

ТОЧНАЯ МАСШТАБНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ В ЭПОХУ НАЧАЛА БОЛЬШОГО ВЗРЫВА КАК ПРОБЛЕМА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Б.Н. Фролов

*Московский педагогический государственный университет
Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Малая Пироговская, 1, стр. 1*

Аннотация. На основе идей Е. Харрисона и Я.Б. Зельдовича сформулирована гипотеза о точной масштабной симметрии Вселенной в эпоху начала Большого взрыва и причине Большого взрыва как спонтанного нарушения точной масштабной инвариантности. Утверждается, что указанная концепция о точной масштабной симметрии представляет собой вызов современным представлениям фундаментальной физики в математическом, физическом, космологическом, квантово-механическом и метафизическом аспектах. Анализируется каждый из указанных аспектов.

Ключевые слова: масштабная симметрия, Большой взрыв, космология, фундаментальная физика, метафизика.

В работах автора [1; 2] была сформулирована гипотеза о том, что Большой взрыв явился следствием спонтанного нарушения масштабной симметрии в той реальности, которая имела место в момент Большого взрыва (так как понятие «ранее», по-видимому, неприменимо к моменту начала физического времени).

Основанием для формулировки данной гипотезы является предложенная Е. Харрисоном и Я.Б. Зельдовичем [3; 4] идея о масштабной инвариантности ранней Вселенной для расчета начальной части спектра первичных флуктуаций плотности материи (плато Харрисона–Зельдовича, рис. 1).

Предположение Е. Харрисона и Я.Б. Зельдовича было частично подтверждено наблюдениями WAMP температурной неоднородности реликтового излучения (рис. 2).

Также гипотеза Харрисона–Зельдовича подтверждается последними данными лаборатории PLANK, согласно которым измеренный спектральный индекс скалярных возмущений равен $n_s = 0,9663 \pm 0,0041$, в то время как для спектра Харрисона–Зельдовича этот параметр в точности равен единице: $n_s = 1$. Это говорит о том, что реальный спектр возмущений почти совпадает со спектром Харрисона–Зельдовича.

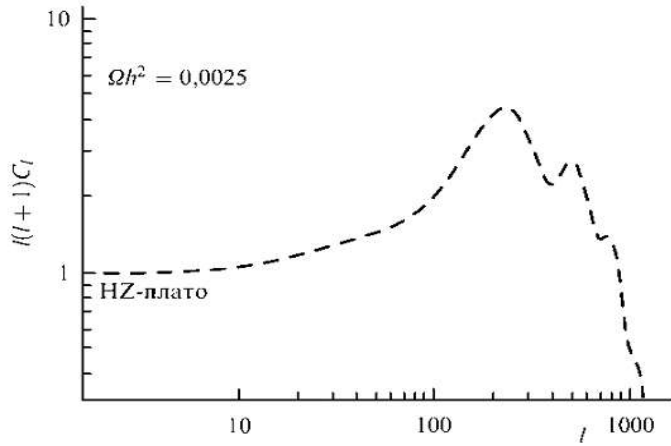


Рис. 1. Теоретический спектр анизотропии реликтового излучения в соответствии с предсказанием стандартной модели [5].
Виден выход на плато Харрисона–Зельдовича

