

К ГИПОТЕЗЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ ИЗ КВАНТОВОЙ ФЛУКТУАЦИИ

Ихлов Б. Л.

Аннотация

Приведено обобщение принципа неопределенности, указано изменение сигнатуры метрического тензора, соответствующее евклидовой метрике. Предложена модель возникновения пространства-времени и модель рождения Вселенной из пары «максимон-антимаксимон». Получена энергия релятивистского вращения. Показано, что наличие спина максимона приводит к выходу за радиус Шварцшильда и к разрушению планковской Вселенной как черной дыры. В данной модели планковское время выступает как время жизни максимона.

Показано, как вакуум в ранней Вселенной начинает формировать пустое пространство-время Минковского.

Ключевые слова: вакуум, метрика Керра, угловой момент, CP-симметрия

Введение

Необходим переход от евклидовой метрики с мнимым временем Большого взрыва к метрике Минковского с реальным временем для развивающейся Вселенной.

Обобщение принципа неопределенности

Принцип неопределенности в одной из форм записывается следующим образом.

$$\Delta x_1 \Delta p_1 \geq \hbar / 2$$

В трехмерном случае вместо Δx_1 - норма вектора перемещения $(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{1/2}$

Другая форма записи принципа неопределенности – соотношение Мандельштама-Тамма:

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2$$

Она появляется потому, что между энергией и импульсом в классике есть связь: $E = \frac{p^2}{2m}$

Но в СТО и ОТО этой связи нет, время и координата, энергия и импульс – самостоятельные компоненты.

Существуют модели, в которых время выводится из квантовой запутанности [10].

В [11, стр. 22] была сделана попытка зайти с другого конца - соединить евклидово расстояние и принцип неопределенности. Данная попытка легко обобщается:

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k \pm l_{Pl}^2$$

где l_{Pl} – планковская («элементарная») длина. Аналогично

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k \pm \hbar / \Delta p$$

Однако такой вид интервала нековариантен.

Можно записать принцип неопределенности следующим образом:

$$\Delta p_k \Delta x^k \geq \hbar/2 + \hbar/2 = \hbar$$

Или

$$g_{ik} \Delta p^i \Delta x^k \geq \hbar \quad (1)$$

где p – 4-импульс. Получается, что квантовые флуктуации порождают некую затравочную метрику. (По версии Хартла – Хокинга сначала есть только пространство и нет времени.) Но в этом случае метрика – евклидова. Для пространства Минковского уравнение не имеет ясной интерпретации:

$$g_{ik} \Delta p^i \Delta x^k \geq 0$$

В общей форме принцип неопределенности применим к каждой паре сопряженных переменных. В отличие от координаты и импульса, нижняя граница произведения «неопределенностей» двух сопряженных переменных зависит от состояния системы. Принцип неопределенности становится теоремой в теории операторов: для любых самосопряженных операторов $A: H \rightarrow H$ и $B: H \rightarrow H$, и любого элемента x из H такого, что $ABx = BAx$ и оба определены (то есть, в частности, и Ax и Bx также определены), имеем:

$$\langle x | AB | x \rangle \langle x | BA | x \rangle = |\langle Bx | Ax \rangle|^2 \leq \langle Ax | Ax \rangle |\langle Bx | Bx \rangle| = \|Ax\|^2 \|Bx\|^2$$

Это следствие неравенства Коши-Буняковского, которое связывает норму и скалярное произведение векторов в евклидовом или гильбертовом пространстве и эквивалентно неравенству треугольника для нормы.

Обобщенный принцип неопределенности Робертсона-Шредингера:

$$\frac{1}{4} |\langle x | AB - BA | x \rangle|^2 \leq \|Ax\|^2 \|Bx\|^2$$

Соответственно, учитывая, что

$$\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 - c^2 \Delta t^2 = \Delta s^2 \parallel$$

$$p^2 = g_{\mu\nu} p^\mu p^\nu ; p = (p_1, p_2, p_3, E/c)$$

можно предположить, что в обобщенном виде принцип неопределенности имеет вид

$$|\Delta s \parallel \Delta p| \geq \hbar - \delta \hbar^2 \quad (2)$$

Где $[\delta] = \text{Дж}^{-1} \text{с}^{-1}$ – коэффициент порядка единицы.

Поскольку форма (2) не сводится к (1), первый вопрос, который возникает: имеет ли конструкция (1) какой-то физический смысл?

