

О физическом и нефизическом времени или физика без формул

Кудрявцев Юрий Сергеевич, кандидат технических наук

На примере двух разделов теоретической физики – космологии и квантовой механики показано, к каким серьезным проблемам и противоречиям может привести недостаточно внимательное отношение к физическому смыслу понятия «время».

Введение - о великих древних греках

Великие древние греки были не большие любители формул, и предпочитали не считать, а думать. Это нельзя назвать недостатком, поскольку считать неизмеримо легче, чем думать. Во всяком случае, перед тем как что-нибудь считать, надо сначала хорошо подумать, что, почему и зачем ты считаешь. Иначе то, что сосчитано, может оказаться полной ерундой. И будет обидно за напрасно потраченное время.

Для того, чтобы считать, нужны формулы. Чтобы думать, они не нужны. Поэтому самая интересная физика – это физика без формул. Хотя совсем без них обойтись нельзя.

Время, которое может быть потрачено по-разному – тема, о которой люди думали всегда - со времен великих древних греков и раньше. Один из самых известных древних греков Зенон Элейский любил выражать свои мысли в виде парадоксов. Парадокс о быстром Ахиллесе, который никак не мог догнать Черепаху, имеет прямое отношение к времени.

Если за единицу времени взять, например, время одного шага Ахиллеса, то через некоторое количество этих единиц он, конечно, догонит и перегонит Черепаху. Теперь возьмем за единицу время, которое нужно Ахиллесу, чтобы достичь того места, где в данный момент находится черепаха. Эта единица будет уменьшаться с сокращением расстояния по закону геометрической прогрессии. И для того, чтобы догнать Черепаху, Ахиллесу потребуется бесконечное число этих единиц. А поскольку бесконечности достичь нельзя, Ахиллес никогда не догонит Черепаху, что и утверждает Зенон.

Математическое и физическое время в теории «Большого Взрыва»

Выраженная в форме парадокса мысль великого Зенона об относительности движения и зависимости его описания от способа отсчета времени может иметь прямое отношение к одной из самых известных физических теорий - теории «Большого Взрыва». Эта теория утверждает, что наша Вселенная возникла около 13 миллиардов лет назад, когда что-то взорвалось, начало расширяться с огромной скоростью и расширяется до сих пор [1-3].

То, что сегодня Вселенная расширяется, подтверждается огромным количеством астрономических наблюдений [2]. Но то, что начало этого расширения было именно таким, как описывает теория, уже не так очевидно. И парадокс Зенона добавляет к этой неопределенности новые сомнения. Ведь если в описании ситуации с Черепахой за единицу времени взять постоянную физическую величину, Ахиллес спокойно обгонит Черепаху, а если переменную - не сможет обогнать ее никогда. Постоянной или переменной единицей времени мы пользуемся при описании развития Вселенной в теории «Большого Взрыва»?

С одной стороны она кажется постоянной, поскольку мы берем в качестве единицы для всех этапов развития

Вселенной все ту же секунду, не применяя каких-то действий для ее изменения. Но с другой стороны один и тот же малый временной промежуток, например, микросекунда, сегодня соответствует ничтожно малым изменениям в состоянии Вселенной, а когда-то, по теории «Большого Взрыва», вмещал множество разных этапов ее развития, и в моменты, соответствующие 10^{10} секунды и 10^4 секунды после Большого Взрыва Вселенная имела совершенно разные характеристики [1].

То есть значение единицы времени «секунда» в каждую из этих эпох совершенно разное. А значит, это величина скорее переменная, чем постоянная.

В 30х-40х годах прошлого века английский физик Эдуард Артур Милн писал: *«не существует равномерного естественного масштаба, так как мы не можем сказать, что имеем в виду под словом "равномерный" в отношении времени; мы не можем схватить текущую минуту и поставить рядом с ней последующую. Иногда говорят, что равномерный масштаб времени определяется периодически явлениями. Однако разрешите задать вопрос: может ли кто-либо нам сказать, что два следующие друг за другом периода равны?»*[4].

Так можем ли мы быть уверены в том, что теория описывает нам не такую же парадоксальную ситуацию, как в случае с Ахиллесом и Черепахой?

Это дополнительное сомнение заставляет внимательней всмотреться в основания теории «Большого Взрыва». И там мы неожиданно обнаруживаем поразительную вещь.

Создание любой космологической теории, описывающей поведение Вселенной, начинается с выбора системы координат, которая называется метрикой и описывает интервалы между точками-событиями в четырехмерном пространстве-времени. Когда Эйнштейну в 1917 году впервые пришла мысль об искривлении нашего трехмерного пространства тяготением, он предложил ввести дополнительное (фиктивное) пространственное измерение и сразу же исключить его из формул, выразив через радиус кривизны пространства [5]. В результате появилась метрика, в которой есть время « t », три пространственные координаты и радиус кривизны пространства.

Когда Эйнштейн создавал эту метрику, еще никто не знал, что Вселенная расширяется, и он выводил формулы, исходя из того, что радиус кривизны пространства – величина постоянная. Поэтому в его выражении для метрики отсутствует дифференциал радиуса кривизны, который в стационарной Вселенной просто равен нулю.

Поразительная неожиданность заключается в том, что метрика, лежащая в основе теории «Большого Взрыва», оказывается совершенно идентичной метрике Эйнштейна [3][5], хотя описывает Вселенную, изменяющуюся во времени, в которой кривизна пространства меняется, и ее дифференциал уже не может быть равен нулю. Получается, что теория, описывающая расширяющуюся Вселенную, построена на метрике стационарной Вселенной. Парадоксальная ситуация [6].

