

О СВЯЗИ МАССЫ МЕТАГАЛАКТИКИ С ПОСТОЯННОЙ ТЯГОТЕНИЯ.

II. ГИПОТЕЗА РАСПАДА ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА

Р. Ф. Полищук

Здесь предложена гипотеза распада физического вакуума в эпоху Большого Взрыва от планковской плотности до современной наблюдаемой критической плотности.

Ключевые слова: планковские масштабы, масса вселенной, дуальные симметрии, фридмоны, тёмная материя, распад вакуума.

Уравнения Эйнштейна–Картана, которые обобщают уравнения Эйнштейна на случай кручения мира событий, существенно учитывают роль спина материальных источников. Для получения этих уравнений следует варьировать действие Гиббонса–Хокинга (со скаляром Риччи за вычетом дивергенциального члена, то есть без вторых производных метрики) и по метрике, и по несимметричной связности с коэффициентами связности Γ_{ij}^k . Пусть s_{ikj} – спин-тензор материи, а $S_{ij}^k = (\Gamma_{ij}^k - \Gamma_{ji}^k)/2$ – тензор кручения связности геометрии пространства-времени. Тогда 16 уравнений Эйнштейна–Картана [1, 2]

$$R_{ik} - \frac{1}{2}Rg_{ik} = \kappa\Sigma_{ik},$$

$$\kappa \equiv 8\pi G/c^4 \quad (1)$$

разобьются на 10 и 6 уравнений. Симметричный тензор материи ОТО получит вид:

$$T^{ik} = T^{ki} = \Sigma^{ik} + (\kappa/2)[s_j^{ij} s_l^{kl} - s_l^{ij} s_j^{kl} + 1/2 s^{jli} s_{jl}^k + 1/4 g^{ik}(2s_j^l m s_l^{jm} - 2s_j^l l s_m^{jm} + s^{jlm} s_{jlm})]. \quad (2)$$

Симметричная часть уравнений очевидна, а антисимметричная часть имеет вид:

$$R_{[ik]} = \kappa\Sigma_{[ik]} = (\kappa/4)[(\nabla_j - S_j^l l)[(s_{ki}^j - s_i^j k + s_{ki}^j) - (s_{ik}^j - s_k^j i + s_{ik}^j)]. \quad (3)$$

Мы видим, что в правой части уравнений (1) возникают, в частности, добавки с квадратом малой постоянной Эйнштейна κ (каппа), связывающей материю с геометрией пространства-времени.

Как следует из космологических наблюдений, вакуумная энергия составляет 68,3%, неоднородная тёмная материя составляет 26.8% (поскольку слов не хватает, массу-энергию разделили на энергию и материю как кванты возбуждения вакуума), атомы 4.9%. Вакуумная энергия взаимодействует с видимой материей только гравитационно. Ускоренное расширение Вселенной описывается постоянной Хаббла $H_0 = \dot{a}/a = 2.195 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ (точка означает производную по времени от радиуса кривизны пространства Метагалактики).

Если принять электромагнитное взаимодействие за единицу, то постоянная тяготения равна примерно 10^{-41} , для нуклонов с массой $2 \cdot 10^{-24}g$ тяготение отвечает величине 10^{-36} , слабое взаимодействие кварков в нуклоне – величине 10^{-4} , слабое взаимодействие нуклонов – 10^{-4} , сильное взаимодействие нуклонов в ядре атомов (обмен мезонами) отвечает величине 20, сильное взаимодействие кварков внутри нуклонов (обмен глюонами) – величине 60.

