DOI 10.58351/2949-2041.2025.21.4.016

Кошман Валентин Семенович
кандидат технических наук, доцент,
независимый исследователь, Пермь

О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВРЕМЕНЕМ РАСШИРЕНИЯ, ВНЕШНЕЙ ЭНЕРГИЕЙ, ГРАВИТАЦИОННОЙ МАССОЙ И РАДИУСОМ ВСЕЛЕННОЙ
ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE EXPANSION TIME, EXTERNAL ENERGY, GRAVITATIONAL MASS AND THE RADIUS OF

Аннотация: Отмечены важные на взгляд автора особенности эволюции Вселенной. Приведено решение уравнения Фридмана для энергии среды, в которую расширяется Вселенная.

Abstract: The author notes the important features of the evolution of the Universe. The solution of the Friedman equation for the energy of the medium into which the Universe expands is given.

Ключевые слова: реликтовое излучение, гравитация, планковские единицы, уравнение Фридмана, закон сохранения энергии.

Keywords: relic radiation, gravity, Planck units, Friedmann equation, law of conservation of energy.

Под впечатлением «особой загадочности» отдельных глав физики [2], автор не первый год публикует статьи. Их число, пожалуй, превысило цифру 100.. Взгляд автора на изменчивость физической картины мира отличается от тех представлений, которые излагаются в учебниках для вузов. Иногда автор обращается по тем или иным электронным адресам, но редко кто отвечает. Представим диалог.

Собеседник. Почти сто лет назад Фридман, исследуя уравнения А. Эйнштейна, предсказал космологическое расширение Вселенной, а 75 лет назад Г.А. Гамов при решении задачи пролить свет на рождение элементов системы Д.И. Менделеева дополнил гдинамику Фридмана идеями ядерной физики, предсказал реликтовое излучение и его температуру. Что ты можешь добавить в подспорье решениям Фридмана и Гамова?

Автор А.А. Фридман является и первым профессором Пермского классического университета, и автором теории расширяющейся Вселенной. В Петроградском университете Фридман и Гамов обсуждали [4] содержание предстоящей дипломной работы, мелькнула мысль и о том, что в глубинном прошлом Вселенная была горячей. Вселенная расширяется, следовательно, ее объем в нашу эпоху превышает его начальную величину. Покажем взаимосвязь между текущими значениями трех переменных величин: N_ε, – число реликтовых фотонов, V – объем Вселенной и T – температура реликтового излучения и их числовыми значениями $N_{\varepsilon pl}, V_{pl}$ и T_{pl} на планковское время $t_{pl} \approx 10^{-44}$секунды.

Реликтовое излучение – это абсолютно черное тело, которое создано самой природой. С. Вайберг [1, с. 133] из формулы Планка для его спектра получает $\frac{\mathcal{N}_\varepsilon}{V,} = \alpha \left(\frac{k_B}{\hbar \cdot c}\right)^3 T^3$ (здесь α– коэффициент), или в планковских единицах: $\mathcal{N}_\varepsilon = \frac{V}{V_{pl}} \frac{T^3}{T_{pl}^3}$. Также выделим уравнение связи $\frac{T}{T_{pl}} = \frac{1`}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t}\right)^{1/2}$, где f – мера отношения энергии скрытого излучения к энергии реликтового излучения. На планковское время t_{pl} имеем единственный, скажем так, пра – фотоне: $\mathcal{N}_{\varepsilon pl} = 1$, мизерный объем мира $V_{pl} \approx L_{pl}^3 \approx 10^{-105}$м^3 и его космологически огромную температуру $T_{pl} \approx 10^{32}$ К. Возникнув, реликтовое излучение не исчезает, растет число фотонов $\mathcal{N}_\varepsilon$, заселяемый фотонами объем V увеличивается, а температура излучения T понижается. Вывод о том, что ядерные реакции во Вселенной начинаются не от $t = 1$ с, как полагают и сегодня, а от планковского времени t_{pl}, физик Вайнберг мог сделать на момент написания книги [1], которая впервые была опубликована в 2008 году.

Собеседник. Нет сомнения в том, что реликтовое излучение, которое фиксируется радиоастрономами, приходит к нам из космоса. Но говорят ли результаты измерения о том, что был Большой взрыв и Вселенная развивалась именно тем путем, который сейчас признан практически всеми космологами?

Автор. Был реальный природный взрыв, который последовал за радиоактивным распадом нестабильного атома с планковской массой $m_{pl} \approx 10^{-8}$кг и линейным размером $L_{pl} \approx 10^{-35}$м. Реликтовые фотоны и строительный материал звезд – это естественный продукт ядерных реакций. Есть основания полагать, что вопрос каким именно путем развивалась Вселенная и на сегодняшний день остается открытым.

