

УДК 530.12:531.51

## ГИПОТЕЗА ДУАЛЬНОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПЛАНКОВСКОЙ ДЛИНОЙ И РАЗМЕРОМ МЕТАГАЛАКТИКИ ДО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Р. Ф. Полищук

*Предложена гипотеза о связи в духе Т-дуальности струнной космологии между планковской длиной и начальным размером Метагалактики в виде 3-сферы де Ситтера с планковской плотностью источников (и с радиусом кривизны, на двадцать порядков большим планковской длины). Эта связь берется относительно гипотетического допланковского фундаментального масштаба длины (превосходящего планковский масштаб на десять порядков). Предложена также гипотеза о той же дуальной связи между масштабом великого объединения всех взаимодействий и размером бозона Хиггса.*

**Ключевые слова:** бозон Хиггса, Т-дуальность струнной космологии, метрика де Ситтера, планковская длина, минимальная возможная масса частицы, масштаб великого объединения взаимодействий, гипотеза фридмонов.

*Введение.* Здесь мы предлагаем на первый взгляд неожиданную гипотезу о существовании до Большого Взрыва допланковской фундаментальной длины, превосходящей на десять порядков фундаментальную планковскую длину. Естественно предположить, что в будущей единой теории физических взаимодействий все три фундаментальные физические константы (ФФК Ньютона, Планка и обратная скорость света как параметры деформации, включения в семейство, обобщения ньютоновой механики и гравитации до физики квантовой и релятивистской) будут связаны друг с другом. Но тогда и Большой Взрыв можно будет увязывать с возникновением указанных трёх различных ФФК, которых ранее не было. Кроме фундаментальной планковской длины, осуществляющей сегодня дуальную связь между комптоновской длиной волны элементарной частицы и её гравитационным полурadiusом (их произведение равно квадрату планковской длины) существует и адронная струна. Но раз фундаментальных струн

---

ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: rpol@asc.rssi.ru.

больше одной, можно предположить, что и до планковской длины мог существовать ещё один фундаментальный масштаб длины и энергии. Цель данной заметки – не дать законченное решение данной проблемы, но стимулировать мысль в дополнительном поиске её решения.

*О фундаментальных физических константах.* Напомним, что только плюс-минус скорость света является собственным значением квантового оператора скорости. Произведение квадрата обратной скорости света на постоянную тяготения Ньютона и на удвоенную массу тела даёт гравитационный радиус этого тела как размера *чёрной дыры Шварцшильда*, которую это тело может образовать при сжатии до предельной *планковской плотности*, допускаемой квантовой механикой: плотность получается делением массы на куб линейного размера, который в силу принципа неопределённостей имеет смысл, только начиная с планковского масштаба длины. Так размер связанной с гравитацией чёрной дыры оказывается напрямую связанным с двумя ФФК и косвенно – с третьей ФФК (с постоянной Планка): ведь определяемый всеми тремя ФФК гипотетический *планкеон* как гипотетическая частица планковской массы – уже сама себе чёрная дыра. Поскольку плотность планкеона по определению равна предельной планковской плотности, он не коллапсирует. Интуитивно ясно, что на сверхмалых масштабах сжатие материи до нулевого размера с *дельта-функцией* плотности невозможно (это исключает и *космологическую сингулярность* классической общей теории относительности: на новых масштабах возникает новая физика, заказывающая новую математику). Известно, например, что электронная оболочка не коллапсирует на ядро атома, и даже если протон ядра превратится в нейтрон, образованный его спином отталкивательный потенциал остановит коллапс на так называемом *радиусе Кармана* [1] (для нуклона его куб примерно равен произведению планковской площади на размер нуклона в виде его комптоновской длины, то есть объёму частицы-струны). Сжатие частицы до нулевого размера делает её энергию бесконечной и даёт точную локализацию частицы, тогда как даже для фотона его локализация в квантовой релятивистской теории поля невозможна, отсутствует.

