

Кошман Валентин Семенович
кандидат технических наук, доцент
независимый исследователь

РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ПРИТОК К НЕЙ ЭНЕРГИИ ИЗВНЕ

Аннотация. В работе показано, что с учетом известного из ядерной физики отношения количества барионов к количеству фотонов во Вселенной уравнение Фридмана дает решение в пользу предсказанного Эйнштейном центрально – симметричного гравитационного поля Вселенной. Получены уравнения связи между внешней энергией, характеристиками сферы Вселенной и временем от начала ее расширения. Получено уравнение связи времени расширения, объема и полной энергии Вселенной с планковскими величинами времени и объема и с элементарным квантом действия. Отмечена целесообразность решить задачу рождения первичного нестабильного и весьма радиоактивного атома как задачу на экстремум в эпоху Планка.

Ключевые слова: Гравитация, реликтовое излучение, планковские величины, уравнение Фридмана, окружающая Вселенную среда, закон сохранения энергии.

Автор разделяет мнение о том, что во Вселенной отсутствует темная энергия, которая создает не тяготение, а антитяготение – всеобщее отталкивание тел в природе. В литературе при рассмотрении вопроса есть и ссылка на то, что представления о темной энергии – слагаемое $\lambda g_{\mu\nu}$ в уравнениях – содержатся в работе А. Эйнштейна (1917 г.), положившей начало современной космологической теории. Так ли это?

В работе «Вопросы космологии и общая теория относительности» А. Эйнштейн в теоретическом построении картины мира идет чисто аналитическим путем, реализуя переход от поведения элемента пространства – времени к поведению всей Вселенной. Эйнштейн рассматривает два варианта. В первом из них (для эволюционной картины мира) [8]: «Характер кривизны пространства зависит от места и времени. Однако это пространство в целом можно приближенно представить в виде сферического пространства. Во всяком случае это представление логически непротиворечиво и с точки зрения общей теории относительности является наиболее естественным». Решая свои уравнения гравитационного поля

$$G_{\mu\nu} = -x \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} T \right), \quad (1)$$

Эйнштейн устанавливает взаимосвязь между полной массой M Вселенной и радиусом R ее сферы:

$$M = 4\pi^2 \frac{R}{x}, \quad (2)$$

Здесь x комбинация из гравитационной постоянной G и скорости распространения света в вакууме (скорости света) c :

$$-x = a_1 \frac{G}{c^2}. \quad (3)$$

(a_1 – постоянный коэффициент).

Эйнштейн полагает, что формула (2) справедлива и для случая неподвижных звезд. Математика позволяет сделать звезды в модели мира неподвижными, и в свои уравнения (1) Эйнштейн вводит «неоправданное нашими действительными данными о тяготении» дополнительное слагаемое $\lambda g_{\mu\nu}$, которое в современном обозначении имеет вид

$$\Lambda g_{\mu\nu}. \quad (4)$$

Спустя пять лет, в 1922 г., исследуя данные уравнения петербургский математик, А.А. Фридман [6] показывает, что однородная Вселенная Эйнштейна не может быть стационарной, отмечает, что в полученных «формулах космологическая величина λ не определяется, является лишней константой задачи» Эйнштейн [9]: «Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет». Не станем записывать уравнения Эйнштейна со



слагаемым (4), которое сняло с повестки дня вопрос о гравитационном поле расширяющейся Вселенной. Предпримем попытку выступить в защиту формулы (2). Есть смысл дополнить метод теории относительности результатами и фрагментами алгоритмов изучения природных явлений.

Вселенная расширяется, следовательно, в глубинном прошлом на планковское время (ок. 10^{-44} с). ее размер был порядка планковской длины L_{pl} (ок. 10^{-35} м) [5], малой была и масса m_{pl} (ок. 10^{-8} кг), для которой $\frac{G \cdot m_{pl}^2}{\hbar \cdot c} = 1$. Планковские сила F_{pl} (ок. 10^{44} Н) и давление $p_{pl} = \frac{F_{pl}}{L_{pl}^2}$ (ок. 10^{114} Па) могут обеспечить начальные скорости разлета материальных частиц. Однако для этого необходим перепад давления [5], что ожидаемо при наличии окружающей планковский сгусток материи среды. Вряд ли ошибемся, если здесь отметим, что, как бы ни был велик ранний хаос в нарастающем по численности массиве рождающихся элементарных частиц (благодаря фейерверку ядерных реакций деления) гравитация по Ньютону $F_{np} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = F_{pl} \left(\frac{L_{pl}}{r}\right)^2 \frac{m_1 \cdot m_2}{m_{pl}^2}$ со временем обеспечит шарообразность не только локальных космических тел (звезды, планеты), но и Вселенной как единого целого. Ньютонова формула для силы F_{np} говорит о том, что планковская масса m_{pl} мгновенно распадается на части.