Собеседник. Авторы [5] приводят результаты недавней дискуссия о стандартной космологической ΛCDM – модели с доминирующей темной энергией. Дискуссия вскрыла признаки кризиса в космологии. В числе принципиальных отмечаются проблемы: отсутствие ключевого решения о геометрии Вселенной, природа темной энергии и неоднозначность величины постоянной Хаббла [там же]. Что ты скажешь в данной связи?

Автор. Предстоит дальнейшее приложение интеллектуальных усилий. Выделим существенное. Закон всемирного тяготения $\frac{F_{\text{пр}}}{F_{pl}} = \frac{m_i}{m_{pl}}\frac{m_j}{m_{pl}}\left(\frac{L_{pl}}{r_{ij}}\right)^2$ влияет на движение массивов материальных частиц от планковского времени, тогда как постановка вопросов инфляции и темной энергии основана на предположении о том, что Эйнштейн допустил ошибку, когда, отказавшись от космологического члена λ в своих поздних уравнениях [6, с. 611], вернулся [там же, с 610]. к начальной форме записи уравнений гравитационного поля Вселенной. «Идеи, – отмечает В. Гюго, – есть редкая дичь в лесу слов». При прогнозировании очень важны ориентиры. На тот год, когда Эйнштейн ставил задачу на геометрию Вселенной, еще не было наблюдательных данных о движении удаленных галактик и их скоплений.

Собеседник. Что еще предлагается?

Автор. В космологии [1] эпоха инфляции рассматривается как гипотеза. Нет сомнения в том, что ранняя Вселенная была горячей. История Вселенной охватывает историю ядерных процессов, причем по полной программе: подготовка у истока движения, начало, смена режима, продолжение. Физика туннельного перехода и ранних ядерных реакций деления сопряжена с подводом энергии извне. С появлением родительских тел наступает время реакций ядерного синтеза, которые и сегодня продолжаются в недрах звезд. Звезды и газ реликтовых фотонов имеют общее начало, но разные температурные истории. Если физика родительских тел интересна для становления звездно – планетных систем, то направленность ядерных процессов интересна для физики элементарных частиц в целом.

Собеседник. В 2022 году ты опубликовал статью на тему «О физическом эффекте повышения гравитационной массы Вселенной при ее космологическом расширении». Прошло три года. Что ты скажешь сегодня?

Автор. Существует зависимость массы расширяющейся шарообразной Вселенной от энергии окружающей ее космической среды. Покажем это.

В своей первой работе по космологии Эйнштейн в 1917 году выделяет наиболее удаленные от центра мира звезды и («поступая также как геодезисты, которые крайне сложную в деталях поверхность Земли заменяют приближенно эллипсоидом» [6, с. 608]) своим методом устанавливает зависимость массы Вселенной *M* от радиуса *R* ее сферической поверхности [там же, с. 612]:

$$\text{M} = \frac{4\pi^2}{æ}R. \qquad (1)$$

Вид сомножителя $\frac{4\pi^2}{æ}$ в (1) Эйнштейн по тексту не уточняет, но общая теория относительности есть *Gc* – теория, в которой æ = $\Psi(G, c)$, где: *G* – гравитационная постоянная, а *c* – скорость распространения света в вакууме. Поскольку «гравитационные поля распространяются со скоростью света» [7, с. 633], следует принять

$R = c \cdot t.$ (2)

Здесь t – время, прошедшее от начала расширения сферы Вселенной. Формула (2) отражает тот факт, что изучаемая в ядерной физике барион – фотонная газовая смесь (при величине отношения числа барионов $\mathcal{N}_b$ к числу фотонов $\mathcal{N}_\varepsilon$ порядка 5×10^{-10} [1, с. 209]) движется в пространстве со скоростью света $c \cong 3 \cdot 10^8$ м/с.

