

О теории времени

Сергей Юрченко

Резюме. Статья основывается на семи гипотезах:

- 1) время является квантовым (dt), и пространство состоит из этого времени;
- 2) вселенную можно рассмотреть как фактор-множество (классов эквивалентности) квантовых инерциальных систем отсчета, и скорость света означает абсолютную систему покоя (нулевой прогрессе времени как бесконечное замедление хода времени);
- 3) положительный прогресс времени для релятивистских скоростей соответствует положительной массе (гравитации);
- 4) движение быстрее чем свет подразумевает отрицательный прогресс времени и, соответственно, отрицательную массу (антигравитацию);
- 5) темная энергия содержит сверхсветовую тахионную материю;
- 6) настоящее есть нуль между прошлым (dt_0) и будущим (dt_1);
- 7) античастицы, равно как и принцип неопределенности, являются эффектом неуловимости настоящего для наблюдателя из-за частиц, колеблющихся между квантами времени.

1 Введение

Гипотеза квантового пространства-времени возникла вскоре после квантовых открытий в физике. Однако в соответствие с классическими идеями о природе пространства-времени внимание главным образом уделялось длине Планка. Предполагается нарушение причинной связи вне этого фундаментального масштаба, так же как при сверхсветовой скорости. Попытка объяснить время как уникальное свойство реальности была сделана Уитроу [17].

Кажется, что старые дебаты об относительном и абсолютном пространстве-времени остаются одной из фундаментальных дискуссий и в современной физике (фоновая независимость) [4]. В Общей Относительности (GR) нет никакой фоновой метрики, никакого инертного состояния, на котором разворачивается динамика. Само пространство-время является динамическим. Проблема времени в Квантовой Гравитации (QG) возникает, потому что время трактуется по-разному в GR и QG [5].

Время не является наблюдаемой величиной в квантовой теории в том смысле, что не имеется ассоциированный оператор времени. Прогресс времени, с другой стороны, ведется динамикой гамильтониана [6]. В квантовой гравитации пространство-время исчезает по аналогии с траекторией частицы, которая отсутствует в квантовой механике [13]. Были представлены три стратегии для проблемы времени [7]:

Tempus ante Quantum;

Tempus post Quantum;

Tempus nihil est.

В итоге время имеет два основных аспекта: (i) как математическая структура (непрерывная или дискретная) и (ii) как физический параметр (активный или пассивный или вымышленный). Если добавить к рассмотрению принцип причинности, то кажется очевидным, что причинность требует дискретного времени. Каузальное множество, как это определено в [9,10,11,12], должно быть дискретным и, кроме того, вполне упорядоченным для любой причинной цепи. Реальный континуум не дан нам в практическом опыте, но существует только как математическая абстракция. Континуум-гипотеза Кантора основана на несчетности континуума C , в то время как его полная упорядоченность есть только предположение:

$$\forall a, b \in C \Rightarrow (a < b \vee b < a).$$

С другой стороны, факт, что C всюду плотен, может быть выражен аксиомой:

$$\forall a, b (a < b) \Rightarrow \exists x (a < x < b).$$

Предположим, что a, b - физические события, и отношение $<$ является причинной стрелой \rightarrow . Тогда имеется, по крайней мере, одно неопределенное событие x (потерянное звено) между любыми событиями в причинной цепи:

$$a \rightarrow x \rightarrow b.$$

Это должно происходить всегда из-за несчетности C вопреки любой плотности причин, установленной нами для реальности. Предположим снова, что a, b составляют два мгновения временного континуума, в которых происходят эти события, и прогресс времени выражается отношением $<$. Тогда есть бесконечное множество мгновений между a и b , так, что невозможно прийти пошагово из a в b . В античной философии это было известно как парадоксы Зенона [18]. В этом смысле реальное время может быть подобно кривой Коха, как будто временной континуум имеет фрактальную размерность $D > 1$ с пренебрегаемыми элементами в обычном приближении. Если мы неспособны даже указать для определенной точки следующую точку в их порядке, мы не можем подтвердить причинную связь между ними. Все возможно во временном континууме (если он существует), и любое событие может произойти без видимой причины. Таким образом, имеется дедуктивная линия:

дискретность ~ причинная связь ~ квантованное время.

Антропоцентрический аргумент. Конечно, физическая реальность не обязана соответствовать нашему сознанию, но если она содержит нечто недоступное для нас в принципе, то мы не в состоянии даже обнаружить это. А поскольку значение имеет лишь наблюдаемая нами реальность и наше сознание при этом является причинным, то Вселенная должна быть такой же. В частности, мы не можем пойти дальше, чем доказательство Кантором о невозможности упорядочить все элементы C в соответствии с эффективной (логической) процедурой. Мир таков каким мы его отражаем. **Время должно быть дискретным.**

Заметим, с другой стороны, что тотальная плотность C есть исключительно вклад нашего сознания в картину реальности. В континууме не должно быть никаких точек разрыва. Что есть дыра в наблюдаемом? Отсутствие информации - также информация

для нас. Разрыв потока сознания есть смерть по определению, и, поэтому, мы не знаем абсолютной пустоты или небытия. Информационный непрерывный фон всегда существует для нас (это к вопросу Уиллера “почему квант?”). Наше сознание налагает этот закон на реальность по необходимости [8]. **Время должно быть непрерывным.**

2 Прогресс времени и абсолютный покой

Предположим, что прогресс времени остановлен (‘замороженный формализм’). Разве Вселенная не должна застыть в пространстве, так как любое движение невозможно в отсутствии времени? Это подразумевает абсолютный покой. Возможно, стоит заметить, что Ньютон верил в абсолютную инерцию вопреки Лейбницу, и Лоренц соотносил скорость света с эфиром вопреки Маху. Хотя Эйнштейн постулировал скорость света как абсолютную без объяснения, но его космологическая константа косвенно подтверждала неподвижный вакуум как статическое пустое пространство. Так как по нашему предположению черные дыры приближаются к абсолютному покою, то характерно, что Эйнштейн отвергал существование сингулярности черных дыр в решении Шварцшильда. Мы хотим сказать: если нет абсолютного покоя, то в дополнение к относительной одновременности для всех инерциальных систем отсчета (IRF) нет абсолютного сейчас для Вселенной в целом. Но мы полагаем, что все объекты Вселенной существуют в прогрессе времени сейчас. Как возраст Вселенной может быть определен при отсутствии абсолютного сейчас? Разве сингулярность Большого взрыва не должна рассматриваться как абсолютный покой?

Мы определяем абсолютный покой как нулевой прогресс времени или отсутствие времени: $P(t) = 0$. Прогресс времени постулируется как бинарная функция:

(i) $P(t) = 0$ для абсолютного покоя;

(ii) $P(t) = 1$ для любого движения.

Положительный $P(t)$ соответствует принципу причинности. Так как регресс времени нарушает причинность и законы термодинамики, $P(t) = -1$ отвергается. Тем не менее, этот теоретический случай будет рассмотрен позже. С точки зрения системы абсолютного покоя движение во времени всегда требует движения в пространстве:

$$P(t) = 1 \Leftrightarrow v(t) = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Никакой объект не может быть неподвижным в пространстве, если он участвует в прогрессе времени. Чтобы отличить общий прогресс времени и ход времени как инерциальное движение любой IRF в её собственном времени, мы определяем ход времени t_p собственным интервалом Δt_p в любой возможной IRF:

$$t_p = \sum \Delta t_p$$

Таким образом, $\Delta t_p \geq 0$. Очевидно, если $\Delta t_p = 0$, то $P(t) = 0$. Это также необходимо, чтобы определить смысл интервала Δt_p (как отрезка) и мгновения dt (как точки) на временном континууме. Очевидно, $\Delta t_p \geq dt$ и dt является одинаковой для всех интервалов:

$$\Delta t_p = \sum dt \quad \text{и} \quad t_p = \int dt$$

Что есть мгновение? Прогресс времени и причинность требуют, чтобы два мгновения были различимы [10]. Два мгновения в принципе могут содержать (i) два события, связанные причинной связью и (ii) две частицы как пару, рожденную в одном событии.

