

ЕЩЕ О МАССЕ ВСЕЛЕННОЙ

Ихлов Б. Л.

Аннотация

Подсчитано, что эффект Казимира не решает проблему увеличения массы Вселенной от планковской до современной.

Показано, что версия образования массы Вселенной за счет отрицательной энергии гравитации в эпоху инфляции некорректна и дает слишком незначительный прирост массы вещества по окончании эпохи инфляции. В то же время в общей массе Вселенной необходимо учитывать кривизну, являющуюся эквивалентом массы.

Получена формула для работы сил отталкивания в модели Глиннера для расширяющегося шара. В данной модели почти вся масса Вселенной могла бы возникнуть в эпоху инфляции, если она обусловлена работой сил отталкивания. Однако корректный расчет дает массу Вселенной после инфляции на 27 порядков меньше. То есть, почти вся масса Вселенной возникла после инфляции. Выдвинута версия, что современная масса вещества во Вселенной в 8 раз больше и продолжает увеличиваться.

Ключевые слова: вещество, вакуум, расталкивание, законы сохранения, галактика, притяжение

Введение

Согласно гипотезе вселенной с нулевой энергией ее полная энергия равна нулю: количество положительной энергии в форме вещества в точности компенсируется ее отрицательной энергией в форме гравитации. В курсе теоретической физики Ландау и Лифшица «Теория поля» содержится указание, что в гравитационном поле сохраняется не 4-импульс материи, а 4-импульс материи вместе с гравитационным полем [1], но нет доказательства равенства нулю полной энергии.

В 1995 году Дж.В. Джохри рассчитал, что полная энергия вселенной Розена равна нулю во вселенной, соответствующей метрике Фридмана-Леметра-Робертсона-Уокера, и предложил механизм генерации материи за счет инфляции в молодой вселенной. Ксулу, используя комплекс Ландау-Лившица, показал, что энергия и отдельно полный импульс вселенной – нулевые [2]. Существует решение с нулевой энергией для пространства Минковского, представляющего наблюдаемую вселенную [3].

Экспериментальные доказательства, что энергия Вселенной нулевая, сомнительны. Гравитационная энергия видимой материи составляет 26-37% от наблюдаемой общей плотности массы-энергии [4]. На роль дополнительной отрицательной энергии предлагают темную материю [5]. Однако согласно опубликованным в марте 2013 года данным наблюдений космической обсерватории «Планк», интерпретированным с учётом стандартной космологической модели Лямбда-CDM, общая масса-энергия наблюдаемой Вселенной состоит на 4,9 % из обычного вещества, на 26,8 % из тёмной материи и на 68,3 % из тёмной энергии [6]. Даже если темная материя отрицательна (что явно расходится с экспериментальными данными), полная масса-энергия Вселенной не может быть равной нулю. Кроме того, при больших радиусах Вселенной гравитационная энергия стремится к нулю, если бы она равнялась массе Вселенной, то и масса вселенной должна была бы стремиться к нулю, что противоречит наблюдаемым данным.

Гравитационная энергия

Масса вещества во вселенной из состояния в 10^{-8} кг увеличилась до 10^{53} кг. Предположим, что причина увеличения массы - расширение Вселенной, работа против сил гравитации:

$$A = -\int fdr = -GMm \int dr / r^2 = GMm / r + C = c^2 \Delta m$$

В модели шара выберем слой dm и удалим его на бесконечность, совершенная работа

$$dA = Gmdm / r$$

равна изменению гравитационной энергии слоя.

$$m = M(r / R)^3, dm = 3M(r^2 / R^3)dr$$

Проинтегрируем послойно:

$$U = -0,6GM^2 / R$$

$$\Delta U = 0,6GM^2 \Delta R / R_1 R_2$$

В системе СИ подставим $H = 2,2 \times 10^{-18}$, $G = 6,7 \times 10^{-11}$, $M = 10^{53}$, $c = 3 \times 10^8$, $R = 8,8 \times 10^{26}$, используем закон Хаббла, получаем, что за 13 млрд. лет приращение массы могло составить лишь

порядка 10% от M . И наоборот: если начальную массу Вселенной считать неизвестной, то она оказывается втрое больше современной массы Вселенной.

