

# ОБ УВЕЛИЧЕНИИ МАССЫ ВСЕЛЕННОЙ

Ихлов Б. Л.

## Аннотация

Исследуется возможность возникновения во Вселенной нового вещества в виде излучения и барионной материи без учета темной материи и темной энергии. 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. Предложена гипотеза, что генерируемая масса Вселенной не может быть наблюдаема. Показано, что эффект Казимира не решает проблему увеличения массы Вселенной от планковской до современной. Получена формула для работы сил отталкивания в модели Глиннера для расширяющегося шара. Показано, что почти вся масса Вселенной действительно могла возникнуть в эпоху инфляции, если она обусловлена работой сил отталкивания в модели Глиннера.

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

## ABOUT THE INCREASE OF THE MASS OF THE UNIVERSE

Ikhlov B. L.

*Perm State National Research University*

## Annotation

The possibility of the emergence of a new substance in the Universe in the form of radiation and baryonic matter excluding dark matter and dark energy is investigated. It is shown that the version of the formation of the mass of the Universe due to the negative energy of gravity in the epoch of inflation is incorrect and gives too insignificant an increase in the mass of matter at the end of the epoch of inflation. The hypothesis is proposed that the generated mass of the Universe cannot be observed. It is shown that the Casimir effect does not solve the problem of increasing the mass of the Universe from Planck to modern. A formula for the work of repulsive forces in the Glinner model for an expanding ball is obtained. It is shown that almost the entire mass of the Universe could indeed have arisen in the era of inflation, if it is due to the work of repulsive forces in the Glinner model.

**Keywords:** matter, vacuum, repulsion, conservation laws, galaxy, attraction

## 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. Джахри 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-Лифшица, 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:

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

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  $\Lambda$ 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. Согласно модели хаотической (вечной) инфляции, предложенной Линде, Албрехтом и Стейнхардтом, Вселенная заполнена скалярным полем с предельно большой плотностью и релятивистским отрицательным давлением. Потенциал скалярного поля  $V = m^2 \phi^2 / 2$ .

Выпишем уравнение Фридмана для масштабного фактора Вселенной и для скалярного поля:

$$H = \frac{\dot{a}}{a} = \sqrt{\frac{2\pi G}{3}} m \phi, \quad \ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + m^2 \phi = 0$$

По версии Линде при большой постоянной Хаббла трение велико, скалярное поле уменьшается очень медленно. Поэтому и постоянная Хаббла, являющаяся функцией скалярного поля, долгое время почти не менялась. Постепенно поле уменьшилось, постоянная Хаббла тоже уменьшилась, трение стало маленьким, и поле начало колебаться, порождая элементарные частицы. Объем Вселенной постоянно рос, потенциальная энергия скалярного поля выделялась в виде элементарных частиц и их кинетической энергии, образуя кварк-глюонную плазму. Но само решение уравнения для скалярного поля зависит от отношения постоянной Хаббла и массы. Уравнение для колебаний с трением:

$$\ddot{\phi} + 2\delta\dot{\phi} + \omega_0^2 \phi = 0$$

При большом трении  $\delta > \omega_0$  колебания отсутствуют:

$$\phi = e^{-\delta t} (Ae^{\omega_0 t} + Be^{-\omega_0 t})$$

Следовательно, при большой постоянной Хаббла скалярное поле порождать частицы не может. Амплитуда поля быстро снижается к нулю, поле перестает играть роль.

Колебательный режим возможен только тогда, когда трение мало:  $\omega_0 > \delta$ , тогда

$$\phi = \Phi e^{-\delta t} \cos(\omega t + \phi_0), \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

Но в таком случае спектр поля ограничивается одной частотой (одной частицей).

Реалистические модели элементарных частиц предполагают много сортов скалярных полей. Например, в объединённых теориях слабого, сильного и электромагнитного взаимодействий существует, по крайней мере, два других скалярных поля. В таком случае – лишь две частицы.

Если постоянна Хаббла начала уменьшаться, она должна была пройти критическую точку, при  $\omega_0 = \delta$  - критическое затухание:

$$\varphi = e^{-\delta t} (A + Bt)$$

В этой точке поле тоже затухает и не может перейти в колебательный режим.

Важно, что в первом случае квадрат собственной частоты может быть отрицательным, как в лагранжиане Хиггса, тогда режим будет колебательным.

Если же и трение отрицательно, то решение определяется характеристическим уравнением, подобным уравнению Фидия, оно совпадает со случаем большого трения, с нарастающей и затухающей частями.

Если версия Линде справедлива, то скалярное поле должно продолжить порождать частицы, масса Вселенной за 13,8 млрд. лет должна была существен возрасти. С другой стороны, скалярное поле должно прождать скалярные частицы, т.е. с нулевым спином, оно не может прождать барионы и лептоны. Таким образом, модель Линде не может объяснить увеличение массы Вселенной.

Расчеты числа рождений частиц в космологии показывают, что из вакуума могло появиться лишь небольшое их число [15], в рамках гипотезы гравитационного вакуума полагают, что всё вещество могло появиться за счет «высвечивания» виртуальных планкеонов [16].

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

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

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.

После инфляции работа сил расталкивания затрачивается на увеличение – в модели Глинера – кинетической энергии галактик.

Если же расширение Вселенной продолжает порождать вещество, то увеличение плотности нельзя увидеть, потому что вещество, которое мы наблюдаем, сформировалось сотни, тысячи, десятки, сотни тысяч, миллионы и миллиарды лет назад, свет от того вещества, которое возникло в эти промежутки времени, не мог еще достичь земных телескопов.

Звезды и газы Млечного Пути на широком диапазоне расстояний от центра Галактики вращаются со скоростью примерно 220 км/сек. Постоянная скорость вращения противоречит законам кеплеровской динамики и предполагает, что около 90% массы Млечного Пути невидима для телескопов, не испуская и не поглощая электромагнитное излучение. Предполагается, что эта масса является темной материей. Однако диаметр диска Млечного Пути составляет около 200 000 световых лет, таким образом, если вещество возникает достаточно далеко от Земли, его попросту невозможно увидеть в виду того, что свет от него еще не достиг земных телескопов.

Частицы порождаются также вследствие эффекта Фуллингга-Дэвиса-Унру, если оценивать порядки величин, то фотоны Унру, возникшие в эпоху инфляции, имеют ту же температуру, что и фотоны реликтового излучения. Если учесть увеличение ускорения разбегания галактик, то эффект приведет к тому, что после остывания белых карликов и нейтронных звезд, но задолго до распада вещества галактики начнут постепенно нагреваться.

### **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.

3) Несмотря на малость вклада энергии гравитации в рост массы Вселенной после эпохи инфляции, за 100 млрд. лет масса вещества может за счет гравитации примерно удвоиться, это существенно меняет картину эволюции Вселенной. При этом масса вакуума возрастает намного больше.

## 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://arxiv.org/abs/1912.08193)
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://arxiv.org/abs/118593046)
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/termodinamicheskiy-podkhod-v-kosmologii/?sphrase\\_id=14205](http://journalpro.ru/articles/termodinamicheskiy-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-vselelnoy/>
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  $\Lambda$ 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.