

DOI 10.58351/2949-2041.2025.19.2.014

Кошман Валентин Семенович

кандидат технических наук, доцент, независимый исследователь, Пермь
Koshman Valentin Semenovich, candidate of technical sciences,
associate professor, independent researcher, Perm

**О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЭНЕРГИЕЙ ВСЕЛЕННОЙ
И ЭНЕРГИЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ ЕЕ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ENERGY OF THE UNIVERSE
AND THE ENERGY OF THE COSMIC ENVIRONMENT SURROUNDING IT**

Аннотация: В работе предложено уравнение энергии для области ближайшего к эпохе Планка становления Вселенной, а также дана количественная оценка кванта энергии, который передан Вселенной окружающей ее космической средой.

Abstract: The paper proposes an energy equation for the region of the closest to the Planck epoch formation of the Universe, and also provides a quantitative estimate of the quantum of energy transferred to the Universe by the surrounding cosmic environment.

Ключевые слова: модель Вселенной, реликтовое излучение, гравитация, энергия космического вакуума, происхождение вещества и излучения.

Keywords: model of the Universe, relic radiation, gravity, energy of the cosmic vacuum, origin of matter and radiation.

Космологического прошлого нет, но есть настоящее и, живя в настоящем, человек стремится понять своеобразие природных явлений. В их числе гравитационное взаимодействие на Земле и в космосе, расширение Вселенной, однородное реликтовое излучение. Серьезным шагом в изучении природы стала связка работ А. Эйнштейна, А.А. Фридмана и Г.А. Гамова. Фридман (1922 г.) дополнил геометрию мира Эйнштейна идеей движения, а Гамов (середина XX в.) дополнил геометродинамику идеями ядерной физики и термодинамики. Так математический ресурс в описании Вселенной позволил выйти на фрагмент ее физического содержания. Со временем укрепилась уверенность в том, что расширяющаяся Вселенная помимо звезд и планет наполнена реликтовым излучением. Полной ясности в вопросе эволюции Вселенной нет, как нет и теории, построенной на основе гравитационной постоянной G , скорости распространения света в вакууме c , постоянной Планка \hbar и постоянной Больцмана k_B . Мнение, что для становления Вселенной не требуется никакой энергии [3, с. 140], не отвечает важным аспектам повседневного опыта. Цель работы показать возможность становления Вселенной при участии энергии окружающей ее среды.

Если следовать Р. Декарту, то движение тел в пространстве и во времени есть наиболее фундаментальное явление в природе [4]. Полагаем, что Вселенная здесь не является исключением. Элементарные частицы материи (фотоны, барионы, гравитоны) в отличие от песчинок и бусинок сочетают в себе корпускулярные и волновые свойства [7]. Естественно принять, что Вселенная есть смесь газов. Из курса термодинамики известно, что энергия E , подведенная к объему V газа извне, равна сумме внутренней энергии U газа и совершаемой газом работы pV . В расчете на единицу объема закон сохранения энергии имеет вид $e = u + p$. (1) Здесь e и u – объемные плотности соответственно внешней и внутренней энергии, а p – давление; чем выше $e = \frac{E}{V}$, тем выше температура T газа, плотность его внутренней энергии $u = \frac{U}{V}$ и давление p .

Уже около 100 лет известно, что мы живем в расширяющейся Вселенной. И.Д. Новиков (2001 г.) иллюстрацию факта расширения Вселенной строит на ясном мысленном образе: «Представим себе, что галактики – это отдельные метки на поверхности шара, и если этот шар раздувается, расстояния между галактиками увеличиваются». В мире существует и газ



реликтовых фотонов. Следовательно, на поверхности шара Новикова, помимо галактик, заметны и фотоны, а формула, связывающая путь элементарных частиц материи со временем t , принимает вид

$$R = c \cdot t = \frac{L_{pl}}{t_{pl}} t, \quad (2)$$

где R – радиус сферы Вселенной. Для алгоритмов описания движения Вселенной связка из формул (1) и (2) является новой. Суждения (1) и (2) имеют ясный физический смысл, и всегда интересно отследить как идеи постепенно откликаются в тех или иных функциях.