Планковская Вселенная

Постулируется, что при охлаждении горячей Вселенной в пред-инфляционный период Вселенная была наполнена квантами полей GUT (например, в модели GUT Джорджи – Глэшоу SU(5) поля с плотностью $\varepsilon_{vac} \approx 10^{74} \text{ эрг} / \text{см}^3$), т.е. не была пустой. После остывания Вселенной вакуум уже не был ложным, в нём начали образовываться пузырьки истинного вакуума размером $\sim 10^{-20}$ см, радиус которых увеличивался со скоростью света. Поскольку внутри вакуумные пузырьки пусты, их размеры увеличивались по экспоненциальному де-Ситтеровскому закону $R = R(0) \exp(\sqrt{\Lambda/3}t)$. В конце инфляции размеры пузырьков составляли $10^{30} - 10^{38}$ м. Размеры видимой Вселенной 10^{26} м, если модель верна, Вселенная – один из таких пузырьков, образовавшаяся без «затравочных» полей GUT, оставшихся за ее пределами. Однако если перед инфляцией Вселенная охлаждалась, неясно, в какую форму переходила тепловая энергия. Во-вторых, если размер пузырька на 4 – 12 порядков больше радиуса видимой Вселенной, то и масса ее должна быть больше на 12 – 36 порядков. (Линде указывает и другие размеры - $l \approx 10^{10^{12}}$ [1]). В то же время, в планковскую эпоху, предшествующую инфляции, постулируется наличие обычной сверхплотной массы.

Планковский радиус $r_{планк} = \sqrt{\hbar G / c^3} = 1,6 \cdot 10^{-35}$ м, планковская температура 10^{32} К, планковская плотность $5,1 \cdot 10^{96} \text{ кг} / \text{м}^3$, $m = \rho V = 4\pi r^3 / 3$, планковская масса $m_{pl} = 2,176 \cdot 10^{-8}$.

Гравитационный радиус Шварцшильда $r_g = 2Gm / c^2$, где гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$, c — скорость света в вакууме.

Начальные размеры Вселенной объявляются планковскими. Для планковской массы радиус Шварцшильда $r_g^{pl} = 3,23 \cdot 10^{-35}$. Следовательно, планковская Вселенная – черная дыра. Возникает проблема: как из состояния сингулярности при огромной силе тяготения мог произойти Большой взрыв. В [2] утверждается, что подстановка просуммированной по всем полям плотности энергии Казимира $\varepsilon = -Aa^{-4}$ ($A > 0$) в правую часть уравнений Эйнштейна позволяет получить несингулярную космологическую модель инфляционного типа. Это не корректно.

Коэффициент А характеризует тип поля и геометрию объема, в случае шара плотность вакуума для ряда полей

$$\rho \sim (0,03 \div 0,3) \hbar / 4\pi r^4 c$$

В современную эпоху энергия Казимира на 17-18 порядков меньше плотности космологического вакуума. В планковских масштабах плотность вакуума безмассового скалярного поля $\sim (-10^{94})$, электромагнитного поля $\sim 10^{95}$, что существенно меньше планковской плотности $\rho_{pl} = 5,1 \cdot 10^{96}$.

Если бы Вселенная имела конфигурацию тора, плотность вакуума электромагнитного поля превосходила бы планковскую на порядок, что изменило бы эволюцию Вселенной.

Отметим, что, поскольку черные дыры не имеют волос, они бесструктурны. Бесструктурные объекты не имеют качеств, поэтому не могут трансформироваться, следовательно, Большой взрыв невозможен. В противном случае мы наблюдали бы много Больших взрывов, в том числе в нашей галактике.

Утверждают также, что черная дыра в планквнутренней Вселенной не возникала потому, что гравитационная энергия и масса в сумме равны нулю. Но это утверждение противоречит самому процессу возникновения черных дыр при сжатии массы большей критической под действием гравитации. С другой стороны, объяснение возникновения массы вселенной в виду роста отрицательной гравитационной энергии наталкивается на то возражение, что в таком случае при расширении Вселенной после инфляции ее масса обязана расти, т.е. плотность обычного вещества не должна падать. Именно в виду этих обстоятельств Ли Смолин выдвинул теорию возникновения Вселенной от взрыва сингулярности внутри чёрной дыры. Однако природа этого взрыва осталась необъясненной.

