

Guts A.K. Fundamentals of quantum cybernetics: Textbook. allowance. Omsk: KAN, 2008.204 s.

6. Kitaev A., Shen. Ah, Sluggish M. Classical and quantum computing. M.: ICMO, Chero, 1999, 192 p.

Kuznetsov K.K. Simulation of the relationship of the initiators of high-tech innovations // Engineering Bulletin of the Don, 2009, No. 1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

Kosyakov M.S. Introduction to distributed computing. St. Petersburg: NIUITMO, 2014.155 s.

Markov I.L., Saeedi M., Constant – optimized quantum circuits for modular multiplication and exponentiation, Quantum Information and Computation, 2012, vol. 12, no 5, p. 361 – 394.

БАРИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭНТРОПИИ ВСЕЛЕННОЙ И ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Кошман Валентин Семенович

канд. техн. наук, доцент

*Пермский государственный аграрно-технологический университет
г. Пермь, Россия*

THE BARYON COMPONENT OF THE UNIVERSE ENTROPY AND THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS

Valentin Koshman

Cand. tech. sciences, associate Professor,

*Perm state Agrarian and Technological University,
Perm, Russia*

Аннотация. Рассматривается модель горячей Вселенной, которая расширяется с охлаждением. В предлагаемой модели Вселенной в качестве параметров её состояния рассматриваются безразмерные планковские величины, характер зависимости между которыми устанавливается законами физики. С опорой на закон излучения Стефана - Больцмана получена формула для фотонной составляющей энтропии Вселенной. Получены две формулы для энтропии барионного газа Вселенной. В согласии со вторым законом термодинамики, следуя полученным формулами для составляющих энтропии Вселенной, показано, что на планковское мгновение времени материя Вселенной была низкоэнтропийной, а следовательно, и высокоорганизованной. Приведены аргументы в пользу возможности ядерного взрыва на планковский момент времени.

Abstract. We consider a model of a hot Universe that expands with cooling. In the proposed model of the universe, dimensionless Planck quantities are considered as parameters of its state. The nature of the dependence between them is determined by the laws of physics. Based on the Stefan - Boltzmann radiation law, a formula for the photon component of the entropy of the Universe is obtained. Two formulas for the entropy of the baryon gas of the Universe are obtained. In accordance with the second law of thermodynamics, following the formulas obtained for the components of the entropy of the Universe, it is shown that at the Planck instant of time, the matter of the Universe was low-entropic, and therefore highly organized. Arguments are given in favor of the possibility of a nuclear explosion at the Planck time.

Ключевые слова: модель расширяющейся Вселенной, реликтовое излучение, планковские величины, формула Больцмана, закон Стефана – Больцмана, энтропия фотонного излучения, энтропия барионного газа, второе начало термодинамики, первичный ядерный взрыв.

Key words: model of the expanding Universe, relic radiation, Planck values, Boltzmann formula, Stefan – Boltzmann law, entropy of photon radiation, entropy of baryon gas, second beginning of thermodynamics, primary nuclear explosion.

*«Если кто – то скажет вам, что выстраданная вами теория устройства Вселенной противоречит уравнениям Максвелла, - то можно ответить, что тем хуже для уравнений Максвелла. Если окажется, что она не согласуется с результатами наблюдений, - ну что ж, и экспериментаторы могут ошибаться. Но если ваша теория окажется в противоречии со Вторым законом термодинамики, то я не могу оставить вам никакой надежды, и вашей теории придется признать свое полное поражение»
Артур Эддингтон*

Предсказанные теоретически движение звёзд как бы от центра к периферии и остаточное фотонное излучение подтверждаются

многочисленными наблюдениями с поверхности Земли и с борта космических аппаратов. Следовательно, в первом приближении мы можем

представить себе Вселенную как некое расширяющееся газовое облако, частицами которого, как минимум, являются барионы (тяжелые, ядерные частицы) и фотоны (кванты космического электромагнитного излучения). О том, что расширение однородной и изотропной Вселенной является её родовым свойством математик и геофизик А.А. Фридман сказал еще в 1922 году задолго до открытия Э. Хабблом разбегания галактик. В 1946 году Г.А. Гамов дополняет геометрию и динамику Фридмана идеями ядерной физики и термодинамики и теоретически предсказывает наличие во Вселенной остаточного (от ядерных реакций) фотонного излучения. Тот факт, что результаты интегрального подхода Гамова подтверждаются наблюдениями, позволяет сформулировать вывод: При изучении Вселенной как нестационарной физической системы необходимо задействовать весь доступный современной физике арсенал методов и средств. Вместе с тем, мнение Гамова о том, что «все ядра, в том числе и тяжелые, рождаются при Большом взрыве» в наши дни считается ошибочным [1, с. 9].