Есть мнение [4, с. 133], что основная ценность законов И. Ньютона заключается в том, что «они применимы к множеству самых разнообразных как небесных, так и земных явлений. Одни и те же количественные соотношения воплощают в себе общие, универсальные характеристики. Следовательно, знание этих формул действительно можно рассматривать как знание описываемых ими явлений». В записи через планковские единицы массы $m_{pl} = \left(\frac{\hbar \cdot c}{G}\right)^{1/2} = 2,17 \cdot 10^{-8}$ кг, длины $L_{pl} = 1,61 \cdot 10^{-35}$ м, времени $t_{pl} = 5,39 \cdot 10^{-44}$ с и силы $F_{pl} = m_{pl} \frac{L_{pl}}{t_{pl}^2} = 1,21 \cdot 10^{44}$ Н установленный Ньютоном закон всемирного тяготения

$$F_{пр} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = F_{pl} \frac{m_1}{m_{pl}} \frac{m_2}{m_{pl}} \left(\frac{L_{pl}}{r}\right)^2 \quad (3)$$

свидетельствует в пользу шарообразной формы Вселенной. Так мы узнаем, что гравитационное взаимодействие возникает за планковским временем t_{pl} , с появлением первых материальных частиц массы m_i . С тех давних времен любые две частицы во Вселенной притягиваются друг к другу с силой $F_{пр}$, которая зависит от их масс m_1 и m_2 и расстояния r между ними.

На планковское время t_{pl} давление сгустка материи размером L_{pl} было огромным ($p_{pl} = \frac{F_{pl}}{L_{pl}^2} = 4,63 \cdot 10^{113}$ Па) и существовал перепад давления. Планковская сила F_{pl} дала скорости разлета нашедших отражение в формуле (3) частиц массы m_i . Далее набирающее массу M_Σ газообразное облако (Вселенная) расширяется в окружающую его космическую среду. Для Вселенной в уравнении (1) внешней является энергия космического вакуума $E = e \cdot V$.

Ранняя Вселенная – это гигантская лаборатория природы, в которой высвобождающаяся энергия пробуждает физические процессы, не воспроизводимые в земных условиях [2, с. 193]. Планковский сгусток первичной материи взаимодействует с окружающей его космической средой. Высвобождение кванта внешней энергии ΔE^* ответственно за появление разнородных массивов элементарных частиц материи. Величина кванта внешней энергии ΔE^* равна сумме энергий возникших тяжелых частиц ($c^2 \Sigma m_i^*$), фотонного ($\Sigma \hbar \nu$) и гравитонов (U_g^*):

$$\Delta E^* = E^* - U_{pl} = c^2 \Sigma m_i^* + \Sigma \hbar \nu^* + U_g^*. \quad (4)$$

В весьма раннем этапе эволюции Вселенной на уровне энергии $E^* = U_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar \cdot c^5}{G}}$ величина $\Delta E^* = 0$. Формула (4), дающая величину ΔE^* в функции от $c^2 \Sigma m_i^* + \Sigma \hbar \nu^* + U_g^*$, иллюстрирует появление составляющих материи Вселенной и отвечает закону сохранения энергии (1). В близкие к эпохе Планка времена в зоне ближайшего к ней развития Вселенной «плотность частиц была столь высока, что установилось равновесие, при котором энергия равномерно распределялась между всеми видами частиц» [2, с. 193], т. е. в (4)

$$c^2 \Sigma m_i^* = \Sigma \hbar \nu^* = U_g^*. \quad (5)$$

Вместе с тем, принимаем обозначения: a – масштабный фактор; точка над a означает производную по времени; $\frac{\dot{a}}{a} = H$ – постоянная Хаббла. Пусть Вселенная представляет собой однородную смесь газов с весьма незначительной примесью вещества и с уравнением состояния материи $p = \frac{u}{3}$. В правой части уравнения Фридмана без Λ – члена $2\frac{\ddot{a}}{a} + \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{c^2}$



$(u + p)$ сомножитель в скобках отвечает уравнению энергии (1). Вселенная расширяется с неизменной скоростью c , следовательно, $\ddot{a} = 0$. Тогда при $\frac{\dot{a}}{a} = H = \frac{1}{t}$ и $(u + p) = \frac{4u}{3}$ уравнение Фридмана дает формулу

$$\frac{u}{c^2} = \rho = \frac{3}{32\pi} \frac{1}{G \cdot t^2}, \quad (6)$$

а в силу (2) и

$$\frac{1}{R^2} = \frac{32\pi}{3} \frac{G}{c^2} \rho. \quad (7)$$

По данным А.Д. Чернина [10, с. 893], формулу (6) Гамов учитывает при аналитическом предсказании температуры газа реликтовых фотонов. Формулу (7) в ее записи вила $\frac{1}{R^2} = \frac{G}{c^2} \rho T$. Редже [8, с. 138] называет основным результатом общей теории относительности Эйнштейна. Вместе с тем, гравитационное излучение продолжает описываться установленными в теории формулами (6) и (7), но уже в планковских единицах

