии. Пересекая его, космонавт увидит всё будущее наружной Вселенной (как наше Солнце станет красным гигантом, как будет погибать Солнечная система, и т. п.). Многие физики считают, что это

вызовет растущую неустойчивость. Структура и свойства пространства-времени внутри вращающейся ЧД зависят от ее судьбы в будущем: возможны столкновения с другими объектами, квантовое испарение и даже будущее всей Вселенной. При очень быстром вращении дыры путешественник во времени может спуститься к ее центру, пройти под ее центральное кольцо, совершить желаемое число оборотов и вернуться не только выше кольца, но и вообще на Землю – «горизонт» не будет ему в этом препятствовать.

В такой Вселенной движущийся во времени космонавт будет периодически возвращаться к одному и тому же моменту в истории. Так, в фильме «День сурка» герой просыпается каждое утро и проводит целый день в той же самой обстановке, что и в предыдущий день. Вселенная с циклическим временем используется в ряде игровых фильмов. Но тут начинают действовать парадоксы путешествий во времени. Эти возможности вдохновили и некоторых выдающихся физиков [11, с. 130]. Роджер Пенроуз предположил некую «космическую цензуру», запрещающую существование «обнаженных» сингулярностей, а Стивен Хокинг высказал гипотезу о «сохранности хронологии», согласно которой «природа сама заботится, чтобы историки не сталкивались с нарушениями причинности». Как доказали Яков Бекенштейн и Стивен Хокинг, ЧД не полностью черная, часть излучения прорывается в силу принципа неопределенности через ее горизонт событий, сужая его. Так рядом появляется облако отрицательной энергии.

Все подобные модельные расчеты, приведшие к возможности путешествий во времени, сделаны при существенных упрощениях; учет более реальных деталей приводит к неустойчивости решений и невозможности таких состояний, как вращающаяся вселенная Гёделя или сверхбыстрая дыра Керра. В последнее десятилетие произошла новая революция в космологии: открыто ускоренное расширение Вселенной и установлено, что 96 % всей энергии Вселенной составляют темная энергия и темная материя, природу которых еще предстоит выяснить. Вместе с тем в настоящее время не отвергнуты возможное малое вращение Вселенной и ее слабая глобальная анизотропия. Эти вопросы стали интенсивно изучаться.

3. Наиболее популярным в настоящее время считается возможный путь путешествий во времени – прохождения насквозь, «прокальвания» статичной ЧД вдоль так называемого пространственно-временного туннеля. Считая, что ЧД не могут существовать в природе, а сингулярности в теории должны быть устранены, Эйнштейн вместе с Натаном Розеном в 1935 г. объяснил возможность появления в недрах ЧД неких туннелей. Они хотели использовать модель ЧД для построения модели электрона. В настоящее время эта их идея отброшена. Считается, что туннели Эйн-

штейна–Розена заметно сокращают расстояние между отдаленными частями космоса [21]. Наглядно представляют такой туннель, как прокол сложенного листа бумаги, через который можно перейти кратчайшим путем из одной части Вселенной в другую. С этими «червоточинами», или «кратчайшими путями», связаны путешествия во времени. Пример тому – «Алиса в Зазеркалье» Льюиса Кэрролла. Научно-фантастические романы и сериалы приучили нас к мысли, что пространство можно «проколоть» и попасть в нужную точку. Известный астрофизик Поль Дэвис полагает, что современное понимание законов физики «кипит машинами времени, то есть многочисленными решениями геометрии пространства-времени, которые позволяют путешествовать во времени или обладают свойствами машины времени» [2, с. 234].