С другой стороны, подставляя параметры для планковской Вселенной $r = 0,8 \times 10^{-35}$, $m = 2,18 \times 10^{-8}$, и ориентировочный радиус Вселенной по окончании эпохи инфляции 10^{-1} , получаем, что масса Вселенной всего лишь примерно удваивается (на 120%), что на 62 порядка меньше наблюдаемой массы Вселенной. Таким образом, в ньютоновской гравитации версия возникновения массы из гравитационной энергии не оправдывается.

В ОТО говорить о компенсации массы гравитационной энергией невозможно, поскольку нет понятия гравитационной энергии, ее заменяет кривизна пространства.

Во-вторых, гравитационный радиус планковской вселенной меньше радиуса Шварцшильда, т.е. возможно, что часть ее плотности была компенсирована отрицательной плотностью вакуума, за счет эффекта Казимира.

Плотность вакуума Казимира электромагнитного поля $\rho_{VEM} \approx 10^{96}$, что близко к планковской плотности $\rho_{pl} = 5,1 \cdot 10^{96}$. Таким образом, в планковскую эпоху эффект Казимира, если он имел место при специфичных граничных условиях, мог бы увеличить гравитационный радиус планковской Вселенной, но не решал бы проблему возникновения массы современной Вселенной.

В планковскую эпоху в системе СИ плотность космологического вакуума – порядка 10^{97} , соответственно, его масса на порядок больше, но далека от 10^{53} кг.

Законы сохранения

Поскольку скачок величины массы – наблюдаемый факт, то 1) нужно признать, что вещество во Вселенной возникает постоянно и не в связи с работой против сил гравитации; 2) возникает вопрос об «альтернативном» источнике вещества.

В современной парадигме ничто не возникает из ничего, согласно Ломоносову – Лавуазье выполняется закон сохранения массы-энергии, любая система стремится к минимуму потенциальной энергии, энтропия замкнутой системы возрастает. В то же время в ОТО нет закона сохранения момента импульса, момент импульса может возникать в замкнутой системе. В ОТО также отсутствует и закон сохранения энергии, хотя в рамках ОТО вечный двигатель невозможен.

Дирак выдвинул гипотезу, согласно которой гравитационная постоянная убывает обратно пропорционально времени. Изменение других фундаментальных констант со временем рассматривается в [7]. Данные изменения исключаются имеющимися экспериментальными данными [8] В то же время в случае конформного скалярного поля без взаимодействия в квазиевклидовой модели эффективная гравитационная связь варьируется [9].

Изменение гравитационной постоянной со временем также приводит к не сохранению энергии.

Очевидно, что указанная парадигма построена исключительно на локальном экспериментальном материале и не обязана иметь место глобально или в планковскую эпоху. Например, в виду того, что у Вселенной в целом нет теплообмена, ее полная энтропия не возрастает. Введение классического гравитационного поля нарушает 2-й закон термодинамики (в известной задаче о нагреве двух шаров, на нити и на подставке, см. [10]) уже и локально. Невыполнение условий энергодоминантности также нарушает 2-й закон термодинамики.

Сохранение энергии вытекает из однородности времени, но время однородно здесь и сейчас, в ранней Вселенной – существенно не однородно, следовательно, не сохраняется полный импульс.

Рубаков полагает, что увеличение темной энергии с расширением Вселенной не приводит к нарушению закона сохранения энергии, поскольку увеличивается отрицательная энергия гравитации [11].

Однако в таком случае вся темная энергия должна образовываться исключительно за счет обычной материи. Во-вторых, узлы сверхскоплений галактик уплотняются, Вселенная, расширяясь, сжимается в узлах сверхскоплений [12]. В целом обратный процесс формирования галактик, звезд, скоплений галактик, черных дыр по данному утверждению должен приводить к исчезновению темной энергии. Известно, что в современной Вселенной на 5% меньше темной материи, чем было в эпоху рекомбинации, что объясняют ее распадом.

Впервые мысль, что во Вселенной непрерывно генерируется новое вещество, была высказана в 1948 году [13]. В [14] идея о непрерывном и однородном производстве массы в объеме Вселенной объединена с гипотезой существования отрицательной массы. Решение уравнений Фридмана без учета темной материи и темной энергии, но с соответствующими добавками, показывают, что если отрицательная масса будет производиться с постоянной скоростью, то плотность отрицательной массы

будет оставаться постоянной и она эффективно моделирует космологическую постоянную. При этом скорость расширения и время жизни Вселенной получается такими же, как в модели Λ CDM.