Попытка объяснить возможные причины возникновения этой ситуации приводит к работам русского физика А.А. Фридмана и истории его переписки с Эйнштейном. В 1922 году была опубликована работа Фридмана «О кривизне пространства» [7], в котором он впервые анализирует возможность описания мира с меняющейся во времени кривизной.

В статье Фридмана, когда еще не было астрономических данных о расширении Вселенной, вопрос о значении коэффициента при временной компоненте метрического тензора имел чисто академическое значение. Было удобно и естественно принять его равным единице, как в исходной работе Эйнштейна. Но при этом Фридман отметил возможность переопределения временной координаты, указав на то, что при этом может потребоваться замена в метрике времени « t » на функцию от времени $t' = f(t)$ [7][8].

Однако когда в 1929 году появились первые астрономические данные о расширении Вселенной и возникла необходимость численных расчетов, Фридман уже не смог использовать заложенные в его работах возможности переопределения временной координаты, потому что трагически погиб еще в 1925 году [9]. В результате использованное им выражение для метрики осталось идентичным тому, что ввел Эйнштейн для стационарной Вселенной, но время не было переопределено.

Сам Эйнштейн к этому времени уже был занят другими проблемами и больше не обращался к детальному анализу этой ситуации. Можно предположить, что в этом сыграла свою роль математическая ошибка, которую Эйнштейн допустил при первом прочтении статьи Фридмана. Когда Фридман в своем письме Эйнштейну показал, что он ошибся, Эйнштейн признал ошибку и при дальнейшем рассмотрении проблем космологии полностью положился на работы Фридмана [10].

В поставленном Фридманом вопросе о переопределении времени мы встречаемся с разным отношением к понятию времени в физике и в математике.

С точки зрения физики промежутки времени отражают изменения, которые могли произойти в течение этого времени с изучаемыми физическими объектами. С точки зрения математики — это просто некая численная величина, обозначаемая символом « t ».

Фридман, который поставил вопрос о переопределении времени, то есть о том, что символ « t » в формулах может обозначать не само время, а какую-то функцию от времени, ставил его, несомненно, с точки зрения физики, допуская разные значения символа « t ». Но поскольку фактически переопределения не случилось, поставленный им вопрос не получил развития. И построение метрики пошло по пути формального математического рассмотрения.

Можно утверждать, что именно формальный математический подход приводит к использованию понятия времени без обсуждения того, что один и тот же малый временной промежуток сегодня соответствует ничтожно малым изменениям в состоянии Вселенной, а когда-то вмещал множество этапов ее развития.

На этом основан и формальный подход к базовому принципу теории относительности, который гласит: «*Общие законы природы должны быть выражены через уравнения, справедливые во всех координатных системах*» [11]. Использование этого принципа с точки зрения математики означает, что метрика, в которой учтен ненулевой дифференциал кривизны пространства, и метрика, построенная Эйнштейном для стационарной Вселенной, в кото-

рой он не учтен, да и любая другая, эквивалентны, поскольку любую из них можно использовать для решения уравнений Эйнштейна и построения космологической модели. И это действительно так.

Но рассмотрение вопроса с физической точки зрения обращает наше внимание на то, что возможность использовать любую из метрик не означает, что смысл и значения входящих в них переменных одинаковы. Существование метрик с переопределением времени немедленно ставит перед нами вопрос, в какой из них символ « t » — это время, а в какой — какая-то функция от времени? Проиллюстрируем это на примере простейшей линейной функции. Пользуясь предложением Фридмана, заменим в выражении для метрики с единичным коэффициентом при переменной времени время « t » на функцию от времени « $t'=2t$ ». Тогда во всех основанных на этой метрике выражениях теории «Большого Взрыва», включая формулу для расчета возраста Вселенной, символ « t » заменится на « $2t$ ». И если в исходном варианте мы имели расчетный возраст Вселенной $t = 13,5$ млрд. лет, теперь получим $2t = 13,5$ млрд. лет, то есть $t = 6,75$ млрд. лет. Какое же из этих чисел показывает действительный возраст Вселенной?

Итак, для описания действительной истории Вселенной используемый нами в метрике и во всех вытекающих из нее выражениях символ « t » должен быть именно временем. Обращаясь к замечанию Фридмана, видим, что в этом случае уже нельзя априори принять метрику Эйнштейна с единичным коэффициентом при переменной времени, поскольку это может потребовать ее переопределения. То есть символ « t » может обозначать не время, а какую-то неизвестную нам функцию времени.

Чтобы избежать этой неопределенности, мы должны вывести метрику, исходя из того, что « t » — это время, и не пренебрегая величиной дифференциала радиуса кривизны пространства, которая в расширяющейся Вселенной не равна нулю. Проведя несложные преобразования (см. Приложение) аналогично [3][5], получаем выражение для метрики, в котором единичный коэффициент при переменной « t » заменяется на величину, зависящую от скорости изменения радиуса кривизны пространства « a », то есть от скорости расширения, по формуле: $[1 - (da/cdt)^2]$.

Для однородной изотропной Вселенной величина da/cdt представляет собой относительную скорость расширения гиперсферы в 4-мерном пространстве [12]. При этом гравитационная потенциальная энергия любого материального тела оказывается равной с обратным знаком кинетической энергии его движения в 4-мерном пространстве, что можно считать законом сохранения механической энергии в расширяющейся Вселенной. В метрике теории «Большого Взрыва» обе эти величины просто равны нулю.

