

# ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

## ПЛАНКОВСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ЗАКОН СТЕФАНА - БОЛЬЦМАНА И ГИПОТЕЗА О РОЖДЕНИИ ВСЕЛЕННОЙ

*Кошман Валентин Семенович*

*канд. техн. наук, доцент,*

*Пермский государственный аграрно-технологический университет,*

*г. Пермь, Россия*

## PLANK'S VALUES, THE STEPHAN-BOLTZMAN LAW AND THE HYPOTHESIS OF THE BIRTH OF THE UNIVERSE

*Valentin Koshman,*

*Cand. tech. sciences, associate professor*

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

**Аннотация.** В работе в развитие идеи горячего начала мира обозначены контуры аналитического описания вселенной через безразмерные планковские величины энергии фотонного излучения, его температуры и объема вселенной. Аналитически данная связь выражена законом Стефана – Больцмана в записи через гравитационную постоянную. Предложено нелинейное дифференциальное уравнение интенсивности расширения вселенной. Уравнение учитывает начальные данные, а также изменчивость числа фотонов, объема и температуры вселенной в момент ее рождения. Решением дифференциального уравнения для эпохи отсутствия ядерных реакций является и выражение, позволившее Г.А. Гамову теоретически предсказать наличие позднее обнаруженного во вселенной остаточного фотонного излучения. Показано, что закон Стефана - Больцмана, скорее всего, справедлив от планковского времени до настоящего времени. В данной связи сформулирована гипотеза, согласно которой при движении вспять во времени по мере роста объемной плотности энергии фотонное излучение нагревается, но не исчезает и в результате сохраняется в мире от наших дней вплоть до момента рождения вселенной. Отмечено, что причиной появления фотонного излучения, скорее всего, является первичный термоядерный взрыв, который произошел на планковский момент времени.

**Abstract.** In the work in development of the idea of the hot start of the world, the contours of the analytical description of the universe through the dimensionless Planck values of the photon radiation energy, its temperature and the volume of the universe are outlined. Analytically, this connection is expressed by the law of Stefan - Boltzmann in the record through the gravitational constant. A nonlinear differential equation for the expansion intensity of the universe is proposed. The equation takes into account the initial data, as well as the variability of the number of photons, the volume and temperature of the universe at the time of its birth. The solution of the differential equation for the era of the absence of nuclear reactions is the expression that allowed G.A. Gamow theoretically predict the presence of residual photon radiation later discovered in the universe. It is shown that the Stefan-Boltzmann law is most likely valid from Planck time to the present. In this connection, a hypothesis is formulated, according to which, when moving backward in time, as the bulk density of energy increases, the photon radiation heats up, but does not disappear and as a result remains in the world from our days until the birth of the universe. It is noted that the cause of the appearance of photon radiation is most likely the primary thermonuclear explosion that occurred at the Planck moment in time.

**Ключевые слова:** модель расширяющейся вселенной, реликтовое излучение, планковские величины, закон Стефана – Больцмана, гипотеза о рождении вселенной, первичный термоядерный взрыв, стадия экспоненциального расширения, стадия адиабатного расширения.

**Keywords:** model of an expanding universe, relict radiation, Planck quantities, Stefan-Boltzmann law, hypothesis of the birth of the universe, primary thermonuclear explosion, stage of exponential expansion, stage of adiabatic expansion.

*“Бог совершил две ошибки. Во – первых, он “сотворил” Вселенную в Большом взрыве. Во – вторых, он был настолько небрежен, что оставил “улики” – микроволновое фоновое излучение”.*

*Пал Эрдош*

### Введение

Со времен И. Ньютона ученые были убеждены, что закономерности в природе существуют, постигали мир математических форм и физических законов, стремились к установлению единой картины мира, Изучение физических

систем, процессов, явлений неразрывно связано с разработкой моделей, позволяющих описать объекты с той или иной степенью правомерности. Модели призваны отражать существенное в рамках решаемых задач, быть достаточно простыми, наглядными и допускать применение математических методов описания и анализа. Отличительной чертой 20 века можно считать разработку умозрительных моделей вселенной, а также постановку вопроса о ее рождении. Заметим, что формирование представлений и моделей, в

большей степени соответствующих природному объекту, продолжается.