Рождение частиц

Эпоха инфляции продолжалась от 10^{-42} до 10^{-36} сек. (см., напр., [6]). В это время $10^{36} < H < 10^{42}$ сек $^{-1}$. Инфляция заканчивается в связи с отделением гравитационного взаимодействия от других взаимодействий в результате нарушения симметрии, по другой версии потому, что отталкивающая гравитационная материя нестабильна. К этому времени радиус Вселенной порядка 10^{-2} м.

Существуют также попытки объяснения возникновения всего вещества за счет рождения частиц [17, 18]. В [18] вычислена плотность числа рождающихся скалярных частиц, совпадающая с плотностью частиц, полученной Станюковичем в рамках качественной модели, приводящей к полному числу частиц во вселенной. В рамках закрытой модели в ОТО рассматривался самосогласованный учет рождения фермионов, получилось, что за счет этого рождения могло образоваться до 90% всего вещества Вселенной, правда, при крайне узком выборе начальных условий [19]. Данный вывод модифицирован для скалярно-тензорной теории Бранса – Дикке [17]. Утверждается также, что в современную эпоху рождение частиц идет медленно, в первом приближении число частиц сохраняется [20, 21].

Во всех данных моделях речь идет о планкеонном, гравитационном, фермионном вакууме и о рождении частиц в гравитационном поле. Дирак предположил, что число частиц (т.е. и массы) во Вселенной растет пропорционально квадрату времени, что явно не соответствует наблюдаемым данным.

Горбунов и Рубаков полагают, что вся темная материя образовалась в эпоху инфляции [22].

Предположим, что рождение частиц происходит не только за счет изменения гравитационной энергии, не только за счет работы против сил гравитации, но еще и за счет работы сил отталкивания в модели Глиннера. Модель выбрана потому, что объяснение расширения как простого увеличения масштаба некорректно – в таком случае должны увеличиваться и галактики, и звезды, должна увеличиваться и измерительная линейка, что сделало бы расширение ненаблюдаемым.

Из закона Хаббла в данной модели

$$F = dmH^2 r; m = M(r/R)^3; dA = \frac{3}{R^3} MH^2 r^4 dr$$

При вычислении возникает трудность: во-первых, нет операции удаления слоев шара на бесконечность, во-вторых, при двойном интегрировании верхний предел интегрирования первого интеграла становится переменным. Поэтому проще ввести потенциал расталкивающей силы

$$V = \frac{1}{2} H^2 r^2$$

который соответствует уравнениям Фридмана. После интегрирования от R_1 до R_2 получается выражение

$$\Delta M = A = \frac{3}{10} MH^2 \Delta(R^2) / c^2 \quad (1)$$

где M – масса Вселенной. В таком случае почти вся масса Вселенной действительно могла образоваться в эпоху инфляции, если принять постоянную Хаббла для эпохи инфляции равной величине порядка 10^{44} , что близко к существующим оценкам. Массу увеличивает гигантское ускорение, точнее – увеличивает число элементарных частиц, т.к. их кинетическая энергия переходит в массу покоя новых частиц. В противном случае все массивные частицы мгновенно приобрели скорость почти равную скорости света. Например, протон при высоких энергиях образует резонанс, который доживает до конца инфляции и распадается на протон и нейтрон. Нужно также учесть излучение, возникающее при ускорении заряженных частиц.

Как только кинетическая энергия переходит в массу, ускорение резко падает, постоянна Хаббла уменьшается на почти 60 порядков, инфляция заканчивается.

Однако вся масса обычного вещества Вселенной не могла возникнуть за период инфляции. Если бы это произошло, то радиус Шварцшильда такой Вселенной был бы 10^{26} м, тогда как после инфляции размер вселенной был порядка 0,1 м.

Во-вторых: если представить, что вся масса Вселенной по окончании инфляции уместилась в размерах 0,1 м, то ее отрицательная гравитационная энергия $U = GM^2/r \sim 10^{78}$ кг, т.е. полна масса на 25 порядков больше и отрицательна. Для того, чтобы полная масса была не меньше нуля, масса вещества к концу инфляции должна быть не больше 10^{26} кг, тогда из (1) средняя постоянная Хаббла за время инфляции – 10^{27} сек $^{-1}$.