В 1940 – е и 1950 – е годы проведена количественная оценка подтвержденной в дальнейшем в измерениях величины криогенной температуры реликтового излучения T_n . На этом пути в работе «Расширяющаяся Вселенная и образование галактик» Г.А. Гамов применяет [7] и закон Стефана – Больцмана, и уравнение для объемной плотности энергии материи Вселенной u :

$$u = \frac{U}{V} = \frac{3}{32\pi} \frac{c^2}{G \cdot t^2}, \quad (5)$$

которое легко преобразуется в формулу вида

$$\frac{U \cdot t^2}{V} = \frac{U_{PL} \cdot t_{PL}^2}{V_{PL}} \approx 10^{26} \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3}. \quad (6)$$

Для Гамова реликтовые фотоны и строительный материал звезд (барионы: протоны, нейтроны) есть естественный продукт ядерных реакций. В формуле (6) мировая константа $\frac{U_{PL} \cdot t_{PL}^2}{V_{PL}} \approx 10^{26} \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3}$ есть теоретическая характеристика модели Вселенной.

В прецизионных измерениях установлено, что распределение энергии реликтового излучения совпадает с распределением энергии абсолютно черного тела. Интегрирование формулы Планка дает формулу для объемной концентрации фотонов во Вселенной: $\frac{N_\varepsilon}{V} =$

$a_2 \left(\frac{k_B \cdot T}{c \cdot \hbar}\right)^3 [1]$, где a_2 – постоянный коэффициент, и для количества фотонов:

$$\mathcal{N}_\varepsilon = \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3. \quad (7)$$

Формула (7) отвечает известному: «В ходе космологического расширения излучение охлаждается, но не исчезает и в результате сохраняется в мире вплоть до нашей эпохи» [7], причем реликтовые фотоны рождаются и наполняют пространство Вселенной от планковского времени,

Расширяющуюся однородную Вселенную рассматриваем как газовую смесь. Она состоит из реликтовых фотонов, барионов, иных элементарных частицы, а также квантов скрытого излучения. При температуре $T \approx 10^9$ К в расчетах ядерных реакций важна величина барион – фотонного отношения $\frac{N_b}{N_\varepsilon}$ (ок. 10^{-10} барионов на один фотон) [1]., Как и фотоны, со скоростью света $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с в пространстве движутся и барионы, и вся газовая смесь, что для изменчивости радиуса R сферы Вселенной позволяет принять

$$R = c \cdot t. \quad (8)$$

В динамичном мире условие (8) необходимо для хода термоядерных реакций: каждое из локальных мест их протекания перемещается в пространстве со скоростью света c . И что



характерно, теория относительности скоростью света c ограничивается скоростью движения материальных тел. От центра мира со скоростью $c \approx 300\,000$ км/с движется и такой термоядерный реактор как Солнце. В привычных нам системах координат с гораздо меньшими скоростями предметы падают на землю, а также движутся искусственные спутники Земли, с борта которых уже не первый год регистрируются характеристики реликтового излучения.

Обратимся к уравнению Фридмана без Λ – члена: $2\frac{\ddot{a}}{a} + \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{c^2} (\underline{u} + p)$ [1], в котором a – масштабный фактор; точка над a означает производную по времени, \underline{u} – объемная плотность энергии, а p – давление. Фактор a отвечает [2] расстоянию между типичными скоплениями галактик. Зависимость R от t линейна. Если линейна и зависимость a от t , то в уравнении Фридмана $\frac{\ddot{a}}{a} = 0$ и $\frac{\dot{a}}{a} = \frac{1}{t}$, что дает

$$\frac{1}{t^2} = \frac{8\pi G}{c^2} (\underline{u} + p). \quad (9)$$

Для однородной газовой смеси $p = \frac{u}{3}$. Выходим на ранее полученную формулу (5), которая при $\rho = \frac{M}{V} = \frac{u}{V \cdot c^2}$ и $V = \frac{4\pi}{3} R^3$ дает зависимость M от R [4]:

$$M = \frac{c^2}{8 \cdot G} R. \quad (10)$$

Формула (10) отвечает (2), то есть миру Эйнштейна, в котором сложная в деталях поверхность Вселенной приближенно заменена сферической поверхностью, а звезды и их скопления в пространстве движутся и от центра мира к периферии. В формулах (2) и (10) M есть сумма масс всех составляющих материи Вселенной, Увеличивающаяся плавно масса скрытого, скорее всего, гравитационного излучения столь велика, что на результаты решения уравнений ОТО не влияет дискретный прирост масс фотонов и барионов в каскаде ранних ядерных реакций. Необходимо назвать источник энергии, которая столь необходима для роста массы Вселенной.