Установлено, что характерной особенностью вселенной является ее расширение с охлаждением. Далее полагаем, что данное суждение точно отвечает реальной физической ситуации, поскольку выступает как результат базирования теоретических выводов на надежных эмпирических фактах. Расширение вселенной было теоретически предсказано А. А. Фридманом, а ее охлаждение – Г. А. Гамовым. Вывод в пользу горячего начала мира стал возможным благодаря соединению геометрии и динамики Фридмана с идеями ядерной физики и термодинамики. Гамов высказал идею о том, что при возрасте  $t = 1\text{с}$  температура вселенной достигала порядка  $10^{10}\text{ К}$  и понизилась сегодня до температуры, близкой к абсолютному нулю, выделил период ядерных реакций ( $1\text{ с} < t < 100\text{ с}$ ) [1] и для эпохи, когда они были уже завершены, предсказал присутствие во вселенной остаточного фотонного излучения [2]. В настоящее время его наличие подтверждается с помощью надежной и достаточно чувствительной аппаратуры, установленной на поверхности Земли, а также выводимой ракетами – носителями в область ближнего космоса.

Отдельные исследователи в отношении нижней границы временного интервала протекания ядерных реакций  $t = 1\text{ с}$  высказывают сомнения, образное выражение которого сконцентрировано в эпитафии [3]. Дж. Нарликар, рассмотрел альтернативные идеи об истоках возникновения реликтового излучения и сформулировал критерий [3, с. 196 – 197]: “Любая физическая модель, которая претендует на то, чтобы объяснить происхождение микроволнового фонового излучения, должна количественно объяснить его сегодняшнюю наблюдаемую интенсивность. Почему плотность энергии фонового излучения составляет около  $10^{-14}\text{ Дж/м}^3$ ?”, т. е. равна

$$u_{en} \sim 10^{-14}\text{ Дж/м}^3. \quad (1)$$

Прежде чем сформулировать цель работы, сфокусируем внимание на тех позициях, которые, на наш взгляд, могут способствовать ее достижению:

1. Отмечается [4] высокая вероятность рождения мира с радиусом кривизны порядка планковского.

2. Планковские величины  $P_i$  определяются в виде комбинаций мировых констант

$$P_i = c^\alpha G^\beta h^\nu k^\alpha, \quad (2)$$

Здесь  $c$  – скорость света в вакууме,  $G$  – гравитационная постоянная,  $h$  – постоянная Планка (в записи через  $2\pi$ ),  $k$  – постоянная Больцмана, а  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\nu$  и  $\alpha$  – коэффициенты.

3. Принимаем во внимание важнейший постулат космологии, то есть принцип, согласно которому фундаментальные законы физики, установленные и проверенные в лабораторных экспериментах на Земле, остаются верными во все времена для всей вселенной, а также все явления и процессы, недоступные для земных лабораторий,

могут быть объяснены на основе этих законов. Без этого постулата космология как наука невозможна.

4. Выделяем закон (уравнение) Стефана – Больцмана для объемной плотности энергии фотонного излучения  $u_\varepsilon$  [5,6]:

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \frac{\pi^2}{15} k \left(\frac{k}{ch}\right)^3 T^4. \quad (3)$$

Здесь уравнение (3), выражающее закон Стефана – Больцмана, по сути является математической моделью соответствующего объективного закона (существенной связи между  $u_\varepsilon$  и четвертой степенью абсолютной температуры:  $T^4$ ).

Принимаем также во внимание и родственное (3) по области описания уравнение для числа фотонов [6, 7]

$$N_\varepsilon = 0.244 \left(\frac{k}{ch}\right)^3 T^3. \quad (4)$$

В уравнениях (3) и (4), отличающихся простотой выражения знания о сложной действительности,  $V$  – объем вселенной.