Далее, произведения скорости света и постоянной Планка на обратный размер длины волны “безмассовой” частицы дают её энергию и импульс, равные друг другу и образующие *протяжённость* (термин Р. Пенроуза) энергии-импульса частицы, всегда возникающей сначала в *световом* (без массы покоя) *состоянии*. Поскольку для воображаемого *светового наблюдателя* с его *световым временем* расстояния до тел в апексе и антиапексе движения равны нулю (все звёзды небосвода для такого наблюдателя из-за

предельной релятивистской абберации света стягиваются в апекс его движения, а звезда в антиапексе исчезает из-за неограниченного красного смещения её излучения), преодоление таким наблюдателем нулевого в его воображаемой световой системе отсчёта расстояния за нулевое собственное время нельзя считать *движением* – это исходное световое *состояние* воображаемого светового наблюдателя. *Мир событий* (пространство-время как многообразие нульмерных точек-событий в классической теории тяготения Эйнштейна или Эйнштейна–Картана) предстаёт ему в 2+2 расщеплённом виде на поперечную 2-геометрию и ортогональную ей 2-геометрию: досветовое 1+3 расщепление и состояние покоя возникает как суперпозиция световых состояний, как “стоячая волна” (световое дрожание частицы может дать нулевой в среднем ее 3-импульс и ненулевую среднюю массу-энергию покоя).

*Параметры Метагалактики и фундаментальные физические константы.* Неотрицательное значение масс частиц и античастиц является необходимым условием стабильности физической системы и приводит к сохранению её полной массы в сопутствующей ей (её центру масс) системе отсчёта. Согласно идее Киржница и Линде [2] законы сохранения следует учитывать для *совокупности вакуума и вещества*. Сегодня *тёмная энергия* (видимо, скалярное поле как бозе-конденсат) вносит больший вклад в кривизну пространства-времени, чем остальная материя.

Предположим, что начальным состоянием Метагалактики до Большого Взрыва была комплексная (с мнимым временем) 4-сфера де Ситтера с предельной планковской плотностью  $\rho_{pl}$  источников кривизны. Полную массу принимаем следующей:

$$M = 2\pi^2 a_p^3 \rho_{pl} = 19.74 \cdot (2 \cdot 10^{-13} \text{ см})^3 \cdot 5.157 \cdot 10^{93} \text{ г/см}^3 = 8 \cdot 10^{56} \text{ г}, \quad (1)$$

где  $a_p$  – радиус кривизны 3-сферы де Ситтера. Допустим, что после Большого Взрыва полная масса осталась прежней с наблюдаемой сегодня критической плотностью  $\rho_{cr}$  около  $2 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$  и с новым критическим радиусом кривизны (новым радиусом горизонта событий, своего для каждого наблюдателя – так для каждого корабля в океане – свой горизонт видимости, но уже в виде окружности):

$$M = 2\pi^2 a_{cr}^3 \rho_{cr} = 8 \cdot 10^{56} \text{ г} = 2\pi^2 (1.25 \cdot 10^{28} \text{ см})^3 \rho_{cr} \Rightarrow a_{cr} = 1.25 \cdot 10^{28} \text{ см}. \quad (2)$$

Конечно, мир де Ситтера – не современная Метагалактика, но её *асимптотическое состояние*. Метрика де Ситтера в покрывающей мир де Ситтера (эквивалентный комплексной 4-сфере действительный однополостный гиперболоид, который легко компактифицировать добавлением двух несобственных точек) единой карте имеет вид (ниже

