

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.163.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **20.06.2024 г. № 16/9**

О присуждении **Петрову Павлу Константиновичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Космологические решения в теориях со старшими производными. Самосогласованность классического описания» по специальности 1.3.3 — Теоретическая физика, принята к защите 28.03.2024 г. протокол № 12/5 диссертационным советом 24.1.163.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а., приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 823/нк от 20 апреля 2023 года.

Соискатель Петров Павел Константинович, 1996 года рождения. В 2020 году соискатель освоил программу магистратуры с отличием федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», физический факультет по направлению подготовки «03.04.02 - Физика», (диплом ААМ 2705085, выданный 30 июня 2020 г.). В 2020 году поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия по специальности 01.04.02 (1.3.3) – Теоретическая физика, где и обучается в настоящий момент. В настоящее время работает в должности стажёра-исследователя НОЦ ИЯИ РАН.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук, отдел теоретической физики.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук Миронов Сергей Андреевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, отдел теоретической физики, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Долгов Александр Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Лаборатория космологии и элементарных частиц, руководитель лаборатории,

Пастон Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра физики высоких энергий и элементарных частиц, заведующий кафедрой, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), г. Москва

– в своем положительном заключении, подписанном Барвинским Андреем Олеговичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории теории фундаментальных взаимодействий ФИАН, и утвержденном директором ФИАН, членом – корреспондентом РАН, профессором, Колачевским Николем Николаевичем, указала, что работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Петров Павел Константинович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – Теоретическая физика.

Соискатель имеет 4 работы по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Представленные соискателем сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Текст опубликованных работ полностью соответствует тематике диссертации, они написаны либо при решающем участии соискателя, либо им самостоятельно.

Список основных работ, по результатам диссертационного исследования:

1. P. Petrov, “Galileon-like vector fields,” Phys. Rev. D 100, no.2, 025006 (2019) [arXiv:1812.11134 [hep-th]].
2. P. K. Petrov, “Power-law Genesis: strong coupling and galileon-like vector fields,” Mod. Phys. Lett. A 35, no.37, 2050305 (2020) [arXiv:2004.13123 [hep-th]].
3. Y. Ageeva, P. Petrov and V. Rubakov, “Horndeski genesis: consistency of classical theory,” JHEP 12, 107 (2020) [arXiv:2009.05071 [hep-th]].
4. Y. Ageeva, P. Petrov and V. Rubakov, “Generating cosmological perturbations in non-singular Horndeski cosmologies,” JHEP 01, 026 (2023) [arXiv:2207.04071 [hep-th]].

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов и ведущей организации, в которых отмечено, что диссертация обладает внутренним единством, содержит важные физические и методические результаты, имеющие большое научное значение и практическую ценность. Диссертация полностью отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013г.

Отмечены следующие критические замечания и пожелания:

- В начале четвертой главы диссертации отсутствует вводная часть, что усложняет понимание целей и задач, решаемых в данной главе.
- Встречается небольшое количество орфографических ошибок и повторы в тексте диссертации, а также использование научного жаргона без должных пояснений. Например, термин «отрешенное действие» очевидно нужно было бы заменить на «действие в физическом секторе», поскольку оно является следствием гамильтоновой редукции посредством решения связей и наложения

калибровок. Также функция «хода» в формализме АДМ почему-то называется функцией «сдвига»

- Унитарная калибровка, используемая в работе, накладывает ограничения на возможные фоновые решения для скалярного поля. Хотелось бы подробнее обсудить эти ограничения.

- В диссертации автором обсуждается возможность нарушения "изотропного условия энергодоминантности" (формулы (1) и (2) диссертации). При этом автор никак не обсуждает имеющие гораздо более ясный физический смысл "слабое энергетическое условие" (смыслом которого является положительность плотности энергии в любой системе отсчета) и "условие энергодоминантности" (смыслом которого является требование отсутствия переноса энергии быстрее скорости света), терминология соответствует монографии [25] из списка литературы диссертации. Конкретно обсуждаемое в работе нарушение неравенства (2) соответствует нарушению слабого энергетического условия, что означает отрицательную плотность энергии в некоторой системе отсчета и было бы интересно обсудить, не может ли это приводить к неустойчивости теории, связанной с возможным рождением частиц с отрицательной энергией. Нарушение же условия энергодоминантности было бы интересно обсудить в контексте присутствующего в работе изучения наличия или отсутствия сверхсветовых возмущений. Также интересно было бы понять, для всех ли возмущений выполняется такое отсутствие при найденных в диссертации параметрах изучаемой теории, или это верно только для малых возмущений.

