

УДК 53.01

© Молчанов А. Б., 2019

КОСМИЧЕСКИЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ФОН В РЕЛЯЦИОННОМ ПОДХОДЕМолчанов А. Б.^{a,1}^a Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 119234, Россия.

В рамках реляционной парадигмы предложено описание эффекта космического микроволнового фонового излучения. Установлена связь предложенной интерпретации с идеями о "температуре межзвёздного пространства выдвинутыми Г. Вейлем, А. Эддингтоном, Э. Регенером и В. Нернстом в 20-30-е годы XX века. Кроме того, в соответствии с реляционным обоснованием космологического красного смещения и современными данными о светимостях звёзд получена новая оценка температуры микроволнового фона. Ключевая идея проведения оценки состоит в учёте энергии испущенного, но не поглощённого излучения. Согласно реляционному подходу, эта энергия до реального поглощения распределяется по отношениям между излучателем и всеми возможными поглотителями. Во Вселенной, как системе большого числа излучателей и поглотителей это приводит к ситуации, когда наблюдатель воспринимает самого себя, как обладающего некоторой дополнительной энергией, что связывается с обнаружением дополнительного излучения, находящегося в термодинамическом равновесии с регистрирующим прибором. Также в статье уделяется внимание проблеме, возникшей в космологии в последние годы: неоднозначности параметра Хаббла при его определении двумя независимыми астрономическими методами. Поскольку в реляционном подходе за явление космологического красного смещения ответственны два фактора, становится возможным охарактеризовать каждый из них своим значением параметра Хаббла.

Ключевые слова: реляционный подход, космический микроволновой фон, реликтовое излучение, параметр Хаббла.

COSMIC MICROWAVE BACKGROUND IN THE RELATIONAL APPROACHMolchanov A. B.^{a,1}^a Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119234, Russia.

There is proposed a new interpretation of the cosmic microwave background (CMB) radiation within the framework of the relational approach. The key concept of proposed interpretation is strongly connected with the ideas on the "temperature of the interstellar space" put forward by G. Weyl, A. Eddington, E. Regener and V. Nernst in the 1920–1930s. In accordance with the relational justification of the cosmological redshift and modern data on the luminosities of stars, a new estimate of the CMB temperature was obtained. The main idea of this estimate is to account for the energy of the emitted, but unabsorbed radiation. According to the relational approach, this energy is distributed by the relations between the emitter and all possible receivers, until it will be really absorbed. In a system of a large number of emitters and absorbers, like the Universe, this leads to a situation when the observer perceives himself as possessing some additional energy, which is associated with the detection of additional radiation that is situated in thermodynamic equilibrium with the detecting device. The article also pays attention to a problem that has arisen in cosmology a few years ago: the value of the Hubble's parameter becomes ambiguous when it is determined by two independent astronomical methods. Since in the relational approach, two factors are responsible for the cosmological redshift, it becomes possible to characterize each of them by its own value of the Hubble's parameter.

Keywords: relational approach, cosmic microwave background, relic radiation, Hubble's parameter.

PACS: 98.80.-k, 98.80.Es, 98.80.Jk

DOI: 10.17238/issn2226-8812.2019.3.69-76

¹E-mail: alexeybm2009@gmail.com

Введение

Современная теоретическая физика исследует мир в рамках трёх парадигм: теоретико-полевой, геометрической и реляционной. В основе первой лежит идея о готовом классическом пространстве-времени, на фоне которого записываются уравнения, задаются источники и переносчики полей физических взаимодействий. Геометрическая парадигма апеллирует к объединению категорий пространства-времени и полей в одну обобщённую категорию искривлённого пространства-времени, ядром этой парадигмы является общая теория относительности (ОТО). В основе реляционной парадигмы, опирающейся на идеи Лейбница и Маха, лежат три аспекта (в современном понимании) [1]: 1) реляционный подход к природе пространства и времени, 2) описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия, 3) принцип Маха. Первый аспект подразумевает вторичность и макроскопическую природу пространства-времени по отношению к более фундаментальным закономерностям микромира; второй с необходимостью следует из первого, поскольку на фундаментальном уровне существование переносчиков взаимодействий становится невозможным; наконец, третий аспект также следует из двух предыдущих и понимается в самом широком смысле: как обусловленность локальных свойств объекта глобальными свойствами всего окружающего мира.