Попытка решения уравнений Эйнштейна в этой метрике приводит к космологической модели, кардинально отличающейся от стандартной модели «Большого Взрыва». Эта модель [12] (назовем ее «модифицированной») описывает Вселенную, закрытую при любой плотности материи, не требующую введения дополнительных ненаблюдаемых субстанций («космологической постоянной» или «темной энергии»), бесконечную во времени и на данном этапе развития расширяющуюся ускоренно.

Более медленная динамика расширения снимает целый ряд проблем стандартной космологической модели и исключает упомянутое выше противоречие между различными значениями одной и той же единицы времени на разных этапах развития Вселенной, поскольку в этой мо-

дели она никогда не расширяется с такой скоростью, как в модели «Большого Взрыва», да и самого Взрыва в ней нет - есть плавное расширение, а потом такое же плавное сжатие. По закону гиперболического косеканса. График расширения показан на Рис.1.

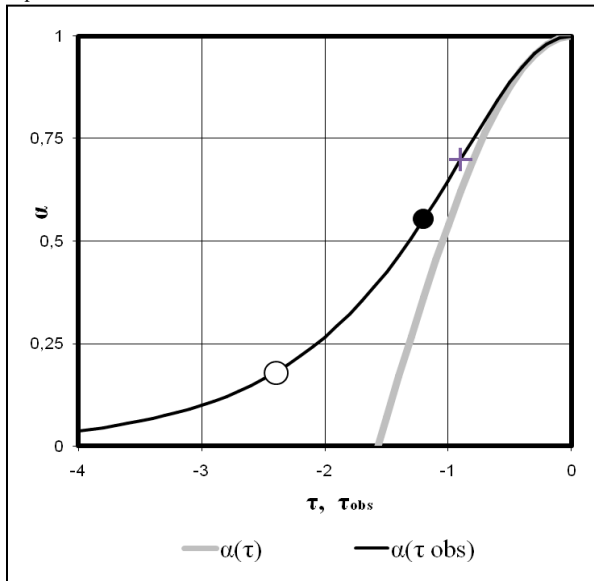


Рис. 1. Графики расширения Вселенной в разных системах отсчета.

Черная кривая – относительная величина радиуса кривизны замкнутой Вселенной в нашем трехмерном пространстве. $\alpha(\tau_{obs}) = 1/\text{ch}(\tau_{obs})$. Время отсчитывается от момента максимального расширения. Серая кривая – в системе отсчета центра масс Вселенной (лежит за пределами трехмерного пространства). $\alpha(\tau) = \cos(\tau)$. Белая и черная точки – сегодняшнее положения на кривой при минимально и максимально возможной средней плотности материи. Крестом отмечена точка перегиба.

При этом открываются возможности для описания целого ряда наблюдаемых астрономических явлений, которые не могут быть описаны моделью «Большого Взрыва».

Недавно обнаруженная симметрия неоднородностей реликтового излучения интерпретируется в стандартной модели как возможное свидетельство нарушения основополагающего требования изотропии пространства («Ось Зла») [13], однако в модифицированной модели это естественное следствие более медленной динамики развития [14]. Время, прошедшее с момента излучения сигнала источником, например неоднородностью материи в период рекомбинации водорода, оказывается достаточным для того, чтобы излучение, распространяющееся во всех направлениях, достигло наблюдателя не только по малой, но и по большой дуге большого круга закрытой Вселенной, то есть с противоположной стороны небесной сферы, что воспринимается наблюдателем как явление центральной симметрии - возможность наблюдения одного и того же источника в двух противоположных (центрально-симметричных) точках.

Существование явления центральной симметрии подтверждается центральной симметрией микроволнового фона [14], существованием пар противоположащих квазаров, которые также могут интерпретироваться как пары изображений одного и того же удаленного объекта [15] и результатами сравнительного анализа микроволнового фона и данных каталога квазаров, в которых обнаружена кор-

реляция микроволнового фона с распределениями средних значений красного смещения квазаров [16].

Модель «Большого Взрыва» не может адекватно объяснить и некоторые другие результаты анализа астрономических данных. Например, зависимость магнитуд квазаров и галактик от красного смещения, которая приводит к кажущемуся завышению их светимости в сотни и тысячи раз. Этого не происходит в модифицированной модели [17].

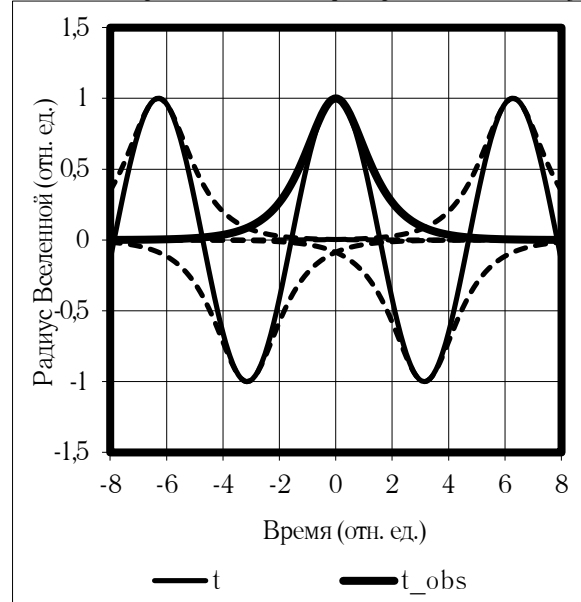


Рис. 2. Динамика развития модифицированной модели Вселенной на временных шкалах центра гиперсферы (t) и наблюдателя в 3-мерном мире (t_obs). Гармонические колебания в системе центра масс, порождающие вечные Вселенные на каждом полупериоде колебаний.