К возможностям путешествий во времени обратились в конце XX столетия известные ученые – американский физик Кип Торн и российский астрофизик, чл.-корр. РАН Игорь Новиков. Поток времени Новиков сравнивает с течением воды. Вдали от сильных полей гравитации время течет одинаково направленно во всем пространстве от прошлого к будущему. В сильном поле пространство-время сильно искривлено, возникает «кратчайший путь». Часть «потока времени» (как и вода) отделяется, входит в «кратчайший путь», течет в противоположную сторону и выходит из «кратчайшего пути» в прошлое. Так рождается «петля хода времени». Если космонавт отправляется в прошлое, это означает, что он делает «петлю хода времени», в которой события уже не разделяются на прошлое и будущее, а воздействуют друг на друга. В такой «машине времени» сегодняшние события определяются не только прошлым, но и будущим. Отсюда следует общепризнанный сформулированный впервые Новиковым [9, с. 312; 17] принцип самосогласованности для машины времени: при наличии машины времени сегодняшние события должны быть согласованы не только с прошлым, но и с будущим.

Теория не запрещает существование «кратчайших путей», но для стабилизации «двери» эту горловину и ее окружение необходимо заполнить экзотической материей, которая испытывает гравитационное отталкивание и обладает отрицательной энергией. Причем в одних «кратчайших путях» справедливы законы квантового мира, а в других – частично работают и законы классической механики. Первые стабильны, но перебрасывают путешественников в произвольную точку пространства и времени, что бессмысленно. Вторые (полуклассические) – позволяют выбрать определенную точку пространства-времени, но не стабильны. Расчеты показали необходимость ряда дополнительных условий. Но как получить экзотическую материю?

Отрицательное вещество, которого никто не видел, обладает антигравитацией и поэтому отталкивается от обычного вещества. Если оно и было

в доисторические времена, то давно «улетело» на край Вселенной. Недавно берлинские физики на опыте показали, что электроны в определенных условиях начинают вести себя так, словно у них отрицательная инертная масса [19]. Отрицательная энергия в ничтожном количестве была обнаружена в 1948 г. как слабая сила притяжения между двумя незаряженными параллельными металлическими пластинами (эффект Казимира). Дело в том, что вакуум заполнен виртуальными частицами, и в силу принципа неопределенности существует некоторая вероятность того, что электрон и позитрон могут возникать из ничего, а потом аннигилировать. С внешних сторон на эти пластины будет давление больше, так как частиц больше, чем в пространстве между ними. Поэтому чем меньше расстояние между пластинами, тем больше сила их притяжения. В научной фантастике этот эффект был использован Артуром Кварком для создания двух парных червоточин, между которыми устанавливается информационный канал связи. Более точно эффект Казимира был измерен в 1996 г. в Лос-Аламосе Стивеном Ламоро. Согласно идее Торна, если эти две близкие параллельные пластины преобразовать в сферу и сделать две такие сферы, то между ними можно проложить червоточину – пространственный туннель. Если затем одну из сфер поместить в ракету и сообщить ей близкую к световой скорость, то время в этой сфере будет идти медленнее, чем во второй, которая осталась на Земле. Тогда переход по туннелю из неподвижной сферы в летящую и будет переходом в прошлое [20].

Если в обычном пространстве-времени сверхсветовые переходы невозможны, то в искривленном пространстве-времени вблизи ЧД они допустимы. Расчеты доказали, что такой туннель может возникнуть в ЧД спонтанно, если его будет распирать некая «экзотическая энергия» (та же «отрицательная гравитация») или «пена» пространства-времени. Две ЧД, соединенные таким туннелем, могут стать способом «сверхсветового» перемещения в пространстве. Если они движутся друг относительно друга, то для предмета, проходящего сквозь такой туннель, время входа в одну ЧД и выхода из второй практически одинаково (из-за крайне малой длины туннеля). Для внешнего наблюдателя эти моменты различаются, и в ряде случаев направления движения могут даже поменяться местами, т. е. путешественник как бы прибывает к этому наблюдателю из будущего, и такой туннель станет, по существу, «машиной времени». Торн считает, что эти туннели можно извлечь из «пены», затем расширить и стабилизировать с помощью отрицательной энергии, что допускается законами физики. Такая экзотическая материя может быть использована для стабилизации «кратовой норы».