То есть, за время существования вселенной почти вся масса возникла после инфляции.

Полная масса

В некоторых моделях масса обычного вещества во Вселенной компенсируется отрицательной гравитационной энергией. Однако это неполная компенсация.

Закон сохранения в ОТО

$$\frac{\partial}{\partial x^k} [(-g)(T^{ik} + t^{ik})] = 0$$

где t^{ik} – псевдотензор гравитационного поля. Псевдотензор гравитационного поля – это чистая геометрия, т.е. гравитация не рассматривается как физическое поле.

Таким образом, в ОТО не сохраняются ни масса, ни энергия, ни масса вместе с гравитационной энергией.

В уравнение водит также изменение метрики, которая продуцирует кривизну:

$$\partial_\mu (-g),$$

напр., $\Gamma_{ik}^i = \frac{1}{2g} \partial_k g = \frac{\partial(\sqrt{-g})}{\partial x^k}$

Через символы Кристоффеля выражается тензор кривизны Римана, его свертка – тензор Риччи, свертка которого есть кривизна пространства времени.

Следовательно, кривизна пространства-времени есть эквивалент массы.

Массу Вселенной определяют разными методами: с помощью гравитационного линзирования, по изучению реликтового излучения, по содержанию изотопов водорода, гелия и лития и т.д.

Попытка оценить массу вселенной с использованием теоремы вириала, согласно которой средний квадрат скорости частиц системы

$$v^2 = GM/R$$

где R – эффективный радиус объекта, M – полная масса, G – гравитационная постоянная, приводит к тому, что скорости галактик должны быть порядка скорости света. Тогда как при анализе порядка 1000 галактик обнаружено, что их скорости – в диапазоне от 160- км/сек до 400 км/сек, из анализа данных о сотне миллионов галактик обнаружено, что их средняя скорость на 10-15% выше измеренной ранее.

Темная энергия составляет 68,3 % общей массы Вселенной, темная материя – 26,8 %, и обычное вещество – 4,9 %. То есть, полная масса вселенной – отрицательна. Если в планковской Вселенной полная масса с учетом отрицательной гравитационной энергии была равна нулю [24], то откуда взялась отрицательная масса?

Дело в том, что нет гарантии, что дальнейшие измерения не увеличат массу обычного вещества.

Кроме того, нужно учитывать еще и массу темной материи.

Есть единственная возможность: чтобы полная масса так и оставалась равной нулю, для этого обычное вещество и темная материя должны компенсировать темную энергию. Для этого наблюдаемая масса обычного вещества должна быть больше примерно в 8 раз.

Заключение

1) В [23, стр. 143] сделан расчет классического гравитационного дефекта масс при постоянной плотности. Полученная формула определяет размер тела, при котором масса становится равной нулю. Указывается, что если добавлять все больше и больше вещества к телу, то гравитационный дефект масс будет расти быстрее, чем масса, и в конце концов, масса обратится в нуль.

Однако в полученной формуле плотность автоматически становится переменной.

Во-вторых, до того, как масса обратится в нуль. Добавочное вещество должно откуда-то взяться, схема с дефектом масс не дает ответа на этот вопрос.

В-третьих, приводится формула для релятивистской массы, интерпретация которой вызывает сомнение:

$$M = \int \sqrt{1 - r_g / r} \rho dV$$

Авторы утверждают, что корень под интегралом определяет гравитационный дефект масс – за вычетом массы с бесконечным r . Расчет сделан для нейтронной звезды, но в приложении к планковской Вселенной при учете, что планковский радиус – меньше гравитационного радиуса Шварцшильда, получаем, что масса – мнимая.

Но главная ошибка в [1] в том, что ко Вселенной неприменима оценка дефекта масс, которая утверждает, что масса Вселенной в целом равна нулю – поскольку плотность космологического вакуума – отрицательна, потому гравитационный дефект массы должен ее увеличивать, а не уменьшать.

2) Никто не обязывал начальную массу Вселенной быть равной планковской. Но.

3) Если масса Вселенной компенсируется ее кривизной, то в рамках «нулевой» гипотезы кривизна Вселенной не равна нулю.

