

Отзыв

официального оппонента Долгова Александра Дмитриевича на диссертационную работу Петрова Павла Константиновича «Космологические решения в теориях со старшими производными. Самосогласованность классического описания», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Диссертационная работа Петрова Павла Константиновича посвящена изучению несингулярных космологических сценариев на основе векторных и скалярных обобщенных галилеонов. В работе были изучены теории, содержащие векторные поля со вторыми производными в действие. Эти теории являются векторными аналогами теории Хорндески. В рамках векторных аналогов обобщенных галилеонов была построена начальная стадия космологического генезиса. Для данной стадии были найдены условия того, что фоновое классическое решение находится вне режима сильной связи.

Также, в диссертационной работе Петров П.К. был изучен сценарий космологического генезиса, с сильной гравитацией в прошлом. Данный сценарий был построен на основе теории Хорндески. Был исследован вопрос о масштабе сильной связи во всех порядках по теории возмущений. Помимо этого был предложен новый метод, для нахождения масштаба сильной связи во всех порядках по теории возмущений для широкого класса несингулярных космологических моделей, с сильной гравитацией в прошлом.

В диссертационной работе Петрова П.К. в рамках обобщенных галилеонов был построен новый несингулярный космологический сценарий Вселенной с отскоком. Для этого сценария была изучена проблема сильной связи, как и из размерных соображений так и из условия унитарности S -матрицы. Была найдена область значений параметров лагранжиана, в которой фоновое решение, реализующие данный сценарий устойчиво и находят в режиме слабой связи, иными словами теории можно законно описать посредством классической теории поля и слабосвязанной квантовой теории поля. Для данной модели был найден класс лагранжианов, приводящих к предсказаниям, которые согласуются с экспериментальными данными. Построение и изучение подобного сценария Вселенной с отскоком является главной целью диссертационного исследования Петрова П.К.

Научная новизна

Все основные положения, выдвигаемые на защиту, являются новыми:

1. Построены новые модели, содержащие векторные поля. Данные модели являются аналогами обобщенных галилеонов и представляют интерес для построения различных космологических сценариев. Также в рамках данной модели возможно существование фоновых решений, которые стабильны, несмотря на отсутствие калибровочной инвариантности. Некоторые из этих фоновых решений нарушают нулевое условие энергодоминантности.

2. Впервые в рамках класса моделей с векторными аналогами обобщенных галилеонов построена ранняя стадия космологического генезиса, для которой фоновое решение является устойчивым и находится вне режима сильной связи.

3. Впервые для модели космологического генезиса с сильной гравитацией в прошлом проведен анализ проблемы сильной связи для всех порядков теории возмущений. Были сформулированы условия отсутствия сильной связи в данной модели.

4. Впервые построена модель Вселенной с отскоком в рамках теории Хорндески. В рамках этой модели показано, что спектры космологических возмущений, совпадающие с экспериментальными, могут быть сгенерированы на ранней стадии сжатия. Малость r -отношения определяется малостью скалярной скорости звука. Произвольно малые значения r -отношения запрещены в нашей модели из-за условия отсутствия сильной связи в прошлом. Тем не менее, показывается, что возможно генерировать возмущения контролируемым образом, т.е. в режиме, где фоновая эволюция и возмущения законно описываются в рамках классической теории поля и слабосвязанной квантовой теории.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, десяти приложений и списка литературы. Общий объем работы составляет 155 страниц.

Во **Введении** обсуждается актуальность исследования новых несингулярных космологических сценариев ранней Вселенной, основанных на скалярно-тензорных теориях гравитации (теории Хорндески). Помимо этого обсуждается возможность построения векторных аналогов обобщенных галилеонов и их применимость для создания моделей, описывающих космологию ранней Вселенной. После этого обращается внимание на то, что в таких моделях может возникнуть режим, когда классическое описание становится неприменимым, а именно, режим, при котором эффективная масса Планка стремится к нулю при больших отрицательных временах. Затем обсуждаются возможные подходы к анализу проблемы сильной связи (неприменимости классического описания) во всех порядках по теории возмущений и с учетом как скалярных, так и тензорных возмущений. Также,

рассматривается вопрос о возможности построения в рамках теории обобщенных галилеев космологического сценария Вселенной с отскоком с сильной гравитацией в прошлом, который бы соответствовал экспериментальным данным.

В первой главе строятся новые лагранжианы, которые являются векторным аналогом теории Хорндески. В начале данные лагранжианы строятся в пространстве Минковского. Затем они обобщаются на случай пространства с произвольной метрикой. Помимо этого, подробно обсуждается устойчивое фоновое решение, нарушающее нулевое изотропное условие энергодоминантности.

Вторая глава посвящена построению несингулярного космологического сценария на основе векторного аналога теории Хорндески. В данной главе строится начальная стадия космологического генезиса. Исследуется вопрос устойчивости найденного фонового решения. А также вопрос о наличии сильной связи и применимости классического описания.

В третьей главе рассматривается потенциальная проблема неприменимости классического описания для ранних этапов несингулярного сценария космологического генезиса, построенного на основе теории Хорндески. Приводится метод, который позволяет оценить масштаб сильной связи во всех порядках по теории возмущений.