В настоящее время при решении накопившихся за последние десятилетия проблем фундаментальной физики всё больше физиков-теоретиков обращаются к её основаниям, актуализируя задачу вывода классических пространственно-временных представлений из более глубоких закономерностей микромира. Исходя из названных выше факторов, можно убедиться, что наиболее приемлемым для решения данной задачи является реляционный подход. Поэтому развитие реляционной концепции по всем направлениям, позволяющим взглянуть на фундаментальную физику с трёх сторон, соответствующих трём названным парадигмам, имеет высокий приоритет.

В предыдущих работах [2] [3] были сформулированы основные принципы современного реляционного подхода к космологии. Данная работа продолжает этот цикл. Как известно, общепринятая на сегодняшний день космологическая модель Λ CDM (Λ Cold Dark Matter) в последние два десятка лет столкнулась с рядом трудностей, связанных с ненаблюдаемостью введённых в теорию особых видов материи (тёмная материя и тёмная энергия). Кроме того, до сих пор не был найден механизм согласования значений космологической постоянной и плотности энергии вакуума в теории поля [4]. Наконец, в последние несколько лет стала выявляться новая проблема: значения параметра Хаббла, полученные двумя независимыми методами (по реликтовому излучению и по диаграмме Хаббла), с повышением точности измерений стали расходиться. На момент написания настоящей работы данное расхождение превышает 4,4 сигмы [5], что поднимает ряд вопросов о возможном несовершенстве методов исследований или неполноте современной космологической модели.

В рамках реляционного подхода получилось дать новую интерпретацию эффекта космологического красного смещения, не опирающуюся на наличие ненаблюдаемых видов материи. Её основу составляет следующее положение. В соответствии с теорией бинарных систем комплексных отношений (БСКО), которая является ядром реляционного формализма, процесс излучения фотона описывается матрицей отношений между излучателем и всеми возможными поглотителями; ввиду отсутствия классического пространства-времени как фона, по которому мог бы распространяться фотон, его энергия (до его реального поглощения) распределяется по отношениям между излучателем и поглотителями. Поскольку во Вселенной такого испущенного, но не поглощённого излучения очень много, как много и объектов-поглотителей, то вся энергия такого излучения будет восприниматься наблюдателем как энергия расширения окружающей его Вселенной (сжатие следует исключить, поскольку реальное поглощение приводит к отталкиванию). Нелинейность закона Хаббла, трактуемая в Λ CDM модели как проявление ускоренного расширения Вселенной была связана в реляционном подходе с неархимедовостью наблюдаемых координат. Было показа-

но, что при использовании в качестве модифицированных координат релятивистского поля чисел с максимальным числом, соответствующим гравитационному радиусу наблюдаемой Вселенной, получается близкое к измеренному в экспериментах значение параметра замедления.

В настоящей работе предлагается с реляционных позиций взглянуть ещё на одно важное космологическое явление - реликтовое излучение.

1. Проблема интерпретации космического микроволнового фона

Современное понимание эффекта реликтового излучения возникло на рубеже 1940-1950-х годов в работах Г. Гамова и его учеников Р. Алфера и Р. Хермана, где в рамках концепции Большого Взрыва был предложен ряд оценок температуры излучения, заполняющего всё пространство, испущенного в конце эпохи рекомбинации и остывавшего по мере расширения Вселенной (в соответствии с этими свойствами И.С. Шкловским и был введён термин "реликтовое излучение"). Полученные оценки в разные годы составляли от 5 К до 50 К [6]. Не смотря на то, что общепризнанное открытие реликтового излучения в 1965 году было воспринято, как прямое подтверждение теории Гамова, известны более ранние и вместе с тем более точные предсказания температуры фонового микроволнового излучения космоса.