$d\Omega^2$  – метрика единичной 3-сферы):

$$ds^2 = -dt^2 + a^2 \cosh^2(t/a) d\Omega^2. \quad (3)$$

Раздувание радиуса кривизны 3-сфер пространства означает рост 3-импульса космологического субстрата и его массы движения, но разность их квадратов остаётся постоянной и равной полной массе в начальный момент расширения при равном нулю 3-импульсе. В сопутствующей видимой материи системе отсчёта пространство отвечает плоским сечениям мира де Ситтера постоянной 4-кривизны (обобщение по размерности *линейчатой поверхности*). Заметим, что в *кристалле с дефектами* в сильном магнитном поле дефекты разбегаются, что наводит на мысль о некотором подобии вакуума де Ситтера (возможно, конденсат скалярного поля) с кристаллом. Поскольку мир Минковского (фиксированная *геометродинамическая координата Уилера* плоской 3-геометрии с фиксированным *геометродинамическим импульсом*) не совместим с принципом неопределённостей квантовой гравитации (тем более, что актуально бесконечное 3-пространство инерциальных систем отсчёта не дано ни в каком реальном физическом эксперименте), то более физическим следует считать мир де Ситтера с его компактными 3-сферами и компактной комплексной 4-сферой. Заметим также, что струнные добавки в мир Шварцшильда имеют вид космологической постоянной [3–5]. Это наводит на мысль, что равномерное “размазывание” любой конечной массы по пространству приведёт к его компактификации и к миру де Ситтера, в котором *отрицательная потенциальная гравитационная энергия* полностью компенсирует положительную массу-энергию материальных источников. При этом сохраняются и полный *гравитационный заряд* (масса-энергия) источников, и порождаемая им кривизна пространства-времени, эти источники компенсирующая: не случайно же уравнения тяготения Эйнштейна имеют вид равенства тензора энергии-импульса источников и описывающего риччиеву кривизну мира событий тензора Эйнштейна (в мире Шварцшильда он нетривиален для *внутреннего решения* для метрики Шварцшильда), в пределе дающего дельта-функцию плотности материальных источников в центральной сингулярности *риччи-плоского* вне этой сингулярности мира Шварцшильда, отсутствующей при учёте ограничения плотности материальных источников предельной планковской плотностью.

Легко заметить, что масса Метагалактики примерно равна массе цилиндра планковского сечения (с площадью сечения в виде квадрата планковской длины – ведь реальные меньшие размеры не физичны и естественны прежде всего для гравитационных радиусов элементарных частиц, имеющих на самом деле размеры порядка их

комптоновской длины) с длиной порядка радиуса кривизны Метагалактики (коэффициент связан с числом “пи”). Если эту сверхдлинную “струну”, ранее “уложенную” в 3-сферу с планковской плотностью гравитационного заряда, фрагментировать в однородную среду, то получим 3-сферу с *критической плотностью* среды, на 123 порядка (точнее, в  $3 \cdot 10^{122}$  раз) меньше изначальной планковской плотности. Не исключено, что Большой Взрыв с рождением множества частиц и был такого рода фрагментацией начальной массы с увеличением радиуса кривизны мира де Ситтера примерно на 41 порядок. Но это означает какую-то возможную связь в духе *космомикрофизики* (термин А. Д. Сахарова) размеров Метагалактики с планковскими масштабами.

В струнной космологии [6] говорится об *осцилляционных* и *топологических энергетических модах* элементарных частиц, связанных отношением *T-дуальности*. Преобразование инверсии размеров  $R \rightarrow l_f^2/R$  с фундаментальной длиной некой струны  $l_f$  (сохраняющейся при инверсии) меняет указанные моды местами, не изменяя полной энергии физической системы. Отсюда следует даже парадоксальная на первый взгляд эквивалентность сверхмалых и сверхбольших величин в физике струн. Можно предположить, что и Большой Взрыв был связан с такого рода инверсией. В этой связи рассмотрим некоторые соотношения размеров, имеющих отношение к масштабу Метагалактики, масштабу великого объединения взаимодействий и размеру бозона Хиггса, который можно пытаться связывать со скалярным полем и тёмной энергией мира, близкого миру де Ситтера.

