

УДК 530.12:531.51

ГИПОТЕЗА ФРИДМОНОВ КАК ЧАСТИЦ ТЁМНОЙ МАТЕРИИ

Р. Ф. Полищук

Излагается гипотеза фридмонов как частиц с массой $1.53 \cdot 10^{-15}$ г как кандидатов в частицы тёмной материи. Фридмоны – это стабильные двухцветные лептонные образования, отвечающие точной группе симметрии $SU(2)$, дуальной группе электрослабого взаимодействия. Как масса нуклона связана со средней массой звезды, так масса фридмона связана с массой Метагалактики, метрика которой близка метрике де-Ситтера и которую качественно можно рассматривать как белую дыру с горизонтом событий, задаваемым космологической постоянной.

Ключевые слова: тёмная материя, белая дыра де-Ситтера, дуальная группа симметрии, фридмон.

Тяжёлые частицы тёмной материи взаимодействуют с видимой материей практически только гравитационно. Поэтому мы предлагаем связать их с симметриями групп, дуальных группам стандартной модели – только гравитационно с видимой материей взаимодействуют именно частицы, связанные с дуальными группами симметрии. Исходная и дуальная группы играют качественно различную роль: одна из них точная, подобно группам $SU(3)$ в квантовой хромодинамике и $U(1)$ в теории электромагнетизма, а другая – нарушенная, как $SU(2)$ в теории электрослабого взаимодействия [1]. Поэтому достаточно стабильны нуклоны и электроны, но нестабильны векторные бозоны слабого взаимодействия. В дуальной группе, наоборот, появляется новая точная группа $SU(2)$ с аналогами кварков в виде удерживаемых стабильных двухцветных лептонных образований (мы назвали их в честь пионера релятивистской космологии А. А. Фридмана *фридмонами*), и появляется нарушенная симметрия групп $SU(3)$ и $U(1)$, дуальных цветовой и электромагнитной

группам, соответственно. Стабильными здесь оказываются только фридмоны, выживающие после Большого Взрыва и образующие тёмную материю.

Группой симметрии модели единой теории считаем произведение исключительной группы Ли $E(8)$ (содержащей в качестве подгрупп группы симметрии стандартной модели) и дуальной ей группы (например, тензор, дуальный электромагнитному тензору, меняет местами электрическое и магнитное поля). Идея рассмотреть для каждой (вообще говоря, неабелевой) группы симметрии элементарных частиц соответствующую дуальную группу была предложена в 2002 году китайско-британской семейной парой Хань Хонг-мо и Цу Шен-цунь [2].

Метрики Шварцшильда и де-Ситтера

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2m}{r}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{2m}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2,$$

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2$$

имеют, по терминологии И. Д. Новикова, R -области ($r > 2m$, $r < a$) и T -области ($r < 2m$, $r > a$). Горизонты событий ($r = 2m$, $r = a$ – это примерно 10^{28} см для нашей Метагалактики) представляют собой гиперцилиндры со световыми образующими, пересекающимися по 2-сферам, соответственно, Шварцшильда и де-Ситтера. Квадрат градиента римановой кривизны (квадрат ковариантной производной тензора Римана) имеет разный знак по разные стороны сферы Шварцшильда (вне её он направлен по радиальному направлению в пространстве, внутри этой сферы – вдоль времени) и всюду равен нулю в конформно-плоском мире де-Ситтера постоянной скалярной 4-кривизны ($R = 4\Lambda = 12/a^2$, где Λ – положительная космологическая постоянная: отрицательная космологическая постоянная квантово подавлена, поскольку на уровне планковских плотностей в момент Большого Взрыва Вселенная может раздуваться вдоль пространства, но не вдоль оси времени, и задающие эволюцию замкнутые временно-подобные геодезические линии противоположных ориентаций компенсируют друг друга в фейнмановском интеграле по путям – такая Вселенная просто не может реально родиться). Заметим, что для каждого наблюдателя в мире де-Ситтера, как и на Земле, свой горизонт (и своя T -область).

Горизонты событий определяются тем, что по разные их стороны скорость изменения расстояния между наблюдателями (но не скорость распространения физического взаимодействия) становится сверхсветовой (ведь даже расстояние между противоположными фотонами при зажигании спички растёт с удвоенной скоростью света в систе-

ме отсчёта спички). Поэтому для разделённых горизонтом членов пары виртуальных частиц при хокинговском испарении чёрных дыр реальными становятся разные члены пары (а время внутреннего наблюдателя с точки зрения внешнего наблюдателя не растёт, а убывает как радиальная координата времени – для него эквипотенциальная 2-сфера коллапсирует под горизонтом со сверхсветовой скоростью). Появление горизонтов естественно – ведь мир есть мир событий, а не простая сумма пространства и времени, не имеющих, по Минковскому, смысла по отдельности.