Литература

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Теория поля. М., Наука, Изд. 7, 1988. Т. 2. С 362.
2. Xulu, S. S. (2000). Total Energy of the Bianchi Type I Universes. *International Journal of Theoretical Physics*. **39** (4): 1153-1161.
3. Berman, Marcelo Samuel (2009). On the Zero-Energy Universe. *International Journal of Theoretical Physics*. **48** (11): 3278-3286
4. Shankar, Karthik H. (2020). Eternally Oscillation Zero Energy Universe. *General Relativity and Gravitation*. **52** (2): 23. doi:[10.1007/s10714-020-02671-5](https://doi.org/10.1007/s10714-020-02671-5) . S2CID [119208193](https://doi.org/10.1007/s10714-020-02671-5)
5. Popławski, Nikodem J. (2014). "Энергия и импульс Вселенной". *Классическая и квантовая гравитация*. **31** (6): 065005. doi:[10.1088/0264-9381/31/6/065005](https://doi.org/10.1088/0264-9381/31/6/065005). S2CID [118593046](https://doi.org/10.1088/0264-9381/31/6/065005)
6. Ade P. A. R. et al. (Planck Collaboration). Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results. Table 9. *Journal of Astronomy and Astrophysics : journal*. EDP Sciences, 2013. 22 March. V. 1303. P. 5062.
7. Калинин М. И., Мельников В. Н. Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1975, вып. 6. С. 70.
8. Мельников В. Н., Станюкович К. П. Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М., Атомиздат, 1978, вып. 9. С. 3.
9. Мельников В. Н. Конформное скалярное поле, гравитация, вакуум и космология. *Гравитация и теория относительности*. КГУ, 1980, вып. 17. С. 71-80.
10. Ихлов Б. Л. Термодинамический подход в космологии. *Евразийский научный журнал*. 2019. №1. http://journalpro.ru/articles/termodynamicheskiy-podkhod-v-kosmologii/?sphrase_id=14205
11. Рубаков В., Штерн Б. Масштабная линейка Вселенной. *ТрВ-Наука* №83 от 19.7.2011. <https://trv-science.ru/2011/07/19/masshtabnaya-linejka-vselennoj/>
12. Сокуров В.Ф. Масса Вселенной. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 12-10. С. 1774-1777.
13. H. Bondi, T. Gold. The Steady-State Theory of the Expanding Universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V. 108, Is. 3, 1948, P. 252–270, <https://doi.org/10.1093/mnras/108.3.252>
14. Farnes J. S. A unifying theory of dark energy and dark matter: Negative masses and matter creation within a modified Λ CDM framework. *Astronomy & Astrophysics*. 2018. V. 620. №A92. DOI <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201832898>
15. Гриб А. А., Мамаев С. Г., Мостепаненко В. М. Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях. М., Атомиздат, 1980.
16. Станюкович К. П., Мельников В. Н. Гидродинамика, поля, константы в теории гравитации. М.: Энергоатомиздат, 1983. 256 с.
17. Барабаненков Ю. Н., Мельников В. Н., Станюкович К. П. Труды института физики АН. БССР, 1979.
18. Obregon O. S., Pimental L. O. *Gen. Relat. Grav.*, 1978, V. 9. P. 585.
19. Schafer G., Dehnen H. *Astron. Astrophys.* 1977, V. 54. P. 823.
20. Мельников В. Н., Решетов В. А. Тезисы VIII Всесоюзной конференции по теории элементарных частиц в Ужгороде. Киев, изд. ИТФ АН УССР, 1971.
21. Барабаненков Ю. Н., Мельников В. Н. В кн. ПТГ и ЭЧ, вып. 8. М., Атомиздат, 1977.
22. Горбунов Д. С., Рубаков В. А. Введение в теорию ранней Вселенной. М.: ЛКИ. 2008. С. 34.
23. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М. В. Космология ранней Вселенной. МГУ, 1988. 200 с.

Ихлов Б.Л. Об увеличении массы Вселенной. Материалы XVIII Международной конференции «ФИНСЛЕРОВЫ ОБОБЩЕНИЯ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ». РУДН. 25 – 26 ноября 2022 года. С.114-122.

24/ Ихлов Б. Л. Ненулевая масса Вселенной

<https://zmclub.ru/blog/boris-ikhlov/1679-nenulevaya-massa-vselennoj>