Четвертая глава посвящена сценарию Вселенной с отскоком, построенный в рамках теории Хорндески. В данном несингулярном сценарии присутствует проблема сильной связи. А именно классического описание может стать неприменимым на ранних временах. Требование законности описания космологического сценария с помощью классической теории и слабосвязанной квантовой теории поля накладывает дополнительные условия на лагранжианы модели. Далее обсуждается тот факт, что условие применимости классического описания находится в противоречие с малым значением g – отношения, которое следует из экспериментальных данных. Для анализа проблемы сильной связи на этапе генерации космологических возмущений и применимости классического описания используются размерный анализ и унитарные ограничения. Оказывается, что размерный анализ не позволяет решить данное противоречие. Тем не менее используя точный анализ масштаба сильной связи (на основе оптической теоремы), удастся найти область значения параметров лагранжиана в который одновременно возможно и классическое описание фонового решения и малой значение g – отношения и слегка красный наклон скалярного спектра, что полностью совпадает с современными экспериментальными данными. Также в конце данной главы представлены два примера Вселенной с отскоком, с сильной гравитацией в прошлом, которые приводят к красному и плоскому наклону спектров у скалярных возмущений. По-

мимо этого, в приложениях к главе построен численный пример, описывающий эволюцию рассматриваемого сценария Вселенной с отскоком начиная от фазы сжатия и заканчивая стадией первичного разогрева.

Заключение содержит краткую формулировку результатов исследований, представленных в диссертационной работе.

Замечания по работе

Поставленные цели и задачи диссертации Петровым П.К. актуальны и важны в контексте современной космологии ранней Вселенной. Подводя итоги и оценивая диссертацию в целом, следует заключить, что она представляет собой актуальную научно-квалификационную работу, выполненную на достаточно высоком уровне и содержащую многочисленные новые результаты. Автор использует обширный список литературы. В качестве недостатков, не снижающих значимости полученных результатов, можно отметить следующее:

1. Встречается небольшое количество орфографических ошибок и повторы в тексте диссертации, а также использование научного жаргона без должных пояснений.
2. В начале четвертой главы диссертации отсутствует вводная часть, что усложняет понимание целей и задач, решаемых в данной главе.
3. Накладывает ли унитарная калибровка, используемая в работе ограничения на возможные фоновые решения для скалярного поля?

Заключение

Отдельные перечисленные недостатки ни в коей степени не снижают высокого уровня диссертации. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Следует подчеркнуть общий высокий уровень работы, актуальность и научная новизна, которой не вызывают сомнений. Все полученные результаты опубликованы. Всего по теме диссертации опубликовано 4 работы в ведущих реферируемых журналах из списка ВАК. Очевиден большой и решающий вклад автора в работы, вошедшие в диссертацию. Достоверность и степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений. Диссертация Петрова Павла Константиновича «Космологические решения в теориях со старшими производными. Самосогласованность классического описания» удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждён-

ного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика – за исследование вопроса сильной связи и вычисления спектров космологических возмущений для нового и несингулярного космологического сценария Вселенной с отскоком, построенного в рамках теории Хорндески.

Дата: 30.05.2024

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель лаборатории космологии и элементарных частиц Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирского национального исследовательского государственного университета»

_____ Долгов Александр Дмитриевич

630090, Новосибирская область,
г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2
Тел.: +7 913 795 1253
Email: dolgov@nsu.ru

Подпись Долгова А.Д. удостоверена начальником управления кадров НГУ: Белых Любовь Юрьевна.

Долгов Александр Дмитриевич, доктор физико-математических наук по специальности: 01.04.02. - теоретическая физика.

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. A. D. Dolgov, L. A. Panasenko, V. A. Bochko. Graviton to Photon Conversion in Curved Space-Time and External Magnetic Field//Universe – 2024 – 10 – № 1, 7
2. A. D. Dolgov. Primordial Black Holes, Early Galaxies, and Antimatter in the Milky Way//Phys. Atom. Nucl. – 2023 – 86 – № 4, 562-576
3. A. Bykov, K. Postnov, A. Bondar, S. Blinnikov, A. Dolgov. Antistars as possible sources of antihelium cosmic rays//JCAP – 2023 – 08 – № 027
4. E. V. Arbuzova, A. D. Dolgov, A. S. Rudenko. Calculations of Scalaron Decay Probabilities//Phys. Atom. Nucl. – 2023 – 86 – № 3, 266-276
5. A. E. Bondar, S. I. Blinnikov, A. M. Bykov, A. D. Dolgov, K. A. Postnov. X-ray signature of antistars in the Galaxy//JCAP – 2022– 03– № 03, 009
6. A. D. Dolgov, N. A. Pozdnyakov. Asymmetric baryon capture by primordial black holes and baryon asymmetry of the Universe//Phys. Rev. D – 2021 – 104 № 8, 083524
7. E. Arbuzova, A. Dolgov and R. Singh. R^2 Cosmology and New Windows for Superheavy Dark Matter//Symmetry –2021 –13 –№ 5, 877