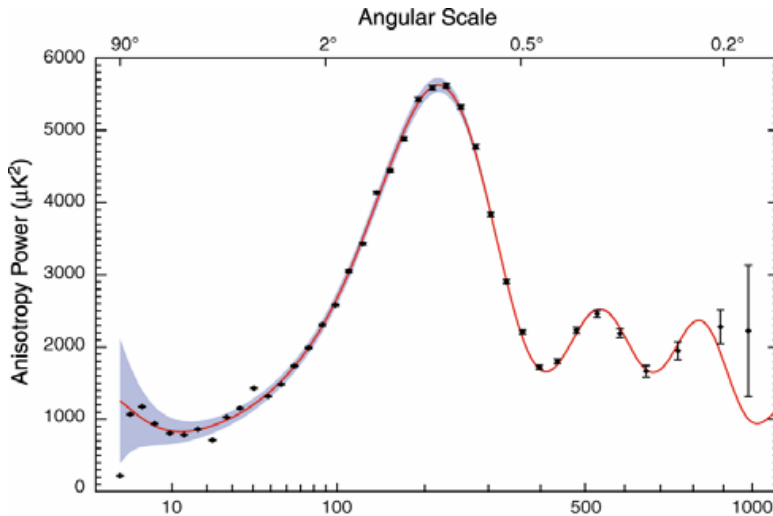


Рис. 2. Спектр анизотропии реликтового излучения по данным WAMP.
Виден выход на плато Харрисона–Зельдовича со стороны малых l :
сплошная линия соответствует теоретической модели, точки – наблюдательные данные

На основании изложенного можно высказать предположение, что эволюция Вселенной после Большого взрыва (в период инфляции и несколько позднее) происходила в пространстве со слабо нарушенной масштабной инвариантностью, которая затем, по мере рождения элементарных частиц с ненулевой массой покоя, оказалась сильно нарушенной.

Концепция о точной масштабной симметрии в эпоху начала Большого взрыва представляет собой вызов современным представлениям фундаментальной физики в математическом, физическом, космологическом, квантово-механическом и метафизическом аспектах.

Математический аспект проблемы связан с тем, что, согласно гипотезе автора, Большой взрыв произошел в результате спонтанного топологического перехода от нехаусдорфова топологического пространства (в котором отсутствует понятие расстояния и поэтому имеет место точная масштабная инвариантность) к пространству, в котором справедлива аксиома отделимости Хаусдорфа и поэтому имеет математический смысл понятие расстояния.

Аксиома отделимости Хаусдорфа означает следующее:

Можно выбрать такие окрестности двух различных точек топологического пространства, что их пересечение будет пустым множеством.

Очевидно, что если расстояния существуют, то данная аксиома выполняется. И наоборот, в нехаусдорфовых топологических пространствах нельзя ввести понятия расстояния. *Все точки такого пространства оказываются одинаково близкими друг другу.*

Как указывалось в [1; 2], в нехаусдорфовых пространствах, ввиду отсутствия расстояний, активность может проявляться не в виде пространственно-временной причинности, а только в виде математических и логических смысловых взаимосвязей.

Поэтому необходимо развивать математический аппарат нехаусдорфовых пространств в применении к фундаментальной физике в плане описания динамики в этих пространствах на языке операций абстрактной математики в ситуации, в которой пространство-время не является многообразием в физическом смысле.

Следует отметить, что идея о связи физических законов с первичной математической активностью разрабатывалась ранее. Укажем на работы Ю.С. Владимирова по *бинарной предгеометрии* [7], на идею В.В. Кассандрова об *алгебродинамике* [8], а также на опубликованную недавно монографию А.П. Ефремова, подводящую итоги его прежних исследований, в которой указано на *возникновение квантово-механического уравнения Шредингера из первоначальных математических закономерностей* [9].

Физический аспект проблемы заключается в том, что фундаментальной группой инвариантности пространства-времени в эпоху инфляции является не группа Пуанкаре, а группа Пуанкаре–Вейля, в которой преобразования группы Пуанкаре дополнены преобразованиями подгруппы Вейля – растяжениями и сжатиями (дилатациями) пространства-времени.

На этом пути была развита калибровочная теория группы Пуанкаре–Вейля [10–12]. В данной теории показано, что в этом случае в пространстве-времени индуцируется геометрическая структура пространства Картана–Вейля с кривизной и кручением, а также неметричностью вейлевского типа. Также было показано, что в этом случае возникает необходимость введения (в качестве дополнения к метрическому тензору) скалярного поля (поля Вейля–Дирака), градиент от которого определяет вейлевскую неметричность и которое совпадает по своим свойствам со скалярным полем, введенным Дираком [13].