Если $dt = 0$, то $P(t) = 0$. Следовательно, $dt > 0$, но $dt_n \cap dt_{n+1} = \emptyset$. Это подразумевает, что временной континуум должен быть дискретным на фоне \emptyset как пренебрегаемой составляющей, которая и обеспечивает полную плотность. То есть Вселенная должна быть погружена в абсолютный покой, на котором прогресс времени проявляется квантовым прыжком через 0, так, что каждый скачок развивается в одном и том же направлении (будущее) из-за накопления времени.

Предположим, что Δt_n есть собственный интервал одной IRF в относительном покое и Δt_k - этот же интервал, измеренный другой IRF (наблюдателем) в относительном движении. Если $\Delta t_n < \Delta t_k$ и $dt = const$, тогда эти интервалы содержат различные количества мгновений (и событий):

$$\sum_n dt < \sum_k dt$$

Это могло бы значить, что один наблюдатель получит более подробную картину реальности, чем другой. Следовательно, релятивистское замедление времени по аналогии с эффектом Доплера подразумевает ход времени, колеблющийся в различных частотах, для которых есть инфимум при абсолютном покое, где нет вообще никаких событий, поскольку реальность находится в одном мгновении dt . Если же $dt \neq const$, то понятие мгновения становится физически бессмысленным. В этом случае оказывается невозможной локализация любого объекта во времени и в пространстве в целом, так, что понятие одного отдельного объекта становится бессмысленным в бесконечном мгновении, тогда как принцип неопределенности, по крайней мере, ограничивает локализацию $\Delta t \rightarrow 0$ и $\Delta s \rightarrow 0$ константой Планка \hbar .

Предположим, что приближение к скорости света есть приближение к абсолютному покою:

$$v \rightarrow c \Leftrightarrow P(t) \rightarrow 0$$

Это соответствует преобразованию Лоренца:

$$v \rightarrow c \Leftrightarrow \Delta t_p \rightarrow \infty,$$

Другими словами, прогресс времени равен нулю, $P(t) = 0$, в собственном интервале Δt_p , расширенном до бесконечности или в одном мгновении dt , чья частота равна нулю. Таким образом, если абсолютный покой эквивалентен скорости света и может быть связан с сингулярностью Большого взрыва, то Вселенная как множество всех IRF есть результат исходного торможения скорости света, сопровождаемого первоначальным сжатием времени и космическим расширением (инфляцией) с точки зрения абсолютного покоя, хотя Специальная Относительность (SR) отказывается от такой инверсии.

Пространственные и временные единицы используются одинаковым образом, но время не подобно пространству. Время всегда движется, и классическое понятие 'стрелы времени' кажется несовершенным, так как прогресс времени подразумевает накопление времени во Вселенной, тогда как стрела времени предлагает совокупное время, сквозь которое вещество проходит без какого-либо эффекта. Стандартная концепция пассивного времени в физике заявляет, что движущая сила вещества - вещество непосредственно и нет никакого взаимодействия между веществом и пассивным временем. Самым важным следствием 'пассивной теории времени' является Большой взрыв: если количество вещества во Вселенной конечно, тогда энтропия увеличивается в бесконечном времени и есть сингулярность в прошлом, энтропия

которой близка к нулю. Это подразумевает, что неподвижное вещество в сингулярности однажды начало свое движение и вызвало прогресс времени с самого первого мгновения своего существования. Есть дедуктивная линия:

пассивное время ~ сохранение энергии ~ второй закон термодинамики ~ Большой взрыв.

Кроме того теорема Нернста гласит, что абсолютный нуль температуры, энтропии и времени недостижим, то есть сингулярность Большого взрыва кажется недоступной при пассивной концепции времени. Математически первоначальная черная дыра должна совместить 0 с^∞ : бесконечную плотность энергии в абсолютном нуле температуры и бесконечную разнородность (нулевую энтропию) в нулевой точке пространства-времени.

Другой взгляд предлагает рассматривать активное время как движущую силу вещества. Необратимость прогресса времени ($P(t) \neq -1$) подразумевает сохранение и накопление времени. В этом смысле трата времени означает его накопление. Таким образом, Вселенная расширяется во времени. Если пространство состоит из времени, то расширение Вселенной в пространстве может быть сопутствующим явлением прогресса времени.

3 Абсолютный покой и скорость света

Пусть ds и dt являются квантом пространства и квантом времени соответственно. Тогда скорость света определяется как производная:

$$c(t) = \frac{ds}{dt} \quad (2)$$

В частности, это может означать, что если бы относительная скорость $v = \frac{\Delta s_p}{\Delta t_p}$ какого-

нибудь объекта была измерена как мгновенная в гипотетически остановленном времени, $\Delta t_p \rightarrow 0$, то она оказалась бы световой, $v = c$, несмотря на утверждение, что

любое движение невозможно в отсутствии времени, $v = \frac{0}{0} = 0$, поскольку $\Delta t_p \geq dt$ и

$\Delta s_p \geq ds$. Так, недостижимую скорость света можно назвать “скоростью мгновенного покоя”, которая, конечно, является инвариантной для всех наблюдателей:

$$P(t) = 0 \Leftrightarrow v = c.$$

Определим преобразование времени в пространство как:

$$\psi(t) = s \quad \text{или} \quad \psi(dt) = ds = cdt \quad (3)$$

Для 3-мерного пространства:

$$s(t) = \int c(t)dt = \int ds \quad (4)$$

4-мерное пространство-время есть:

$$s(ct) = \int s(t)dt = \int dsdt = \iint c(t)dt^2 \quad (5)$$

Удаление c как постоянной за интеграл делает уравнение неадекватным:

$$s(ct) = c \iint dt^2 = \frac{ct^3}{3},$$

поскольку его производная становится 2-мерным пространством:

$$s(t) = \int ds = ct^2$$

Предположим:

$$ds = dt^3 \quad \text{и} \quad c(t) = \pi(t) = 3(1)R(t)$$

где $(1) = \frac{\pi}{3} \sim 1$ есть s-t фрактальная единица, и $R(t) \sim 10^{10}$ может быть безразмерным поправочным фактором к нашим обычным см-сек единицам.

Функция $s(t)$ должна быть линейной для своей постоянной производной $c(t)$ и при этом содержать показатель 3 для 3-мерного пространства. Чтобы удовлетворить эти противоречащие требования, примем $\pi = 3 \cdot (1)$, где π – постоянная, а ее представление $3 \cdot (1)$ равно 3, так что интерпретация этого зависит от наблюдателя, у которого “двоится в глазах”. Это возможно, если наблюдатель сам находится в прогрессе времени, и “чистое” пространство, которое он видит в момент t , становится пространством-временем для него в следующем моменте $t + dt$ на интервале (мгновении) равном как раз этому dt . Вообще, это подразумевает “теорию восприятия”, предложенную Пенроузом [19]. Мы хотим получить следующую аналогию из нашего предположения: $dsdt \sim cdt^2 \sim \pi dt^2 \sim dt^{3(1)} = dt^\pi$

Это принимается как квантовое групповое правило:

$$ds = dt^3, \quad c = dt^2, \quad c^2 = dsdt = dt^\pi. \quad (6)$$

Необходимо делать различия между (i) дифференциалами dy и (ii) квантовыми групповыми элементами dy :

$$(i) \frac{dy}{dx} = y'(x) \quad \text{и} \quad (ii) \frac{dy}{dx} = dz$$

Таким образом: см \sim сек³, и c^2 определяет квант пространства-времени ds , (см сек \sim сек ^{π}).