Вначале предположим дуальную связь начального радиуса кривизны Метагалактики, сжатой до планковской плотности источников кривизны, и планковской длины:

$$a_p l_{pl} = (2 \cdot 10^{-13} \text{ см}) \cdot (1.616 \cdot 10^{-33} \text{ см}) = 3.232 \cdot 10^{-46} \text{ см}^2 =: l_f^2 \Rightarrow l_f = 1.798 \cdot 10^{-23} \text{ см}. \quad (4)$$

Выразим через гипотетическую *допланковскую фундаментальную длину*  $l_f$  планковскую длину, указанный планковский радиус кривизны начальной Метагалактики, размер бозона Хиггса и масштаб Великого Объединения (Grand Unification) с единой константой всех физических взаимодействий  $1/40$ , включая гравитацию:

$$\begin{aligned} l_{pl} &= 1.6 \cdot 10^{-33} \text{ см} = 0.9 \cdot 10^{-10} l_f, \\ a_p &= 2 \cdot 10^{-13} \text{ см} = 1.1 \cdot 10^{10} l_f, \\ l_h &= 1.6 \cdot 10^{-16} \text{ см} = 0.9 \cdot 10^7 l_f, \end{aligned} \quad (5)$$

$$l_{GU} = 2 \cdot 10^{-30} \text{ см} = 1.1 \cdot 10^{-7} l_f.$$

Мы замечаем, что с допустимой точностью получаем:

$$a_p l_{pl} = l_h l_{GU} = l_f^2. \quad (6)$$

По сути, цель данной заметки – обратить внимание на это совпадение, которое может быть случайным или не случайным.

Наблюдаемые сегодня частицы отвечают симметриям Стандартной модели, отвечающим динамическим группам  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ . Стабильные частицы отвечают первой и третьей группам. Можно обратить внимание на возможность симметрий, отвечающим дуальным группам  $S\tilde{U}(3) \times S\tilde{U}(2) \times \tilde{U}(1)$  [7], для которых стабильные частицы должны отвечать именно средней дуальной группе. С нею можно связать частицу с размером, отвечающим указанной выше предпланковской фундаментальной длине. Ранее мы предложили эту частицу, названную нами *фридмоном*, на роль частиц тёмной материи [8]. Она на девять порядков тяжелее нуклона и настолько же меньше его по размеру, так что ведёт себя как точечная частица – это тяжёлое *двухлептонное образование* (упоминаемое Пенроузом [9] без связи с гипотезой тёмной материи) с *удержанием типа кваркового*. Частицы, отвечающие дуальным группам симметрии, только гравитационно взаимодействуют с частицами Стандартной модели и поэтому должны быть для нас “тёмными”.

Соображение, которое позволило нам выдвинуть странную на первый взгляд гипотезу частиц тёмной материи, было следующим. Предположим, что сжатая до планковской плотности Метагалактика была своего рода известным *первоатомом Леметра*, образованным фридмонами примерно так, как средняя звезда из нуклонов (типа Солнца) образована нуклонами. Размер нуклона на 19 порядков больше размера планкеона как частицы, эквивалентной также чёрной дыре. Тогда необходимо взять плотную линейную упаковку из  $10^{19}$  нуклонов, чтобы гравитация создала из неё чёрную дыру. В трёхмерном пространстве для этого необходимо  $10^{57}$  нуклонов, что как раз отвечает массе Солнца, близкой пределу Чандрасекара. Произведение гравитационного радиуса Солнца на планковскую длину равно квадрату размера нуклона. По тем же соображениям произведение гравитационного радиуса Метагалактики, сжатой до планковской плотности, на планковскую длину (формула (6)) равно по определению квадрату размера фридмона. Но если размеры Солнца определяются соотношением масс нуклона и планкеона, то для связи фридмона с атомом Леметра следует брать сам фридмон как фундаментальную допланковскую (самодуальную) струну, поскольку планковская