Остановившись на критических замечаниях, отметим следующие: 1) к настоящему времени закономерностям (3) и (4) должного внимания не уделяется, 2) при решении нестационарных космологических задач в уравнениях (3) и (4) начальные данные не учитываются, 3) изменчивость числа фотонов  $N_\varepsilon$  в космологическом времени  $t$  во внимание не принимается в той же мере, как и то общее, которое присуще формулам (2) – (4).

Целью работы является повысить информативность закона Стефана – Больцмана и на этой основе сформулировать гипотезы как о времени появления фотонного излучения вселенной, так и о ее рождении. Разрешимы ли отвечающие данной цели задачи? Для их решения готовых методов не существует, а эффективные простые алгоритмы их решения ранее не использовались. С учетом масштабности затронутой проблемы ниже предпримем не более как попытку продвижения к поставленной цели.

#### Методика и результаты

Применим надежно зарекомендовавший себя ранее в естествознании подход и к описанию фрагмента эволюции вселенной. Ожидаем, что это позволит сделать очевидным его эффективность в обобщении накопленных и сообщении новых знаний. Неоднократно проверенным на практике подходом является известный анализ размерности, позволяющий получить правильные выражения [8]. Заметим, что эффективность размерностных соображений оказалась весьма полезной, в частности, при выходе на число Рейнольдса  $Re$  потока жидкости. Это заметно отразилось на ход становления гидравлики как науки.

С учетом переменных в (3) выделяем планковские единицы длины  $L_p$ , энергии  $U_p$  и температуры  $T_p$ , предложенные М. Планком в 1899 году при решении проблемы равновесия вещества и излучения. Тогда в согласии с (2) уравнение Стефана – Больцмана принимает вид

$$u_\varepsilon = \frac{U_p}{V_p} \left(\frac{T}{T_p}\right)^4, \quad (5)$$

где объем планковской ячейки  $V_p$  найден по формуле

$$V_p = b_v L_p^3 = b_v \left(\frac{Gh}{c^3}\right)^{3/2}. \quad (6)$$

( $b_v$  - коэффициент). Следует отметить, что по мере перехода от уравнения (3), содержащего пять размерных величин ( $u_\varepsilon, k, h, c$  и  $T$ ), к тому же уравнению (5), но содержащему уже две безразмерные переменные  $u_\varepsilon/u_p$  и  $T/T_p$  закон Стефана – Больцмана обобщается, его физический смысл вычленяется: объемная плотность энергии фотонного излучения, выраженная в безразмерных единицах М. Планка, равна температуре фотонного излучения в тех же единицах, взятой в четвертой степени. При этом, что существенно, планковские единицы энергии  $U_p$ , объема  $V_p$  и температуры  $T_p$  приобретают смысл начальных данных при описании расширения вселенной. На наш взгляд, это не противоречит смысловой нагрузке модели расширяющейся с охлаждением вселенной.

Заметим, что к выражению (5) можно подойти и иным путем. При известных числовых значениях планковских температуры  $T_p$  порядка  $10^{32}$  К и плотности  $\rho_p = u_p/c^2$  порядка  $10^{97}$  кг/м<sup>3</sup>, а также объемной плотности энергии реликтового излучения  $u_{\varepsilon n}$  и его температуры  $T_n$  вычисляем числовые значения безразмерных величин  $u_p/u_{\varepsilon n}$  и  $T_p/T_n$ . Далее в них выделяем общее для всех больших чисел, то есть  $10^{10}$ , и в результате приходим к равенствам [9]:

$$10^{-3/2} \left(\frac{u_p}{u_{\varepsilon n}}\right)^{1/12} = 10^{-3/2} \left(\frac{T_p}{T_n}\right)^{1/3} = 10^{10}; \quad (7)$$

$$\frac{u_{\varepsilon n}}{u_p} = \left(\frac{T_n}{T_p}\right)^4. \quad (8)$$

Видно, что в весьма широком интервале числовых значений сопоставляемых величин, имеющих содержательный смысл, выражения (5) и (7) позволяют прийти к одному и тому же равенству (8). Отмеченное, скорее всего, можно объяснить тем, что планковские единицы действительно имеют непосредственное отношение к начальным данным в вопросе описания космологического расширения вселенной.