Главной проблемой, с которой встречаются исследователи, является перевод физических явлений и процессов на язык математики. Имеет ли задача аналитического описания «начала» Вселенной однозначное и точное решение, либо по своей природе она относится к числу тех задач, для которых невозможно его получить? Ответ на этот вопрос нам не известен. Ниже приведено теоретическое построение, которое не дает полное решение физических причин, но при их поиске, скорее всего, может представлять определенный интерес.

Если следовать модели горячей Вселенной, то при глубинной экстраполяции в прошлое особое внимание заслуживает планковское состояние Вселенной, которое характеризуется совокупностью внутренне согласованных планковских величин [2]. В их числе космологически огромная планковская температура $T_{pl} = 10^{32}$ К и весьма малый планковский объём $V_{pl} = 10^{-105}$ м³. Подобные числовые значения физических величин никогда не удастся реализовать в земных условиях в той же мере, как невозможны и прямые наблюдения развития во времени её закономерностей и эффектов. По этой причине космология – наука о возникновении и эволюции Вселенной – навсегда останется наукой теоретической. Здесь росту объёма достоверных знаний об изучаемой физической системе, включая самые фундаментальные, должны способствовать и физические законы, выраженные математически как зависимости между численными значениями (существенных для явлений и процессов) физических величин. Законы физики имеют отношение, прежде всего, к количественной стороне изучаемых физических явлений и процессов.

Безразмерные планковские величины объёма $\frac{V}{V_{pl}}$, температуры $\frac{T}{T_{pl}}$, энергии фотонного газа $\frac{U_{\varepsilon}}{U_{\varepsilon pl}}$, энергии барионного газа $\frac{U_b}{U_{bpl}}$, массы бариона $\frac{m_b}{m_{bpl}}$, энтропии фотонного газа $\frac{S_{\varepsilon}}{S_{\varepsilon pl}}$ и др. имеют глубокий физический смысл и изменяются в естественных пределах. Данные величины находят отражение в связке уравнений [3 -7], которые, на наш взгляд, выступают как объективные зависимости. Интерес представляет аналитическое выражение для барионной составляющей энтропии Вселенной.

Принимаем во внимание, что в числе параметров, наблюдаемых как с поверхности Земли, так и из ближнего космоса: температура реликтового фотонного излучения $T_n = 2,725$ К [8], объёмная плотность энергии фотонного излучения (проинтегрированная по всему его спектру) [9]:

$$u_{\varepsilon n} = \frac{U_{\varepsilon n}}{V} \approx 10^{-14} \text{ Дж/м}^3, \quad (1)$$

а также объёмная плотность энергии барионов [9]:

$$u_{bn} = \frac{U_{bn}}{V} \approx 10^{-11} \text{ Дж/м}^3. \quad (2)$$

Наблюдаемое видимое вещество Вселенной и микроволновое чернотельное ЗК – излучение, а также численные значения энергетических величин $u_{\varepsilon n}$ и u_{bn} – это надёжно установленные факты, которые «находятся как бы на открытой перед нами сцене». Профессор О.Д. Хвольсон [10, с. 14]: «теория, исходящая из гипотезы, является переходом от груды сырого материала, от кирпичей и камней, роль которых играют находящиеся на открытой сцене факты, к постройке соответствующей им части научного здания. Однако от теории ожидается больше, чем одно объяснение уже известных фактов; она должна предсказывать новые факты. Действительно, из гипотезы, положенной в основу теории, должно оказаться возможным вывести все вытекающие из нее следствия, т. е. более или менее исчерпывающе ответить на вопрос: какие явления должны существовать и каким правилам и законам должны они подчиняться, если закулисная причина, наличие которой предполагается избранной гипотезой, действительно существует? Мало вероятно, чтобы все явления, необходимость существования которых вытекает из данной гипотезы, были уже открыты или исследованы. Таким образом, теория может предсказывать новые явления или закономерности, иногда такие, существование которых никто не мог подозревать, хотя бы вследствие их полной новизны».