В общем случае несимметричной связности для полей Янга–Миллса (ниже g – константа взаимодействия, в случае электромагнетизма $g = e$, где e – электрический заряд) имеем:

$$F = dA = (\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu + g[A_\mu, A_\nu])dx^\mu \wedge dx^\nu. \quad (4)$$

Теперь рассмотрим гипотезу распада космологической постоянной. В начальный момент Вселенная могла иметь состояние атома Леметра с топологией 3-сферы и с планковской плотностью. В этом квантовом состоянии мира флуктуации метрики были сравнимы с самой метрикой, так что метрика была однородной и изотропной метрикой вакуума с уравнением состояния материи вакуума $p = -\rho$ (ведь квантовая механика исключает абсолютную геометрическую пустоту). Если плотность отрицательна, то отрицательна и космологическая постоянная, определяющая тензор энергии-импульса вакуума. Постоянство космологического лямбда-члена следует из свёрнутых тождеств Бьянки для уравнений Эйнштейна с этим членом (не исключено, что в квантовой гравитации лагранжиан содержит дополнительные члены с тензором Римана, вклад которых в уравнения поля мал на макроскопическом уровне). Тогда мир событий был бы однополостным гиперболоидом с замкнутыми линиями времени в его ортогональных оси симметрии сечениях. Но в фейнмановском интеграле по путям линии времени противоположных ориентаций компенсировали бы друг друга, и такой мир не мог бы родиться и расширяться в пространстве, эволюционировать.

При положительной плотности и отрицательном давлении вакуума мир событий представлен однополостным гиперболоидом с осью времени в роли оси симметрии и с

трёхмерными ортогональными этой оси расширяющимися (после предельного сжатия) пространственными трёхмерными сферами. При этом гиперboloид имеет трёхмерные пространственные плоскости в роли образующих (напомним, что и обычный двухмерный гиперboloид образуется вращением прямой линии вокруг другой прямой линии, с ней скрещенной). Наблюдаемые плоские трёхмерные пространства расширяющейся Вселенной сопутствуют расширяющейся материи. При этом скорость увеличения расстояний между её элементами может быть любой: предельная скорость света ограничивает лишь причинно связанные области. Заметим также, что, строго говоря, скорость света не является в обычном смысле этого слова скоростью, поскольку для воображаемого светового наблюдателя из-за предельного лоренцева сокращения длин до нуля продольное измерение его пространства исчезает, и обычное $1+3$ расщепление мира событий на одномерное время и трёхмерное пространство заменяется его $2+2$ расщеплением. А поскольку собственным значением квантового оператора скорости является только плюс-минус скорость света, это расщепление следует считать первичным.

Первоначальную плотность естественно считать предельной планковской плотностью. Но тогда это мир де Ситтера планковской плотности с радиусом кривизны $1.6 \cdot 10^{-13}$ см. Большой Взрыв естественно связать с релятивистским фазовым переходом вакуума. Сохраняющаяся масса Метагалактики (вакуум плюс вещество) была вакуумной массой, и вакуум почти всю свою массу отдал частицам вещества (в том числе излучения) как квантам возбуждения вакуума. Возник однополостный гиперboloид с радиусом кривизны перешейка 10^{28} см. Из решения де Ситтера уравнений Эйнштейна для однородной изотропной Вселенной с радиусом кривизны пространства a для космологического члена имеем $\Lambda = 3/a^2$. Таким образом, космологический член уменьшился примерно на 82 порядка от величины примерно 10^{26} см^{-2} до величины 10^{-56} см^{-2} . Сильная гравитация стягивает геометрию пространства, а слабая – ослабляет стягивание.

Масса Метагалактики равна массе струны планковской плотности, планковского сечения и длиной 10^{28} см. Эта струна словно была вначале плотно упакована в 3-сфере, а затем фрагментировалась в 3-сферу размера длины струны 10^{28} см: фрагментация отвечала распаду вакуума. Сегодняшняя расширяющаяся Вселенная имеет асимптотической новый мир де Ситтера, новый однополостный гиперboloид с радиусом кривизны перешейка величиной (вместо прежнего размера порядка 10^{-13} см) всё тех же 10^{28} см.