Если говорить о реликтовом  $3K$  - излучении на языке квантов, то можно отметить: в мире существует равновесный газ фотонов. Поделив число фотонов  $N_\varepsilon$  на объем  $V$  вселенной, можно найти среднюю объемную концентрацию фотонов  $n_\varepsilon = N_\varepsilon/V$ . Объемную плотность энергии фотонного газа  $u_\varepsilon$  вычисляем через среднюю энергию единичного фотона  $U_\varepsilon^{(1)}$  и их среднюю объемную концентрацию  $n_\varepsilon$  как  $u_\varepsilon = U_\varepsilon^{(1)} \cdot n_\varepsilon$ . В силу (3) и (4) для средней энергии единичного фотона  $U_\varepsilon^{(1)}$  имеем

$$U_\varepsilon^{(1)} = kT. \quad (9)$$

Данную формулу С. Вайнберг (1981г.) называет простым мнемоническим правилом; она отражает тот факт, что каждый фотон обладает определенным энергетическим содержанием.

Принимая за основу простейшие математические выражения, мы жертвуем определенной степенью точности в пользу большей наглядности алгоритма решения задачи.

Введение величины

$$U_p = kT_p \quad (10)$$

в математическое выражение (5) дает уравнение

$$u_\varepsilon = U_\varepsilon^{(1)} \cdot n_\varepsilon = \frac{kT}{V_p} \left(\frac{T}{T_p}\right)^3, \quad (11)$$

что в силу (9) позволяет выйти на выражения

$$n_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{V} = \frac{1}{V_p} \left(\frac{T}{T_p}\right)^3; \quad (12)$$

$$N_\varepsilon = \frac{V}{V_p} \left(\frac{T}{T_p}\right)^3. \quad (13)$$

Заметим, что уравнения (4) и (13) равносильны, поскольку позволяют прийти к одному и тому же выводу: число фотонов во вселенной прямо пропорционально ее объему и температуре излучения в третьей степени.

Из уравнения (12), которое также можно представить в виде

$$n_\varepsilon = \frac{1}{V_p} \left(\frac{T_n}{T_p}\right)^3 \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 = n_{\varepsilon n} \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 = 10^9 \left(\frac{T}{T_n}\right)^3, \quad (14)$$

следует, что число фотонов в единице объема при расширении вселенной понижается. Вместе с тем, в силу (14) при экстраполяции в прошлое с ростом температуры вселенной по мере возрастания яркости свечения величина  $n_\varepsilon$  становится все более заметной и на много порядков превышает ту величину  $n_{\varepsilon p}$  при  $T = T_p$ , равную  $n_{\varepsilon p} = 1$ , которая отвечает взаимосвязи (12). Причину наблюдаемого вряд ли следует искать в несовершенстве математических конструкций (12) и (14). Не исключено, что со временем истоки наблюдаемого при анализе уравнений (12) и (14) будут учтены соответствующей объяснительной схемой, очерченной строгими теоретическими рамками.

Как известно, при решении любой математической задачи, имеющей целью описать тот или иной фрагмент материального мира, всегда желательно приблизиться к верному решению. И здесь наброски возможной картины расширения вселенной в момент ее рождения не являются исключением. Какая абстракция является наиболее близкой к реальной картине? Однозначный ответ на этот вопрос нам неизвестен. Поэтому ниже речь будет идти не более как об одном из возможных приближений.