Кроме новых возможностей интерпретации имеющихся астрономических данных, модифицированная модель позволяет выдвинуть предположение о возможном варианте ее предыстории, принципиально отличающемся от вариантов стандартной модели. Как видно на Рис. 1, в системе отсчета центра масс радиус Вселенной изменяется по закону $\cos(t)$, то есть закрытая Вселенная в целом ведет себя как классический гармонический вибратор. При этом в ней, так же как в любом другом гармоническом вибраторе, происходит непрерывное превращение кинетической энергии расширения в потенциальную энергию гравитационного поля и обратно. Такой характер изменений можно рассматривать как естественную форму проявления философского тезиса о невозможности существования материи без движения. В связи с отсутствием внешних воздействий (это же вся Вселенная – кроме нее ничего нет) этот вибратор, как и классический гармонический вибратор без потерь, может колебаться вечно. На каждом полупериоде он порождает новое 3-мерное пространство - гиперсферу, которая развивается в своей системе отсчета в течение бесконечного времени. Получается «гармонический генератор вечностей» графически показанный на Рис. 2.

Подтвердятся ли все описанные здесь результаты перехода к неформальному рассмотрению времени, покажет время. А здесь мы только отметим, что переход от формального математического подхода к более внимательному подходу с позиций физики может привести к очень существенным изменениям наших представлений об истории и свойствах Вселенной.

Математическое и физическое время в Квантовой Механике

Еще более значительное влияние разных подходов к понятию времени обнаруживается в другой области теоретической физики — в квантовой механике.

Создание своей квантовой теории Дирак начинает с введения нового понятия — принципа суперпозиции состояний [18]. Описывая опыт с поляризацией фотонов, Дирак описывает его следующим образом: *«Предполагается, что фотон, поляризованный под углом к оптической оси, можно рассматривать как находящийся частично в состоянии поляризации, параллельной оси, и частично в состоянии поляризации, перпендикулярной оси»*. И далее: *«Пропуская фотон через кристалл турмалина, мы подвергаем его наблюдению и устанавливаем, поляризован ли он параллельно или перпендикулярно оптической оси. В результате этого наблюдения мы переводим фотон либо полностью в состояние параллельной поляризации, либо полностью в состояние перпендикулярной поляризации. Он должен сделать внезапный скачок от частичного пребывания в обоих этих состояниях к пребыванию целиком либо в одном, либо в другом из состояний»*.

Понятия суперпозиции состояний и квантового скачка, предложенные для объяснения опытов с фотонами, вызвали массу вопросов уже в то время, поскольку утверждали, что состояние физического объекта не существует само по себе, а определяется только в результате наблюдения. В физике появилось немыслимое раньше представление о том, что в каждом опыте кроме исследуемых физических объектов каким-то образом незримо присутствует наблюдатель.

Поиск ответов на вопросы требует новых экспериментов, и за последние десятилетия было проведено множество экспериментов с фотонами [19]. Но их результаты привели к новым вопросам и недоумениям, поскольку с точки зрения ортодоксальной квантовой механики, основанной на принципах суперпозиции и квантового скачка, они представляются еще более удивительными и даже парадоксальными. Приведем несколько примеров.

Эксперименты «с отложенным выбором» [19][20]. В оптическую схему вносились быстрые изменения в разные моменты движения фотона от источника к приемнику. Полученные результаты оказались совершенно не зависящими от того, в какой момент вносились изменения — до или после прохождения импульсом света делителя луча.

В экспериментах [21][22] в оптическую схему вносились изменения с целью управления достоверностью информации о пути движения фотона (путем изменения прозрачности фильтра [21] или положения детектора [22]). Для объяснения связи этих изменений с наличием или отсутствием интерференции авторам приходится прибегать к предположениям, что результаты зависят не от физических условий проведения эксперимента, а от доступной экспериментатору информации. Причем даже не от самой информации, а только от возможности ее получения. Что приводит анализирующих эти результаты авторов работы [19] к заключению: *«коллапс волновой функции может происходить только от возможности получения нами знаний о пути движения частицы. В это, конечно, трудно поверить и принять, что квантовая механика описывает только наши знания, причем не очень понятно, о чем эти знания. Но во многих случаях это является наименее парадоксальной интерпретацией очень парадоксальных экспериментальных результатов»*.

Неравенства, предложенные в 1964 году Джоном Беллом, давали возможность провести оптические эксперименты [23] которые смогли бы разрешить спор Эйнштейна-Бора о полноте или неполноте квантовой механики, то есть показать, может ли введение дополнительных параметров сделать описание квантовой механики не вероятностным, а детерминированным. Другими словами, реален или нереален окружающий нас мир? В случае нарушения неравенств Белла детерминистическое описание мира считалось невозможным.

Несколькими группами ученых были поставлены эксперименты по проверке неравенств Белла на парах «запутанных» фотонов, то есть фотонов со связанными в момент их одновременного рождения физическими характеристиками, например, поляризацией. Затем эти фотоны разлетаются в разных направлениях и заканчивают свой полет в поляризаторах, которые могут быть расположены под разными углами и на любых расстояниях от места их рождения. Данные о регистрации фотонов в поляризаторах накапливаются и подставляются в неравенства Белла.