При построении теоретической схемы описания фрагмента эволюции Вселенной с опорой на безразмерные планковские величины нами, как и ранее [3 -7], принимается лишь только одна гипотеза. Это допущение о том, что выделяемые

физические законы, на которые, как известно, удалось выйти при весьма скромных значениях физических параметров, остаются законами физики и для Вселенной в целом в интервале её температуры от весьма низкой криогенной до планковской.

Установленное по результатам опыта физическое явление фотонного излучения с позиций современного понимания его природы относится к числу детально изученных. И что характерно, данное явление имеет непосредственное отношение к космологической эволюции Вселенной. Всё дело в том, что спектр регистрируемого микроволнового космического излучения является спектром абсолютно черного тела. А именно для данного спектра справедлив закон излучения (уравнение) Стефана – Больцмана. Для описания изменчивости фотонного излучения Вселенной существенны безразмерные физические характеристики $\frac{U}{U_{pl}}, \frac{V}{V_{pl}}$ и $\frac{T}{T_{pl}}$, а следовательно, и зависимость между ними $F\left(\frac{U_{\varepsilon}}{U_{\varepsilon pl}}, \frac{V}{V_{pl}}, \frac{T}{T_{pl}}\right) = 0$, которая в явной форме записи имеет вид [3 - 7]:

$$u_{\varepsilon} = \frac{U_{\varepsilon}}{V} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^4. \quad (3)$$

Уравнение (3) является аналитическим выражением закона Стефана – Больцмана для фотонного излучения расширяющейся Вселенной. Численное значение величины $u_{\varepsilon n}$, установленное по приведенной формуле, согласуется с данными астрономических наблюдений – см. (1). На уравнение (3) можно выйти с учетом особенности больших чисел $\frac{u_{\varepsilon pl}}{u_{\varepsilon n}}$ и $\frac{T_{pl}}{T_n}$, имеющих содержательный смысл [3]. Однако данный путь вряд ли можно признать очевидным. При выходе на закон излучения Стефана – Больцмана (3) гораздо проще почленно поделить $u_{\varepsilon} \propto T^4$ на $u_{\varepsilon pl} \propto T_{pl}^4$ [7].

Получены простые расчетные формулы для фотонной составляющей энтропии Вселенной [6,7]:

$$S_{\varepsilon} = S_{\varepsilon pl} \frac{N_{\varepsilon}}{N_{\varepsilon pl}}; \quad (4)$$

$$S_{\varepsilon} = S_{\varepsilon pl} \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3. \quad (5)$$

В согласии со вторым законом термодинамики формула (4) отражает влияние роста числа фотонов N_{ε} на естественное повышение фотонной составляющей энтропии S_{ε} в каскаде ядерных реакций ранней Вселенной. В (4) $N_{\varepsilon pl}$ - число планковских фотонов как субатомарных планковских частиц. Если следовать (5) и второму началу термодинамики, то при смене состояний Вселенной темп снижения её температуры T должен быть ниже темпа роста её объёма V . Какой – либо опыт расчета совместной

изменчивости $N_{\varepsilon pl}$, V и T к настоящему времени отсутствует.

Следуя (4) и (5), можно записать формулы для - числа планковских фотонов

$$N_{\varepsilon pl} = N_{\varepsilon} \frac{V_{pl}}{V} \left(\frac{T_{pl}}{T}\right)^3, \quad (6)$$

- отношения числа фотонов N_{ε} к объёму V Вселенной

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

Из последнего выражения видно, что в эпоху ядерных реакций по мере снижения температуры T число фотонов N_{ε} и объём V Вселенной возрастают синхронно.