Обращаем внимание на сомножитель $(\underline{u} + p)$ и в уравнении Фридмана, и в формуле (9). Заключенная в скобки сумма переменных физических величин отвечает закону сохранения энергии: энергия E , подведенная к газу извне, идет на повышение внутренней энергии U газа и на совершение им работы расширения pV . Имеем $\frac{E}{V} = \frac{U}{V} + \frac{pV}{V} = \underline{u} + p$. Получаем формулы для энергии E , которая подводится ко Вселенной извне:

$$E = \frac{1}{8\pi} \frac{c^2 \cdot V}{G \cdot t^2}; \quad (11)$$

$$E = \frac{4}{3} U.. \quad (12)$$

Получаем также уравнение связи между высвобождаемой внешней средой энергией E , площадью S наружной поверхности и радиусом R сферы Вселенной:

$$\frac{E}{S} = \frac{1}{24\pi} \frac{c^4}{G R} \quad (13)$$

. Формулы (2) и (10) дают один и тот же результат: с ростом радиуса R сферы Вселенной ее полная масса M возрастает. Из формул (10), (12) и (13) видно, что с ростом радиуса R величина подводимой извне энергии E растет, а величина ее отношения к площади поверхности сферы Вселенной $\left(\frac{E}{S}\right)$ снижается. Из формулы (11) следует, что объем V сферы Вселенной растет быстрее, чем квадрат времени, прошедшего от начала расширения.

Если принять во внимание известные взаимосвязи: $G = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} \cdot t_{pl}^2}$, $c = \frac{L_{pl}}{t_{pl}}$, $U_{pl} = m_{pl} \cdot c^2$ и $S_{pl} = L_{pl}^2$, то формулу (13) можно преобразовать к виду $\frac{E}{U_{pl}} \frac{S_{pl}}{S} \frac{R}{L_{pl}} = 1$, а также получить $\frac{E}{U_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}}$. Преобразовывая (8) и (10), соответственно получаем $\frac{R}{L_{pl}} = \frac{t}{t_{pl}}$ и $\frac{M}{m_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}}$. В результате получаем развернутое равенство между безразмерными планковскими величинами $\frac{E}{U_{pl}}$, $\frac{U}{U_{pl}}$, $\frac{M}{m_{pl}}$, $\frac{R}{L_{pl}}$ и $\frac{t}{t_{pl}}$:



$$\frac{E}{U_{pl}} \approx \frac{U}{L_{Upl}} = \frac{M}{m_{pl}} = \frac{R}{L_{pl}} = \frac{t}{t_{pl}}. \quad (14)$$

Формула (14) отвечает связи между подводимой ко Вселенной извне энергией E , вместительностью (объемом Вселенной V), его содержимым (материей и полной внутренней энергией $U = M \cdot c^2$) и временем t как в микромире эпохи Планка ($0 \leq t \leq t_{pl}$), так и в мире больших космологических масштабов. Для понятных нам параметров формула (14) дает нули, не дает бесконечности, а также ответа на вопрос, что было до нулевого мгновения времени. В космологии от $t = 0$ секунд отсчитывается возраст Вселенной. В работе [4] в формуле (14) вместо полной массы M Вселенной приведена ее гравитационная масса M_g , величина которой отвечает условию $M_g < M$.

Формула (14) позволяет оценить порядки величин. Так, при возрасте Вселенной $t_n = 13,7$ млрд лет $\approx 10^{17}$ с получаем числовые значения величин радиуса ее сферы $R_n \approx 10^{26}$ м, полной массы $M_n \approx 10^{53}$ кг и полной энергии Вселенной $U_n = 10^{70}$ Дж. Три числа дают величину $\frac{U_n \cdot t_n^2}{v_n} \approx \frac{10^{70} (10^{17})^2}{(10^{26})^3} = 10^{26} \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3}$, которая отвечает большому числу в правой части формулы (6). Для сравнения, по данным работы [2], масса наблюдаемой Вселенной около 10^{53} кг, а ее радиус около 10^{26} м. Различие в цифрах не столь велико. При $R_n = 10^{26}$ м – благодаря энергетическому вкладу внешней среды – масса M_n Вселенной в нашу эпоху превышает планковскую массу в $\frac{M_n}{m_{pl}} = \frac{R_n}{L_{pl}} = 10^{60}$ раз.