Результаты этих экспериментов, полученные разными исследователями, многократно и надежно установили нарушение неравенств Белла. Из этого следует кажущийся парадоксальным вывод [23]: *«пара запутанных фотонов должна рассматриваться как единый глобальный объект, который нельзя рассматривать в виде составленного из разделенных в пространстве и времени отдельных объектов с хорошо определенными свойствами»*.

Самое важное в оценке этих результатов - не удивление вновь открывшимися особенностями природы, а возможность поколебать самые глубинные основы физического взгляда на мир - на его реальность и закономерность развития (причинность): *«Эксперимент свидетельствует о том, что частицы не могут рассматриваться как отдельные объекты, даже когда они находятся на произвольно большом расстоянии друг от друга. Даже в этом случае частицы, в определенном смысле, остаются единым объектом, и мы не можем приписывать отдельным частицам локальных, реально существующих параметров»*.

Этот объект, который не имеет классических аналогов, может находиться сразу во многих местах. Его параметры относятся к различным частям системы, которые могут находиться на сколь угодно большом расстоянии друг от друга и между которыми нет реального физического взаимодействия. Но между этими частями, тем не менее, наблюдается мгновенная корреляция результатов измерений. Если мы готовы воспринимать квантовую механику всерьез, как науку, выдвигающую некие утверждения о реальном мире, тогда мы должны кардинально изменить наши представления об этом мире. Мы должны признать, что за миром объектов, кажущихся независимыми, скрывается царство перепутанных состояний, в котором простые понятия причинности и локальности больше не применимы» [19].

Первостепенная важность этих результатов и делающихся на их основе выводов очевидна. Но какое отношение они имеют к вопросу о математическом и физическом времени? Оказывается, самое прямое.

За двадцать лет до появления квантовой механики Эйнштейн сделал два важных предположения — о том, что все физические процессы во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково, и о том, что скорость света в вакууме всегда одинакова и не зависит от движения излучателя [24]. На этих предположениях была построена теория

рия, которая получила название Специальной теории относительности.

Эта теория впервые установила, что пространство и время не абсолютны и зависят от скорости системы отсчета. Соотношение расстояний и промежутков времени в разных системах отсчета определяется преобразованиями Лоренца. Для времени оно имеет вид

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2};$$

где Δt – промежуток времени в системе отсчета наблюдателя, который движется относительно наблюдаемого объекта со скоростью v , $\Delta t'$ – это тот же промежуток времени в системе отсчета самого объекта (собственное время), с – скорость света.

Точность этой формулы проверена тщательно и многократно: *«Релятивистское замедление времени изучалось на протяжении десятилетий в большом числе экспериментов. Самое точное на сегодняшний день измерение выполнено в Институте ядерной физики им. М. Планка (Гейдельберг, Германия). Сравнивалось излучение движущихся и покоящихся ионов лития, переведенных с помощью лазера в возбужденное состояние. Помимо обычного эффекта Доплера, частота излучения изменялась за счет замедления времени. Движущиеся в пучке ионы имели скорость 19000 км/с (6,3% от скорости света). Замедление времени соответствует величине, получаемой из преобразований Лоренца, с точностью 2.2×10^{-7} , что в 4 раза превосходит точность предшествующих экспериментов»* [25].

Если мы наблюдаем движение какого-то движущегося объекта в течение времени Δt , то благодаря теории относительности знаем, что на самом этом объекте прошло меньше времени, чем по нашим часам. $\Delta t' < \Delta t$. Если мы послали световой пучок к Луне, то по нашим часам он долетит туда за 1,3 секунды. Если к туманности Андромеды – за 2,5 миллиона лет. А сколько времени пройдет для самого фотона? И в том и в другом случае несколько. Когда $v = c$, $\Delta t' = 0$.

Теперь вернемся к вопросу о математическом и физическом времени.

Если мы рассматриваем $\Delta t'$ не просто как математический символ, не имеющий физического смысла, а как физическую величину, отражающую происходящие с объектом изменения, мы видим, что за время, равное нулю, с объектом (в данном случае со световым лучом или с фотоном) не может произойти никаких изменений. В том числе изменений его состояния. Потому что для любого физического изменения требуется время [26]. Может быть, ничтожно малое, но большее нуля.

Применим этот вывод к результатам проверки неравенств Белла. Если каждый из фотонов пары был связан (перепутан) с другим фотоном этой пары в момент вылета из источника, он должен остаться в том же состоянии и в момент попадания в детектор, где бы тот ни находился. Таким образом, нарушение неравенств Белла и следующий из него вывод, что пара запутанных фотонов должна рассматриваться как единый глобальный объект, прямо вытекает из Специальной теории относительности. Но это не означает, что мы не можем приписывать этим фотонам **реально существующих** параметров. Два связанных друг с другом объекта не перестают быть реальными.

Если мы применим этот же вывод [27] к описанному Дираком эксперименту с поляризацией фотонов, из которого он выводит необходимость принципа суперпозиции состояний и квантового скачка, то увидим, что можем описать эту ситуацию, не требуя скачков состояния в момент

измерения. Фотон не находится в нескольких возможных состояниях с внезапным скачком в одно из них. Он находится в одном состоянии, но определяемом условиями на обоих концах его пути, поскольку промежуток собственного времени между ними равен нулю. Фотон возникает в этих двух точках пространства одновременно, так что в промежутке между событиями в этих точках с ним не может произойти никаких других физических событий, в том числе изменения поляризации. В опыте, который описан Дираком, фотон вылетает из источника и регистрируется детектором в один и тот же момент собственного времени – тот самый, когда созданы условия для его поглощения в том или другом детекторе. И именно в той поляризации, которая соответствует этому детектору.