Рождение вселенной из квантовой флуктуации

Квантовые флуктуации суть флуктуации вакуума, когда возникают и исчезают пары виртуальных частиц и античастиц.

В построениях Ли Смолина и Эдварда Трайона само рождение Вселенной является квантовой флуктуацией в виде пары частиц Маркова «максимон-антимаксимон». Логично предположить, что каждая частица из пары порождает метрику. Из $\Delta t \Delta E \sim \hbar/2$ и соотношения $E = mc^2$ определяется масса максимона, тождественная массе планковской Вселенной

$$m = \sqrt{\hbar c/G}$$

Таким образом, проблема космологической постоянной (вакуумная катастрофа), формулируемая через планковское состояние, отпадает. Причем масса максимона возникает не по механизму Хиггса, при этом максимон распадается подобно резонансам за время

$$\tau \sim \hbar/mc^2 \approx 0,5 \times 10^{-43} \text{ с,}$$

что соответствует планковскому времени. Таким образом, планковское время приобретает смысл времени распада максимона. Аннигиляции рожденной пары «максимон – антимаксимон» не происходит, вследствие CP-симметрии они имеют противоположно направленные импульсы, возникают две Вселенные, с материей и антиматерией, решается проблема отсутствия антиматерии. Таким образом, предположение, что Вселенная возникает путем квантового распада и дальнейшего туннелирования, испарения черной дыры, приобретает основание.

Если принять гипотезу, что планковская Вселенная не является частицей, и ее температура порядка 10^{32} К, возникают минимум две проблемы.

Согласно теории Большого взрыва температура Вселенной падает со временем по закону

$$T \approx (c/k)\sqrt{m_{Pl} \hbar/t} \approx 3 \times 10^{14} t^{-1/2}$$

Но вычисленная по этой формуле современная температура Вселенной $4,5 \times 10^5$ К явно не соответствует наблюдаемым данным. Кроме того, если Вселенная – не элементарная частица, то она вращается с угловой скоростью порядка 10^{43} . В таком случае возникает ускорение, что эквивалентно гравитации черной дыры, соответственно, имел бы место эффект Фулинга-Унру. Температура наблюдаемого излучения Унру выражается той же формулой, что и температура излучения Хокинга, но зависит не от поверхностной гравитации, а от ускорения системы отсчета a :

$$T = \frac{\hbar a}{2\pi k c} \approx 4 \cdot 10^{-21} \cdot a$$

с соответствующими размерностями. Поскольку $a = \omega^2 r$, то

$$T = \frac{\hbar \omega^2 r}{2\pi k c}$$

Если подставить планковский радиус $r_{\text{планк}} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}$, то температура, вызываемая эффектом

Унру $T \approx 10^{30} \text{ К}$. Однако эпоха инфляции начинается в момент времени 10^{-42} сек. В предшествующий момент времени Большого взрыва 10^{-43} сек температура была близка к планковской. Подставляя размер Вселенной в момент Большого взрыва $r = 10^{-5} \text{ м}$ и планковскую $\omega = 10^{43} \text{ с}^{-1}$, получим $T \approx 10^{60} \text{ К}$, что явно не соответствует температуре планковской эпохи 10^{32} К . В любом случае эффект Унру при такой гигантской угловой скорости вызвал бы множественное рождение частиц, что до неузнаваемости изменило бы историю Вселенной.

Если же планковская Вселенная представляет собой элементарную частицу, то указанные проблемы отпадают, поскольку для одной частицы невозможно ввести температуру, отсутствуют усреднение по скоростям, статистический ансамбль, понятие равновесия и т.д.

Поскольку планковский радиус меньше радиуса Шварцшильда, логично предположить, что метрика планковской Вселенной есть метрика Шварцшильда. При этом, в отличие от метрики Шварцшильда, где $r > r_s$ (радиус Шварцшильда), сигнатура метрического тензора меняется, подпись метрики меняется на евклидову, : (+, +, +, +), у временной и пространственных координат одинаковые знаки.

Евклидово пространство получается из пространства Минковского при повороте Вика в комплексной плоскости на $\pi/2$, если время – мнимое, $t \rightarrow it$.

Можно было бы предположить, что расширение планковской Вселенной происходило аналогично распаду черной дыры с зарядом больше критического. В метрике Рейснера-Нордстрёма при превышении критического заряда, когда гравитационное притяжение не может компенсировать собственное электрическое отталкивание материи, сигнатура метрики не меняется.