В мире Шварцшильда звёзды с массами больше критической взрываются как сверхновые звёзды, и относительно стабильны только звёзды с массой, несколько меньшей критической (вроде Солнца). Если белая дыра Шварцшильда, получаемая из чёрной обращением знака времени, квантово подавлена (начинающую падать в чёрную дыру и попадающую в квантовую область вблизи центральной сингулярности изначально неподвижную пылинку формально можно считать вылетевшей из белой дыры, но вылетать ей тогда пришлось бы из квантовой области, где не работает классическое решение Шварцшильда), то белая дыра де-Ситтера реальна.

Откуда взялись массы как гравитационные источники кривизны пространства-времени? Естественно считать, что наш мир есть мир испытывающего релятивистские фазовые переходы вакуума, и сохраняется тензор энергии-импульса совокупности вакуума и вещества (в том числе излучения). Как пишут Давид Киржниц и Андрей Линде [3–5], “сохраняется лишь полный тензор энергии-импульса, а не тензоры энергии-импульса вещества и конденсата по отдельности” – имеется в виду тензор энергии-импульса квазичастиц (а ведь частицы-струны суть кванты возбуждения физического вакуума) и тензор энергии-импульса вакуума. В теориях без спонтанного нарушения симметрии указанное разбиение фиксировано, но при изменении температуры со временем возникает нарушение первого закона термодинамики применительно к веществу [3].

Д. А. Киржниц и А. Д. Линде считают конденсат (поле дилатона) ненаблюдаемым объектом, как и вакуум в квантовой теории поля. Мы же считаем первоначальный вклад вакуума (космологической константы) основным: на первоначальных планковских временах флуктуации метрики были сравнимы с самой метрикой, и, грубо говоря, пара событий (если ещё было применимо понятие событий) “не знала”, какой интервал их разделяет – пространственный, временной или световой (кстати, их флуктуирующая композиция может породить флуктуирующие пространство и время), и интуитивно можно представлять, что реализуются сразу все возможные метрики (так и при интерференции электронов на экране после прохождения через щели можно считать у

них наличие сразу всех траекторий). Поэтому в итоге выжил максимально изотропный тензор энергии-импульса вакуума, пропорциональный метрике (скалярный множитель при ней постоянен в силу свёрнутых тождеств Бьянки). Он унаследовал индефинитную сигнатуру метрики, и любой 4-вектор для него – собственный. Отсюда возникло известное уравнение состояния вакуума с постоянной положительной плотностью массы-энергии и равным ей по модулю постоянным отрицательным давлением по всем пространственным направлениям. При Большом Взрыве вакуум отдал массу-энергию расширяющемуся веществу и в силу монотонного убывания его средней плотности вакуум со временем стал снова доминировать, и замедляющаяся фридмановская стадия космологической эволюции Вселенной сменилась снова ускоренной де-ситтеровской стадией расширения. При неограниченном расширении белой дыры де-Ситтера её общая масса (квазивакуумных дилатонов, или инфлатонов) неограниченно растёт, но эта расходимость подобна расходимости массы-энергии запрещённого квантовой механикой плоского, понимаемого как мир де-Ситтера бесконечного радиуса кривизны, мира Минковского (произведение неопределённостей его импульса и геометродинамической координаты Уилера равно нулю, что противоречит принципу неопределённостей Гейзенберга). Реально Большой Взрыв испытывает конечная интегральная масса-энергия вакуума, и возникшее вещество, вообще говоря, бесконечно расширяется с уменьшением плотности.

Мы предполагаем, что Большой Взрыв был вызван взаимным переходом друг в друга осцилляционных и топологических энергетических мод элементарных частиц. При этом радиус кривизны Метагалактики увеличился от её гравитационного радиуса (он равен её удвоенной геометрической массе, равной $3.4 \cdot 10^{-13}$ см, что в граммах составляет $2 \cdot 10^{56}$ г, при этом плотность имеет максимально допустимое, планковское значение) до наблюдаемого сегодня значения 10^{28} см. Это отвечает падению плотности вакуума (скалярного поля, космологической постоянной) примерно на 121 порядок (напомним, что объём 3-сферы радиуса кривизны a равен $2\pi^2 a^3$). Пять миллиардов лет тому назад притяжение вещества и космологическое отталкивание уравновесили друг друга (вклад плотности вакуума составил половину полной плотности совокупности вакуума и вещества), и сегодня метрика мира приближается к де-ситтеровской.