Мы не знаем, какие именно условия должны создаваться для того, чтобы порция энергии, которую мы называем фотоном, передалась от данного атома источника данному атому детектора. Может быть, должны совпадать частоты и фазы их де Бройлевских колебаний, или какие-то иные физические характеристики? Это вопрос, выходящий за рамки данной работы. Но каковы бы ни были эти условия, теория относительности говорит нам, что события излучения и поглощения для фотона всегда происходят одновременно, а значит его передача должна определяться условиями на обоих концах его пути.

Аналогично, без скачков состояния, интерпретируются [27] результаты и других фотонных экспериментов.

В экспериментах «с отложенным выбором» – отложенный выбор и не должен влиять на результат эксперимента, поскольку «выбор» делается в момент вылета фотона из источника, который для него совпадает с моментом попадания в детектор.

В обоих описанных экспериментах с изменением «доступности достоверной информации о движении фотона» выполняются изменения схемы эксперимента, которые меняют условия связи источника и детектора фотонов. Это чисто физические изменения, способные повлиять на результат эксперимента, который, как и в предыдущих примерах определяется именно условиями связи между источником и приемником излучения. Если мы рассматриваем эти изменения с точки зрения возможности или невозможности получения какой-либо информации, мы неминуемо приходим к череде дальнейших вопросов о том, была ли эта информация фактически получена, кем, с какой целью, и т.д. Рассмотрение с точки зрения нулевого собственного времени жизни фотона возвращает нас от мистики к физике и освобождает от этой необходимости.

Заключение

Специальная теория относительности, созданная Эйнштейном в 1905 году, впервые открыла новое, неизвестное раньше свойство пространства и времени – их зависимость от скорости движения наблюдателя. Мы впервые узнали, что, наблюдая объект, движущийся относительно нас с большой скоростью, мы можем видеть происходящие на нем процессы совсем не так, как они выглядят на самом этом объекте. И что события, одновременные в одной системе координат, могут быть не одновременны в другой.

Формальный математический взгляд на теорию относительности и на понятие времени не позволил в полной мере оценить и использовать вытекающие из нее выводы.

В квантовой механике — вывод о том, что для объектов, движущихся со скоростью света, промежутки пространства и времени независимо от их величин в нашей системе отсчета строго равны нулю. За время, равное нулю, с объектом не может произойти никаких физических изменений, что позволяет объяснить недоумения и парадоксы, возникающие в экспериментах с фотонами. Дирак для их объяснения ввел понятия принципа суперпозиции состояний и квантового скачка. С точки зрения физического подхода к времени оба эти принципа просто не нужны. А вместе с ними исчезают и все основанные на них парадоксы ортодоксальной квантовой механики.

В том числе может оказаться ненужной и вызвавшая столько споров между ведущими физиками мира [28][29] статистическая интерпретация волновой функции, против которой решительно возражали и автор волновой функции Шредингер [30] и автор теории относительности Эйнштейн [31]. Потому что исчезает самый весомый, а возможно, что и просто единственный [32] аргумент в ее пользу, сформулированный Бором. В работе «Проблема причинности в атомной физике» [33] Бор указывает на принципиальное значение принципа суперпозиции для статистического и противостоящего ему причинного описания квантовых явлений: «*Подлинный смысл волнового формализма как наиболее удобного средства выражения статистических законов атомной механики был также вскоре полностью прояснен, главным образом, благодаря усилиям Борна, Дирака и Иордана, а полнота и самосогласованность всего формализма с наибольшей ясностью выявилась в элегантном аксиоматическом изложении его фон Нейманом, который, в частности, сделал очевидным, что фундаментальный принцип суперпозиции квантовой механики логически исключает возможность избежать не причинных черт формализма путем любого мыслимого введения дополнительных переменных*».

Важность этого вопроса определяется не только тем, что статистическая интерпретация связана с отказом от «причинности», против которого решительно возражали Эйнштейн, Шредингер и де Бройль, но и с тем, что она фактически эквивалентна отказу от дальнейшего поиска путей более полного описания природы. По утверждению Бора: «*в квантовой механике мы имеем дело не с произвольным отказом от детального анализа атомных явлений, но с признанием того, что такой анализ п р и н ц и п и а л ь н о исключается*» [34].

Возврат к исходной «причинной» интерпретации Шредингера никак не повлияет на математический аппарат квантовой теории, который был разработан еще до появления статистической интерпретации волновой функции [32]. Но было бы непростительной наивностью считать, что отсутствие влияния на математический аппарат делает изменение интерпретации бессмысленным. Потому что оно влияет на задаваемые нами вопросы.

Если вместо бесконечных попыток ответа на вопрос «существует ли мир, когда на него никто не смотрит» [35], мы будем задавать себе новые вопросы - о природе колебаний, открытых де Бройлем, о причинах необычных свойств пространства и времени, описанных теорией относительности Эйнштейна, о ее возможной связи с теорией прямого межчастичного взаимодействия [36] и др., то мы сможем рассчитывать на то, что в конце концов найдем выход из грустной ситуации, в которой «*взгляд назад на историю теоретической физики показывает, что сущность*

физического прогресса заключается в постепенном освобождении физики от чисто человеческих точек зрения» [37].