Прежде всего, если согласиться с мнением [3], что мир родился с радиусом кривизны порядка планковского, то при постановке задачи описать динамику акта рождения вселенной необходимо учитывать и начальные данные ( $V_p, T_p, \dots$ ), и изменчивость объема  $V$  и температуры  $T$  в космологическом времени  $t$ , а также и иные определяющие факторы. В силу (12) и (14) рассматриваем функцию  $V = f(N_\varepsilon, T)$  как сложную функцию от времени  $t$ :

$$V = f(N_\varepsilon, T) = f[\varphi(t), \psi(t)] = F(t)$$

Можно ожидать, что родившаяся вселенная эволюционирует согласно нелинейному дифференциальному уравнению

$$\frac{d\left(\frac{V}{V_p}\right)}{dt} = \left(\frac{T_p}{T}\right)^3 \frac{dN_\varepsilon}{dt} + N_\varepsilon \frac{d\left(\frac{T_p}{T}\right)^3}{dt}. \quad (15)$$

В данной связи обратим внимание на два предельных случая.

Первый случай. Период ядерных реакций завершен, число реликтовых фотонов  $N_{em}$  неизменно ( $N_{em} = const$ ) и производная  $\frac{dN_{em}}{dt} = 0$ .

Тогда уравнение (15) имеет решение (13), в согласии с физическим смыслом которого температура  $T$  и объем  $V$  вселенной отвечают связи

$$T = \left(\frac{N_\varepsilon V_p T_p^3}{V}\right)^{1/3} = \frac{K}{V^{1/3}} \propto \frac{1}{V^{1/3}}. \quad (16)$$

По Фридману, вселенная в среднем изотропна и однородна. Однородна и плотность фотонов. Это позволяет массу фотонов излучения выделить и в сферическом объеме  $V$  радиусом  $R$ . Тогда имеем

$$T \propto \frac{1}{R}. \quad (17)$$

Решение (17) примечательно тем, что впервые оно было получено Г. А. Гамовым (1946 г.) с позиций ядерной физики и термодинамики. По данным работы [2], Гамов по завершению описания периода ядерных реакций, вышел на уравнение адиабаты

$$T^3 V^{\gamma-1} = const, \quad (18)$$

а далее при величине показателя адиабаты  $\gamma = 4/3$  – к закону (17). Это позволило сформулировать Гамову его известное теоретическое предсказание о наличии во вселенной остаточного фотонного излучения. В отличие от известного результата (18) в решении (16) величина сомножителя  $K$  определена с учетом и числа реликтовых фотонов  $N_{\varepsilon 0}$ , и начальных данных о расширении вселенной ( $V_p$  и  $T_p$ ).

Случай второй представляет особенный интерес. Дело в том, что в (15) речь идет о производной числа фотонов по времени вблизи планковской температуры, то есть

$$\frac{dN_\varepsilon}{dt} \text{ вблизи } T = T_p. \quad (19)$$

К настоящему времени в теории данный случай не рассматривается.

Когда во вселенной возникло фотонное излучение? На сегодняшний день имеется несколько физических процессов, соответствующих наблюдаемому реликтовому излучению, в том числе и мнение [10]: реликтовое излучение – это излучение, высвободившееся в момент образования атомов водорода, а до этого излучение было заперто в плотной горячей плазме.

Вместе с тем, в записи через гравитационную постоянную  $G$  уравнение Стефана – Больцмана, скорее всего, свидетельствует о правомерности его применения в области величин объемной плотности энергии фотонного излучения  $u_\varepsilon$  от планковской  $u_{\varepsilon p}$  до регистрируемой  $u_{\varepsilon n}$ , т. е. в интервале числовых значений

$$u_p \geq u_\varepsilon \geq u_{\varepsilon n},$$

последнее из которых (установленное путем интегрирования по всему спектру наблюдаемого

излучения) отвечает известному требованию (1). Закон Стефана – Больцмана – это интегральный закон излучения абсолютно черного тела [5,6]. Как показывают результаты прецизионных измерений, фотонное излучение в настоящее время имеет спектр, близкий к спектру абсолютно черного тела с температурой на 2,725 градусов выше абсолютного нуля. Для иных времен подобные данные отсутствуют. Тогда, если принять условия, согласно которому закон Стефана – Больцмана справедлив для временного интервала  $t_p \geq t \geq t_n$ , то можно прийти к мысли о том, что фотонное излучение существует во вселенной, начиная с планковского момента времени.