Из уравнений общей теории относительности выделяем уравнение Фридмана без Λ – члена [1]:

$$2\frac{\ddot{a}}{a} + \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{c^2}(\mathrm{u} + \mathrm{p}), \quad (3)$$

где a – масштабный фактор; точка над a означает производную по времени; $\frac{\dot{a}}{a} = H$ – постоянная Хаббла. Вселенная представляет собой однородную смесь газов (с незначительной примесью вещества) и с уравнением состояния материи $p = \frac{u}{3}$. Вселенная расширяется с неизменной скоростью c – см. (2), и $\ddot{a} = 0$. Тогда при $\frac{\dot{a}}{a} = H = \frac{1}{t}$ и $(u + p) = \frac{4u}{3}$ уравнение (3) дает формулу для сферической Вселенной $\frac{u}{c^2} = \rho = \frac{3}{32\pi}\frac{1}{G \cdot t^2}$, где ρ – объемная плотность массы, $\rho = \frac{3M}{4\pi R^{3,}}$, а также

$$\mathrm{M} = \frac{c^2}{8 \cdot G} R. \quad (4)$$

В отличие от (1) в формуле (4) величина размерного сомножителя определена. При $\frac{4\pi^2}{æ} = \frac{c^2}{8 \cdot G}$ формулы (1) и (4) совпадают, а при $c = \frac{L_{pl}}{t_{pl}}$ и $\mathrm{G} = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} \cdot t_{pl}^2}$ имеют единую запись в безразмерных планковских единицах [3]:

$$\frac{M}{m_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}}. \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что с ростом радиуса Вселенной масса заполняющего ее объем гравитационного излучения возрастает.

Рост массы M объясняется высвобождением энергии той среды, в которую и сегодня расширяется Вселенная. Покажем это. Энергия E, которая подводится к газу извне, идет на повышение внутренней энергии газа U и на совершение газом работы расширения pV. Из расчета на единицу объема

$$e = u + p, \quad (6)$$

где e и u – объемные плотности соответственно внешней и внутренней энергии, а p – давление газа. Как видим, в правой части уравнения Фридмана (3) сомножитель в скобках отвечает уравнению баланса энергии (6). Если следовать (3) и (6), то для подводимой извне ко Вселенной энергии E получаем [3]:

$$\frac{\mathrm{E}}{U_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}}. \quad (7)$$

Обобщая изложенное, отметим, что в модели мира Эйнштейна между внешней энергией E, гравитационной массой M_g Вселенной, ее радиусом R и временем космологического расширения t весьма заметна взаимосвязь

$$\frac{E}{E_{pl}} = \frac{M_g}{m_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}} = \frac{t}{t_{pl}}. \quad (8)$$

В движении величины параметров t, E, $\mathrm{M_g}$ и R возрастают, причем синхронно и от нулевых числовых значений величин. В самую раннюю эпоху в истории наблюдаемой нами Вселенной к ней от окружающей космической среды подводится количество энергии E_{pl} равное энергии Планка $U_{pl} = m_{pl} \cdot c^2 = 1{,}956 \cdot 10^9$ Дж. При возрасте Вселенной $t_n \approx 13{,}7$ млрд лет $\approx 10^{17}$с из (8) следует числовое значение ее гравитационной массы $M_{gn} \approx \frac{10^{17}}{10^{-44}} 10^{-8} \approx 10^{53}$ кг. Эта величина имеет иллюстративное значение.

Факты, математика и ресурсы физики позволяют приблизиться к пониманию реальной действительности. Формула (8) имеет физический смысл, с одной стороны, говорит о балансе энергии в природе, а с другой, отвечает изящной идее Р. Декарта о том, что движение материи в пространстве и времени есть наиболее фундаментальное явление природы. Следуя решению Эйнштейна, на вопросы недавней дискуссии [5 с. 235] можно ответить так: расширяющаяся Вселенная имеет шарообразную форму, параметр Хаббла обратно пропорционален космологическому времени, сегодня в рецепте энергетической смеси Вселенной доминирует энергия ее центрального гравитационного поля.

Список литературы:

1. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРОКОМ. 2013. – 608 с.
2. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике. М.: Наука. 1980. – 157 с.
3. Кошман В.С. Об эпохе Планка, ядерных реакциях, шарообразности и массе Вселенной // Вектор научной мысли. 2025. № 3. С. 283 – 288.
4. Френкель В.Я. Георгий Гамов: линия жизни 1904 – 1933 // Успехи физических наук. 1994. Т. 164. №8. С. 845 – 866.
5. Широков С.И. Космологические критические тесты на основе многоканальных THESTUS – БТА наблюдений гамма – всплесков / С. В. Широков, И. В. Соколов, В. В. Власюк, Л. Амати, В. В. Соколов, Ю. В. Барышев // Астрофизический бюллетень. 2020. Т. 75. № 3. С. 235 – 249.
6. Эйнштейн А. Вопросы космологии и общая теория относительности // Собрание научных трудов. Т1. М.: Наука. 1967. С. 601 – 612.
7. Эйнштейн А. О гравитационных волнах // Собрание научных трудов. Т1. М.: Наука. 1967. С. 631 – 646.