Соответственно, динамика здесь представляет собой совместную динамику метрического поля и скалярного поля Вейля–Дирака в пространстве Картана–Вейля. Построенную таким образом теорию гравитации уместно назвать калибровочной теорией гравитации Пуанкаре–Вейля.

Высказана гипотеза [14], что *скалярное поле Вейля–Дирака на космологических масштабах совместно с космологической постоянной играет роль темной энергии, а на галактических масштабах в скоплениях галактик и локальных явлениях внутри галактик играет роль темной материи.*

В данной теории в пространстве-времени Картана–Вейля со скалярным полем Вейля–Дирака найдено сферически-симметричное решение [15; 16], на основании которого предложено возможное объяснение одной из обнаруженных аномалий движения тел в Солнечной системе, а именно пролетной аномалии (см. [17]).

Также найдено аксиально-симметричное решение [18], на основе которого получено возможное объяснение одной из аномалий движения тел в Галактике, а именно наблюдаемого плоского вида ротационных кривых спиральных галактик.

Космологический аспект проблемы заключается в найденном решении для эпохи инфляции [19; 20].

Данный результат представляет собой возможное решение известной «проблемы космологической постоянной» [21]. Данная проблема представляет собой одну из важных проблем современной фундаментальной физики и состоит в огромном различии на 120 порядков между значением энергии физического вакуума (темной энергии, описываемой космологической постоянной) в начальной стадии эволюции Вселенной (которое определяется на основании квантовой теории поля) и ее значением, определяемым на основании современных наблюдательных данных.

Была высказана гипотеза [22; 23], что решением проблемы космологической постоянной может быть экспоненциальное уменьшение эффективной космологической постоянной в ранней Вселенной: затем на основе геометрии Картана–Вейля было показано, что подобное уменьшение может быть следствием динамики гравитационного поля и скалярного поля Вейля–Дирака в сверхранней Вселенной [24; 25].

Окончательное решение проблемы было предъявлено в докладе на конференции PIRT-2019 [19; 20]. Полученное решение описывает как экспоненциальное увеличение масштабного фактора $\alpha(t)$, так и экспоненциальное уменьшение скалярного поля Вейля–Дирака $\beta(t)$ и тем самым эффективной космологической постоянной до ее современного значения (рис. 3 и 4).

Квантово-механический аспект рассматриваемой проблемы связан с попыткой осмысления таких парадоксальных явлений квантовой механики, как мгновенный коллапс волновой функции при измерении, а также существование нелокальности квантово-механических процессов, объясняющее явление квантовой телепортации [26].

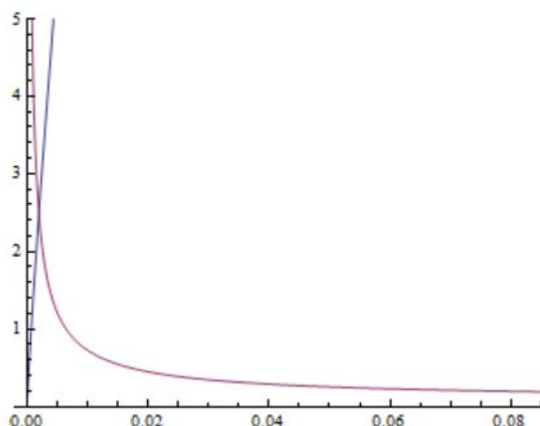


Рис. 3. Поведение $\alpha(t)$ и $\beta(t)$ при малых t

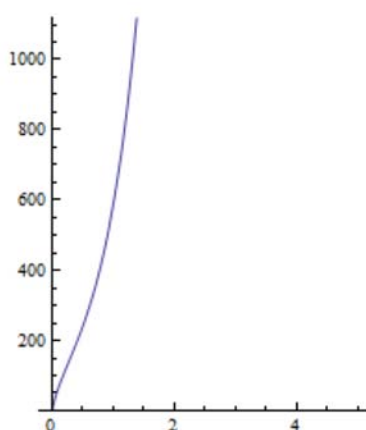


Рис. 4. $\alpha(t)$ и $\beta(t)$ при больших t

Связь указанных квантово-механических явлений с проблемой, обсуждаемой в данной статье, следующая.

