

НЕНУЛЕВАЯ МАССА ВСЕЛЕННОЙ

Ихлов Б. Л.

Аннотация

Показано, что полная масса планковской Вселенной равна нулю.

Показано, что гипотеза нулевой массы «современной! Вселенной из-за учета гравитационной энергии несостоятельна.

Приведены две гипотезы, замещающие версию темной материи: космическая пыль и нарушение принципа эквивалентности.

На примере звезд типа Солнца, Млечного Пути, пульсаров и черных дыр показано, что во Вселенной нет объектов с нулевой или отрицательной массой, обусловленной отрицательной гравитационной энергией.

Получено условие возникновения отрицательной полной массы.

Получен график зависимости вклада гравитационной энергии объекта от его плотности, получена приближенная формула.

Указано, что в общем раскладе составляющих массы вселенной, массы вещества, массы темной энергии и массы темной материи, не учтена масса гравитационной энергии.

Ключевые слова: гравитация, вакуум, радиус Шварцшильда, звезды.

Введение

В рамках гипотеза нулевой энергией Вселенной количество положительной энергии во Вселенной в виде обычной материи уравнивается отрицательной гравитационной энергией [1 - 4].

Впервые гипотеза была выдвинута в 40-е годы в отношении звезд, которые могут иметь нулевую суммарную массу, см. [5, 6].

Было также доказано, что гравитационная энергия отрицательна по отношению к массе покоя вещества [6].

Математические расчеты впервые были произведены Фейнманом, см. [7]. В законченном виде гипотеза была сформулирована в [8]. Идея была развита в [9].

В [10] описан частный случай замкнутой вселенной. В [11] показано, что полная энергия равна нулю в любой вселенной с метрикой Фрийдмана-Леметра-Робертсона-Уокера. То же самое было доказано для пространства Минковского [6].

Эксперименты показывают, что гравитационная энергия видимой материи составляет 26-37 % от наблюдаемой общей плотности массы-энергии [12]. Следовательно, чтобы полная масса вселенной была равна нулю, необходимы другие источники отрицательной энергии. Этим источником часто считается темная материя [13].

Альтернативные версии темной материи

В таком случае, отрицательная гравитационная масса Вселенной могла бы претендовать на составную часть темной материи.

Однако экспериментальные данные могут быть интерпретированы, как утверждается, исключительно как наличие положительной массы темной материи.

Из равенства потенциальной и кинетической энергий скорость планеты, вращающейся вокруг Солнца - $v = \sqrt{GM/r}$, где G — гравитационная постоянная, M — масса центрального объекта, r — расстояние между центральным телом и планетой. С удалением спутника его скорость должна уменьшаться как $1/\sqrt{r}$

Оказалось, что для галактик это не так.

Плоские кривые вращения галактик показывают отсутствие убывания скорости вращения на периферии звёздных дисков, что может быть обусловлено наличием у галактик массивных невидимых гало, окружающих галактики и дающих большой вклад в их массы.

Если же темная материя имеет положительную массу, то отрицательная гравитационная масса должна составлять примерно 2,4% общей массы Вселенной. Таким образом, динамика галактик определяется

обычной массой, темной материей, гравитационной энергией и отрицательной массой космологического вакуума.

Однако возможны и другие версии.

Тёмная материя не участвует в электромагнитном взаимодействии, соответственно, недоступна прямому наблюдению, проявляется только в гравитационном взаимодействии и влияет на скорость расширения Вселенной. Есть гипотезы, что темная материя состоит из вимпов (WIMP, Weakly Interacting Massive Particle), гипотетических слабо взаимодействующих массивных частиц. Масса вимпов должна быть минимум в несколько десятков раз больше массы протона $M_p = 10^{-27}$ кг. В то же время вимпы не входят в Стандартную модель. В суперсимметричных теориях рассматриваются также стабильные нейтрино. В различных не подтвержденных экспериментах наблюдался возможный сигнал от вимпов с массой порядка 4-19 M_p .