$$\frac{u_g}{u_{pl}} = \frac{\rho_g}{\rho_{pl}} = \left(\frac{t_{pl}}{t}\right)^2; \quad (8)$$

$$\frac{M_g}{m_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) видно, что масса M_g прямо пропорциональна радиусу R Вселенной. Такая интерпретация близка к суждению авторов [3, с. 151]: «Количество вещества растет так же, как растет объем мира». Согласно М.А. Маркову [6], предельная плотность материи ρ_{pl} – универсальный закон природы. В нашей космологической модели величина массы M_g гравитационного излучения Вселенной каждую секунду возрастает на $\frac{m_{pl}}{t_{pl}} \cdot 1 = 4,02 \cdot 10^{35}$ кг и в наши дни превышает сумму масс звезд и реликтовых фотонов: $M_{gn} > M_{bn} + M_{en}$.

Помещаем массу $M \approx M_g \approx M_\Sigma$ Вселенной в центр сферы радиуса R , величина которого существенно превышает расстояния между скоплениями галактик. Полная энергия любой типичной галактики, расположенной на поверхности сферы, есть сумма потенциальной (П.Э.) и кинетической (К.Э.) энергий, причем эта сумма равна нулю: П.Э. + К.Э. = 0 [1, с. 158 – 159]. Из ньютоновой теории тяготения П.Э. = $-\frac{m \cdot M \cdot G}{R}$, где m – масса галактики [там же]. В согласии с (2) принимаем К.Э. = $m \cdot c^2$, что дает $\frac{m \cdot M \cdot G}{R} = m \cdot c^2$, а при $G = L_{pl}^3 \cdot m_{pl}^{-1} \cdot t_{pl}^{-2}$ и $c = L_{pl} \cdot t_{pl}^{-1}$ позволяет вновь выйти на формулы (8) и (9). Подобные совпадения вряд ли являются случайными. Решим две задачи.

Задача 1. Становление Вселенной сопряжено с высвобождением энергии E той природной среды, в которую она расширяется. Какова величина кванта энергии ΔE^* на мгновение времени t_* от начала расширения, равное $t_* = 10^{-39}$ с. Следуя (5), в уравнении энергии (4) принять $c^2 \Sigma m_i^* + \Sigma \hbar v + U_g^* = 3 \cdot \mathcal{N}_\varepsilon \cdot U_\varepsilon^{(1)}$. Принять, что энергия одного фотона $U_\varepsilon^{(1)}$, их объемная концентрация $n_\varepsilon = \frac{\mathcal{N}_\varepsilon}{V}$ и температура T отвечают мнемоническому правилу

Вайнберга [1, с. 81]: $U_\varepsilon^{(1)} \cdot U_\varepsilon^{(1)} = k_B \cdot T$ и формулам $\frac{\mathcal{N}_\varepsilon}{V} = \frac{1}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3$ и $T = \frac{T_{pl}}{f^{1/4}} \left(\frac{t_{pl}}{t}\right)^{1/2}$; $f = 1$.

Решение. Находим радиус Вселенной $R = c \cdot t = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-39} = 3 \cdot 10^{-31}$ м, ее температуру $T = 1,41 \cdot 10^{32} \left(\frac{5,39 \cdot 10^{-44}}{10^{-39}}\right)^{1/2} = 1,03 \cdot 10^{30}$ К, количество фотонов высокой энергии $\mathcal{N}_\varepsilon = \left(\frac{3 \cdot 10^{-31} \cdot 1,03 \cdot 10^{30}}{1,61 \cdot 10^{-35} \cdot 1,41 \cdot 10^{32}}\right)^3 = 2,52 \cdot 10^6$ и энергию одного из них $U_\varepsilon^{(1)} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1,03 \cdot 10^{30} = 1,42 \cdot 10^7$ Дж. Находим числовое значение кванта энергии от окружающей среды $\Delta E^* = 3 \cdot 2,52 \cdot 10^6 \cdot 1,42 \cdot 10^7 = 1,95 \cdot 10^9 = 1,07 \cdot 10^{14}$ Дж.

Ответ: На время 10^{-39} с от начала расширения космическая среда передает Вселенной квант энергии $\Delta E^* = 1,07 \cdot 10^{14}$ Дж.



Задача 2. Следуя (2) и (9), определить числовые значения энергии U_{gi} гравитационного поля Вселенной на времена $t_* = 10^{-39}$ с и $t_2 = 10^{18}$ с от начала расширения.