Поскольку Вселенная не заряжена, можно предположить, что распад планковской Вселенной как черной дыры происходил вследствие ее вращения. В метрике Керра в данном случае происходит изменение сигнатуры, как и требует обобщение принципа неопределенности.

Ограничение для момента импульса черной дыры массы m : $L \leq Gm^2 / c$. Или в классическом приближении для шара:

$$2mR^2\omega/5 \leq Gm^2 / c \quad (2)$$

Отсюда максимальная угловая скорость планковской Вселенной $\omega = 4,72 \times 10^{43} \text{ c}^{-1}$.

Но если планковская Вселенная – это элементарная частица, то ее угловой момент не обязан соответствовать механическому вращению. Например, спин электрона не есть вращение электрона вокруг своей оси, в противном случае скорость на его поверхности была бы больше скорости света. Обобщение понятия спина, изотопический спин, означает наличие пространства состояний, никак не связанных с перемещением частицы в обычном пространстве, но есть движение в изоспиновом пространстве. Аналогично для описания сильных взаимодействий введены «внутренние» цветовое пространство (red, green, blue) и пространство ароматов (по оси изоспина, u, d, s, c, b, t).

То есть, в метрику Керра вместо момента импульса нужно подставить значение спина возникшего вследствие принципа неопределенности максимона. Поскольку максимон не может быть ни скалярной частицей, ни фермионом, его спин, подобно спину Z^0 -бозона, равен единице.

Тем не менее, спину соответствует и магнитный момент, и угловой момент частицы

$$L = s\hbar \quad (2)$$

Оказывается, что величина ограничения для момента импульса планковской Вселенной как черной дыры, измеренная в (2) в единицах \hbar , с достаточной степенью точности равна единице, но чуть меньше: 0,9985. Следовательно, максимон с $s = 1$ разрушает планковскую Вселенную как черную дыру. Очевидно, что максимон в виду своей огромной массы не распадается по типу распада Z -бозона (на кварк и антикварк, образующих мезон, распадающийся на лептон и антилептон).

Внутри сферы Шварцшильда тоже происходит изменение подписи метрики, временная и пространственная координата меняются местами. Однако физический смысл евклидовой метрики – не промежуточное состояние, соответствующее распаду черной дыры. Вакуумная флуктуация возможна лишь в первичном пространстве-времени, где существует вакуум. Этим первичным пространством-временем, как следует из сказанного, было евклидово пространство.

Релятивистское обобщение принципа неопределенности

Возникает вопрос, насколько правомерно применять классические формулы (2) и (3), когда речь идет о релятивистском обобщении принципа неопределенности. Следующий вопрос в том, как выглядит релятивистский момент импульса и релятивистская энергия вращения.

Для момента импульса нет канонической пары, поэтому в коммутаторе фигурируют компоненты момента импульса, соответственно

$$\Delta L_x \Delta L_y / L_z \geq \hbar / 2$$

Однако можно представить соотношение неопределенности для квантовых величин

$$\Delta L \Delta \varphi \geq \hbar / 2$$

В полуклассическом приближении

$$\Delta \omega \Delta \varphi = \Delta \dot{\varphi} \Delta \varphi \geq \hbar / 2J$$

Т.е. $\dot{\varphi}$ играет роль импульса.

Таким образом, обобщение принципа неопределенности выглядит следующим образом:

$$\Delta E_0 \Delta t + \frac{J}{2} \Delta \dot{\varphi} \Delta \varphi + \Delta p \Delta x \geq \hbar$$

Здесь нет коэффициента 3/2, т.к. момент импульса входит в энергию вращения. Но при этом каждый из трех компонент в отдельности может быть меньше $\hbar / 2$.

Отметим также, что для планковской Вселенной объем не определен, т.к. $\Delta p = 0$ и

$$\Delta E_0 \Delta t + \frac{J}{2} \Delta \dot{\varphi} \Delta \varphi \geq \hbar$$

Однако данное уравнение не может претендовать на релятивистское обобщение принципа неопределенности, т.к. вращение в уравнении не представлено в релятивистской форме.