Предлагается радикальный пересмотр описания пространства-времени, согласно которому фундаментальной группой пространства-времени является не группа Пуанкаре, а группа Пуанкаре–Вейля с сильно нарушенной масштабной инвариантностью.

Свойства пространства со спонтанно нарушенной Пуанкаре–Вейля симметрией отличаются от свойств пространства с чисто Пуанкаре симметрией, следовательно, и описания физических явлений в этих пространствах также должны отличаться.

Здесь можно провести аналогию с теорией хромодинамики, которая представляет собой теорию со спонтанно нарушенной унитарной симметрией. Причем математическая структура теории, отражающая свойства сильных взаимодействий, основана на понятиях и аппарате точной симметрии, а на наблюдаемые проявления оказывает воздействие мера нарушения этой точной симметрии.

Аналогично можно предположить, что точная масштабная симметрия (в меру ее спонтанного нарушения) проявляет себя, прежде всего, на микроскопическом квантово-механическом уровне в виде независимости некоторых явлений от пространственно-временных расстояний. Нам представляется, что именно в этом лежит объяснение обнаруженной нелокальности квантово-механических явлений. Надо надеяться, что дальнейшее изучение данной гипотезы может привести к более углубленному пониманию существа квантовой механики.

В настоящее время обсуждается возможное проявление нелокальности также и в макроскопических явлениях [27]. Возможно, что подобные проявления нелокальности, если они существуют, также имеют свое объяснение в нарушенной Пуанкаре–Вейля симметрии пространства-времени.

Метафизический аспект проблемы изложен в [1; 2], где был предложен один из возможных сценариев примирения материалистического научного описания природы с объективно-идеалистическим пониманием реальности.