длина возникла, видимо, после распада изначального единого взаимодействия. Атом Леметра имеет размер  $2 \cdot 10^{-13}$  см, если состоит из  $3.7 \cdot 10^{61}$  планкеонов планковской плотности,  $2 \cdot 10^{-3}$  см, если состоит только из  $4 \cdot 10^{71}$  фридмонов с массой  $2 \cdot 10^{-15}$  г. Если будущее Метагалактики считать миром де Ситтера с критической плотностью и радиусом кривизны  $1.25 \cdot 10^{28}$  см, то размер  $(a_{cr} l_{pl})^{1/2}$  образующих её частиц, которые можно условно назвать *антифридмонами*, будет  $4.5 \cdot 10^{-3}$  см, а их число  $6 \cdot 10^{91}$ . Расчёты на уровне порядков величин слишком приблизительны, но могут уловить общие соотношения этих величин для дальнейшего уточнения. Например, постоянная тонкой структуры  $1/137$  как константа электромагнитного взаимодействия на четыре порядка превосходит константу слабого взаимодействия, но ближе всех к константе единого взаимодействия  $1/40$  (например, константа сильного взаимодействия принимается равной единице, а гравитационного – на 39 порядков её меньше). Для точной, не нарушенной симметрии дуальной группы  $S\tilde{U}(2)$  со стабильными частицами (фридмонами) константа взаимодействия тоже может не слишком сильно отличаться от константы изначального единого взаимодействия.

В заключение выскажем ещё одну гипотезу – гипотезу минимальной массы элементарной частицы в роли своего рода антипода планкеона как частицы максимально возможной массы, в роли *антипланкеона*. Исходим из предположения, что комптоновская длина волны частицы с ненулевой массой покоя не может быть больше радиуса кривизны мира де Ситтера. Действительно, когда пробная частица уходит под горизонт чёрной дыры Шварцшильда или за горизонт белой дыры де Ситтера, она становится виртуальной реальностью для наблюдателя из-за своего рода изменения сигнатуры пространства-времени для системы отсчёта этого наблюдателя – временное и радиальное пространственное измерения словно меняются для него местами после пересечения горизонта событий для данного одиночного наблюдателя (сам горизонт, по сути, является световой гиперповерхностью, по разные стороны которой скорость увеличения расстояния между частицами становится больше скорости распространения взаимодействий). Но превращение траектории пробной частицы в тахион для этого наблюдателя означает, что в какой-то системе отсчёта вместо временного интервала мировой линии частицы имеется на мгновение вспыхивающий и тут же исчезающий пространственный интервал мировых точек-событий.

Для минимальной массы частицы получаем:

$$m_{\min} = (l_{pl}/a_{cr})m_{pl} = 1.293 \cdot 10^{-61}m_{pl} = 2.814 \cdot 10^{-66}g. \quad (7)$$

Отсюда сразу получаются и другие минимальные значения:

$$\rho_{\min} = (l_{pl}/a_{cr})^3 \rho_{pl} \cong 10^{-89} \text{ г/см}^3,$$

$$T_{\min} = 1.293 \cdot 10^{-61} T_{pl} \cong 10^{-29} \text{ К.} \quad (8)$$

Сейчас, конечно, трудно сказать заранее, какие изложенные в данной заметке гипотезы выдержат проверку временем.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Р. Ф. Полищук, Краткие сообщения по физике ФИАН **38** (3), 3 (2011).
- [2] Д. А. Киржниц, А. Д. Линде, ЖЭТФ **67**, вып. 4(10), 1263 (1974).
- [3] М. Грин, Дж. Шварц, Э. Виттен, *Теория суперструн*. В 2-х т. (М., Мир, 1990).
- [4] Р. Ф. Полищук, Краткие сообщения по физике ФИАН **40** (1), 20 (2013).
- [5] Р. Ф. Полищук, Краткие сообщения по физике ФИАН **40** (3), 13 (2013).
- [6] А. В. Маршаков, УФН **172** (9), 977 (2002).
- [7] Н.-М. Chan and T. S. Tsou, Acta Physica Polonica B **33**(12), 4041 (2002).
- [8] Р. Ф. Полищук, Краткие сообщения по физике ФИАН **39** (8), 10 (2012).
- [9] Р. Пенроуз, *Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель* (М., Ижевск, Институт компьютерного исследования, НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2007).

Поступила в редакцию 8 октября 2014 г.