Будущая теория физических взаимодействий в известной степени сблизит сильные, электрослабые и гравитационные взаимодействия, которые сегодня рассматриваются

как совершенно различные. При этом сильные связаны с экспоненциальным потенциалом Юкавы, где в экспоненте стоит с минусом отношение радиального расстояния от центра атома к постоянной длине, соразмерной с диаметром ядра атома, а потенциалы электрический и гравитационный не содержат экспоненты. Но если мы умножим их на экспоненту, отличающуюся от потенциала Юкавы тем, что указанное постоянное расстояние имеет порядок радиуса кривизны современной Метагалактики, то отклонение от закона обратных квадратов будет иметь место только на масштабах, превосходящих наблюдаемую часть Вселенной. В то же время силы различных взаимодействий будут отличаться только одной константой (постоянным расстоянием в экспоненте). А тот факт, что из общей теории относительности будут по сути исключены бесконечные протяжения вдоль трёх пространственных измерений, согласуется с известной идеей Давида Гильберта (1930) об отсутствии актуальной бесконечности в природе. Что касается огромного различия в силах электромагнитного и гравитационного взаимодействий, то это, видимо, связано кроме прочего (в том числе того, что электромагнитное взаимодействие – векторное, а гравитационное – тензорное) с тем, что переносящие первое виртуальные фотоны в теории струи имеют открытые концы, тогда как переносящие гравитационное взаимодействие гравитоны суть струны замкнутые.

В заключение коснёмся так называемых дуальностей. Существуют две дуальности: T -дуальность и S -дуальность. Первая связана с энергетической эквивалентностью топологических и осцилляционных энергетических мод частиц. 4-импульс частицы равен $(h\varpi, h\varpi, 0, 0)$, где h – постоянная Планка, а частота связана со скоростью света и с длиной волны соотношением $\varpi = c/2\pi\lambda$. Если многомерную частицу представить вначале в виде шланга, то осцилляционные моды отвечают контурам без намотки вокруг него, а топологические определяются числами намотки. При дуальном преобразовании $l \rightarrow l_f^2/l$ осцилляционные и топологические моды меняются местами, и дуальными оказываются размер частицы и её гравитационный радиус. До Большого Взрыва фундаментальный радиус l_f кривизны пространства Метагалактики был самодуальным, а после Большого Взрыва произошла топологическая перестройка пространства-времени, и планковская длина стала отличаться от размера наблюдаемой Вселенной [3, 4].

S -дуальность отвечает эквивалентности систем с константами взаимодействия g и $1/g$. Вспомним, что гравитационное взаимодействие примерно на 41 порядок слабее электромагнитного. Взаимодействие, S -дуальное данному взаимодействию, как раз и отвечает различию масштабов начального радиуса кривизны 10^{-13} см Вселенной с планковской плотностью от современного его значения 10^{28} см. Таким образом, на-

чальное и современное состояния Вселенной энергетически друг другу эквивалентны. Наблюдаемая материя есть результат распада начального мира де Ситтера планковской плотности, а конечное асимптотическое состояние расширяющейся Вселенной – это мир де Ситтера с критической плотностью, на 122 порядка меньшей плотности начальной. Поскольку энтропия пропорциональна четверти площади горизонта событий, она различна для миров де Ситтера различного радиуса кривизны пространства.

Данная работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН П-7, подпрограмма “Переходные и взрывные процессы в астрофизике” и доложена на международной научной школе “Наука и инновации – 2016” (3–10 июля 2016, озеро Яльчик, Республика Марий Эл, организована Поволжским государственным технологическим университетом, руководитель школы профессор И. И. Попов, ПГТУ, учёный секретарь доктор биологических наук В. А. Козлов, Чебоксарским государственным университетом, коим выражаю глубокую благодарность).

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Р. Ф. Полищук, “Тетрадные токи торсионных полей Картана”. *Восьмая международная научная школа “Наука и инновации – 2013”* (Йошкар-Ола, ПГТУ, 2013), стр. 93.
- [2] N. J. Poplawski, Phys. Lett. B **694**(3), 181 (2010).
- [3] Р. Ф. Полищук, “Связь масштабов объединения физических взаимодействий с массами Метагалактики и звёзд”. *Девятая международная научная школа “Наука и инновации – 2014”* (Йошкар-Ола, ПГТУ, 2014), стр. 107.
- [4] Р. Ф. Полищук, Краткие сообщения по физике ФИАН **42**(9), 22 (2015).

Поступила в редакцию 21 сентября 2016 г.