$L_{pl}^3 = 10^{-105} \text{ м}^3$. Если следовать выражению (9), то рост величины фотон – барионного отношения $Z = \frac{N_\varepsilon}{N_b} = \left(\frac{m_{bpl}}{m_b}\right)^{1/2}$ объясняется распадом нестабильных радиоактивных частиц (появлению которых активно способствует космический вакуум с присущим ему запасом энергии). Фотон – барионное отношение $Z = \frac{N_\varepsilon}{N_b}$ возрастает в период ядерных реакций в своих естественных пределах от $Z_{pl} = 1$ до его современной величины $Z_n = 2 \cdot 10^9$. Данный результат согласуется с мнением П. Дэвиса [9, с. 122]: «Появление 10^9 фотонов на каждый протон на ранних стадиях расширения Вселенной – это часть большой тайны образования самих фотонов».

Если вновь обратиться к уравнению (11), то можно отметить следующее. При выполнении неравенства $Z^3 \cdot T > T_{pl}$ энергия фотонов превышает энергию газа барионов Вселенной: $U_\varepsilon > U_b$. Это характерно для радиационно - доминированной стадии расширения Вселенной [2, 6, 9]. В настоящее время при числовых значениях величин планковской температуры $T_{pl} = 10^{32}$ К, температуры реликтового излучения $T_n = 2,73$ К и фотон – барионного отношения $Z_n = 2 \cdot 10^9$ имеем величину отношения энергий $\frac{u_b}{u_\varepsilon} = \frac{U_b}{U_\varepsilon} = 4,6 \cdot 10^3$, что совпадает с известными оценками [9] по порядку величины.

1. Муханов В.Ф. Квантовая Вселенная // УФН. 2016. Т. 186. № 10 С. 1117 – 1125.
2. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРОКОМ. 2013. – 608 с.
3. Планк М. Законы теплового излучения и гипотеза элементарного кванта действия // М. Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 282 - 310.
4. Краснопевцев Е.А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие. Новосибирск: Изд – во НГТУ. 2014. – 387 с.
5. Планк М. О необратимых процессах излучения // М. Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 191 - 233.
6. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. – 208 с.
7. Кошман В.С. Закон Стефана – Больцмана и оценка изменчивости плотности энергии барионов Вселенной // American Scientific Journal. 2019. № 30. Vol. pp. 37 – 41.
8. Дирак П.А.М. Космология и гравитационная постоянная // П.А.М. Дирак. Воспоминание о необычайной эпохе / пер. с англ. М.: Наука. 1990. С. 178 – 188.
9. Дэвис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.

Кошман В.С.

К доказательству факта большого взрыва у истока космологического расширения вселенной

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет»
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/lj-03-2021-48

idsp: ljjournal-03-2021-48

Аннотация

Представлены данные, которые говорят о том, что эпоха Планка и период ядерных реакций играют более существенную роль в эволюции Вселенной, чем считалось ранее.

Ключевые слова: реликтовое излучение, формула Планка, принцип наименьшего действия, составляющие материи Вселенной.

Abstract

The paper presents data that suggest that the Planck epoch and the period of nuclear reactions play a more significant role in the evolution of the Universe than previously thought.

Keywords: relict radiation, Planck's formula, the principle of least action, components of the matter of the Universe.

Известен интерес к глубинным вопросам судьбы и начала нашей Вселенной, к которым ранние цивилизации обращались в своих мифах и сказаниях. Однако ситуация изменилось в начале XX века сразу же как А. Эйнштейн заложил основы общей теории относительности. Она позволила сделать основной вывод (А.А. Фридман, 1922 г.): Вселенная не стационарна, она расширяется с охлаждением. В пользу теории расширяющейся Вселенной свидетельствуют факты: разбегание галактик, существование космического микроволнового фона (реликтового излучения), наличие лишь небольшого количества дейтерия во Вселенной, отсутствие в ней небесных тел, возраст которых превышал бы предполагаемый возраст Вселенной. В свое время предсказание остаточного фотонного излучения (Г. Гамов, 1940 – е гг.), энергия которого должна была проявлять себя в форме радиосигналов, фактически осталось не замеченным. Регистрация данного излучения (А. Пензиас и Р. Вилсон, 1965 г.) состоялась случайно, в ходе процесса постоянно ведущегося астрономического исследования космоса. Так что существование космического фона есть факт в самом чистом виде, поскольку его «не искали под теорию» [1]. И что характерно, этот важный наблюдательный результат был ожидаемым.