Тёмные или поглощательные туманности, типы межзвёздного облака, не являются темной материей, они настолько плотны, что поглощают видимый свет от эмиссионных или отражательных туманностей (как, напр., туманность Конская Голова) или звёзд (как, напр., туманность Угольный Мешок), находящихся позади. Во внутренних частях тёмных туманностей рождаются звезды, протекают другие активные процессы. Однако возможно, что темную материю может образовывать космическая пыль особого рода. Размер частиц космической пыли составляет от нескольких молекул до 0,2 мкм. Пыль Солнечной системы включает в себя кометную пыль, астероидную пыль, пыль с пояса Койпера и межзвёздную пыль, проходящую через Солнечную систему. Плотность пылевого облака, через которое проходит Земля, составляет примерно 10^{-6} частиц пыли на m^3 . За сутки в атмосферу Земли попадает, по различным оценкам, от 5 до 300 т космического вещества, в том числе пыли. Частицы пыли взаимодействуют с электромагнитным излучением, характер отражённого излучения зависит от размера частиц, поперечного сечения, структуры, показателя преломления, длины волны электромагнитного излучения, и т. д. Плотность частиц межпланетной пыли в стратосфере Земли – 1-3 г/см³ со средней величиной около 2,0 г/см³. Околосвёздная пыль состоит из молекул СО, карбида кремния, силикатов, полициклических ароматических углеводородов, льда и полиформальдегида. Частые компоненты частиц пыли - графит, оксид алюминия, шпинель и др., которые конденсируются при высокой температуре из охлаждённого газа, возникающего при звёздных ветрах или при декомпрессии внутренней части сверхновой.

В уравнении Шредингера фигурирует энергия электрона в электрическом поле ядра. Если ее заменить на гравитационную, то гравитационный боровский радиус –

$$r_{grav}(n) = \left(\frac{n\hbar}{\pi}\right)^2 (GMm^2)^{-1}$$

Для протона и электрона первый боровский радиус больше радиуса Вселенной, 10^{28} м. Если принять, что квантовые свойства проявляются на расстояниях порядка 1-го боровского радиуса $10^{-10} - 10^{-11}$ м, то

$$2a + b = -(43-44),$$

где a и b – показатели степени, например: $m \propto 10^a$. Слагаемые могут принимать значения: - 15 и - 13, - 16 и - 11, или - 16 и -12, - 15 и -14 и т.д., которые входят в диапазон масс космической пыли - от 10^{-16} кг до 10^{-4} кг. То есть, в космической пыли должны возникать связанные состояния, которые не излучают электромагнитные волны, т.к. частицы пыли нейтральны, и для перехода с орбиты на орбиту взаимодействуют не с электромагнитным, а с гравитационным вакуумом.

Соединения типа макромолекул, а также образованные под действием межмолекулярного взаимодействия Ван-дер-Ваальса, диполь-дипольного, потенциальная энергия которого спадает с радиусом $U_{orient} \propto -1/r^6$, диполь-дипольного индуцированного ($U_{ind} \propto -1/r^6$), лондоновского дисперсионного и дисперсионного Слэтера - Кирквуда ($U_{disp} \propto -1/r^6$) с разными коэффициентами пропорциональности и в первом типе с зависимостью от температуры, не могут быть темной материей, поскольку способны излучать и поглощать электромагнитные волны.

Возможно, что подобные темной материи области космической пыли возникают вследствие сепарирования по массам центробежной силой, возникающей при вращении галактик, таким образом, они обособляются от остальной космической пыли [14].