Для отношения $\frac{E_n}{S_n}$ при среднем радиусе $R_n = 10^{26}$ м имеем $\frac{E_n}{S_n} = \frac{1}{L_{pl}} \frac{U_{pl}}{R_n} = \frac{1}{10^{-35}} \frac{10^9}{10^{26}} = 10^{18}$ Дж/м², что при $S_n = 10^{52}$ м² дает числовое значение подводимой в нашу эпоху извне ко Вселенной энергии E_n порядка $E_n = 10^{18} 10^{52} = 10^{70}$ Дж. Результаты подобных оценок невозможно подтвердить в физическом эксперименте.

Многие авторы отмечают, что в формулах информация представляется в компактном виде, причем не только каждый знак, но и их взаимное расположение несут важную смысловую нагрузку. В записи через планковские величины информативность формул возрастает, причем вычленяется физический смысл задачи. Не исключается и возможность постановки и новых вопросов. Так, в правой части выделенной выше формулы (6) в единой связке видим планковское время t_{pl} , планковский объем V_{pl} и постоянную Планка

$$(\text{элементарный квант действия}) \hbar = U_{pl} \cdot t_{pl} = \left(\frac{hc^3}{G}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{h \cdot G}{c^5}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Тогда с точки зрения объединения общей теории относительности и теории ядра и ядерных реакций формула (6) выглядит как:

$$\frac{U \cdot t^2}{V} = \frac{\hbar \cdot t_{pl}}{V_{pl}}, \quad (15)$$

показывая, что согласованно изменяющиеся космологическое время t , полная энергия U и объем V Вселенной во все времена однозначно увязаны с такими фундаментальными физическими постоянными как планковское время t_{pl} , планковский объем V_{pl} и элементарный квант действия \hbar . Судя по всему, присутствие \hbar в формуле (15) физически означает, что, с одной стороны, предстоит решить задачу рождения первичного нестабильного и чрезвычайно радиоактивного ядра/атома [3] как задачу на экстремум в эпоху Планка, а с другой, в частности, предстоит учесть в расчетах колоссальное количество энергии, которое высвобождается окружающей средой на производство строительного материала для дальнейшего формирования звезд. Полагаем, что также предстоит по – новому взглянуть на становление звезд и звездно – планетных систем, а также на изменчивость химического состава планет по мере приближения их орбит к Солнцу.

Установив взаимно однозначное соответствие между средним радиусом Вселенной и ее полной массой, Эйнштейн, тем самым, предсказал близкую к сфере форму Вселенной. Со временем радиус Вселенной возрастает. Ее сфера захватывает все новые и новые области



окружающей ее среды. Возрастает и количество энергии E , которая подводится ко Вселенной извне. Если следовать уравнению энергетического баланса $\frac{E}{V} = \frac{U}{V} + \frac{pV}{V}$ и уравнению состояния газа $p = \frac{u}{3}$, то 75 % подведенной ко Вселенной энергии E идет на повышение ее полной внутренней энергии U и 25 % – на совершение ею работы расширения pV .

Список литературы:

1. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРОКОМ. 2013. – 608 с.
2. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
3. Дирак П. Космология и гравитационная постоянная // П. Дирак. Воспоминания о необычной эпохе: сб. статей / пер. с англ. М.: Наука. 1990. С. 178 – 188.
4. Кошман В.С. О взаимосвязи между временем расширения, внешней энергией, гравитационной массой и радиусом Вселенной // Вектор научной мысли. 2025. № 4. С. 330 – 333.
5. Новиков И.Д. Инфляционная модель ранней Вселенной // Вестник Российской академии наук. 2001. Т. 71. № 10. С. 886 – 895.
6. Фридман А.А. О кривизне пространства // А.А. Фридман. Научные труды. М.: Наука. 1966. С. 229 – 238.
7. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 264. № 8. С. 889 – 896.
8. Эйнштейн А. Вопросы космологии и общая теория относительности // Собрание научных трудов. Т.1. М.: Наука. 1967. С. 601 – 612.
9. Эйнштейн А. К работе А. Фридмана «О кривизне пространства» // Собрание научных трудов. Т.2. М.: Наука. 1967. С. 119.