Особенности взаимоотношений теоретических моделей и фактов в космологическом знании, а также в физике высоких энергий весьма своеобразны. Так, подтвердить или опровергнуть некоторые из гипотез, выдвинутых в рамках различных подходов к квантовой гравитации на планковском уровне энергии весьма сложно. Данный энергетический уровень невозможно достигнуть в земных лабораториях. Вместе с тем, эксперименты ставятся под фундаментальную теорию, результаты экспериментов интерпретируются этой же теорией. В данной связи правомерной следует признать постановку вопроса: как можно считать теорию эмпирически обоснованной, если она сама участвует в своем обосновании? [1]. В данной связи порой высказывается суждение о том, что независимое эмпирическое обоснование теорий невозможно, а теоретическое знание – это не здание на надежном фундаменте, а колосс на глиняных ногах. Тем не менее в науке ставятся поисковые эксперименты, когда теорий, которые намериваются проверить, еще просто не существуют. Вместе с тем, порой факты настолько пронизаны теориями, что сами становятся теориями (П. Фейерабент). И это отвечает реальному положению дел в современной физике.

Астрофизики Ж. Леметр, А. Эддингтон, Г.А. Гамов полагали, что где – то десять тысяч миллионов лет тому назад в природе имел место реальный Большой взрыв, за которым последовал период ядерных реакций. Тогда остаточное фотонное излучение – это естественный продукт радиоактивного распада нестабильных атомов в той же мере, как и температура космического фона (которая выше абсолютного нуля) есть реликт нарастания энергии в глубинном космологическом прошлом Вселенной. В данной связи естественно возникает вопрос: реализуема ли возможность объективного подтверждения реальности факта Большого взрыва у истока космологического расширения Вселенной? Или иными словами, можно ли признать Большой взрыв реальным Событием? Предпримем попытку ответа на поставленный вопрос.

Значительное повышение чувствительности спектрофотометров, а также выход (с целью измерения параметров космического микроволнового фона) за пределы атмосферы Земли однозначно свидетельствуют в пользу чернотельности реликтового

излучения. Спектр излучения абсолютно черного тела, которое с величайшей точностью воссоздано самой природой, описывается формулой (законом) Планка

$$\frac{du_\varepsilon}{dv} = \frac{8\pi h v^3}{c^3} \frac{dv}{e^{hv/kT} - 1}. \quad (1)$$

Здесь в записи объективной закономерности мы видим постоянные и переменные физические величины. В числе постоянных наблюдаются две мировые константы: h - постоянная Планка и k_B - постоянная Больцмана; их введение за несколько недель до окончания XIX века обусловило в дальнейшем как становление квантовой теории, атомной и ядерной физики, так и развитие теории необратимых природных процессов. В числе переменных физических величин: $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V}$ – объемная плотность энергии фотонного излучения, ν – частота, T - абсолютная температура, $h\nu$ – энергия единичного фотона, kT – средняя энергия фотонов. Однако в записи вида (1) область применимости формулы Планка не определена. Для устранения этого недостатка следует принять во внимание безразмерные планковские величины энергии $\frac{U_\varepsilon}{U_{\varepsilon pl}}$, объема $\frac{V}{V_{pl}}$ и частоты $\frac{\nu}{\nu_{pl}}$. Здесь

$$U_{\varepsilon pl} = b_\varepsilon \cdot U_{pl} = b_\varepsilon \left(\frac{h \cdot c^5}{G} \right)^{1/2}; V_{pl} = b_V \cdot L_{pl}^3 = b_V \left(\frac{h \cdot G}{c^3} \right)^{3/2}; \nu_{pl} = t_{pl}^{-1} = \left(\frac{c^5}{h \cdot G} \right)^{1/2}$$

где b_ε и b_V - коэффициенты, c – скорость света в вакууме, G – гравитационная постоянная, U_{pl} , L_{pl} и t_{pl} – соответственно планковские энергия, длина и время [2].

Тогда с учетом релятивистской, квантовой и гравитационной особенности расширения Вселенной формула Планка (1) примет вид

$$\frac{du_\varepsilon}{dv} = \frac{U_{\varepsilon PL}}{V_{PL} \cdot \nu_{PL}} \left(\frac{\nu}{\nu_{PL}} \right)^3 \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}. \quad (2)$$