Чистое пространство и пространство-время определены как:

$$s(t) = s(3) = \int ds = \int c(t)dt = t^{3(1)}, \quad (7)$$

$$s(ct) = s(\pi) = \int s(t)dt = \iint c(t)dt^2 = t^\pi,$$

То есть:

$$s(ct) = \frac{\pi t^3}{3} = (1)t^\pi \quad (8)$$

Если скорость света есть производная 3-мерного пространства $s(t)$:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{dt^\pi}{dt} = \pi(t) = c(t), \quad (9)$$

то пространственные производные 4-мерного континуума $s(ct)$ известны из геометрии нашего пространства:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = 3 \cdot (1) t^2^{(1)} = \pi t^2, \quad \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = 6 \cdot (1) t^{(1)} = 2\pi t. \quad (10)$$

Таким образом, оператор ψ имеет форму:

$$\psi(dt) = dt^\pi = 4(1)R^3(t),$$

Вычислим кванты пространства и времени:

$$ds = \frac{(1)}{(4/3)\pi R^3} \sim 2.5 \cdot 10^{-31} \text{ см} \quad \text{и} \quad dt = \frac{ds}{dt} \sim 8.3 \cdot 10^{-42} \text{ сек} \quad (11)$$

Квадрат пространственно-временной метрики (обозначим ее дифференциал как квант ds_i)

$$ds_i^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2,$$

формально, выраженный через время, будет иметь вид:

$$dt^{2\pi} = dt^6 - 3dt^2. \quad (12)$$

А как Лоренцев инвариант, зависящий от скорости света:

$$ds_i^2 = c^3 - 3c$$

4 Скорость света и вакуум

Световой конус будущего может быть рассмотрен как множество всех причинных окрестностей определенного события. Если это событие - Большой взрыв, то Вселенная является суперконусом ∇ над нулевым прогрессом времени (небытие). Тогда у всех событий Вселенной есть уникальная первоначальная причина, поскольку сингулярность лежит в основании реальности. Суперконус ∇ может быть математически представлен некоторым ультрафильтром U .

Классическое определение ультрафильтра $U \subset P(A)$ для множества A :

(*) $X \in U \ \& \ X \subset Y \Rightarrow Y \in U$;

(**) $X, Y \in U \Rightarrow X \cap Y \in U$.

Самое важное свойство U для нас есть: $\emptyset \notin U$. Таким образом,

(***) $X \in U \Rightarrow \neg X \notin U$. Топологически, множество всех окрестностей точки $a \in A$ является ультрафильтром: $U_a = \{X \mid X \subseteq A \ \& \ a \in X\}$.

Другой важный факт для нас - то, что любая эффективно построенная непротиворечивая формальная теория $T(H)$, основанная на системе аксиом H с сигнатурой $\{\vee, \wedge, \neg, 0, 1\}$ в булевой алгебре, является ультрафильтром. Это значит что

$T(H)$ замкнута относительно импликации (*) и конъюнкции (**), и не содержит отрицания своих утверждений (***). Определим частичный порядок на U как $X \subset Y \equiv X < Y$. Тогда U -решетка есть непротиворечивое каузальное множество с нулем \emptyset (как абсолютный покой) и единицей U (как Вселенная), так, что два любых события совместимы, то есть у них есть, по крайней мере, одна общая причина (Большой взрыв) в ретроспективном анализе: $X \cap Y \in U$. Поскольку мы надеемся, что реальность причинно определена (дедуктивна и непротиворечива), то Вселенная должна быть ультрафильтром также (в дополнение к суперконусу ∇). Это - обобщение теоремы Гёделя о неполноте для формальной теории $T(H)$, в которой любая ее аксиома, являющаяся, несомненно, истинной для $T(H)$, не может быть выведена, но если была бы выводима, то была бы следствием другой аксиомы [20]. Пусть $T(H)$ будет теорией, для которой ультрафильтр U служит моделью. Тогда формула о существовании пустого множества не доказуема и не опровержима в $T(H)$:

$$\exists x(x = \emptyset) \vee \forall x(x \neq \emptyset).$$

Таким образом, любая эффективно построенная непротиворечивая теория неспособна доказать или опровергнуть ее собственное основание, то есть наименьшую границу как горизонт событий. Так, Вселенная как формализованная логическая структура должна быть неполной. Это сравнение предполагает более широкую идею об эквивалентности бытия и мышления, объявленную Парменидом в античной философии [21] и выраженную Декартом в его знаменитом афоризме “*Cogito ergo sum*”. Мы должны переформулировать это предложение так: физическая причинность соответствует логической последовательности (в подходящей аксиоматической системе):

$$\tau(A) \rightarrow B \equiv A \Rightarrow B$$

где τ есть физический процесс, преобразующий состояние (событие) A в состояние (событие) B . Но что есть логика? Это – законы мышления. Так как физическая причинность означает прогресс времени, то это утверждение может быть сведено до постулата: прогресс времени одинаков для вещества и сознания (наблюдателя). Только это позволяет рассматривать Вселенную как логическую структуру, которая может быть описана математическими функциями, зависящими от времени. Таким образом, любая модель нашей Вселенной не может содержать свое основание. Другими словами, абсолютный покой не принадлежит динамичному пространству-времени. Это могло бы значить в отношении принципа эквивалентности в GR, что вакуум имеет массу, которая может быть проявлена только через гравитацию как темная материя. В частности, квантовые эффекты детектируются так, будто они существуют в ходе времени наблюдателя, но вакуум имеет собственное время.

Позволим себе считать, что вакуум как \emptyset есть инфимум реальности. Кроме того, допустим существование системы абсолютного покоя, для которой может быть измерена скорость любой IRF. Определим плотность времени ρ любой IRF в обратной пропорции к квадрату ее скорости $v(t)$ для системы абсолютного покоя IRF_0 (можно использовать систему относительного покоя, но это ничего не дает, так как у такой системы покоя есть собственная скорость):

$$\rho = \frac{1}{v^2} \quad (\text{сек}^2/\text{см}^2)$$

Тогда

$$\rho_0 = \frac{1}{c^2} = \frac{1}{dt^\pi} \quad (\text{сек}^{-\pi} \sim \text{сек}^{-4}) \quad (13)$$