Первая гипотеза о существовании космического фонового излучения, имеющего спектр абсолютно чёрного тела, была высказана Г. Вейлем в 1923 году [7]. Рассуждая о космологической модели Эйнштейна, Вейль заметил, что в силу её замкнутости свет в ней должен проходить одну и ту же точку множество раз, и если допустить его рассеивание и принять баланс испущенного и поглощённого света, то наблюдатель в такой Вселенной должен регистрировать чернотельное излучение, приходящее с каждого участка небесной сферы. В 1926 году А. Эддингтон оценил температуру такого излучения, аппроксимировав общее излучение небесной сферы светом тысячи звёзд первой величины, полученная оценка составила 3,18 К [8]. Он назвал эту величину "температурой межзвёздного пространства". В 1933 году эта оценка была уточнена Э. Регенером и составила 2,8 К [9]. Данный результат использовался В. Нернстом в работах по стационарной Вселенной (см. например [10]). Позже, в 1954 году Э. Финлей-Фройндлих, оперируя данными о светимостях галактик, представил независимую оценку нижней и верхней границ для "температуры межгалактического пространства": 1,9 К и 7 К соответственно [11]. Приведённые результаты не получили широкой известности, поскольку названные немецкие физики были сторонниками стационарной Вселенной и придерживались гипотезы "старения фотонов" которая была затем опровергнута, а после переопределения постоянной Хаббла и переоценки возраста Вселенной в 1958 году, научное сообщество склонилось в сторону космологических моделей с эволюцией и Большим Взрывом.

После открытия космического микроволнового излучения с температурой около 3,5 К А. Пензиасом и Р. Вилсоном были предсказаны эффекты, которые могут приводить к возникновению его анизотропии. Кроме того, академиком А.Д. Сахаровым было предложено объяснение формирования крупномасштабной структуры Вселенной из неоднородностей первичной плазмы эпохи рекомбинации (т.н. "сахаровские осцилляции") [12].

С последующим уточнением результатов измерений температуры реликтового излучения, оказалось, что оно в высокой степени изотропно, и всё острее стал звучать вопрос о согласовании этого факта с самой концепцией Большого Взрыва, которая не предполагала однородности первичной плазмы. Этот вопрос был разрешён в 1980-е годы с созданием теории инфляции, однако сама проблема переоформилась в задачу тонкой настройки начальных параметров теории. Анизотропия была открыта позже, в 1992 году.

К настоящему моменту по данным телескопа "Планк" [13] температура космического микроволнового фона составляет 2.72548 ± 0.00057 К, а главная мода его анизотропии имеет угловой размер порядка 1° .

2. Реликтовое излучение в реляционном подходе

Идеи обоснования космического фонового излучения, выдвинутые в первой половине XX века наиболее близки реляционному подходу, поскольку в нём ключевую роль играет испущенное, но не поглощённое излучение. Как было отмечено ранее, при испускании фотона объектом-излучателем, его энергия распределяется по отношениям между этим объектом и всеми возможными поглотителями. Поскольку во Вселенной множество излучателей и поглотителей, то с точки зрения наблюдателя любой объект-поглотитель будет восприниматься, как обладающий некоторой дополнительной энергией, что связывается с эффектом космологического красного смещения.

Однако до сих пор не обсуждался вопрос о том, как сам наблюдатель будет воспринимать влияние испущенного, но не поглощённого излучения от всех объектов-излучателей во Вселенной. Следуя приведённым рассуждениям можно заключить, что наблюдатель должен воспринимать самого себя, как обладающего некоторой дополнительной энергией. Принимая условие баланса испускаемого и поглощаемого излучения во Вселенной, естественно связать наличие такой дополнительной энергии с обнаружением дополнительного излучения, находящегося в термодинамическом равновесии с регистрирующим прибором.

Температура такого излучения должна совпадать с температурой излучения всех объектов-источников во Вселенной, то есть звёзд (в приближении абсолютно чёрного тела). Таким образом, становится возможным оценить температуру фонового излучения в реляционном подходе.

Запишем полученную в предыдущих работах зависимость красного смещения от расстояния до наблюдаемого объекта-излучателя:

$$z = \frac{r}{R_H} + \frac{1}{1 - r^2/R_g^2} - 1, \quad (1)$$

где $R_H \cong 1.3 \times 10^{28}$ см – радиус Хаббла, $R_g \cong 1.5 \times 10^{28}$ см – гравитационный радиус наблюдаемой Вселенной. Первое слагаемое является результатом вкладов энергии испущенного, но не поглощённого излучения "моря фотонов" [2], оставшаяся часть – проявлением неархимедовости координат [3].