Как закон природы, формула Планка в записи вида (2) является дополнительным объективным свидетельством в пользу «горячего» начала Вселенной. На планковское мгновение времени $t_{pl} = 10^{-43}$ с мы с очевидностью наблюдаем космологически огромные величины температуры $T_{pl} = 10^{32}$ К и объемной плотности фотонной доли энергии $u_{\varepsilon pl} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} = 10^{114}$ Дж/м³, а также частоты движения ν_{PL} планковских элементарных частиц, которая оказывается равной $\nu_{pl} = 10^{43} \text{ с}^{-1}$. По мере естественного расширения Вселенной ее температура T и объемная плотность энергии фотонного излучения $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V}$ неуклонно понижаются до их современных числовых значений $T_n = 2,725$ К и $u_{\varepsilon n} = 10^{-14}$ Дж/м³. Как видим, за время космологического расширения Вселенной ее температура понизилась в 10^{32} раз, а плотность энергии газа фотонов снизилась в 10^{128} раз. Этот результат в полной мере отвечает [2, 3 и др.] модели Вселенной, которая расширяется с охлаждением. И наблюдаемое вряд ли можно объяснить случайностью, поскольку формула Планка (2), будучи законом физики, обладает свойственной ему большой предсказательной силой. По свидетельству Л.Г. Антипенко [1, с. 159], характерной особенностью современного космологического знания является «фактически отсутствие предсказаний».

Если следовать объективной закономерности (2), то фотонное излучение во Вселенной возникло вслед за планковским моментом времени t_{pl} , в то время как в эпоху Планка (то есть в период времени $0 \leq t \leq t_{pl}$) фотонное излучение в природе отсутствовало. Вместе с тем, для планковского мгновения из (1) и (2) вытекают взаимосвязи

$$\frac{U_{\varepsilon PL}}{V_{PL}} = h \quad (3)$$

и $L_{pl} \cdot \nu_{pl} = c$, вторая из которых для дружного семейства планковских величин не является новой.

Следует отметить, что к зависимости вида (3) можно подойти и иным путем. Избегая выкладки, способные заслонить суть рассматриваемых идей, авторы [3, с. 139] отмечают, что одно время наибольшей популярностью пользовалась точка зрения, согласно которой наш цикл расширения Вселенной является продолжением предыдущего цикла сжатия. Это позволяет нам обратить внимание на состояние материи Вселенной, которое отвечает условно нулевому моменту космологического времени: $t = 0$. Термодинамическую температуру T рассматриваем как меру интенсивности движения квантов как микрочастиц. Первичный сгусток материи погружен в космический вакуум, и он пребывает в весьма сжатом состоянии. В среднем кванты материи неподвижны; объем сгустка близок к нулю: $V_s \approx 0$, абсолютная температура T_s и частота ν_s близки к нулю: $T_s \approx 0$ и $\nu_s \approx 0$, а также близка к нулю и определяемая через постоянную Больцмана k_B и температуру T внутренняя энергия первичного сгустка материи Вселенной ($U_s = k_B \cdot T_s$): $U_s \approx 0$. Далее первичный сгусток материи разжимается, величина каждого из выделенных выше параметров (V, T, U, ν) естественным образом возрастает до своей индивидуальной максимально возможной планковской величины ($V_{pl}, T_{pl}, U_{pl}, \nu_{pl}$). В эпоху Планка такие величины параметров состояния Вселенной как V, T, U, ν возрастают синхронно. Квант – это и частица, и волна, характеризуемая частотой. На планковское мгновение времени t_{pl} величина отношения энергии материи к частоте становится равной постоянной Планка h [4]:

$$\frac{U_{pl}}{\nu_{pl}} = h. \quad (4)$$

Простые с виду формулы (3) и (4) совпадают между собой с точностью до безразмерного множителя $b_\varepsilon = U_{\varepsilon pl}/U_{pl}$ порядка единицы. Множитель b_ε учитывает наличие групп квантовых частиц, заселяющих Вселенную в её планковскую эпоху (ниже выполним количественную оценку одной из колоний планковских частиц, которые условно нами названы планковскими фотонами).

Обращаясь к физическому смыслу предлагаемой им мировой константы h , М. Планк [5, с. 287] называет ее элементарным квантом действия. По свидетельству автора [6], и в теоретической механике, и в квантовой механике действие, а также принцип наименьшего действия не имеют единого физического смысла. Однако А. Эддингтон [7] выражает принцип наименьшего действия как принцип наибольшей вероятности. По Эддингтону, при выходе «на действие, измеряемое числом... оно может быть, например, атомом действия, т. е. таким количеством действия, меньше которого уже не существует»: «Закон природы сводится к тому, что то состояние мира, которое осуществлено в действительности, является наиболее вероятным состоянием» [7, с. 177]. С учетом сформулированного нами выше вопроса, а также смысловой нагрузки взаимосвязей (3) и (4) и высказанных в их адрес мнений [5, с. 287; 7, с. 177], можно прийти к следующему выводу: на смену эпохе Планка пришла эпоха ядерных реакций. И что характерно, в эпоху ядерных реакций Вселенной наполняется не только ныне реликтовыми фотонами, но и строительным барионным материалом (протоны, нейтроны), благодаря которому возникли ныне наблюдаемые звезды, а также их скопления. Своим существованием как регистрируемые приборами, так и скрытые пока от них составляющие материи Вселенной во многом обязаны космическому вакууму с его огромным запасом энергии.