Ранее показано [6,7], что на взаимосвязь вида (5) можно выйти двумя путями при опоре соответственно на соотношения

$$S_{\varepsilon} \propto T^3 \text{ и } S_{\varepsilon pl} \propto T_{pl}^3;$$

$$S_{\varepsilon} \propto N_{\varepsilon} \text{ и } S_{\varepsilon pl} \propto N_{\varepsilon pl}.$$

Вместе с тем, можно реализовать и иной путь. Делим левую и правую часть уравнения Стефана – Больцмана (3) на абсолютную температуру T и получаем

$$\frac{u_{\varepsilon}}{T} = \frac{U_{\varepsilon}}{VT} = \frac{U_{\varepsilon pl}}{V_{pl} T_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3.$$

А следовательно, при $\frac{U_{pl}}{T_{pl}} = k$ и $\frac{U_{\varepsilon}}{T} = S_{\varepsilon}$ имеем возможность записать выражение для энтропии фотонного излучения Вселенной (5):

$$S_{\varepsilon} = S_{\varepsilon pl} \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3,$$

где учтено, что фотонная составляющая планковской энтропии $S_{\varepsilon pl}$ [6,7]:

$$S_{\varepsilon pl} = k. \quad (8)$$

Здесь k – постоянная Больцмана, равная $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

В согласии с (2), то есть с результатами наблюдений и количественной оценки величины объёмной плотности энергии барионного газа $u_{bn} = \frac{U_{bn}}{V_n}$ получено уравнение [4]:

$$U_b = \frac{m_b c^2}{z} \frac{V}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3. \quad (9)$$

Здесь в отличие от принятого в работе [4] обозначения величина отношения числа фотонов N_{ε} к числу барионов N_b обозначена через Z , но его физическое содержание сохраняется [4]:

$$Z = \frac{N_\epsilon}{N_b} = \left(\frac{m_{bpl}}{m_{bi}} \right)^{1/2}. \quad (10)$$

Для нашей эпохи при числовых значениях планковской массы $m_{pl} = 2,18 \cdot 10^{-8}$ кг и массы протона $m_{pn} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг имеем величину космологической функции $Z_n = 1,8 \cdot 10^9$, что совпадает с данными других авторов, полученными иными методами [1,8,9 и др.].

Как и в случае фотонов, делим левую и правую часть уравнения (9) на температуру T , а его правую часть также делим и умножаем на постоянною Больцмана k . Имеем

$$\frac{U_b}{T} = \frac{m_b c^2}{z} \frac{v}{v_{pl}} \frac{k}{k T_{pl}} \left(\frac{T}{T_p} \right)^2.$$

По энергетическому смыслу $\frac{U_b}{T}$ – это энтропия барионной составляющей материи S_b

Вселенной, $m_b c^2$ – энергия единичного бариона, а $\frac{k T_{pl}}{c^2} = \frac{U_{bpl}}{c^2} = m_{bpl}$ (здесь m_{bpl} – масса планковских барионов), что с учетом космологической функции (10) позволяет записать уравнение для энтропии барионной составляющей Вселенной

$$S_b = k \frac{1}{z^3} \frac{v}{v_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^2. \quad (11)$$

Из курса физики известна формула Больцмана для энтропии S многочастичных систем:

$$S = k \cdot \ln W, \quad (12)$$

где W – термодинамическая вероятность их состояния, или число способов, посредством которых можно реализовать то или иное состояние многочастичной системы. Если следовать (12), (5) и (11), то можно прийти к взаимосвязанным выражениям для натурального логарифма термодинамической вероятности состояния фотонного [6,7] и барионного газов:

$$\ln W_\epsilon = \frac{v}{v_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^3; \quad (13)$$

$$\ln W_b = \frac{1}{z^3} \frac{v}{v_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^2. \quad (14)$$

При оценках порядка величины за характерный геометрический размер можно принять средний радиус $R_n \approx 10^{27}$ м наблюдаемой части Вселенной. Тогда имеем космологически огромные величины натурального логарифма термодинамической вероятности состояния газов реликтовых фотонов и барионов, соответственно равные $\ln W_{\epsilon n} \approx 10^{90}$ и $\ln W_{bn} \approx 10^{95}$, а следовательно, и их суммарной энтропии.

Поскольку действительные величины числа фотонов $N_{\epsilon n}$ и объёма V_n Вселенной неизвестны, вычисление числа планковских фотонов $N_{\epsilon pl}$ по

формуле (6) не представляется возможным. Вместе с тем, для планковского состояния мира при $V = V_{pl}$ и $T = T_{pl}$, следуя (13), приходим к малой величине термодинамической вероятности $W_{\epsilon pl} = e = 2,7183$, а следовательно, и к весьма малому числовому значению фотонной составляющей планковской энтропии $S_{\epsilon pl} \sim 10^{-23}$ Дж/К. Столь же малое численное значение имеет и барионная составляющая планковской энтропии S_{bpl} Вселенной. Это отвечает позиции Р. Пенроуза, который, говоря о начальном состоянии Вселенной, отмечает «тот факт, что, в силу Второго закона оно должно быть высокоорганизованным (т.е. низкоэнтропийным) состоянием» [11, с. 609].