Релятивистский момент импульса выглядит следующим образом

$$L = \frac{3\pi\rho c^4 R}{2\omega^3} - \frac{\pi\rho c^2 R^3}{2\omega} - \frac{3\pi\rho c^5 (1 - \omega^2 R^2 / c^2)(1 + \omega^2 R^2 / 3c^2)}{4\omega^4} \ln \frac{1 + \omega R / c}{1 - \omega R / c} \quad (4)$$

см. [3]. При малых ω можно разложить логарифм, получается классический момент импульса шара с малой релятивистской добавкой первого порядка:

$$L = \frac{2}{5} mR^2 \omega + \frac{4mR^4 \omega^3}{35c^2}$$

При $R\omega \rightarrow c$

$$L = \frac{3}{4} mRc$$

Если вращающееся тело нельзя представить как волчок, если его вращение – хаотично, то выпишем сначала релятивистский лагранжиан свободной релятивистской частицы:

$$L = -mc^2 / \gamma$$

где $\gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ - фактор Лоренца, v - скорость частицы, c - скорость света.

Отсюда импульс $p = \partial L / \partial v = m\gamma v$ и дифференциал момента импульса $dL = \gamma dmrv$.

момент импульса для тонкого слоя шара

$$dL = \vec{r} \times d\vec{p} = \vec{r} \times (dm \cdot \vec{v}) \cdot \gamma = 4\pi\rho\omega r^5 dr / \sqrt{1 - \omega^2 r^2 / c^2} = \frac{2\pi\rho c^6 x^2}{\omega^5 \sqrt{1-x}}$$

Интегрирование по сферическим слоям при подстановке $u = 1 - x$ дает

$$|L| = \frac{2\pi\rho c^6 \gamma}{15\omega^5} \{ [6(\omega R / c)^2 + 8\omega R / c + 16] - 16 / 15 \}$$

Теперь определим релятивистскую энергию вращения, действуя тем же способом, что и в [3].

Для примера возьмем шар, выделим в нем элемент массы, в цилиндрических координатах

$dm = \rho dV = \rho r dr d\phi dz$; $dE = \gamma dm = \rho \gamma r dr d\phi dz$. После интегрирования по dr и $d\phi$ получаем:

$$dE_i = \frac{2\pi\rho c^4}{\omega^2} (1 - \sqrt{1 - \omega^2 r_i^2 / c^2}) dz$$

Интегрируя по dz , учитывая $r_i^2 = R^2 - z^2$, используя подстановку $x = \tan(y)$ и сравнивая с (4), получаем:

$$E = \frac{3}{4} L\omega$$

Отсюда видим, что связь между энергией и моментом импульса в релятивистском случае имеет иной, чем в классике, характер, но близкий к нему. Следовательно, можно записать

$$J\omega \approx |\vec{s}|$$

То есть, наши оценки энергии максимона верны. Отсюда следует, что

$$\Delta E_0 \Delta t + \mu \Delta s \Delta \varphi = (\Delta E_0 + \mu \omega \Delta s) \Delta t = (\Delta E_0 + \eta s \Delta s) \Delta t \geq \hbar$$

E_0 – энергия покоя.

Возникновение метрики Минковского

После порождения максимным вакуумом флуктуации в виде максимона и после распада максимона начинается формирование пространственно-временной структуры, возникающей вследствие «противоборства» вещества (бытия) и его основного состояния, вакуума (небытия): массы свертывают пространство, плотность вакуума расширяет Вселенную.

Поле Хиггса стало составной частью Стандартной модели в теории Вайнберга-Глэшоу-Салама, объединяющей электромагнитные и слабые взаимодействия, объяснив массы переносчиков слабого взаимодействия, W и Z бозонов, спонтанным нарушением симметрии.

Если механизм возникновения масс благодаря полю Хиггса имеет место, можно также предположить, что, подобно тому, как массы искривляют пространство Минковского, вакуум поля Хиггса, возможно, формирует пустое пространство Минковского, как своего рода основное состояние [4].

В ОТО пространство Минковского есть тривиальное решение уравнений Эйнштейна для вакуума, т.е. пространства с нулевым тензором энергии-импульса и нулевым лямбда-членом.

В естественной системе координат тензор кривизны Риччи равен:

$$R_{ij} = R_{ikj}^k = \partial_k \Gamma_{ji}^k - \partial_j \Gamma_{ki}^k + \Gamma_{km}^k \Gamma_{ji}^m - \Gamma_{jm}^k \Gamma_{ki}^m$$

где $\Gamma_{kl}^i = g^{im} (\partial_l g_{mk} + \partial_k g_{ml} - \partial_m g_{kl}) / 2$

Соответственно

$$T_{\alpha\beta} = 0; R_{\alpha\beta} = \Lambda g_{\alpha\beta}$$

То есть, при $\Lambda \neq 0$ кривизна пространства-времени не равна нулю, пространство Минковского получается лишь при равенстве нулю тензора Риччи.