где ρ_0 плотность времени фотонного вакуума. Формально плотность времени ρ_n есть оператор:

$$\rho_n = \frac{d^{\pi+n}}{dt^{\pi+n}} \quad (14)$$

Определим классы эквивалентности для всех IRF по их плотности времени ρ_n : две IRF эквивалентны, если их плотности времени (абсолютные скорости) являются одинаковыми для IRF_0 . Тогда Вселенная как суперконус ∇ имеет разбиение по псевдовакуумным состояниям IRF_n :

$$IRF_n = \{IRF | \rho = \rho_n\}$$

Таким образом, нашу 4-мерную реальность (обозначенную в дальнейшем как U/\sim) можно назвать π -Вселенной с естественным искривлением времени, $c(t) \sim \pi(t)$, которая погружена в фотонный вакуум (абсолютный покой) с минимальной плотностью времени ρ_0 . Мы имеем пустое пространство-время, разложенное однако по псевдовакуумным состояниям IRF_n , плотность времени которых определяет локализацию тела согласно его инерциальной массе (как сумме его релятивистских «квантов массы»). Очевидно, множество O всех атомных орбит электрона (равно как и космические орбиты) образует подмножество ультрафильтра, $O \subset U/\sim$. Заряженный электрон меняет свою атомную орбиту и энергетический уровень согласно постулатам Бора:

$$r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{m_e e^2}$$

где $r_n \sim IFR_x$ и $r_0 \sim IFR_e$. Электрон переходит к следующей релятивистской массе и скорости, но также он меняет IRF_n и ρ_n . Все псевдовакуумные состояния имеют разницу по плотности времени в одно $dt \sim \hbar$, так что любая длина волны λ_n есть по сути релятивистская фундаментальная длина соответствующего псевдовакуумного состояния: $ds_n = c_n dt_n$ из IRF_n .

Любая IRF может изменить свою скорость только через ускорение, но ускорение изменяет плотность времени IRF, т.е. переводит ускоренный объект в другую IRF.

Однако, поскольку у скорости света $c = dt^2$ нет ускорения (её производная $\frac{dc}{dt} = dt$ есть 'чистое' время), то плотность времени фотонного вакуума IRF_0 является минимальной.

Отсутствие ускорения для скорости света $c = \frac{ds}{dt}$ влечет за собой то, что любая

скорость $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} < c$ и любое псевдовакуумное состояние IRF_n вызваны 'квантовой нерегулярностью':

$$\frac{\Delta s}{ds} < \frac{\Delta t}{dt}. \quad (15)$$

Это, кажется, подтверждает предположение, что пространство состоит из времени как $ds = dt^3$, и, следовательно, во Вселенной имеется больше времени, чем пространства. В частности, релятивистское замедление времени есть следствие этой нерегулярности:

$$\Delta t > \frac{\Delta s}{ds} dt$$

Именно такой «запас времени» позволяет обычным скоростям быть ускоренными. Таким образом, любое инерциальное движение в его собственном ходе времени t_p и скорости $v < c$ требует запаса времени, которое может быть накоплено как пространство. Формально:

$$v(t) = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{k ds}{n dt} = \frac{k}{n} c(t), \quad (16)$$

где $\frac{k}{n} \leq 1$ есть коэффициент, связанный с замедлением времени.

5 Преобразования Лоренца и система абсолютного покоя

Собственный ход времени одной IRF в относительной скорости v (и в абсолютной плотности времени ρ_k) имеет замедление для хода времени другой IRF в относительном покое (и в плотности времени ρ_n). Это означает для ультрафильтра U / \sim , что интервал Δt в псевдовакуумном состоянии IRF_n замедляется в IRF_k , и соответственно от Δt из IRF_k ускоряется для IRF_n в обратной пропорции. SR, основанная на относительности всех IRF, отрицает это и создает «парадокс близнецов». Этот парадокс становится невозможным в присутствии системы абсолютного покоя IRF_0 , так как абсолютные скорости двух IRF должны быть в отношении $v_x \leq v_y$ или $v_x \geq v_y$. Только одна IRF, скорость которой больше, может рассматриваться как привилегированная, то есть относительный покой является антисимметричным среди классов эквивалентности: если $IRF_a < IRF_b$, то $IRF_b < IRF_a$ запрещено. Интервал Δt из IRF_n будет бесконечен в IRF_k если его скорость станет световой, $v = c$. Тогда это означает, что IRF_k должна застыть в одном-единственном кванте dt , то есть её движение должно быть остановлено, потому что любое движение вне прогресса времени невозможно. Поэтому плотность времени ρ_k в IRF_k достигает вакуумного состояния ρ_0 . Преобразование Лоренца безотносительно к фотонному вакууму, который существует вне нашего времени или, более точно, в одном кванте dt . Нам не следует думать, что мы быстро движемся во времени с точки зрения гипотетического наблюдателя, привязанного к фотонному вакууму IRF_0 , потому что такая интерпретация подразумевает совокупное время, в которое этот наблюдатель движется также. Релятивизм заключается в том факте, что время жизни π -Вселенной равно одному кванту для наблюдателя живущего в вечном настоящем без прошлого и будущего. Это может быть рациональным ответом, почему Вселенная есть там, где она есть [4]. SR постулирует, что объект, движущийся в скорости света, останавливается во времени, поскольку его пространство (длина) сжимается до нуля, и объект в абсолютном пространственном покое полностью движется во времени (инвариантный интервал пространства-времени). Однако если пространство состоит из времени, то эти противоположности

сходятся. Скорость света есть абсолютный покой. Абсолютный возраст Вселенной не имеет смысла, так как время может быть определено только для некоторой IRF_n . У различных состояний различные возрасты. Названное число (13.7 миллиардов лет) должно быть вычислено от нулевого времени фотонного вакуума IRF_0 для определенной IRF_n . В таком случае: $t_n - t_0 \sim 13.7 \cdot 10^9 \times \frac{year}{dt}$.

Преобразование Лоренца описывает отношение двух мер к одной величине, но не отношение двух величин. Фактически, замедление времени в интервале $\Delta t = \sum dt$ есть результат измерения Δt двумя мерами μ_n и μ_k . Если $\mu_n \leq \mu_k$, то $\Delta t_n \geq \Delta t_k$. Исторически, Лоренц основывал свое преобразование на абсолютном покое (эфире) для скорости света. Преобразование рассматривает систему относительного покоя IRF_R для наблюдателя, который измеряет относительную скорость v другой IRF_M в инерционном движении, то есть допускается условие $IRF_R = IRF_0$. Однако, $IRF_R \in IRF_n$ и $IRF_M \in IRF_k$ для некоторых n и k . Поэтому $\frac{v_k^2}{c^2}$ может использоваться, где $v_k = v$.

Согласно преобразованию, $\Delta t \rightarrow \infty$ и $\Delta s \rightarrow 0$, если $v_k \rightarrow c$:

$$\Delta t_k = \frac{\Delta t_n}{\sqrt{1 - \frac{v_k^2}{c^2}}}, \quad (17)$$

Для «твердого» квантового времени релятивистское замедление времени означает изменение плотности времени ρ_n в IRF_n . Есть релятивистский интервал $\Delta t_n = \sum dt_n$ и релятивистское расстояние $\Delta s_n = \sum ds_n$, измеренные по их собственным кванту времени dt_n , и кванту пространства ds_n в IRF_n . Так как любая IRF_n определена по ρ_n , то его абсолютную скорость v для IRF_0 можно рассмотреть как квазисветовую c_n , если $c_0 = c(t) = \frac{ds}{dt}$. Это позволяет перейти от инерционной скорости v_k для системы относительного покоя к квазисветовой скорости c_k для системы абсолютного покоя IRF_0 , которые, конечно, не являются идентичными: $c_k \neq v_k$.