Вновь обращаем внимание на производную числа фотонов по времени - см. (19), но уже с учетом особенности функции  $e^x$ , где  $e$  - основание натуральных логарифмов, а  $x$  - некоторая функция времени. Производная функции  $e^x$  равна самой себе. Если на планковский момент времени  $t_p$  при радиоактивном распаде возможен экспоненциальный рост числа фотонов, то в силу (15) нельзя исключить и возможность близкого к экспоненциальному режима расширения вселенной.... При достижении условия  $N_{em} = const$  происходит смена режимов расширения с экспоненциального на адиабатный.

В космологии сама постановка вопроса об экспоненциальном росте объема вселенной не является новой. Так, по тексту монографии, подчеркивая, что “в разделе будут описаны три классических космологических проблемы (плоскостность, горизонты и монополи – В.К.) и рассмотрен тот объем знаний теории инфляции, который необходим для решения каждой из них”, С.Вайнберг отмечает [4, с. 234]: “С этой целью достаточно предположить, что ранняя Вселенная прошла сквозь стадию экспоненциального расширения, и не будем заботиться о том, как именно это происходило”.

Естественно также спросить: а можно ли пролить какой – либо свет на начальное состояние вселенной в момент времени  $t_p$ , т. е. на момент до появления фотонов? Если и возможно, то лишь только на уровне коэффициентов.

“Анализ размерности (чаще говорят “соображение размерности” или “метрические соображения”) – инструмент, используемый в физике ... для построения обоснованных гипотез о взаимосвязи различных параметров сложной системы” [11]. Анализ размерности позволяет прийти к “искмым соотношениям (с точностью до безразмерного множителя)” [11]. В аналогичных рассматриваемому случаях выход на числовые значения безразмерных множителей реализуется с привлечением методов той или иной строгой теории.

Заметим, что в теории элементарных частиц вопрос величины их энергии относится к числу ключевых вопросов. Принимаем допущения о том, что энергетическая родословная реликтовых фотонов отвечает глубинной связи

$$U_{ep} = b_\varepsilon U_p = b_\varepsilon \left( \frac{hc^5}{G} \right)^{1/2}, \quad (20)$$

а в отличие от (10) температура пра – Материи (т. е. физическая величина, которая обычно характеризует кинетическую энергию частиц):

$$T_p = \frac{b_\tau U_{ep}}{k}. \quad (21)$$

В формуле (20) смысловую нагрузку коэффициента  $b_\varepsilon$  можно трактовать как долю планковской энергии пра – фотонов  $U_{ep}$  в планковской энергии  $U_p$ . Наличие коэффициента  $b_\tau$  в формуле (21) можно объяснить тем, что пра – фотоны / пра - фотон в линейке пра – частиц не являются единственными; взятые вместе пра – частицы составляют пра – Материю. Признаем, что используемое здесь нами понятие “пра – частица” на планковский масштаб времени является, вообще говоря, не вполне корректно определенным.

Представив  $u_\varepsilon$  [в согласии с (5), (6), (20) и (21)] в расшифрованном виде, мы получим выражение

$$u_\varepsilon = \frac{b_\varepsilon}{b_\nu b_\tau^4} k \left( \frac{k}{ch} \right)^3 T^4,$$

которое при численном значении безразмерного множителя

$$\frac{b_\varepsilon}{b_\nu b_\tau^4} = \frac{\pi^2}{15}$$

с точностью до обозначений совпадает с решением (3), известным из квантовой физики. А следовательно, присутствие коэффициентов  $b_\nu$ ,  $b_\varepsilon$  и  $b_\tau$  соответственно в формулах (6), (20) и (21), скорее всего, можно считать обоснованным. Если условие (20) некоторым образом выражает одно из фундаментальных положений математики: аксиому “часть меньше целого”, то формулы (20) и (21) допускают космологическое истолкование: пра – Материю необходимо рассматривать структурно. Примечательно, что в согласии с физической интуицией Г.А.Гамова “все ядра, в том числе тяжелые, рождаются при Большом взрыве” [4, с. 9].