В науке о Вселенной формальный математический подход к времени привел к тому, что принятая сегодня за основу космологическая теория «Большого Взрыва», суть которой заключается в описании Вселенной, развивающейся во времени, оказалась построенной на метрике стационарной Вселенной. Это противоречие в метрике легло в основу всех остальных противоречий и нестыковок модели «Большого Взрыва», для преодоления которых введено уже множество дополнительных предположений - об инфляционном расширении, о неуловимой «темной энергии» и т.д. [1].

Всего этого можно было бы избежать при более внимательном отношении к физическому времени. Его нельзя рассматривать как произвольную математическую величину, которую можно считать как временем, так и некой функцией от времени. Потому что функция всегда будет иметь иной физический смысл и иное значение, чем само время.

Математика - это, конечно, могучий инструмент. Но инструмент не должен пытаться заменять собой голову того, кто с ним работает. Возможно, нам стоит чаще вспоминать о великих древних греках, которые предпочитали не столько считать, сколько думать о смысле и значении того, что считаешь.

И о полезном опыте Алисы в Стране Чудес, узнавшей, каким опасным может быть небрежное обращение со временем. Для Шляпника и Мартовского Зайца оно устроило вечное Безумное Чаепитие. А для невнимательных к физическому смыслу времени физиков — «постепенное освобождение от человеческих точек зрения».

ПРИЛОЖЕНИЕ:

Вывод метрики для нестационарной Вселенной

Выражение для интервала [3][5]:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dl^2, \quad (1)$$

где c - скорость света, dl - элемент пространственного расстояния на 4-мерной гиперсфере.

Уравнение гиперсферы радиуса « a » в координатах x_1, x_2, x_3, x_4 :

$$a^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2, \quad (2)$$

Выражение для элемента пространственного расстояния:

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2. \quad (3)$$

Исключим из (3) dx_4^2 , выражая dx_4 через a, x_1, x_2, x_3 из (2).

По правилам дифференцирования функций нескольких переменных, полный дифференциал функции f

$$df(x_1, x_2, x_3, \dots) = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right) dx_1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right) dx_2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_3}\right) dx_3 + \dots; \quad (4)$$

Из (2)

$$x_4 = (a^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2)^{1/2}, \quad (5)$$

$$dx_4 = (a^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2)^{-1/2} (a da - x_1 dx_1 - x_2 dx_2 - x_3 dx_3); \quad (6)$$

$$dx_4^2 = (a da - x_1 dx_1 - x_2 dx_2 - x_3 dx_3)^2 / (a^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2); \quad (7)$$

Отсюда выражение для квадрата элемента пространственного расстояния dl :

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + (a da - x_1 dx_1 - x_2 dx_2 - x_3 dx_3)^2 / (a^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2); \quad (8)$$

где x_1, x_2, x_3 - декартовы пространственные координаты.

Из требования однородности пространства следует, что выражение не должно зависеть от выбора точки начала координат. Выберем ее в рассматриваемой точке пространства, т.е.:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0. \quad (9)$$

Тогда

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + (ada)^2 / a^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + da^2 = dr^2 + da^2, \quad (9)$$

где dr – элемент расстояния на поверхности гиперсферы, т.е. в нашем 3-мерном пространстве.

Запишем выражение для интервала:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dl^2 = c^2 dt^2 - dr^2 - da^2, \quad (10)$$

Входящая в это выражение величина da^2 не относится к нашему 3-мерному пространству и может быть отнесено только к координате времени. Умножая и деля ее на $c^2 dt^2$, окончательно получим

$$ds^2 = c^2 dt^2 (1 - a'^2) - dr^2, \quad (11)$$

где $a' = da/cdt$, т.е. относительная скорость расширения гиперсферы.

Таким образом, учет явной зависимости $a(t)$ дает выражение для интервала s

$$g_0 = (1 - a'^2). \quad (12)$$

В стационарной Вселенной Эйнштейна [5] скорость расширения равна нулю, и $g_0 = 1$.

Литература:

1. Лидсей Дж. Э. Рождение Вселенной / Пер. с англ. - М.: Издательство "Весь Мир", Л 55 2005. - 200с.
2. С. Вейнберг. Гравитация и космология: принципы и приложения общей теории относительности. - М.: "Мир", 1975. с 507-511
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т. II. Теория поля. - 8-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 536 с.
4. Milne E.A. Kinematic Relativity. Oxford, 1948, p. 5.
5. А Эйнштейн. Вопросы космологии и общая теория относительности. В кн. А Эйнштейн, собрание научных трудов, т.1, "Наука", М., 1965, С. 601-612.
6. Iurii Kudriavtcev. On inner contradiction in the metric tensor of the standard cosmological model. / Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Moscow, 4-7 July 2011 / Ed. By M.C. Duffy, V.O. Gladyshev, A.N. Morozov, P. Rowlands. - Moscow: BMSTU, 2012. p.178-185.
7. А.А. Фридман. О кривизне пространства. с. 229-237. В кн. «Александр Александрович Фридман. Избранные труды». – М., «Наука», 1966., 462с.
8. А.А. Фридман. О возможности мира с постоянной отрицательной кривизной. с. 238-244. В кн. «Александр Александрович Фридман. Избранные труды». – М., «Наука», 1966., 462с.
9. В. Я. Френкель. Александр Александрович Фридман: биографический очерк // УФН, 155, 481—516 (1988).
10. Kudriavtcev Iu. On historical aspect of The Big Bang cosmological model appearance // "Eurasian Scientific Association" • № 6 (18) • June 2016, Pp 1-3.
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2016/07/esa-june-2016-part1.pdf>
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Kudryavtsev-YUrij-Sergeevich2.pdf>
11. А Эйнштейн. Основы общей теории относительности. В кн. А Эйнштейн, собрание научных трудов, т.1, "Наука", М., 1965, С. 452-504.
12. Iurii Kudriavtcev. On inner contradiction in the metric tensor of the standard cosmological model / Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Moscow, 4-7 July 2011 / Ed. By M.C. Duffy, V.O. Gladyshev, A.N. Morozov, P. Rowlands. - Moscow: BMSTU, 2012. p.178-185. http://www.space-lab.ru/files/news/proceedings_PIRT_11/text/PIRT%202011_proceedings.pdf
13. K. Land, J. Magueijo. Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy. Phys. Rev. Lett. 95, 071301 (2005).
14. Iurii Kudriavtcev, Dmitry A. Semenov. Central symmetry and antisymmetry of the microwave background inhomogeneities on Wilkinson Microwave Anisotropy Probe maps.
<http://arxiv.org/abs/1008.4085>
15. Iurii Kudriavtcev. Manifestation of central symmetry of the celestial sphere in the mutual disposition and luminosity of the Quasars. <http://arxiv.org/abs/1009.4424>
16. Kudriavtcev Iu. Correlation of the angular distributions of the antisymmetrical component of the microwave backgrounds temperature deviation and the redshifts of quasars // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 29 June–02 July, 2015. – Moscow : BMSTU, 2015. Pp 248-265.
(<http://www.pirt.info/scopus/all-issues/2015/articles/Kudriavtcev1.pdf>)
17. Iurii Kudriavtcev. Specific features of the average magnitudes and luminosities of quasars and galaxies as a function of redshift and their interpretation in the modified cosmological model. <http://arxiv.org/abs/1109.3630>
18. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов. Т.1. Квантовая теория - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002., с. 20-28.
19. Дж. Гринштейн, А. Зайонц. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Пер. с англ. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. – 400 с.
20. Hellmuth T., Walter H., Zajonc A. and Schleich W. Delayed-choice experiments in quantum interference. Phys. Rev. A. Vol. 35. Pp. 2532-2541, 1987.
21. Wang L.J., Zou X.Y. and Mandel L. Induced coherence and indistinguishability in optical interference. Phys. Rev. A. Vol. 44. Pp 4614-4623, 1991.
22. Zeilinger Anton. Experiment and the foundations of quantum physics. Rev. Mod. Phys. Vol. 71. Pp. 288-297, 1999.
23. А. Aspect. Теорема Белла: Наивный взгляд экспериментатора = Bell's theorem: the naive view of an experimentalist // Springer. - 2002. (http://ru.wikipedia.org/wiki/Теорема_Белла)
24. Альберт Эйнштейн. К электродинамике движущихся тел. Собрание научных трудов. т.1., М., «Наука». - 1966. с. 7-35).

25. Physics News Update, Number 655.
26. Iurii Kudriavtcev. Once again about Einsteins realism: the matter waves and Bells inequalities from the point of view of the special theory of relativity. <http://arxiv.org/abs/1504.07938>
27. Kudriavtcev Iu. The Quantum Challenge from the viewpoint of Einstein's realism // "Eurasian Scientific Association" • № 5 (17) • May 2016. – Pp 1-4.
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2016/06/esa-may-2016-part1.pdf>
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Kudryavtsev-YUrij-Sergeevich1.pdf>
28. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое: М.: «Наука», 1989, 400 с.
29. Нильс Бор. Сольвеевские конгрессы и развитие квантовой физики // УФН, Том 91, вып. 4, апрель 1967 г. с. 737-753.
30. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. М., «Наука», 1976 г., сс. 336-337.
31. Альберт Эйнштейн. Вводные замечания об основных понятиях. Собрание научных трудов. т. III, М., «Наука». - 1966. С. 623-625).
32. Ю.С. Кудрявцев. К вопросу о статистической интерпретации волновой функции // "Eurasian Scientific Association" • № 1 (23) • January 2017. Pp. 3-8.
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2017/02/esa-january-2017-part1.pdf>
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Kudryavtsev-YUrij-Sergeevich5.pdf>
33. Н. Бор. Проблема причинности в атомной физике // УФН, Том 147, вып. 2, октябрь 1985 г. с. 343-360.
34. Н. Бор. Дискуссии с Эйнштейном о проблемах теории познания в атомной физике. УФН. Т.66, вып.4, 1958 г.
35. Наука. Величайшие теории: выпуск 3: Существует ли мир, если на него никто не смотрит? Гейзенберг. Принцип неопределенности. / Пер. с исп. – М.: Де Агостини, 2015. – 176 с.
36. Kudriavtcev Iu. Paradoxes of Quantum theory in light of the theory of Relativity // "Eurasian Scientific Association" • № 7 (19) • July 2016. Pp. 1-3.
<http://esa-conference.ru/wp-content/uploads/2016/08/esa-july-2016-part1.pdf>
37. А. Гааз. Волны материи и квантовая механика. Пер. с нем. Изд. 4-е. Москва. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2010.-168 с..