Так,

$$\Delta t_k = \frac{\Delta t_n}{\sqrt{1 - \frac{c_k^2}{c_0^2}}} \quad (18)$$

Пусть:

$$c_i = \frac{\Delta s_i}{\Delta t_i} \quad \text{и} \quad \sigma_i = \frac{\Delta s_i}{\Delta s_0} \quad (19)$$

Тогда преобразование Лоренца имеет вид:

$$\Delta t_k^2 = \Delta t_n^2 + \sigma_n^2 \Delta t_0^2 \quad (n = k + l) \quad (20)$$

Пусть ультрафильтр U / \sim изображается суперконусом ∇ с времениподобными линиями над системой абсолютного покоя IRF_0 как фотонного вакуума.

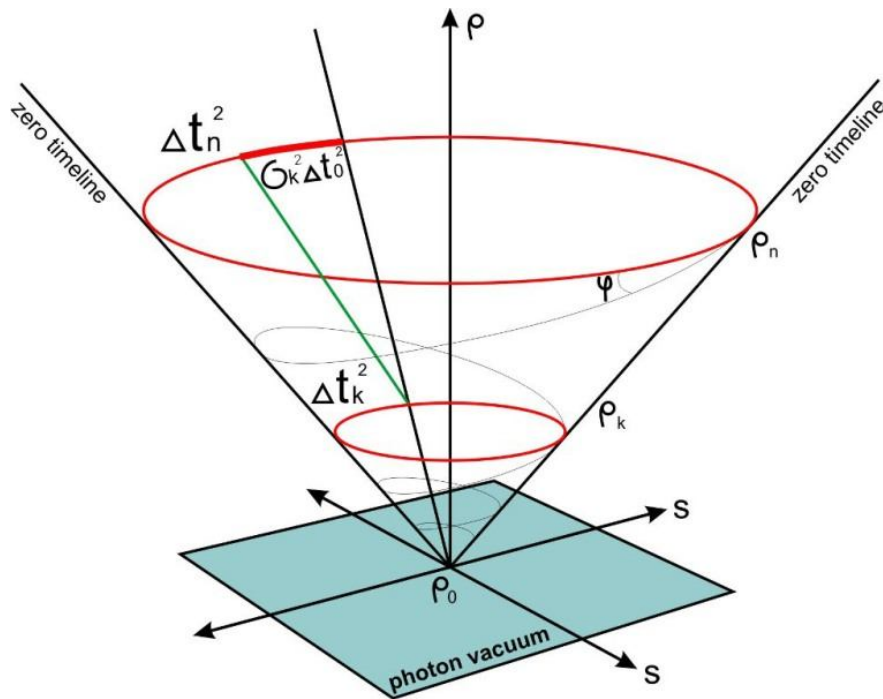


Рис. 1. Замедление времени в IRF_k на Δt_k^2 выражается дополнительным сегментом $\sigma_k \Delta t_0^2$ в IRF_n . 'Парадокс близнецов', основанный на эквивалентности всех IRF, невозможен в присутствии системы абсолютного покоя.

Мы должны обратить внимание на то, что наша интерпретация суперконуса отличается от стандартной модели светового конуса будущего, так как нет относительного покоя ни для какого наблюдателя. Другими словами, есть единственный наблюдатель в абсолютном покое. Пространственноподобные линии не рассматриваются вовсе. Объект в абсолютном покое неподвижен во времени и пространстве. Движение во времени означает движение в пространстве. Для любого объекта во Вселенной невозможно участвовать в прогрессе времени и оставаться неподвижным в пространстве.

Имеется три вида движения:

- (1) все окружности соответствуют инерциальному движению в квазисветовой скорости c_n ;
- (2) все спирали соответствуют ускоренному движению;
- (3) все вертикальные прямые как асимптоты соответствуют скорости света c_0 .

Скорость света $c_0 = \frac{ds}{dt}$ не имеет запаса времени для ускорения и, соответственно, не имеет пространства в той мере, в какой пространство состоит из времени. В этом смысле скорость света может быть мгновенной (бесконечной) в собственном остановленном ходе времени. Каждая IRF_n имеет свои собственные кванты dt_n и ds_n , инерциальную скорость c_n , плотность времени ρ_n и соответствующий ход времени. Таким образом, движение объекта через множество IRF_n есть то, что мы называем "ускорением" (в фундаментальном значении Ньютона и GR), так как ход времени объекта замедляется для нас, поскольку ускорение изменяет плотность времени. Другими словами, объект тормозит в прогрессе времени и остается позади нас в нашем микропрошлом. В космологическом масштабедвигающееся тело удаляется в пространстве, и это требует времени, тогда как ускоренное тело удаляется в собственном ходе времени инерциального наблюдателя, и это требует пространства:

$$da = \frac{dc_n}{dt_n} \sim \rho_{n-1} \quad (21)$$

Ускорение переводит объект из одной IRF_n в следующую IRF_{n-1} квантовым скачком из-за неделимого dt . Математически это проявляется неполнотой U/\sim :

$$IRF_n \cap IRF_{n-1} = \emptyset \quad \text{и} \quad \emptyset \notin U/\sim$$

Противодействие объекта к его смещению через псевдовакуумные состояния проявляется как его инерциальная масса. Таким образом, инерциальная масса проявляется как сопротивление плотности времени к изменению, которое сопровождается дополнительной релятивистской массой, тогда как гравитационная масса проявляется как принуждение к сохранению плотности времени. Соответственно, можно различить инерциальное ускорение и гравитационное ускорение в свободном падении. Ускоренный объект движется по ломаной спирали, которая аппроксимируется гладкой геодезической кривой в GR. Для равномерно ускоренного движения, $a = const$, угол наклона гладкой спирали в искаженном пространстве-времени должен быть также постоянным:

$$tg\varphi = \frac{da}{dt_n} \quad (\text{см/сек}^3) \quad (22)$$

где dt_n - квант времени в IRF_n .

Поскольку dt_n является переменной на множестве всех IRF_n , то da должна меняться пропорционально ($a \neq const$). Вероятно, это противоречие объясняется положением наблюдателя в начальной IRF_n с постоянной величиной ρ_n , но ускоренный объект меняет свою плотность времени и собственный ход времени. Для инерциального наблюдателя объект движется с увеличивающимся ускорением, хотя отношение между ускорением и плотностью времени остается постоянным для объекта непосредственно. Кроме того, поскольку время объекта замедляется и $\rho_n \rightarrow \rho_0$, объект должен приближаться к вечному настоящему в итоге. Но это значит, что его ускорение в собственном ходе времени должно перейти в торможение.

То есть:

$$c_0 = c_n + a\Delta t_n,$$

где Δt_n есть «запас времени», аккумулялированный в IRF_n .

Но

$$\Delta t_{n-1}^2 = \Delta t_n^2 + \sigma_n^2 \Delta t_n^2, \quad (23)$$

где $\sigma_n = \frac{\Delta s_n}{\Delta s_{n-1}}$ есть рекурсивный коэффициент замедления времени, основанный на транзитивности относительного покоя. Если IRF_a находится в относительном покое для IRF_b : $IRF_a \prec IRF_b$ и $IRF_b \prec IRF_c$, то $IRF_a \prec IRF_c$. Таким образом:

$$\lim_{k \rightarrow n} \Delta t_{n-k} = dt$$

Классическая точка зрения в соответствии с принципом относительности гласит, что объект, падающий в черную дыру, замедляется в нашем ходе времени, чтобы в конце концов остановиться на горизонте событий дыры. При этом сам объект не имеет изменений в собственном ходе времени, хотя и подвергается возрастающей гравитации. Однако другая точка зрения по отношению к абсолютному покою подразумевает, что этот ускоренный объект сам движется к абсолютному покою и только поэтому остается

в нашем прошлом. Пусть тело массы $m = \frac{F}{g}$ свободно падает в черную дыру. Если его

конечное ускорение $a = g = 0$ и плотность времени $\rho = \rho_0$, тогда его инерциальная масса становится темной. Это подразумевает, что черные дыры приближаются к абсолютному покою, и масса вещества в абсолютном покое может быть обнаружена только как гравитация во Вселенной. Если принять во внимание гравитацию фотонного вакуума и то, что масса вводится временем, равномерное ускорение сопровождается гравитационным красным смещением в ходе времени инерциального наблюдателя. Выражаясь метафорически, темная материя есть гравитация пустого множества \emptyset в U/\sim . В этом смысле, горизонт событий, вызванный гравитацией черной дыры, равно как и глобальный горизонт Вселенной, может быть так же отнесен к абсолютному покою, как эффект физической и причинной неполноты нашего ультрафильтра. В частности, верхняя граница детектируемого частотного диапазона находится около 10^{19} Hz хотя квантовое время позволяет 10^{42} (или 10^{43} в планковских единицах). Имеется ли что-нибудь выше гамма-излучения?