Пусть L – светимость звезды, $\Phi \equiv L$ – световой поток с её поверхности. Тогда освещённость единичной площадки на Земле от одной звезды:

$$E_s^* = \frac{L}{4\pi r^2} \cos\theta \left(\frac{1}{\frac{r}{R_H} + \frac{1}{1 - r^2/R_g^2}} \right), \quad (2)$$

а от элементарного объёма звёздного неба:

$$dE_s = \frac{\langle L \rangle}{4\pi r^2} \cos\theta \left(\frac{1}{\frac{r}{R_H} + \frac{1}{1 - r^2/R_g^2}} \right) dN, \quad (3)$$

где $dN = \frac{\rho_0 dV}{\langle M \rangle} = \frac{\rho_0}{\langle M \rangle} r^2 \sin\theta dr d\theta d\varphi$ – число звёзд в элементарном объёме, $\langle L \rangle$ – средняя светимость звезды, ρ_0 – плотность наблюдаемого вещества во Вселенной. Проводя интегрирование, получаем:

$$E_s \cong 0.13 \cdot \rho_0 \frac{\langle L \rangle}{\langle M \rangle} R_g. \quad (4)$$

В приближении абсолютно чёрного тела эта величина должна быть приравнена к энергии дополнительного регистрируемого излучения σT^4 .

Если представить все звёзды как обладающие характеристиками Солнца: $M_\odot \cong 1.9 \times 10^{33}$ г, $L_\odot \cong 3.8 \times 10^{33}$, то будем иметь

$$T \cong 3.19 \text{ К}. \quad (5)$$

Этот результат, естественно, является весьма грубой оценкой, однако его близость к наблюдаемому значению температуры космического микроволнового фона делает осмысленными дальнейшие попытки уточнения данной оценки. Прежде всего, следует использовать зависимость масса-светимость для различных типов звёзд а также выбрать начальную функцию масс.

К настоящему моменту известны следующие соотношения масс и светимостей [14]:

$$\begin{aligned} \frac{L}{L_{\odot}} &\approx 0.23 \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{2.3}, & M < 0.43M_{\odot}; \\ \frac{L}{L_{\odot}} &= \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^4, & 0.43M_{\odot} < M < 2M_{\odot}; \\ \frac{L}{L_{\odot}} &\approx 1.5 \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{3.5}, & 2M_{\odot} < M < 20M_{\odot}; \\ \frac{L}{L_{\odot}} &\approx 3200 \frac{M}{M_{\odot}}, & M > 20M_{\odot}. \end{aligned} \quad (6)$$

Идея вычисления состоит в нахождении весовых коэффициентов c_i для каждой из четырёх представленных зависимостей в соответствии с известным распределением звёзд по массам и получении таким образом взвешенного среднего для величины

$$\frac{\langle L \rangle}{\langle M \rangle} = \sum_{i=1}^4 c_i \frac{L_{\odot}}{M_{\odot}}. \quad (7)$$

Трудность, однако, состоит в том, что выбор правильной начальной функции масс является на настоящей момент одной из нерешённых проблем современной астрофизики. Поэтому при проведении оценки следует ожидать лишь получения некоторого допустимого интервала температур. В общем виде распределение масс может быть представлено следующим образом [15]:

$$dN(M) \sim M^{-\alpha} dM, \quad (8)$$

где α различна в разных диапазонах масс. Наиболее часто используемыми в вычислениях и при этом наиболее разными по принимаемым значениям являются функции Э. Солпитера и П. Круппы. Первая имеет $\alpha = 2.35$ во всём диапазоне масс, вторая представляет собой кусочно-степенную функцию со степенями

$$\begin{cases} \alpha = 0.3, & M < 0.08M_{\odot} \\ \alpha = 1.3, & 0.08M_{\odot} < M < 0.5M_{\odot}. \\ \alpha = 2.3, & M > 0.5M_{\odot} \end{cases} \quad (9)$$

Для проведения вычислений ограничимся интервалом от $0.012M_{\odot}$ до $120M_{\odot}$, где первое значение соответствует минимальным массам коричневых карликов [16], а второе - пределу применимости известных функций масс [15]. Тогда после достаточного количества выкладок получим:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\langle L \rangle}{\langle M \rangle}\right)_S &\simeq 0.22 \frac{L_{\odot}}{M_{\odot}}, \\ \left(\frac{\langle L \rangle}{\langle M \rangle}\right)_K &\simeq 12.7 \frac{L_{\odot}}{M_{\odot}}, \end{aligned} \quad (10)$$

где индекс S отвечает вычислению по функции Солпитера, а индекс K - по функции Круппы. Подставив полученные значения в формулу для E_s и переходя к температуре, получим следующий допустимый интервал:

$$2.17 \text{ К} < T < 6.03 \text{ К}. \quad (11)$$

Данный интервал содержит в себе современное наблюдаемое значение температуры космического микроволнового фона.