Астрономические исследования сверхновых типа IA дают положительное значение для $\Lambda = 10^{-53} \text{ м}^{-2}$. Однако космологический член не может быть постоянной величиной, т.к. меняется плотность вакуума электромагнитного и других полей, плотность которых зависит от радиуса Вселенной.

Имеется иное вакуумное решение уравнений Эйнштейна.

Достаточно поставить вопрос: каким образом вакуум, имея массу, не искривляет пространство Минковского? Выход один: вакуум и порождает пространство Минковского.

Подобно тому, как массы искривляют пространство Минковского, космологический вакуум, возможно, формирует пустое пространство Минковского, как своего рода основное состояние. Тогда в уравнении Эйнштейна

$$R_{\mu\nu} - Rg_{\mu\nu} / 2 - \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu}$$

нужно положить равным нулю не тензор энергии-импульса, как в модели де Ситтера, а рассмотреть нулевую кривизну. При наличии вакуума

$$\Lambda g_{\mu\nu} = -8\pi GT_{\mu\nu},$$

Отсюда компоненты тензора энергии-импульса $p_{vac} = -\rho_{vac} = -\Lambda / 8\pi G$, и компоненты метрического тензора пропорциональны компонентам метрики пустого пространства Минковского.

То есть, теперь уже наоборот, при $\Lambda \neq 0$ возникает пространство Минковского, космологическая постоянная уже не может быть связана с кривизной пространства.

То есть: пространство Минковского есть решение не только с нулевым ТЭИ, но и с ненулевым ТЭИ. Отметим, что в виду наличия ненулевой плотности вакуума модель Гёделя для пыли с нулевым давлением нереалистична.

В стадии лямбда доминирования уравнение состояния вакуума известно, для обычного вещества Вселенной не подходят модели ни идеальной жидкости, ни газа, но вполне адекватна модель пыли с нулевым давлением. В таком случае полный тензор энергии импульса для Вселенной имеет вид:

$$T_{ik} = (\Lambda / 8\pi G) \text{diag}(-1 + 8\pi G(\rho_{sub} + \rho_{qf}) / \Lambda, 1, 1, 1)$$

где ρ_{sub}, ρ_{qf} - плотность вещества (субстанции) и плотность вакуума всех квантовых полей, кроме космологического. В таком случае вакуум Хиггса является космологическим. В этом случае проблема расширения Вселенной из черной дыры могла бы решаться за счет наличия давления вакуума. Однако хиггсовский вакуум в сверхмалом объеме не обладает существенным давлением. Во-вторых, он не может быть космологическим вакуумом, его плотность зависит от объема. Космологическим вакуумом может быть вакуум скалярного поля с нарушением энергодоминантности [5].

После возникновения частиц появляется кривизна, которую эти частицы формируют (она не дается заранее, независимо, извне), с ростом числа частиц кривизна увеличивается, и реализуется сценарий де Ситтера. Таким образом, вопрос, поставленный Э. Шмүтцером, о материальном источнике пустого пространства-времени, находит разрешение.

Утверждается, что происходит увеличение масштаба, что не есть движение частиц со скоростями выше скорости света. Но увеличение масштаба должно приводит к увеличению масштаба измерительной линейки, таким образом, заметить расширение Вселенной невозможно. С другой стороны, увеличение масштаба означает увеличение и размеров частиц, планет, звезд, чего не происходит при расширении Вселенной. В интерпретации масштабного фактора, согласно которой вакуум порождает пространство-время, парадокс снимается, не частицы движутся, а пространство возникает. Вселенная не расширяется, а порождается. Тогда вакуумный тензор энергии импульса примет вид:

$$T_{ik} = (\Lambda / 8\pi G) \text{diag}(-1, 1, 1, 1) \quad (1)$$

Метрика Фридмана записывается следующим образом:

$$ds^2 = dt^2 - a(t)^2 dl^2$$

где dl^2 — элемент длины в пространстве постоянной кривизны, $a(t)$ — масштабный фактор.