По – видимому, все переменные будут учтены, если мы запишем

$$S_b = \Psi \left(\frac{m_{bi}}{m_{bpl}}, \frac{N_\epsilon}{N_{\epsilon pl}}, \frac{T}{T_{pl}} \right).$$

Данную зависимость можно представить и в явном виде. Покажем это. Почленно делим уравнение (11) на (5) и получаем

$$\frac{S_b}{S_\epsilon} = \frac{1}{z^3} \frac{T_{pl}}{T},$$

или с учетом (10)

$$\frac{S_b}{S_\epsilon} = \left(\frac{m_{bi}}{m_{bpl}} \right)^{3/2} \frac{T_{pl}}{T}.$$

После подстановки (4) в данное уравнение выходим на искомую взаимосвязь

$$S_b = k \left(\frac{m_{bi}}{m_{bpl}} \right)^{3/2} \frac{N_\epsilon}{N_{\epsilon pl}} \frac{T_{pl}}{T}. \quad (15)$$

Согласно второму закону термодинамики в необратимых природных процессах, а также в естественно происходящих физических явлениях энтропия S возрастает. А следовательно, в согласии с (15) по мере расширения Вселенной в период ядерных реакций темп снижения величины безразмерной планковской массы барионов $\frac{m_{bi}}{m_{bpl}}$ ниже темпа роста интегрального космологического комплекса $\frac{N_\epsilon T_{pl}}{N_{\epsilon pl} T}$. По завершению периода ядерных реакций (при $m_{bm} = \text{const}$ и $N_{\epsilon m} = \text{const}$) повышение барионной составляющей энтропии S_b Вселенной обратно пропорционально понижению температуры T : $T \propto S_b^{-1}$.

Согласно результатам проведенного исследования на планковское мгновение времени $t_{pl} \approx 10^{-43}$ с материя Вселенной оказывается многочастичной и высокоорганизованной и, скорее всего, в согласии с Гамовым происходит ядерный взрыв. По крайней мере, согласно приведенной выше формуле для барионной составляющей энтропии S_b Вселенной именно условия её планковского состояния

иницируют рост числа фотонов N_γ с одновременным началом понижения массы барионов m_b и температуры T Вселенной.

При исследовании взаимосвязей между параметрами состояния Вселенной мы заметно отошли от сложившейся в космологии традиции, но не вышли за пределы того, что разрешают изучаемые в вузах законы физики. В качестве эпиграфа нами принята цитата из книги астрофизика А. Эддингтона, приведенная в работе [11, с. 586].

Литература

1. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Издательство МГУ. 1988. 199 с.
2. Планковские единицы [Электронный ресурс]. URL: [ru.wikipedia, org/wiki/планковские единицы](https://ru.wikipedia.org/wiki/планковские_единицы) (дата обращения 8.01.2020).
3. Кошман В.С. Планковские величины, закон Стефана – Больцмана и гипотеза о рождении вселенной // American Scientific Journal. 2019. № 29. Vol. 2. P. 64 – 69.
4. Кошман В.С. Закон Стефана – Больцмана и оценка изменчивости плотности энергии барионов вселенной // American Scientific Journal. 2019. № 30. Vol. 1. P. 37 – 41.
5. Кошман В.С. Космологическое расширение Вселенной как самое грандиозное газодинамическое течение в природе // American Scientific Journal. 2019. № 31. Vol. 1. P. 41 – 45.
6. Кошман В.С. Законы физики и энтропия фотонного излучения Вселенной // American Scientific Journal. 2019. № 32. Vol. 2. P. 57 – 62.
7. Кошман В.С. Энтропия фотонного излучения Вселенной и второе начало термодинамики // American Scientific Journal. 2020. № 33. Vol. 2. P. 34 – 37.
8. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРИКОМ. 2013. 608 с.
9. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. 160 с.
10. Хвольсон О.Д. Курс физики. Т. 1. М. – Л.: ГТТИ. 1933. 656 с.
11. Пенроуз Р. Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель / пер. с англ. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2007. 912 с.