Заключение

При исследовании космологических эффектов в рамках реляционного подхода остаётся ряд важных вопросов. Основным из них является вопрос о том, является ли расширение Вселенной реальным или его следует считать кажущимся наблюдателю. Полученная оценка температуры космического фонового излучения не привязывается к физическим процессам, которые могли происходить во Вселенной миллиарды лет назад. Напротив, реляционная интерпретация микроволнового фона связывает его наличие только с наблюдаемыми объектами. В этой связи, называть фоновое излучение "реликтовым" в реляционном подходе становится некорректно.

Следует, тем не менее, помнить, что полученная оценка температуры имеет невысокую точность. Это связано с неоднозначностью определения начальной функции масс звёзд в диапазоне малых масс. Функция Крупы интуитивно воспринимается более реалистичным вариантом, чем функция Солпитера, однако наблюдения последних лет показывают, что количество коричневых карликов может быть существенно недооценено. Кроме того, поиск звёзд с массами порядка $0.01M_{\odot}$ по-прежнему является крайне сложной задачей современной астрономии.

Обратим внимание также на одну интересную особенность. Как было описано выше, космологическое красное смещение в реляционном подходе представляется как результат двух вкладов, выражающихся в линейной и нелинейной частях закона Хаббла. При этом в них входят разные значения "характерного радиуса" Вселенной. R_H относится к R_g как ~ 0.87 , между тем, различие параметров Хаббла H_0^R , измеренного по данным о реликтовом излучении и H_0^H , определённого по диаграмме Хаббла до красных смещений $z = 0.15$ [5], составляет $H_0^R/H_0^H \gtrsim 0.88$. Причиной различия этих значений в реляционном подходе является наличие двух механизмов, ответственных за космологическое красное смещение, которые можно охарактеризовать двумя различными параметрами Хаббла: $H_0^H \equiv c/R_H$ и $H_0^R \equiv c/R_g$. Более подробное исследование этого вопроса и его связь с космическим микроволновым фоном является предметом дальнейших исследований.

Другим вопросом, оставляемым на дальнейшее рассмотрение, становится реляционная интерпретация анизотропии космического микроволнового фона. Если в стандартной космологической модели анизотропия в первом приближении связывается с неоднородностями первичной плазмы эпохи рекомбинации, то в реляционном подходе её следует связывать только с неоднородностями распределения вещества во Вселенной. Следуя А.Д. Сахарову, можно ожидать, что данный эффект должен проявляться в той же мере, поскольку в канонической космологии неоднородности распределения вещества напрямую связаны с неоднородностями первичной плазмы. Кроме того, следует рассмотреть в рамках реляционного подхода и другие известные эффекты, вносящие вклад в анизотропию.

Многие вопросы, оставленные за рамками настоящей работы так же требуют рассмотрения.

Список литературы

1. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница — Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.
2. Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B. Relational Justification of the Cosmological Redshift. *Gravitation and Cosmology*, 2015; vol. 21, no. 4, pp. 279–282.
3. Владимиров Ю.С., Молчанов А.Б. Обобщенный закон Хаббла в реляционном подходе // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2017. № 2. С. 24–35.
4. Вайнберг С. Проблема космологической постоянной. // *Успехи физических наук*. 1989. Т. 158. Вып. 4. С. 640–678.
5. Riess A. et.al. Large Magellanic Cloud Cepheid Standards Provide a 1% Foundation for the Determination of the Hubble Constant and Stronger Evidence for Physics Beyond LambdaCDM. arXiv:1903.07603v2 [astro-ph.CO].