При путешествии в будущее принципиальных проблем не возникает, они появляются при путешествии в прошлое. Прибывший в прошлое кос-

монавт не станет моложе в силу закона необратимости энтропии. Накопленная за время жизни энтропия не может быть уменьшена только изменением направления течения времени. Оказавшись в прошлом, он может встретить своих предков, может попасть в век, когда он еще не родился. Это так называемый *парадокс дедушки*: уничтожив дедушку, причину своего рождения, казалось бы, он нарушает принцип причинности. И.Д. Новиков приводит слова Кипа Торна: «Что-то должно остановить вашу руку, если вы попытаетесь убить своего деда... Совместимость свободы воли и строго физического закона ужасно смутная проблема даже в отсутствие машины времени» [16]. Сами законы физики как-то ограничат свободу воли этого путешественника.

Еще одно решение уравнений ОТО, допускающее возможность путешествий во времени, нашел Джон Ричард Готт в 1991 г. Он первым обнаружил решение уравнений ОТО, допускающее существование космических струн [4, с. 178]. Готт отбросил вращающуюся материю, отрицательную энергию и туннели-червоточины, описав пригодность космических струн для путешествий во времени. Диаметр струны меньше, чем у атомного ядра, а масса порядка звездной. Они заполнены «ложным вакуумом», оставшимся со времен Большого Взрыва, а отрезок нити в 1 м весит 10^{17} тонн. Когда две бесконечно длинные струны проносятся почти со скоростью света рядом, они так искажают пространство-время вокруг себя, что образуют «машину времени». Но для переноса огибающего их космического корабля всего на год назад масса этой «петли», уводящей в прошлое, должна составлять не менее половины массы всего Млечного Пути. Возможно, подобные «машины времени» существуют вблизи черных дыр, вокруг которых с бешеной скоростью вращаются гигантские массы материи. Космические струны используют фантасты, тем более что физики обосновали, что такие кротовые норы, возникнув в ранней Вселенной, могли быть стабилизированы петлями отрицательной массы космических струн [15].

4. Идея параллельных вселенных за последние 20–30 лет переместилась из научной фантастики в теорию Мультивселенной. Вселенные, входящие в нее, называют альтернативными вселенными (реальностями), параллельными вселенными или мирами, хотя доказать существование таких вселенных невозможно. Эта идея родилась в 1957 г. у американского физика Хью Эверетта из аналогии с квантовой механикой: элементарная частица или их ансамбль могут существовать как суперпозиция нескольких возможных состояний. Так, электрон будет характеризоваться суперпозицией различных положений в пространстве, скоростей и ориентаций спина. Но при измерении какой-либо из этих характеристик получают результат, соответствующий одному элементу суперпо-

зиции, а не сочетании их. То есть как только предстоит сделать выбор между несколькими возможными состояниями, наша Вселенная расщепляется на несколько параллельных Вселенных, очень похожих друг на друга [12]. Эта идея позволяет разрешить неизбежные парадоксы, возникающие с «машиной времени». Большинство физиков согласны с подобной аналогией, считая квантовую теорию универсальной, тогда как другие – уже используют представление о мироздании, заполненном множеством Вселенных.

Если буквально следовать квантово-механической аналогии, то вместе с нашим телом сосуществуют волновые функции и динозавров, и того мира, который ушел в прошлое, не будучи осуществленным. Кроме того, какие-то наши клоны где-то живут своей параллельной жизнью в другой вселенной, но мы с ними не встретимся, так как наши волновые функции находятся не в фазе. Исходя из этой аналогии и допуская существование множества Вселенных, являющихся двойниками нашей, Стивен Хокинг ввел волновую функцию Вселенной. Волновая функция в квантовой механике существует в каждой точке пространства-времени и подчиняется уравнению Шредингера. Волновая функция Хокинга представляет все состояния Вселенной, подчиняясь уравнению Уилера. «Если вся Вселенная – часть волновой функции, то отпадает необходимость в существовании наблюдателя (который должен находиться за пределами Вселенной)» [4, с. 232]. Рассматривая сумму вселенных вместе с туннелями-червоточинами, Хокинг получил равенство нулю гравитационной константы для наиболее вероятной из них. Но многие физики не посчитали это решением проблемы, пока не создана теория квантовой гравитации и «теория всего». Истинность той или иной теории – с кротовыми норами, суперструнами или новыми измерениями – лежит пока за пределами возможностей эксперимента. Но вся мощь спутников, космических телескопов, детекторов гравитационных волн и лазеров может принести новые открытия, которые позволят оценить истинность теорий.