Решение. Для ранней Вселенной получаем ожидаемый результат: на время $t_* = 10^{-39}$ с величина энергии гравитационного поля $U_{g*} = c^2 \frac{dM_g}{dt} t_* = (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 4,02 \cdot 10^{35} \cdot 10^{-39} = 3,62 \cdot 10^{13}$ Дж практически равна одной трети найденной выше величины кванта энергии $\Delta E^* = 1,07 \cdot 10^{14}$ Дж, высвобожденного для Вселенной окружающей средой. Для поздней Вселенной $U_{g2} = (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 4,02 \cdot 10^{35} \cdot 10^{18} = 3,62 \cdot 10^{70}$ Дж.

Ответ: $U_{g*} = 3,62 \cdot 10^{13}$ Дж, а й $U_{g2} = 3,62 \cdot 10^{70}$ Дж

При расширении Вселенной масса ее гравитонов возрастает на величину

$$\Delta M_g = M_g - m_{pl}. \quad (10)$$

Математически нарастание энергии ΔE_g , высвобождаемой окружающей средой, в согласие с формулой Эйнштейна $E = m \cdot c^2$ и в силу (9) и (10) описывается зависимостью

$$\Delta E_g = m_{pl} \left(\frac{R}{L_{pl}} - 1 \right) c^2. \quad (11)$$

На планковское время t_{pl} при $R = L_{pl}$ высвобожденной энергии нет и $\Delta E_{gpl} = 0$, а при $R_n = 3 \cdot 10^{26}$ м она составляет $\Delta E_{gn} = 3,6 \cdot 10^{70}$ Дж.

Вместе с тем, от плаковского времени t_{pl} в космических ядерных реакциях деления идет производство строительного материала звезд и звездно – планетных систем. В силу (3) частицы нарождающейся барионной составляющей Вселенной группируются во вращающиеся «капли». С появлением протонов, нейтронов и электронов в сформировавшихся (и уплотняющихся с малой скоростью) торообразных родительских телах [5] протекают реакции ядерного синтеза. Время от времени набухают и радиоактивные «почки», энергии которых вполне достаточно для выхода на орбиты новых тел (будущих планет). Количественная оценка изменчивости в химическом составе планет по мере приближения их орбит к Солнцу представляет интерес.

Гравитации по Ньютону и Эйнштейну сопряжены с момента появления первых элементарных частиц материи Вселенной. Заселяющие объем расширяющейся Вселенной частицы: реликтовые фотоны, барионы (то есть протоны и нейтроны суммарной массы $M_{bn} \approx 10^{52}$ кг [3, с. 148]), электроны, гравитоны [7, с 140] есть продукты высвобождения энергии окружающей ее космической среды.

P.S. Сегодня в космологии за стандартную принята Λ CDM – модель, где Λ есть Λ – член в уравнениях Эйнштейна. Согласно литературным данным, Λ отвечает за темную энергию, за ускоренное расширение Вселенной, а также за антигравитацию и отрицательное давление космической среды. Слово «темная» означает «неясная». Просматривается параллель между космологической задачей с Λ – членом и задачей классической гидромеханики. В отношении последней О. Титъенс [9, с. 11] отмечает, что в ней «единственным правилом было логическое построение, и поэтому от нее ускользало все, что не могло быть выведено из исходных уравнений путем математического анализа». В книге «Космология ранней Вселенной» отмечается: «Прежде всего подчеркнем, что возникновение Вселенной не должно противоречить закону сохранения энергии» [3, с. 140]. Для разных по космологическим меркам времен движения Вселенной выражения (1), (4) и (11) – формы его записи.

Список литературы:

1. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. – 208 с.
2. Девис П. Суперсила / пер. с англ. М.: Мир. 1989. – 272 с.
3. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Издательство Моск. ун – та. 1988. – 199 с.
4. Клайн М. Математика. Поиск истины / пер. с англ. М.: Мир. 1988. – 295 с.



5. Кошман В.С. О шарообразности Вселенной и о становлении звезд и звездно – планетных систем // Вектор научной мысли. 2024. № 12. С. 301 – 305.
6. Марков М.А. Предельная плотность материи как универсальный закон природы // Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 16. Вып. 6. С. 214 – 216.
7. Окунь Л.Б. Основные понятия и законы физики и свойства элементарных частиц / Л.Б. Окунь О движении материи. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. С. 120 – 162.
8. Редже Т. Этюды о Вселенной / пер. с итал. М.: Наука. 1985. – 191 с.
9. Титъенс О. Гидро – и аэромеханика по лекциям проф. Л. Прандтль. Т. 1. Равновесие. Движение жидкостей без трения / пер. с нем. М. – Л.: ГТТИ. 1933. 223 с.
10. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // УФН. 1994. Т. 164. №8. С. 889 – 896.