6. Assis A.K.T., Neves M.C.D. The Redshift Revisited. *Astrophysics and Space Science*. 1995; vol. 227, no. 1-2, pp. 13–24.
7. Вейль Г. Пространство, время, материя. Лекции по общей теории относительности. М.: "Янус 1996. 480 с.
8. Eddington A. The internal constitution of the stars. Cambridge at the university press. 1930.
9. Regener E. Der Energiestrom der Ultrastrahlung. *Zeitschrift fur Physik. E. Z. Physik*, 1933, vol. 80, pp. 666–669.
10. Nernst W. Weitere Prufung der Annahme eines stationaren Zustandes im Weltall. *Zeitschrift fur Physik. W. Z. Physik*, 1937, vol. 106, pp. 633–661.
11. Finlay-Freundlich E. Red-Shifts in the Spectra of Celestial Bodies. *Phil. Mag.*, 1954, vol. 45, pp. 303–319.
12. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Стрoение и Эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975, 735 с.
13. Ade P.A.R. et.al. (Planck Collaboration), Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters. *Astronomy and Astrophysics*, 2015. Manuscript "Planck' parameters 2015".
14. Salaris M., Cassisi S. *Evolution of Stars and Stellar Populations*. John Wiley & Sons. 2005, pp. 138–140.
15. Baldry I.K., Glazebrook K. Constraints on a Universal Stellar Initial Mass Function from Ultraviolet to Near-Infrared Galaxy Luminosity Densities. *The Astrophysical Journal*, 2003, vol. 593, pp. 258–271.
16. Spiegel D.S. et.al. The Deuterium-Burning Mass Limit for Brown Dwarfs and Giant Planets. arXiv:1008.5150 [astro-ph.EP].

References

1. Vladimirov Yu.S. *Leibniz —Mach relational conception*. Moscow: LENAND Publ., 2017. 232 p.
2. Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B. Relational Justification of the Cosmological Redshift. *Gravitation and Cosmology*, 2015, vol. 21, no. 4, pp. 279–282.
3. Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B. Generalized Hubble's Law in the Relational Approach. *Space, Time and Fundamental Interactions*, 2017, no. 2. pp. 24–35.
4. Weinberg S. The cosmological constant problem. (Moris Loeb lectures in physics, Harvard University, May 2, 3, 5, and 10, 1988). *Rev. Mod. Phys.*, 1989, vol. 61, pp. 1–23.
5. Riess A. et.al. *Large Magellanic Cloud Cepheid Standards Provide a 1% Foundation for the Determination of the Hubble Constant and Stronger Evidence for Physics Beyond LambdaCDM*. arXiv:1903.07603v2 [astro-ph.CO].
6. Assis A.K.T., Neves M.C.D. The Redshift Revisited. *Astrophysics and Space Science*, 1995, vol. 227, no. 1-2, pp. 13–24.
7. Weyl H. *Space, Time, Matter*. Dover Publications. 1952.
8. Eddington A. *The internal constitution of the stars*. Cambridge at the university press. 1930.
9. Regener E. Der Energiestrom der Ultrastrahlung. *Zeitschrift fur Physik, E. Z. Physik*, 1933, vol. 80, pp. 666–669.
10. Nernst W. Weitere Prufung der Annahme eines stationaren Zustandes im Weltall. *Zeitschrift fur Physik, W. Z. Physik*, 1937, vol. 106, pp. 633–661.
11. Finlay-Freundlich E. Red-Shifts in the Spectra of Celestial Bodies. *Phil. Mag.*, 1954, vol. 45, pp. 303–319.
12. Zeldovich Y. B., Novikov I. D. *Structure and Evolution of the Universe*. Moscow: Nauka Publ. 1975.
13. Ade P.A.R. et.al. (Planck Collaboration) Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters. *Astronomy and Astrophysics*, 2015. Manuscript "Planck' parameters 2015".
14. Salaris M., Cassisi S. *Evolution of Stars and Stellar Populations*. John Wiley & Sons. 2005, pp. 138–140.
15. Baldry I.K., Glazebrook K. Constraints on a Universal Stellar Initial Mass Function from Ultraviolet to Near-Infrared Galaxy Luminosity Densities. *The Astrophysical Journal*, 2003, vol. 593, pp. 258–271.
16. Spiegel D.S. et.al. *The Deuterium-Burning Mass Limit for Brown Dwarfs and Giant Planets*. arXiv:1008.5150 [astro-ph.EP].

Авторы

Молчанов Алексей Борисович, аспирант, кафедра теоретической физики, физический факультет, Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119234, Россия.

E-mail: alexeybm2009@gmail.com

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Молчанов А. Б. Космический микроволновой фон в реляционном подходе // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2019. № 3. С. 69—76.

Authors

Molchanov Aleksei Borisovich, Post graduate student, Department of Theoretical physics, Faculty of physics, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119234, Russia.

E-mail: alexeybm2009@gmail.com

Please cite this article in English as:

Molchanov A. B. Cosmic microwave background in the relational approach. *Space, Time and Fundamental Interactions*, 2019, no. 3, pp. 69–76.