За пять веков, прошедших после революции Коперника, свое место в центре мира постепенно уступали и сам человек, и наша Земля, и наша галактика, а с утверждением идеи «множественности вселенных» – и наша Вселенная. Возможно, пора и в научной фантастике переходить от «машины времени» к «машине пространства», чтобы пролететь сквозь наши звездные миры в неведомые дали запредельной геометрии. «Что касается практической реализации новых идей, мы хотели бы заключить обзор напоминанием о том, что в середине XIX века даже такая практическая (теперь) вещь, как электричество, казалась научной абстракцией. Когда британский премьер-министр спросил Фарадея о практической ценности электричества, Фарадей ответил: “Когда-ни-

будь ваше правительство введет на него налог”. Будучи оптимистами, мы верим в огромные перспективы в новой области физики и астрофизики черных дыр» [17, р. 412].

Литература

1. Время [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Время> (дата обращения: 17.02.2018).
2. Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной / пер. с англ. Н.В. Мицкевича. – М.: Мир, 1979. – 288 с.
3. Дубнищева Т.Я. Ретрофизика в зеркале философской рефлексии: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 334 с.
4. Каку Митио. Параллельные миры. Об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем космоса: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018. – 565 с.
5. Короткий В.А., Кречет В.Г. Самосогласованные решения в космологических моделях с вращением // Известия высших учебных заведений. Физика. – 1988. – № (6). – С. 5–10.
6. Кречет В.Г., Панов В.Ф. Нестационарные космологические модели с вращением // Астрофизика. – 1988. – Т. 28, вып. 3. – С. 670–678.
7. Кувшинова Е.В., Панов В.Ф. Космологические модели с вращением // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2004. – Т. 47, № 2. – С. 19–21.
8. Новиков И.Д., Фролов В.П. Физика черных дыр. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
9. Новиков И.Д., Фролов В.П. Черные дыры во Вселенной // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 3. – С. 307–324.
10. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна: пер. с англ. / под ред. А.А. Ляпунова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1989. – 568 с.
11. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени / пер. с англ. А. Беркова, В. Лебедева. – СПб.: Амфора, 2014. – 171 с.
12. Ali A.F., Das S. Cosmology from quantum potential // Physics Letters B. – 2015. – Vol. 741. – P. 276–279.
13. Benford G.A., Book D.L., Newcomb W.A. The Tachyonic antitelephone // Physical Review D. – 1970. – Vol. 2, iss. 2. – P. 263–265. – doi: 10.1103/PhysRevD.2.263.
14. Birb P. Is the universe rotating? // Nature. – 1982. – Vol. 298, N 5873. – P. 451–454.
15. Natural wormholes as gravitational lenses / J.G. Cramer, R.L. Forward, M.S. Morris, M. Visser, G. Benford, G.A. Landis // Physical Review D. – 1995. – Vol. 51, iss. 6. – P. 3117–3120.
16. Cauchy problem in spacetimes with closed timelike curves / J. Friedman, M. Morris, I. Novikov, F. Echeverria, G. Klinkhammer, K. Thorne, U. Yurtsever // Physical Review D. – 1990. – Vol. 42, iss. 6. – P. 1915–1930. – doi: 10.1103/PhysRevD.42.1915.

17. *Frolov V., Novikov I.* Black Hole physics: basic concepts and new developments. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. – xxi, 770 p.

18. *Gödel K.* An example of a new type of cosmological solution of Einstein field equations of gravitation // *Reviews of Modern Physics.* – 1949. – Vol. 21, iss 3. – P. 447–450.

19. Coherent ballistic motion of electrons in a periodic potential / W. Kuehn, P. Gaal, K. Reimann, M. Woerner, T. Elsaesser, R. Hey // *Physical Review Letters.* – 2010. – Vol. 104, iss. 14. – P. 146602-1–146602-4. – doi: 10.1103/PhysRevLett.104.146602.