Любая IRF, постулируемая инерциальным наблюдателем как начальная, является определенным псевдовакуумным состоянием: $\rho_n = \frac{1}{c_n^2}$. Недостижимая скорость света c_0

для нас эквивалентна недостижимому абсолютному покою ρ_0 . Таким образом, имеется "вертикальный" класс всех псевдовакуумных состояний IRF_n , то есть ультрафильтр U/\sim является счетным всюду плотным "по вертикали", так как дробные экспоненты невозможны для dt_n . Каждое состояние получило дополнительное dt_n из того, что мы называем "будущее" и таким образом изменило свою плотность времени ρ_n . Псевдовакуумные состояния имеют "археологический смысл": чем ниже IRF_n , тем она моложе. В частности фотон вне нашего времени, так как его время жизни и возраст равны одному кванту dt . В этом случае, скорость света - иллюзия нашего хода во времени. Каждое состояние n является производной следующего состояния $n+1$.

$$c = c_0(t) = \frac{d^n c_n}{dt^n} \quad (24)$$

Переход объекта из одной IRF_n в другую по ускорению изменяет свою энергию, таким образом, плотности времени –это также уровни энергии. Есть прямая аналогия между временем, энергией и массой:

$$dt \sim \hbar, \quad dt^2 \sim c, \quad dt^3 \sim ds, \quad dt^x \sim m.$$

Этому можно противопоставить другой дедуктивный ряд [15]:

Отрицательное время ~ нарушение причинности ~ сверхсветовая скорость ~ антигравитация.

Условие (22) влечет за собой то, что энергетические уровни связаны по $\rho_n = \rho_{n-1} dt$ отношением:

$$\frac{dE_n}{dt} = dE_{n-1} \quad \text{и} \quad dE_n - dE_{n-1} = \hbar \quad (25)$$

Энергия излучается в прогрессе времени $P(t) = 1$ и в соответствующей плотности времени:

$$\Delta E = \hbar \omega$$

6 Система абсолютного отсчета и принцип неопределенности

Для квантового времени принцип неопределенности сводится к тавтологии:

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar \rightarrow n \hbar \geq \hbar \quad (26)$$

Классическое объяснение принципа применительно к пространственным характеристикам состоит в корпускулярно-волновом дуализме:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2},$$

Но это оказывается затруднительным для времени. Так как фотон неподвижен во времени, объяснение должно обратиться к ходу времени. Достаточно предположить, что настоящее есть нуль между двумя dt , и этот нуль (обозначенный [0] в дальнейшем) недостижим, потому что настоящее между прошлым и будущим является неуловимым в нашем восприятии. Только частица в сверхсветовой скорости c_{-1} (с антигравитацией) была бы в состоянии пройти сквозь [0]. Для нас это означает, что толщина любого мыслимого момента Δt должна быть равной двум dt по крайней мере:

$$[0] = dt + dt \quad (27)$$

Так как $\hbar \sim dt$, то каждое реальное физическое мгновение (событие) содержит виртуальную фотонную пару:

$$\Delta E \Delta t \geq 2\hbar \quad (28)$$

Таким образом, фотонный вакуум как абсолютный покой колеблется вокруг [0] в частоте 10^{42} Hz . Аннигиляция виртуальной пары частица-античастица представляется петлей в диаграммах Фейнмана: пара появляется в точке t и уничтожает себя в точке $t + \Delta t$. Известно (CRT-теорема), что этот процесс может быть интерпретирован как уничтожение только одной виртуальной частицы, которая сначала движется во времени

(и в пространстве), а затем возвращается по замкнутой петле. Если $\Delta t = 2dt$, то именно последняя интерпретация выражает существование любой частицы во времени. В этом случае античастица есть эффект неуловимости настоящего для наблюдателя, постулирующего мгновенный покой в прогрессе времени, хотя такая остановка ($\Delta t = 0$) невозможна даже для фотона. Фотонный вакуум должен непрерывно колебаться между dt_0 и dt_1 , генерируя вакуумную пену с виртуальной энергией. Другими словами, частица в природном треморе времени находится между двумя псевдовакуумными состояниями, так что фиксация нулевого настоящего влечет за собой абсурд: $\hbar = 2\hbar$. Прохождение тестируемого электрона через двухщелевой аппарат может быть объяснено тем же самым путем: единственный электрон как волна между dt_0 и dt_1 проходит через обе щели как пара частица-античастица с интерференцией. Если одна щель закрывается, электрон дает непротиворечивую иллюзию настоящего для наблюдателя.

Если связать dt с бесконечно малой величиной dx , и фотонный вакуум IRF_0 с математическим континуумом C , то каждое псевдовакуумное состояние IRF_n соответствует покрытию континуума $C_n = \{\frac{x^n}{n!} | x \in C\}$ на условии дискретности

$C_n = \bigcup_{i=1}^{\infty} dx_i^n$. Каждый степенной ряд, например, ряд Тейлора, есть «лестница» в классе K всех канонических покрытий C_n :

$$f^n(x + \Delta x) = \sum_{k=0}^n \frac{1}{k!} f^{n-k}(x) \Delta x^k \quad (29)$$

где f^n является функцией с максимальной экспонентой n . Тогда ширина лестницы определяется радиусом конвергенции Δx , и $\Delta x_{min} = 2dx$, так как определение функции нулевым настоящим не имеет смысла, $f^n(x + 0) = f^n(x)$. Это означает, что действительное число x как точка (нуль) на математическом континууме определяется интервалом $[0] = [x - dx, x + dx]$. Фактически, мы говорим о “теории восприятия Пенроуза”, в которой каждый наблюдатель находится во времени.