Сложилось мнение [12]: вся картина расширяющейся вселенной выглядит так, как будто весь мир вначале был сжат в точку, а затем взорвался и разлетается. Тщательный математический анализ решения задач общей теории относительности в применении ко вселенной свидетельствует о следующем [13]: 1. Существует начало расширения. 2. Расширение началось из сверхплотного и горячего состояния в результате так называемого “Большого взрыва”, которому приписывается момент времени  $t = 0$ . 3. Можно избежать бесконечной плотности и бесконечной температуры, заменив их некоторыми предельными  $\rho_0$  и  $T_0$ . Возможно по этой причине в работе “Космология и гравитационная постоянная” П.А.М. Дирак, рассуждая о возрасте вселенной, наряду с общепринятой моделью Большого взрыва также выделяет и предложенную Ж. Леметром схему, которая по его мнению довольно красива. По Леметру вселенная начиналась с “одного – единственного атома ... атом был чрезвычайно радиоактивным. Он мгновенно распался на части, которые претерпели дальнейший распад, распады

продолжались, и радиоактивность, которую мы наблюдаем сейчас, представляет собой просто остатки начальной радиоактивности” [14].

#### Заключение

Показано, что запись закона Стефана – Больцмана через гравитационную постоянную способствует повышению его информативности. Это позволяет вычленить физический смысл решаемой космологической задачи, когда планковские единицы энергии  $U_p$ , объема  $V_p$  и температуры  $T_p$  принимают на себя функцию начальных данных при описании расширения вселенной. В согласии с законом Стефана – Больцмана и простым мнемоническим правилом достаточно просто реализован выход на два уравнения для объемной концентрации фотонов, а также на уравнение для числа фотонов во вселенной. Из последнего для эпохи отсутствия во вселенной ядерных реакций непосредственно следует закон Гамова для падения температуры вселенной при ее адиабатном расширении. В отличие от известных уравнений полученные нами уравнения записаны через безразмерные планковские величины.

Анализ уравнений для объемной концентрации фотонов при различии в приведенных температурах  $T/T_p$  и  $T/T_n$  свидетельствует в пользу производства фотонов во вселенной в момент ее рождения. Эта особенность (а также начальные данные по расширению вселенной) учтена в предложенном в работе дифференциальном уравнении интенсивности расширения вселенной. Приведены аргументы, что на планковский момент времени пра – Материю вселенной можно рассматривать структурно. При экспоненциальном росте числа фотонов в результате радиоактивного распада пра – Материи решение дифференциального уравнения свидетельствует в пользу близкого к экспоненциальному режима расширения вселенной.

В согласии с базовым постулатом космологии в отношении закона Стефана – Больцмана дано подтверждение тому, что данный закон физики, установленный и подтвержденный в лабораторных условиях на Земле, справедлив с момента начала расширения вселенной как целого. А следовательно, в силу закона Стефана – Больцмана фотонное излучение, скорее всего, возникло во вселенной где – то 20 миллиардов лет назад на планковский момент времени порядка  $10^{-43}$  с. Весьма яркое лучистое свечение в связи с появлением фотонов обусловил первичный термоядерный взрыв; развитие вселенной начинается с горячего и плотного состояния. При этом, на наш взгляд, физически разумно объясняются и происхождение реликтового излучения, и наличие фазы экспоненциального расширения, и ее смена режимом адиабатного расширения, а также и регистрируемая величина объемной плотности энергии остаточного фотонного излучения. Здесь три последние из

отмеченных позиций на сегодняшний день активно обсуждаются вне взаимосвязи между собой, причем последняя из них отвечает известному требованию (1), предъявляемому к физическим моделям, которые ориентированы на объяснение происхождения остаточного фотонного излучения.

На вопрос о том, является ли идея о первичном термоядерном взрыве адекватной реальности, в настоящее время однозначного ответа нет, поскольку непосредственные экспериментальные свидетельства в пользу каждого из возможных вариантов рождения вселенной отсутствуют.