20. *Morris M.S., Thorne K.S., Yurtsever U.* Wormholes, time machines, and the weak energy condition // *Physical Review Letters.* – 1988. – Vol. 61, iss. 13. – P. 1446–1449. – doi: 10.1103/PhysRevLett.61.1446.

21. *Poplanski N.J.* Radial motion into an Einstein–Rosen bridge // *Physics Letters B.* – 2010. – Vol. 687, iss. 2–3. – P. 110–113.

Статья поступила в редакцию 22.02.2018 г.

Статья прошла рецензирование 22.03.2018 г.

DOI: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-182-200

ON THE GROUNDED OPPORTUNITY TO TRAVEL IN TIME

Dubnishcheva Tatyana,

*Dr. of Sc. (Physics and mathematics), Professor,
Professor of the Information technologies Department,
Novosibirsk State University
of Economics and management – “NINH”,
56, Kamenskaya st., 630099, Novosibirsk, Russian Federation
ORCID: 0000-0002-8173-5313
t.y.dubnishcheva@nsuem.ru*

Abstract

The author considers the problems of the opportunity to travel in time in the historical context and at the conceptual level. Though all living beings travel in time in a certain sense, this paper discusses the possibility of free movement in time in any direction. It is noted that in the Universe of Newton the time flowed uniformly and rectilinearly in one direction, which precluded the possibility of traveling through time. A special theory of relativity indicated the possibility of slowing down the time at speeds approaching the speed of light. At the same time, the body weight grows to infinity, the speed of light is unattainable. The fantasy sought some opportunities to overcome this light barrier, believing that in this case it is possible to get into the past, and considered emerging paradoxes. In a number of solutions of the equations of the general theory of relativity, certain time-like loops have been found for various models of the medium. Moving along such a closed curve, you can return from the trip earlier than go to it. Corridor in time form black holes, space strings, wormhole tunnels, etc., in which you can “accelerate” to near-light velocity on at speeds approaching the speed of light. These possibilities of time travel are divided into four groups: displacement by means of velocities close to the speed of light; the use of closed trajectories of curved space-time near massive rotating bodies or a rotating universe; “piercing” a black hole through the “tunnel of time”; parallel quantum universes. The author considers each of these mathematical possibilities. A time traveler is on the horizon of events, where the equations of the Einstein theory must work together with the laws of quantum mechanics. But still there isn't a universal theory and therefore in the “time machine” something prevents from travelling into the past. The models and assumptions of the theory are associated with the problem of matching free will with the rigor of physical laws.

Keywords: gravity, space-time, black holes, wormholes, moles' burrows, time loops, causality principle.

Bibliographic description for citation:

Dubnishcheva T. On the grounded opportunity to travel in time. *Ideji i idealy – Ideas and Ideals*, 2018, no. 2, vol. 1, pp. 182–200. doi: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-182-200.