Пусть $L_0 = \bigcup_{n=1}^{\infty} 2dt^n$ есть лестница шириной в два dt . Она является идеальной геодезической, пронизывающей все IRF_n в U/\sim . Также L_0 есть вертикаль настоящего и соответствует любой нулевой линии времени в суперконусе (рис. 1). Это означает, что абсолютное "сейчас" возможно в присутствии системы абсолютного покоя. Конечно, мы определяем такое сейчас в собственной IRF_n , и одновременность остается относительной в собственной плотности времени для любой IRF_n . В целом мы предполагаем, что время является нулевым в нижней и верхней границах π - Вселенной (Рис. 2), так как их квантовые единицы достигают крайности:

$$\begin{cases} dt_0 = \{\infty\}, \\ dt_{\infty} = 0, \end{cases} dt_0 = \int_{\infty} dt_{\infty}, \rightarrow \emptyset \notin U \ \& \ U \notin U \quad (30)$$

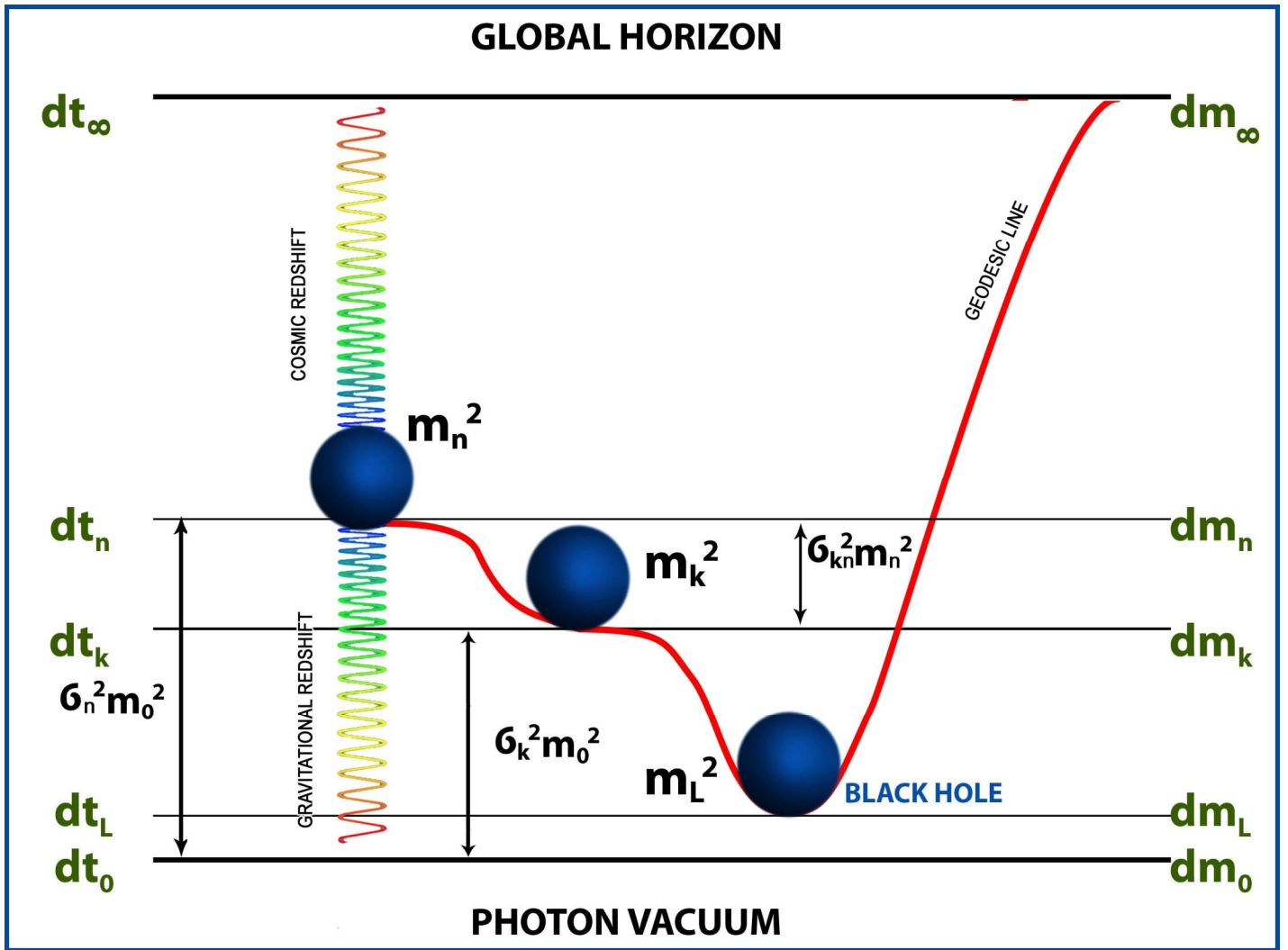


Рис. 2. Реальность состоит из множества энергитически временных и массо-пространственных уровней как слоенный пирог. Все IRF_n имеют собственные релятивистские кванты массы. Черные дыры должны приближаться к абсолютному покою.

Любой ускоренный объект проходит через множество IRF_n именно по L_0 . Все релятивистские эффекты во времени, пространстве и массе должны быть связаны с абсолютным сейчас. Пусть G есть циклическая группа дифференциалов dc^n с единицей \mathcal{E} и обратным элементом d_n^{-1} для класса канонических покрытий K :

$$\begin{cases} d_n^{-1} dc_n = c_{n-1} \\ d_0^{-1} dc_0 = \mathcal{E} \end{cases} \quad (31)$$

Последнее выражение подразумевает, что сверхсветовая скорость делает плотность времени ниже минимальной ρ_0 , то есть движение быстрее чем свет означает абсолютное уничтожение времени (и пространства) в темной энергии. Это соответствует релятивистской идее, что время должно пойти вспять при скорости $v > c$.

7 Гравитация и темная энергия

Позитивное время сопровождается гравитацией. Время должно пойти вспять для антигравитации. Это - больше чем формальная инверсия временной шкалы согласно СРТ-теореме; это - обратные термодинамические процессы, в которых система становится моложе. Космологически такой процесс означает сокращение всех IRF до абсолютного покоя. На этом условии темная энергия \mathcal{E} может быть рассмотрена как антигравитация с отрицательным временем. Другими словами, объект, движущийся быстрее чем свет, должен двигаться обратно во времени с отрицательной массой, но фактически он исчезает в темной энергии. Можно формально предположить, что темная энергия \mathcal{E} состоит из ненаблюдаемого тахионного антивещества, влияние которого на световую реальность ограничивается фотонным вакуумом и проявляется только с расширением пространства как результат накопление энергии-времени или непрерывного создания материи [2]:

$$E(t) = -\mathcal{E}(-t) \quad (32)$$

Позволим себе вообразить два суперконуса в сингулярности Большого взрыва как песочные часы, в которых песок вытекает из одного контейнера в другой. Для наблюдателя, ограниченного нижней колбой, его песок (время) появляется из небытия. Однако верхний наблюдатель видит тот же самый процесс, если он двигается из нашего будущего в прошлое: песок появляется в его колбе спонтанно. Если мы находимся в любой из этих колб, источник времени и энергии - неразрешимая загадка для нас. Хотя эта модель нарушает закон сохранения энергии для отдельной колбы, симметрия песочных часов в целом сохраняет закон:

$$E = \frac{-1}{\mathcal{E}} \quad \text{или} \quad \frac{E}{i} = \frac{i}{\mathcal{E}} \quad (33)$$

Чтобы сделать модель закрытой, заменим песочные часы лентой Мёбиуса, так чтобы её концы с гравитацией и антигравитацией склеивались вакуумной мембраной i^2 в термодинамическом нуле (рис. 3).