В сферических координатах $dl^2 = dr^2 / (1 - kr^2) + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)$, соответственно,

$$ds^2 = dt^2 - a(t)^2 [dr^2 / (1 - kr^2) + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)] = dt^2 - a(t)(dr^2 / (1 - kr^2) + r^2 d\Omega^2)$$

Из этой метрики следует, что пространство «растягивается», соответственно, должны растягиваться и межатомные расстояния, и эффективные сечения частиц.

Утверждается, что закон Хаббла, метрика пространства-времени и уравнения Гильберта-Эйнштейна-Фридмана имеют отношение лишь к крупномасштабной структуре Вселенной на расстояниях порядка мегапарсек. Однако закон Хаббла действует и на расстояниях меньших, нежели расстояние между Млечным путем и туманностью Андромеды.

Для пустого пространства, которое порождается вакуумом, интервал нужно записать и в другом виде:

$$ds^2 = dt^2 - [d(r+a)]^2 + r^2 d\Omega^2$$

Соответственно, положительные массы замедляют время и сворачивают пространство.

Закон Хаббла в таком подходе получается непосредственно из метрики.

Допустим, дополнительный объем длины Δr генерируется за единицу времени вакуумом объемом длины r_0 , тогда

$$n\Delta r / \Delta t = nr_0 = r \cdot v; v = Hr$$

Например,

$$g_{22} = (r+a)^2 \cos^2 \varphi \cos^2 \vartheta + (r+a)^2 \sin^2 \varphi \cos^2 \vartheta + (r+a)^2 \sin^2 \vartheta = (r+a)^2$$

Тогда в сферических координатах трехмерный метрический тензор запишется в виде:

$$g_{mn} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & (r+a)^2 & 0 \\ 0 & 0 & r^2 \sin^2 \vartheta \end{pmatrix}$$

Таким образом, существует не одна, а две модели пространства Минковского: статическое (абсолютное) и динамическое (с расширением трехмерного пространства).

Заключение

Отметим, что определение планковского Δt через мировые константы совпадает с определением через принцип неопределенности, определение Δp - не совпадает.

Отметим также, что планковская плотность не обязана быть порядка 10^{94} , т.к. планковский размер не определен. Тогда снимается противоречие, что r планковской Вселенной меньше r Шварцшильда.

Отметим также, что должна существовать константа, связывающая квантовую механику и ОТО, микромир и Вселенную. Такой константой может быть только космологическая постоянная.

Космологическая постоянная мала, следовательно, должен существовать коэффициент, делающий ее малой. А именно:

$$\Lambda g_{ik} \rightarrow \Lambda_{ik} \rightarrow \xi \Lambda_{ik} = 10^{-29} \Lambda_{ik}$$

В этом случае не нужно обращаться к повороту Вика в метрике или к евклидову пространству, или к мнимым времени и энергии:

$$\Delta p_i \Delta x^i \rightarrow \xi \Lambda_i^i g^{lk} \Delta p_i \Delta x_k = \Delta E \Delta t + \Delta \vec{p} \Delta \vec{x} \geq \hbar$$

Литература

1. Linde, A. D. (1990a) Particle Physics and Inflationary Cosmology, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland.
 2. Starobinsky A. A. Phys. Lett. A New Type of Isotropic Cosmological Models Without Singularity. 1980. V. 91. №1, P. 99.
 3. Федосин С. Г. О зависимости релятивистского момента импульса однородного шара от радиуса и скорости углового вращения. International Frontier Science Letters, Vol. 15. P. 9-14 (2020).
 4. Ихлов Б. Л. Хиггсовский вакуум в теории гравитации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. М.: МГУ, 1988. 13 с.
 5. Ихлов Б. Л. Квантовый космологический вакуум. С. 130-135. Материалы V Российской конференции «Основания фундаментальной физики и математики», М., РУДН, 11-12 декабря 2021 г.
- М. А. Марковым (1965). Согласно этому определению частица является элементарной в том и только в том случае, если ее размеры R не превышают ее [комптоновской длины волны](#) $R \leq \lambda_{\text{шс}}$. Все известные [элементарные частицы](#) удовлетворяют этому определению. Из этого определения следует ограничение на максимально возможную массу элементарной частицы. Именно, оказывается, что [максимально возможное значение](#) массы элементарной частицы составляет 10 г при радиусе 10 см. Частица такой массы постулирована М. А. Марковым и названа максимомом