#### Список литературы:

1. Зельдович Я. Б. "Горячая" модель Вселенной // Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная. М.: Наука. 1985. С. 237 – 244.
2. Чернин А. Я. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 169. № 8. С. 889 – 896.
3. Нарликар Дж. Неистовая Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. 256 с.
4. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Изд – во МГУ. 1988. 199 с.
5. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: ЛИБРИКОМ. 2013. 608 с.

6. Клапдор – Клайнротхаус Г. В., Цюбер К. Астрофизика элементарных частиц / пер. с нем. М.: Изд – во УФН. 2000. 496 с.

7. Краснопевцев Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие. Новосибирск: Изд – во НГТУ. 2014. 387 с.

8. Набока Е.М., Квашнин А.И., Горбунов А.В. Основы теории подобия и моделирования физических процессов: учебное пособие. Пермь: Изд – во ПНИПУ. 2018. 105 с.

9. Кошман В. С. Нетрадиционный подход к выводу закона Стефана-Больцмана // Пермский аграрный вестник, 2004. Вып.12. Ч.3. С.13-15.

10. Вселенная. Изучение реликтового фона [Электронный ресурс]. Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вселенная#Изучение\\_реликтового\\_фона](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вселенная#Изучение_реликтового_фона) (дата обращения 16.08.2019).

11. Анализ размерности [Электронный ресурс]. Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Анализ\\_размерности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Анализ_размерности) (дата обращения 16.08.2019).

12. Бялко А.В. Наша планета – Земля. М.: Наука. 1983. 208 с.

13. Крамаровский Я.М., Чечев В.П. Ядерная стабильность во Вселенной. М.: Знание. 1976. 64 с.

14. Дирак П.А.М. Космология и гравитационная постоянная // Воспоминания о необычной эпохе / пер. с англ. М.: Наука. 1990. С.178 – 188.

## QUANTUM THEORY OF SOLAR CORONA HEATING

*Mirzoeva Irina*

*Cand. Sc. Physics, Space Research Institute,  
Russian Academy of Sciences,  
Moscow*

*Chefranov Sergey*

*Dr. Sc. Physics, Obukhov Institute of Atmospheric Physics,  
Russian Academy of Sciences,  
Moscow*

**Abstract.** Data obtained in the framework of the INTERBALL-Tail Probe (1995–2000) and RHESSI (from 2002 to the present) projects have revealed variations in the X-ray intensity of the solar corona in the photon energy range of 2–15 keV during the period of the quiet Sun. Previously, a hypothesis was proposed that this phenomenon could be associated with the effect of coronal heating. In the present study, a new mechanism of coronal plasma heating is proposed on the basis of the experimental data and the quantum theory of photon pairs that are produced from vacuum in the course of the Universe's expansion. A similar mechanism based on the splitting of photon pairs in the interplanetary and intergalactic space is also proposed to explain the observed microwave background radiation.

**Keywords:** photons, photons pairs, solar corona, coronal plasma heating

### INTRODUCTION

In the previous studies [1, c.57], [2, c.316], [3, c.92] variations in the intensity of solar X-ray emission in the photon energy range from 2 to 15 keV during the period of the quiet Sun were investigated. The phenomenon of a decrease in the intensity of solar emission in narrow subranges of the X-ray spectrum in the photon energy range of 2–15 keV was revealed in 2005 [1, c.57] by analyzing the data of the *INTERBALL-Tail Probe* project. Further, this phenomenon was confirmed by the data of the *RHESSI*

project. In [2, c.316], [3, c.92], the total range of soft X-ray (SXR) emission from 3 to 11 keV was divided into narrow subranges of width 1 keV, i.e., the X-ray spectrum was separately analyzed in the following subranges: 3–4, 4–5, 5–6, 6–7, 7–8, 8–9, 9–10, and 10–11 keV. Such a partition of the spectrum made it possible to observe a drop (in some cases, an increase) in the X-ray intensity of microflares and thermal background radiation of the solar corona. In some cases, the maximum drop in the X-ray intensity was shifted toward harder spectral range. Detailed analysis