- Следующее замечание касается записи поведения величин при масштабном преобразовании в главе 2, в формулах, не имеющих номеров (что не слишком удобно) на стр. 29. Поскольку эти формулы не имеют вид равенств, из них оказывается непросто понять, что лагранжиан имеет размерность N не в единицах длины, а именно в единицах обратной длины. В результате проводимого далее исследования обнаруживается, что для величины N критическим значением оказывается 4, что в четырехмерном пространстве-времени соответствует безразмерности стоящей перед действием константы связи. При меньших же значениях N эта константа связи имеет размерность

отрицательной степени длины. Полезно было бы обсудить этот факт в тексте работы, поскольку наивные размерные соображения сразу показывают отсутствие сильной связи в этом случае при больших значениях времени t .

- Следует отметить, что решение связей как правило ведет к пространственным нелокальностям – отрицательным степеням пространственных производных, что следовало бы отдельно обсудить в контексте проблемы сильной связи. Главный вопрос в контексте этой проблемы заключается в том, что уточненное нахождение масштаба сильной связи из оптической теоремы основано на амплитудах рассеяния в плоском пространстве-времени, и хотелось бы иметь качественную и, возможно, количественную оценку поправок за счет кривизны пространства-времени с фоновой космологической метрикой.

В целом, диссертация написана четким и понятным языком, но не лишена небольшого количества опечаток, грамматических и стилистических ошибок. Соискатель Петров П.К. ответил на заданные в ходе защиты вопросы и согласился с замечаниями.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией оппонентов и сотрудников ведущей организации и наличием работ высокого научного уровня по близкой тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 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.

- 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.

- 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.

- 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 γ -отношения определяется малостью скалярной скорости звука. Произвольно малые значения γ -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 закономерно описываются в рамках классической теории поля и слабосвязанной квантовой теории.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- При работе над диссертацией был разработан новый метод анализа сильной связи во всех порядках по теории возмущений. Данный метод применим для широкого класса несингулярных космологических сценариев;

- В рамках теории Хорндески была построена новая модель Вселенной с отскоком. Предсказания в данной модели совпадают с современными экспериментальными данными. Но тем не менее, отличаются от предсказаний инфляционной теории, что делает данную модель экспериментально проверяемой.

Таким образом, полученные в диссертации результаты имеют большую теоретическую ценность и могут быть использованы, в том числе, при анализе режима сильной связи в несингулярных космологических сценариях, а также для описания эволюции ранней Вселенной.

Результаты диссертационной работы обсуждались на многочисленных международных и российских конференциях. Таким образом, результаты диссертации обоснованы и достоверны.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов диссертации, выносимых на защиту. Непосредственно автором были

исследованы векторные аналоги обобщенных галилеонов и на основе этих теорий была построена начальная стадия космологического генезиса. Помимо этого, при непосредственном участии автора была построена в рамках теории Хорндески новая модель Вселенной с отскоком. Также был разработан метод, который позволяет провести анализ масштабы сильной связи для различных несингулярных космологических сценариев во всех порядках по теории возмущений. Данный метод был применен к космологическому генезису с сильно гравитацией в прошлом.

На заседании 20 июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Петрову Павлу Константиновичу ученую степень кандидата физико-математических наук за построение нового и несингулярного космологического сценария Вселенной с отскоком, исследования вопроса сильной связи и вычисления спектров космологических для этого сценария.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве **21** человека, из них **5** докторов наук по специальности 1.3.3 — Теоретическая физика, участвовавших в заседании, из **27** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: **за - 21**, **против - 0**, **недействительных бюллетеней - 0**.

Председатель

диссертационного совета 24.1.163.01

доктор техн. наук, чл.-корр. РАН

_____ Кравчук Л.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.163.01

кандидат физ.-мат. наук

_____ Демидов С.В.

20.06.2024 г.

М.П.