References

1. Vremya [The Time]. *Vikipediya. Svobodnaya entsiklopediya* [Wikipedia. The free encyclopedia]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Время> (accessed 17.02.2018).
2. Davies P.C.W. *Space and time in the modern universe* (Russ. ed.: Devis P. *Prostranstvo i vremya v sovremennoi kartine Vselennoi*). Translated from English by N.V. Mitskevich. Moscow, Mir Publ., 1979. 288 p.).
3. Dubnishcheva T.Ya. *Retrofizika v zerkale filosofskoi refleksii* [Retrophysics in the mirror of philosophical reflection]. Moscow, INFRA-M Publ., 1997. 334 p.
4. Kaku Michio. *Parallel worlds: a journey through creation, higher dimensions, and the future of the Cosmos* (Russ. ed.: Kaku Mitio. *Parallelnye miry: ob ustroistve mirozdaniya, vysshibkh izmereniyakh i budushchem kosmosa*). Translated from English. 2nd ed. Moscow, Alpina Non-Fiction Publ., 2018. 566 p.).
5. Korotkii V.A., Krechet V.G. Samosoglasovannye resheniya v kosmologicheskikh modelyakh s vrashcheniem [Self-consistent solutions for cosmological models with rotation]. *Izvestiya vysshibkh uchebnykh zavedenii. Fizika – Soviet Physics Journal*, 1988, no. 6, p. 5–10. (In Russian).
6. Krechet V.G., Panov V.F. Nestatsionarnye kosmologicheskie modeli s vrashcheniem [Nonstationary cosmological models with rotation]. *Astrofizika – Astrophysics*, 1988, vol. 28, iss. 3, pp. 670–678. (In Russian).
7. Kuvshinova E.V., Panov V.F. Kosmologicheskie modeli s vrashcheniem [Cosmological models with rotation]. *Izvestiya vuzov. Fizika – Russian Physics Journal*, 2004, vol. 47, no. 2, pp. 19–21. (In Russian).
8. Novikov I.D., Frolov V.P. *Fizika chernykh dyr* [Black hole physics]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 328 p.
9. Novikov I.D., Frolov V.P. Chernye dyry vo Vselennoi [Black holes in the Universe]. *Uspekhi fizicheskikh nauk – Physics-Uspekhi*, 2001, vol. 171, no. 3, pp. 307–324. (In Russian).
10. Pais A. *Subtle is the Lord: the science and the life of Albert Einstein*. Oxford, Oxford University Press, 1982 (Russ. ed.: Pais A. *Nauchnaya deyatel'nost' i zhizn' Al'berta Einshteina*). Translated from English, Moscow, Nauka Publ., the Main Editorial Board of Physical and Mathematical Literature, 1989. 568 p.).
11. Hawking S., Penrose R. *The Nature of space and time* (Russ. ed.: Khoking S., Penrouz R. *Priroda prostranstva i vremeni*). Translated from English A. Berkov, V. Lebedev. St. Petersburg, Amfora Publ., 2014. 171 p.).
12. Ali A.F., Das S. Cosmology from quantum potential. *Physics Letters B*, 2015, vol. 741, pp. 276–279.
13. Benford G.A., Book D.L., Newcomb W.A. The Tachyonic antitelephone. *Physical Review D*, 1970, vol. 2, iss. 2, pp. 263–265. doi: 10.1103/PhysRevD.2.263.
14. Birch P. Is the universe rotating? *Nature*, 1982, vol. 298, no. 5873, pp. 451–454.
15. Cramer J.G., Forward R.L., Morris M.S., Visser M., Benford G., Landis G.A. Natural wormholes as gravitational lenses. *Physical Review D*, 1995, vol. 51, iss. 6, pp. 3117–3120.

16. Friedman J., Morris M.I., Novikov I., Echeverria F., Klinkhammer G., Thorne K., Yurtsever U. Cauchy problem in spacetimes with closed timelike curves. *Physical Review D*, 1990, vol. 42, iss. 6, pp. 1915–1930. doi: 10.1103/PhysRevD.42.1915.
17. Frolov V., Novikov I. *Black Hole physics: basic concepts and new developments*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998. xxi, 770 p.
18. Gödel K. An example of a new type of cosmological solution of Einstein field equations of gravitation. *Reviews of Modern Physics*, 1949, vol. 21, iss 3, pp. 447–450.
19. Kuehn W., Gaal P., Reimann K., Woerner M., Elsaesser T., Hey R. Coherent ballistic motion of electrons in a periodic potential. *Physical Review Letters*, 104, iss. 14, pp. 146602-1–146602-4. doi: 10.1103/PhysRevLett.104.146602.
20. Morris M., Thorne K., Yurtsever U. Wormholes, time machines, and the weak energy condition. *Physical Review Letters*, 1988, vol. 61, iss. 13, pp. 1446–1449. doi: 10.1103/PhysRevLett.61.1446.
21. Poplawski N.J. Radial motion into an Einstein–Rosen bridge. *Physics Letters B*, 2010, vol. 687, iss. 2–3, pp. 110–113.

The article was received on 22.02.2018.

The article was reviewed on 22.03.2018.