Возможно также, что на определенном расстоянии гравитационный потенциал приобретает иную зависимость от радиуса, становится медленно меняющейся функцией. Например

$$V \sim (-1 + \ln r) / r$$

В этом случае при увеличении радиуса скорость вращения не будет уменьшаться. Ограничиваясь первыми членами в разложении логарифм в ряд Тейлора получаем:

$$V \sim 2(-1 + r) / r$$

Если представить гравитационный потенциал так же, как и потенциал хиггсовского поля, слабого или сильного взаимодействия

$$V \sim [\exp(-r)] / r \sim -(-1 + r) / r$$

Такая форма гравитационного потенциала означает нарушение принципа эквивалентности – что и может быть причиной наблюдаемых данных о вращении галактик.

Если же темная материя существует как самостоятельный вид вещества, это изменяет общий процентный состав содержимого Вселенной, но не обнуляет ее массу.

Опровержение гипотезы нулевой массы

Масса гравитационной энергии в планковской вселенной

$$m_g = U/c^2 = GM^2 / rc^2$$

Для планковской Вселенной

$$m_g = -\frac{Gm_{pl}^2}{c^2 r_{pl}} = -m_{pl} = -2,176 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

То есть, в этом приближении полная масса планковской Вселенной равна нулю.

Отрицательная масса вакуума электромагнитного поля в планковском объеме на два порядка ниже планковской массы.

Масса «современной» Вселенной вычисляется через критическую плотность

$$\rho = \frac{3H^2}{8\pi G} = 0,85 \times 10^{-26} \text{ кг / м}^3,$$

Плотность обычной материи, измеренная Планком, составляет 4,8% от общей критической плотности или $4,08 \times 10^{-28} \text{ кг / м}^3$. Объем равен $3,58 \times 10^{80} \text{ м}^3$, а масса обычной материи равна плотности ($4,08 \times 10^{-28} \text{ кг / м}^3$), умноженной на объем ($3,58 \times 10^{80} \text{ м}^3$) или

$$m = 1,46 \times 10^{53} \text{ кг.}$$

Масса современной Вселенной, обусловленная гравитационной энергией

$$m_g = 6,7 \times 10^{-11} \times (1,46 \times 10^{53} \text{ кг})^2 / (4,4 \times 10^{26}) \times 9 \times 10^{16}) = 0,36 \times 10^{-53} \sim 1/4 m,$$

что соответствует [12]. Таким образом, утверждение, что масса Вселенной компенсируется гравитационной энергией, является ошибочным.

Учтем поправки СТО.

$$m = E / c^2 = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} / c^2 = m \sqrt{1 + v^2 / c^2}$$

Вириальные скорости галактик - 160 – 400 км/с, т.е. полная масса Вселенной незначительно больше m . 3С 273 на расстоянии 3 млрд. св. лет отдалается от Земли со скоростью – 240 000 км/с, если же учесть скорости разбегания галактик, превосходство массы Вселенной над массой, обусловленной гравитационной энергией, еще больше увеличится.

Расчет для звезд

Радиус Солнца - 7×10^8 , масса Солнца – 2×10^{30} .

Гравитационная масса Солнца – $0,4 \times 10^{-25}$, на 5 порядков меньше обычной массы.

Аналогичен вклад гравитационной массы в массы красных гигантов.

Масса пульсаров – вдвое больше массы Солнца, радиус – порядка 10^4 . Отсюда вклад в массы пульсаров – минус 0,36 массы пульсара.

Т.к. радиус Шварцшильда

$$r_s = 2Gm/c^2$$

то для черной дыры гравитационная масса

$$Gm^2 c^2 / (2Gm / c^2) = m/2$$

Самая маленькая черная дыра в 3 раза больше массы Солнца, ее радиус - 10 километров, гравитационная масса $\sim \frac{1}{2} m$.

Для квазаров при массе порядка 4×10^{40} кг и при максимальных радиусах 10^{15} м вклад на порядок меньше обычной массы, при радиусе 10^{13} м полная масса становится отрицательной. Однако оценки гравитационного вклада в массу квазаров затруднены в виду наличия черных дыр в центрах объектов. То есть, изначальная гипотеза в [9] была неверной.