Выполним количественную оценку числа планковских фотонов $N_{\varepsilon pl}$ [8]. Для энергии фотонов U_ε справедливо равенство $U_\varepsilon = k_B \cdot T \cdot N_\varepsilon$, что вблизи планковского состояния Вселенной позволяет записать $\frac{dU_\varepsilon}{U_{\varepsilon pl}} = \frac{dT}{T_{pl}} + \frac{dN_\varepsilon}{N_{\varepsilon pl}}$. Соотнесём подстрочным индексом О параметры к окончанию эпохи ядерных реакций. Интегрируя, приходим к равенству $\frac{U_{\varepsilon O} - U_{\varepsilon pl}}{U_{\varepsilon pl}} = \frac{T_O - T_{pl}}{T_{pl}} + \frac{N_{\varepsilon O} - N_{\varepsilon pl}}{N_{\varepsilon pl}}$ или $\frac{k_B \cdot T_O \cdot N_{\varepsilon O}}{U_{\varepsilon pl}} = \frac{N_{\varepsilon O}}{N_{\varepsilon pl}}$. Имеем формулу для

вычисления количества планковских фотонов: $N_{\text{epl}} = \frac{U_{\text{epl}}}{k_B \cdot T_0}$, а при числовых значениях $U_{\text{epl}} = 10^9$ Дж, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К и $T_0 = 10^9$ К [9] и их искомую величину $N_{\text{epl}} = 10^{23}$. Тем самым, имеем дополнительные свидетельства и в пользу заселенности планковской эпохи, и в пользу высокой значимости космического вакуума (в период ядерных реакций) в нарастании массы расширяющейся с охлаждением Вселенной.

По своей продолжительности эпоха Планка и сменивший ее период ядерных реакций была весьма кратковременными. Однако их роль в формирование той картины мира, которую мы сегодня наблюдаем, огромна.

1. Антипенко Л.Г. Хайдеггер и современная космология // Космология, физика, культура. М.: ИФРАН. 2011. С. 126 – 142.
2. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
3. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Изд – во Моск. гос. ун – та. 1988. – 199 с.
4. Кошман В.С. Реликтовое излучение и физические особенности квантового рождения нашей Вселенной // Sciences of Europe. 2021. № 63. Vol. 2. pp. 49 – 56.
5. Планк М. Законы теплового излучения и гипотеза элементарного кванта действия // Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 282 – 310.
6. Яковлев Б.В. Физический смысл принципа наименьшего действия // Вестник СВФУ. 2019. № 2(70). С. 51 – 60.
7. Эддингтон А. Пространство, время и тяготение / пер. с англ. Одесса: Matezis. 1923. – 218 с
8. Кошман В.С. О закономерностях роста объема Вселенной при ее космологическом расширении с охлаждением // Sciences of Europe. 2020. № 58. Vol. 1. pp. 3 – 6.
9. Берке У. Пространство – время, геометрия, космология / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 416 с.

Мамелина Т.Ю.

Электрохимическое оборудование определения качества воды

*Пензенский государственный технологический университет
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/lj-03-2021-49

idsp: ljjournal-03-2021-49

Аннотация

В статье рассматривается электрохимическое оборудование определения качества воды.

Ключевые слова: электрохимическое оборудование, вода, анализ, прибор.

Abstract

The article deals with the electrochemical equipment for determining water quality.

Keywords: electrochemical equipment, water, analysis, instrument.

Контроль состояния объектов окружающей среды, в том числе анализ различных вод на содержание неорганических и органических веществ, проводится различными физико-химическими методами, среди которых электрохимические методы занимают одно из ведущих мест из-за простоты, дешевизны, автоматизации операций.

Одним из них приборов контроля качества воды является иономер - прибор для проведения ионометрического, или потенциометрического анализа. Современный иономер - это сверхточный измерительный прибор с различным количеством используемых измерительных каналов (от одного до четырех) и различными диапазонами измерения (стандартом считается: плюс-минус 3200 либо 4000 мВ). К данным приборам предъявляются разные требования к точности в зависимости