У планковской частицы (назовём её *планкеоном*) её геометрическая масса и комптоновская длина волны (размер планковской струны) совпадают и равны планковской длине $l_{pl} = 1.616 \cdot 10^{-33}$ см. Для нуклона как адронной частицы комптоновская длина $2.1 \cdot 10^{-14}$ см (это примерная длина адронной струны), а геометрическая масса

$Gm_n/c^2 = 1.24 \cdot 10^{-52}$ см, $m_n = 1.67 \cdot 10^{-24}g = 0.938$ GeV. При этом $m_n l_n = m_{pl} l_{pl}$. В единицах $G = c = 1$ справа имеем квадрат планковской длины, равный постоянной Планка. Чтобы шар, плотно упакованный нуклонами, стал чёрной дырой, его радиус следует увеличить по сравнению с планковской длиной во столько раз, во сколько размер нуклона превышает размер планкеона. Оценка средней массы звезды даёт:

$$m_* \approx (l_n/l_{pl})^3 m_n \approx 10^{57} \cdot 2 \cdot 10^{-24} g = 2 \cdot 10^{33} g,$$

$$Gm/c^2 \approx l_n^2/l_{pl} \approx 3 \cdot 10^5 \text{ см.}$$

Именно потому, что в звёздах и планетах много нуклонов, стала возможной жизнь как естественная структура на полюсе сложности Вселенной – её поддержание обеспечивается притоком низкоэнтропийного солнечного излучения (2 килограмма фотонов в секунду) и постоянной перезаписью биологического и социокультурного наследственного кода.

Будем считать, что в момент Большого Взрыва Вселенная имела планковскую плотность $5 \cdot 10^{93}$ г/см³ и размер $3.4 \cdot 10^{-13}$ см. Четверть площади соответствующего горизонта событий равнялась первоначальной энтропии Метагалактики. Свяжем геометрическую массу Вселенной с размером (комптоновской длиной волны, с длиной струны, промежуточной между струнами планковской и адронной) гипотетической частицы (фридмона) так, как масса звезды связана с размером образующих её нуклонов (тогда Метагалактика – своего рода *фридмонная звезда*, родившаяся из своего рода “первоатома Леметра”):

$$3.4 \cdot 10^{-13} \text{ см} \approx l_f^2/l_{pl} \Rightarrow l_f \approx 2.3 \cdot 10^{-23} \text{ см},$$

$$m_f \approx 1.53 \cdot 10^{-15} g \approx 0.677 \cdot 10^9 \text{ GeV.}$$

Как видим, гипотетический фридмон, связанный с дуальной группой симметрии электрослабого взаимодействия (и с конфайнментом, подобным кваркам группы цветов), почти на 9 порядков тяжелее нуклона, но на 10 порядков легче планкеона (в данном эвристическом подходе мы пренебрегаем влиянием констант взаимодействия на связь массы и размера струн). При достижимых сегодня энергиях фридмон ведёт себя как точечная частица. Поскольку размеры дуальных фридмонных струн, понимаемых как субчастицы из дуальных аналогов кварков в виде удерживаемых “двухцветных” лептонных образований [1], на три порядка больше масштаба великого объединения взаимодействий, фридмоны, как и должно быть, образовались после расщепления единого взаимодействия. Начавшаяся ещё до этого расщепления стадия инфляции (ска-

жем, типа Коулмена–Вайнберга) унесла за пределы горизонта и наблюдаемой части Вселенной возможные неоднородности типа доменных стенок, монополей и так далее.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Р. Пенроуз, *Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель* (М.-Ижевск, Институт компьютерного исследования, НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2007).
- [2] H.-M. Chan, S. T. Tsou, *Acta Physica Polonica B* **12** (2002).
- [3] Д. А. Киржниц, Д. А. Линде, *ЖЭТФ* **67**(4(10)), 1263 (1974).
- [4] D. A. Kirzhnits, A. D. Linde, *Ann. of Phys.* **101**(1), 195 (1976).
- [5] Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике*. В 2-х т. Т. 2, (М., Физматлит, 2001), с. 377, 389.

Поступила в редакцию 27 октября 2011 г.