Для Млечного Пути с массой 1,5 триллиона солнечных масс и с радиусом 9×10^{20} м гравитационная масса составляет $0,7 \times 10^{37}$, т.е. на пять порядков меньше обычной массы.

Общая формула, определяющая предел, за которым массы объектов становятся отрицательными

$$r < Gm / c^2 = r_{Sh} / 2$$

Такое соотношение выполняется только для черных дыр с малым радиусом, которые не обнаружены. Можно лишь утверждать, что вклад гравитационной массы эволюционирует от равного планковской массе почти до нуля в звездах, до четверти массы Вселенной и до половины массы черной дыры, см. Рис. 1.

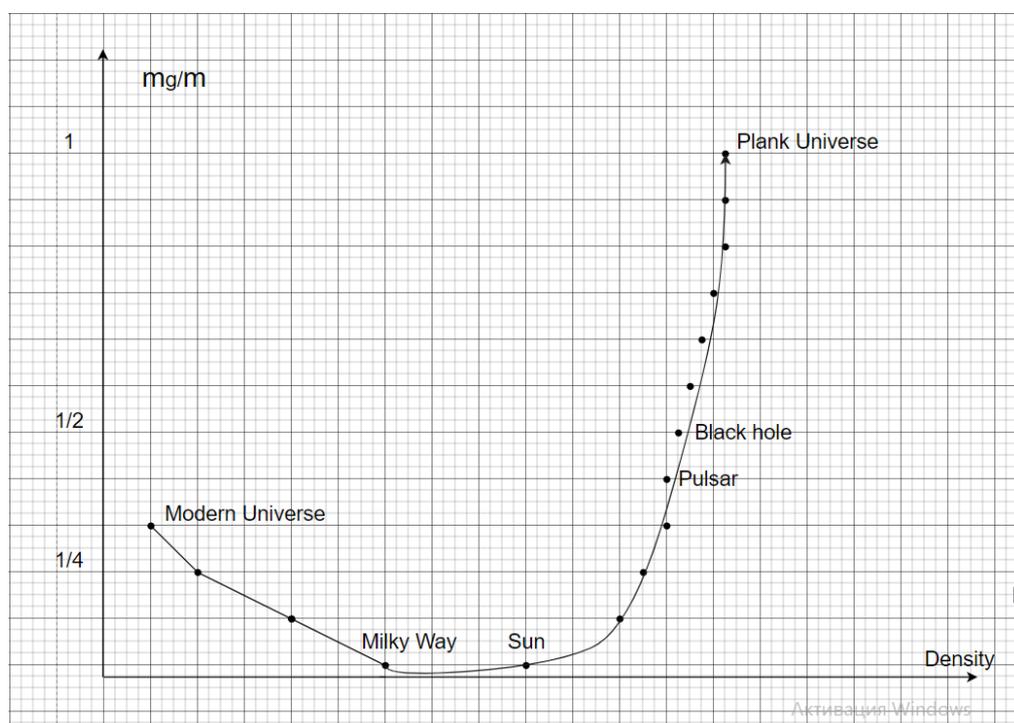


Рис. 1. Зависимость вклада гравитационной энергии от плотности объекта

Эту кривую можно аппроксимировать следующим образом:

$$m_g / m = c_1 - c_2 \rho + c_3 \exp c_4 \rho$$

где c_i – положительные константы, которые определяются по известным точкам на кривой.

Верхнюю часть кривой можно аппроксимировать

$$m_g / m \sim \rho$$

Учитывая, что для черной дыры $\rho \sim 1/m^2$. получим парадоксальное соотношение:

$$m_g = c_1 m + c_5 / m$$

Таким образом, мы приходим к противоречию с начальной формулой для массы гравитационной энергии.