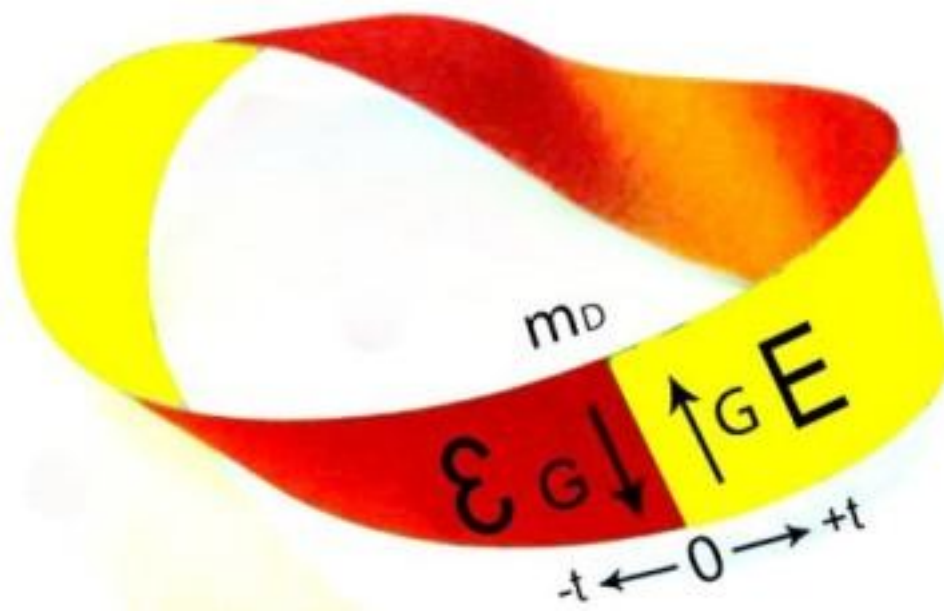


Рис. 3. Темная масса фотонного вакуума m_D отделяет 'светлую' энергию E , позитивное время и гравитацию от темной энергии \mathcal{E} , отрицательного времени и антигравитации.

У модели нет точки разрыва из-за отсутствия мгновенного перехода из отрицательной бесконечности в положительную. Но у нее есть нуль, защищающий непрерывность, тогда как стандартная модель Большого взрыва влечет за собой предыдущую Вселенную, сколлапсировавшую в первоначальную черную дыру в температуре около нуля. У этой сингулярности должен быть фазовый разрыв, чтобы перейти к очень горячему состоянию перед Большим взрывом. Именно ради сохранения этой симметрии Хоукинг рассматривал умоглядную процедуру превращения черной дыры в белую дыру [19].

Кажется, природа космического красного смещения не может быть объяснена замедлением времени как гравитационное красное смещение. Однако такое замедление может быть допущено, в этом случае нужно предположить, что имеется отрицательное давление выше глобального горизонта. Такое отрицательное давление эквивалентно положительному давлению ниже фотонного вакуума. Константа Хаббла $H = V/R \sim 70$ км/сек/Мпк имеет физическую размерность сек^{-1} . Чтобы H была ускорением (как это предполагается), космологическое расстояние R должно быть временем. Что подразумевает эта константа?

$$\frac{1}{t} = \frac{V}{R}, \quad (34)$$

где $t = H^{-1}$ есть время Хаббла.

Это кажется бессмысленным допускать колебательную систему применительно к расширению пространства. Однако, $H \sim t^{-1}$ может указывать на гармонический процесс в частоте приблизительно 10^{18} Гц. Может быть, эта величина выражает емкость мембраны i^2 , через которую темная энергия \mathcal{E} выбрасывает время во Вселенную в частоте близ гамма-радиации, проявленной как прогресс времени, и это детектируется любым наблюдателем.

8 Заключение

Наше восприятие времени подразумевает, что мы получаем время из будущего, как будто будущее уже готово. Будущее можно рассмотреть как темное время с отрицательным давлением, которое тянет материю к глобальному горизонту. Возможно, пространство расширяется вдоль прогресса времени, потому что время (и энергия) аккумулируется как пространство по аналогии с излучением Хокинга, чья мощность есть:

$$P = \frac{d\mathcal{E}}{dt}$$

Это известно как создание вещества в Λ CDM модели [1,2,3]. Возможно, космический микроволновый фон есть результат тремора фотонного вакуума между двумя $dt \sim \hbar$, и расширяющее воздействие темной энергии \mathcal{E} с отрицательным давлением космологической константы Λ создается чистым временем, которое раздувает пространство [16]. Другими словами, неуловимость настоящего, принцип неопределенности, барионная асимметрия и расширение Вселенной могут быть вызваны аккумуляцией времени как непрерывным созданием материи. Теоретически, ускоренное расширение пространства в долгое время должно увеличить скорость галактического отступления до скорости света, $V = c$. Будет то же самое, если плотность времени равна нулю на глобальном горизонте. И тогда космическое красное смещение как ускорение в пространстве есть торможение во времени, то есть постоянная Хаббла указывает наступление абсолютного покоя на динамическую Вселенную. Но это означает, что Вселенная эволюционирует циклически и ее конечное состояние совпадает с начальным состоянием.

Референции

1. R.Durrer, R.Maartens. "Dark energy and dark gravity: theory overview". Gen.Rel.Grav. 40(2-3). DOI:10.1007/s10714-007-0549-5.
2. A.de Roany, J.A. Pacheco. "Continuous matter creation and the acceleration of the universe: the growth of density fluctuations". Gen.Rel.Grav. 43(1). DOI:10.1007/s10714-010-1069-2.
3. H.J.Fahr, M.Heyl. "Cosmic vacuum energy decay and creation of cosmic matter"(2007). Naturwissenschaften 94(9). DOI: 10.1007/s00114-007-0235-1.
4. L.Smolin. "The case for background independence". arXiv: hep-th/0507235v1.
5. A.Ashtekar, J.Lewandowski. "Background independent Quantum Gravity: a status report". Class. and Quant.Grav. (2004). DOI: 10.1088/0264-9381/21/15/R01

6. V.Jejjala, M.Kavic, D.Minic. "Time and M-theory. arXiv:0706.2252v3.
7. E.Anderson. "The Problem of Time in Quantum Gravity".(2011) arXiv: gr-qc/1009.2157v2.
8. K.Savvidou. "Continuous time and consistent histories". arXiv: gr-qc/9912076v1.
9. R.D.Sorkin. "Causal sets: Discrete gravity". Lectures on QG. Springer (2008). arXiv:gr-qc/0309009v1.
10. A.Ash, P.McDonald. "Moment problems and the causal set approach to quantum gravity".(2002) arXiv: gr-qc/0209020v1.
11. D.Rideout, D.Wallden. "Emergence of spatial structure from causal sets" (2009). arXiv:gr-qc/10905.0017v1.
12. D. Rideout, R.Sorkin. "Evidence for a continuum limit in causal set dynamics" (2008). arXiv: gr-qc/0003117v4.
13. C.Kiefer. "Quantum geometrodynamics whence, whoter?" (2008) arXiv: 0812.0295v1.
14. S.He, D.Rideout. "A causal set black hole" (2009). arXiv: gr-qc/0811.4235v2.
15. J.M. Ripalda. "Time reversal and negative energies in general relativity"(2009). arXiv: gr-qc/9906012.
16. A.H.Guth. "Eternal inflation and its implications" (2007). arXiv: hep-th/0702178v1.
17. G.J. Whitrow. "The Natural Philosophy of Time". Thomas Nelson and Sons Ltd. London & Edinburgh (1961).
18. N. Huggett. "Zeno's paradoxes" (2010). Stanford Encyclopedia of Philosophy.
19. S. Hawking, R. Penrose. "The Nature of Space and Time". Princeton university press. New Jersey (1996).
20. Stephen C. Kleene. "Mathematical Logic"(1967). Reprinted by Dover, 2002, ISBN 0-486-42533-9.
21. Diogenes Laertius. Loeb classical library. ISBN 0674991850.