Литература

1. Фролов Б.Н. Группа Пуанкаре–Вейля и теория гравитации Вейля–Дирака // *Метафизика*. 2017. № 4 (26). С. 75–79.
2. Фролов Б.Н. Аксиома отделимости Хаусдорфа и спонтанное нарушение масштабной инвариантности // *Метафизика*. 2019. № 2 (32). С. 120–127.
3. Harrison E.R. Fluctuations at the threshold of classical cosmology // *Phys. Rev. D*. 1970. V. 1. P. 2726.
4. Зельдович Я.Б. Гипотеза, единым образом объясняющая структуру и энтропию Вселенной // *Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная / Ч. 2*. М.: Наука, 1985. 464 с. (Статья 36, С. 176–179).
5. Сажин М.В. Анизотропия и поляризация реликтового излучения. Последние данные // *УФН*. 2004. Т. 174. № 2. С. 197–205.
6. Aghanim N. et al. [Planck Collaboration], Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters [Электронный ресурс] // *ArXiv:1807.06209 [astro-ph.CO]*.
7. Владимиров Ю.С. Основания физики. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 456 с.
8. Кассандров В.В. Алгебраическая структура пространства-времени и алгебродинамика. М.: Изд-во РУДН, 1992. 152 с.
9. Efremov A.P. General Theory of Particle Mechanics: a Special Course. Cambridge Scholar publ. (UK), 2019. 279 p.
10. Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch. Gauge field theory for the Poincaré–Weyl group // *Phys. Rev. D*. 2006. V. 74. P. 064012–1–12 (gr-qc/ 0508088, 2005).
11. Бабурова О.В., Жуковский В.Ч., Фролов Б.Н. Модель пространства Вейля–Картана на основе калибровочного принципа // *ТМФ*. 2008. Т. 157. № 1. С. 64–78.
12. Babourova O.V., Frolov B.N., Zhukovsky V.Ch. Theory of Gravitation on the Basis of the Poincaré–Weyl Gauge Group // *Gravit. Cosmol. (Гравитация и космология)*. 2009. V. 15, No 1. P. 13–15.
13. Dirac P.A.M. Long range forces and broken symmetries // *Proc. Roy. Soc. A*. 1973. V. 333. P. 403–418.
14. Бабурова О.В., Фролов Б.Н. Математические основы современной теории гравитации. М.: МПГУ, Прометей, 2012. 128 с.
15. Babourova O.V., Frolov B.N. Dark energy as a cosmological consequence of existence of the Dirac scalar field [Электронный ресурс] // *ArXiv:1410.1849 [gr-qc]*. 2014. 8 p.
16. Babourova O.V., Frolov B.N., Kudlaev P.E., Romanova E.V. Spherically symmetric solution of the Weyl–Dirac theory of gravitation and possible influence of dark matter on the interplanetary spacecraft motion [Электронный ресурс] // *ArXiv: 1708084 [gr-qc]*. 2016. 9 p.
17. Iorio L. Gravitational anomalies in the solar system? // *Intern. J. Mod. Phys. D*. 2015. V. 24, No. 6. 1530015. 37 p.
18. Babourova O.V., Frolov B.N., Kudlaev P.E. Axially Symmetric Solution of the Weyl–Dirac Theory of Gravitation and the Problem of Rotation Curves of Galaxies // *Gravit. Cosmol. (Гравитация и космология)*. 2018. V. 24. Iss. 2. P. 118–121 (arXiv:1611.08251 [gr-qc]. 2016. 7 p.).
19. Babourova O.V., Frolov B.N. On the exponential decrease of the “cosmological constant” in the super-early Universe // *J. Phys: Conf. Series*. 2020. V. 1557. P. 012011.
20. Babourova O.V., Frolov B.N. Harrison-Zel'dovich scale invariance and the exponential decrease of the "cosmological constant" in the super-early Universe [Электронный ресурс] // *ArXiv: 2001.05968 [gr-qc]*. 2020.
21. Weinberg S. // *Revs. Mod. Phys.* 1989. V. 61. No 1. P. 1–23
22. Babourova O.V., Frolov B.N. Dark energy, Dirac's scalar field and the cosmological constant problem [Электронный ресурс] // *ArXiv: 1112.4449 [gr-qc]*. 2011.

23. *Бабурова О.В., Косткин Р.С., Фролов Б.Н.* Проблема космологической постоянной в рамках конформной теории гравитации в пространстве Вейля–Картана // Известия ВУЗов. Физика. 2011. № 1. 111–112.
24. *Babourova O.V., Frolov B.N., Lipkin K.N.* Gravitation theory with a Dirac scalar field in the exterior form formalism and the cosmological constant problem // *Gravit. Cosmol. (Гравитация и космология)*. 2012. V. 18. N 4. P. 225–231.
25. *Babourova O.V., Frolov B.N.* Dark Energy as a Cosmological Consequence of Existence of the Dirac Scalar Field in Nature // *Phys. Res. Intern.* 2015. V. 2015. Article ID 952181. P. 952181–952186.
26. *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Долгопрудный. Издательский Дом «Интеллект», 2008. 400 с.
27. *Массер Дж.* Нелокальность. «Альпина Диджитал», 2018. 430 с.

EXACT SCALE INVARIANCE IN THE ERA OF THE BIG BANG BEGINNING AS A PROBLEM OF FUNDAMENTAL PHYSICS

B.N. Frolov

Moscow Pedagogical State University

1/1, Malaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract. Based on the ideas of E. Harrison and Ya.B. Zel'dovich, a hypothesis is formulated on the exact scale symmetry of the Universe in the era of the Big Bang beginning and on the cause of the Big Bang as a spontaneous violation of exact scale invariance. It is argued that this concept of exact scale symmetry is a challenge to modern concepts of fundamental physics in the mathematical, physical, cosmological, quantum-mechanical and metaphysical aspects. Each of the aspects is analyzed.

Keywords: large-scale symmetry, Big Bang, cosmology, fundamental physics, metaphysics.