Дело в том, что отношение масс зависит не только от плотности, а еще и от радиуса, который рассматривается как независимая переменная:

$$m_g / m = f(\rho, r)$$

Заключение

Согласно опубликованным в марте 2013 года данным наблюдений космической обсерватории «Планк», интерпретированным с учётом стандартной космологической модели Лямбда-СДМ, общая масса

Вселенной состоит на 4,9 % из обычной (барионной) материи, на 26,8 % из тёмной материи и на 68,3 % из темной энергии [15-17].

Данная оценка исходит из представления о не физичности гравитационного поля, которое отождествляется в геометрии. Тогда как в [18, стр. 362] в законе сохранения учитывается псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля.

Приеденные элементарные расчеты показывают, что в космологии необходим учет гравитационной массы, которая меняет соотношение между барионным веществом, темной материей и темной энергией. Расчеты показывают, что во Вселенной нет закона сохранения массы, что снова поднимает вопрос о возникновении массы из планковского состояния с массой 10^{-5} г до 10^{56} г. [19].

Литература

1. A Universe from Nothing. Lecture by Lawrence Krauss at all. 2009.
2. Isham, Christopher (14 July 1994). Quantum Cosmology and the Origin of the Universe (Speech). Lecture presented at the conference Cosmos and Creation. Cambridge University.
3. Lawrence M. Krauss (2012). A Universe from Nothing. Why there is Something Rather than Nothing. Simon and Schuster. P. 150-151. [ISBN 978-1-4516-2445-8](#).
4. Berkeley Lab, Smoot Group – <http://aether.lbl.gov> – [Inflation for Beginners, JOHN GRIBBIN](#) 2014.
5. Kaku Mitio, Trainer Thompson. Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe. Oxford University Press. 1997, P. 189.
6. Berman, Marcelo Samuel (2009). On the Zero-Energy Universe. International Journal of Theoretical Physics. **48** (11): 3278—3286. [doi:10.1007/s10773-009-0125-8](#). [S2CID 119482227](#).
7. Guth Alan, in his book “The Inflationary Universe”, [ISBN 0-224-04448-6](#) Appendix A.
8. Tryon Edvard. Is the Universe a Vacuum Fluctuation? Nature, vol. 246, p. 396–397, 1973.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. М.: Прогресс, 1994. С. 228-244.
10. Rosen, Nathan. The energy of the universe. General Relativity and Gravitation. 1994? **26** (3): 319–321. [doi:10.1007/BF02108013](#).
11. Johri, V. B.; Kalligas, D.; Singh, G. P.; Everitt, C. W. F. (March 1995). Gravitational energy in the expanding universe. General Relativity and Gravitation. **27** (3): 313—318. [doi:10.1007/BF02109127](#).
12. Shankar, Karthik H. (2020). Eternally oscillating zero energy universe. General Relativity and Gravitation. **52** (2): 23. [doi:10.1007/s10714-020-02671-5](#). [S2CID 119208193](#).
13. Poplawski, Nikodem J. The energy and momentum of the Universe. Classical and Quantum Gravity. 2014, **31** (6): 065005. [doi:10.1088/0264-9381/31/6/065005](#).
14. Ikhlov B. L. ON THE COMPOSITION OF INTERSTELLAR GAS. Proceedings of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 4, 2021. Beijing, PRC. P. 158-170. [DOI 10.34660/INF.2021.38.48.022](#)
15. Ade P. A. R. et al. (Planck Collaboration). Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9. Astronomy and Astrophysics: EDP Sciences, 2013. 22 March (vol. 1303). P. 5062.
16. Francis, Matthew. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. Arstechnica (22 марта 2013).
17. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 марта 2013). Дата обращения: 21 марта 2013.
18. Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Курс теор. физики. Т. 2. Теория поля. М., Физматлит, 2003. 536 с.
19. Ихлов Б. Л. Масса вселенной
<https://zmclub.ru/blog/1642-ob-uvelichenii-massy-vselennoj>