

Отзыв научного руководителя
на диссертацию Волковой Виктории Евгеньевны

«Космологические решения и их устойчивость в скалярно-тензорных теориях
гравитации со старшими производными»,

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.02 – теоретическая физика.

В основу диссертации Волковой В.Е. легли результаты ее исследований классических космологических решений в скалярно-тензорных теориях со старшими производными. Центральным вопросом является существование и устойчивость космологических решений без начальной сингулярности в теории Хорндески и ее расширениях. Проблема построения пространственно-плоских космологических решений без сингулярности, а именно, решений с отскоком или решений, реализующих сценарий генезиса, имеет фундаментальный для космологии характер. В частности, такие решения могут приводить к космологическим сценариям, альтернативным инфляционному. В рамках общей теории относительности пространственно-плоские решения без начальной сингулярности возможны только при нарушении изотропного условия энергодоминантности. Теории, в которых это условие может нарушаться, как правило, неустойчивы либо из-за наличия духовых степеней свободы, либо из-за нарушения гиперболичности уравнений для возмущений (градиентной неустойчивости). Лишь недавно было показано, что устойчивые относительно малых возмущений стадии отскока и генезиса возможны в теориях Хорндески – скалярно-тензорных теориях, обладающих лагранжианами со вторыми производными, но с уравнениями поля второго порядка. Тем не менее, в 2016 году было продемонстрировано, что решения без начальной сингулярности рано или поздно становятся неустойчивыми из-за градиентной неустойчивости. В работах Волковой В.Е., результаты которых вошли в ее диссертацию, вопрос о существовании решений без начальной сингулярности исследован в расширенных теориях Хорндески и впервые получены полностью устойчивые решения с генезисом и отскоком. Это, на мой взгляд, является крупным достижением в актуальной области теоретической физики. Кроме того, диссертация содержит исследование двух альтернативных подходов к анализу возмущений на космологическом фоне в теориях Хорндески и их расширениях. Такой анализ необходим для адекватного описания возмущений и однозначного решения вопроса об устойчивости фонового решения.

В первой главе диссертации анализируются причины, приводящие к отсутствию полностью устойчивых решений без начальной сингулярности в теориях Хорндески, и возможность устранения этих причин в расширенной теории Хорндески. На основе этого анализа предложен пример ковариантного лагранжиана расширенной теории Хорндески, допускающего полностью устойчивое решение в виде космологического отскока. Это решение обладает тем свойством, что в асимптотическом прошлом (или будущем) гравитация не описывается общей теорией относительности, а скалярное поле не сводится к обычному (каноническому). В связи с этим данное решение можно было бы считать не вполне удовлетворительным. Причина состоит в требовании отсутствия сингулярности в лагранжиане малых возмущений в унитарной калибровке. Аналогичными свойствами обладает и найденное в первой главе решение, описывающее космологическую модель с генозисом: оно устойчиво в течение всей эволюции, но описывает модифицированную гравитацию в асимптотическом прошлом. Однако в этой же главе продемонстрировано, что указанное выше требование не является физически обоснованным: коэффициенты в квадратичном лагранжиане для возмущений могут быть равны нулю в некоторый момент времени, и тем не менее возмущения гладко сшиваются в этой точке. Это дало возможность В.Е. Волковой найти лагранжиан расширенной теории Хорндески, допускающий отскоковое решение без неустойчивостей, при этом и в асимптотическом прошлом, и в асимптотическом будущем теория переходит в общую теорию относительности с каноническим безмассовым скалярным полем. Эти свойства асимптотик позволяют использовать данное решение для построения реалистичных моделей ранней Вселенной без начальной сингулярности.

Во второй главе диссертации представлены результаты исследования двух возможных подходов к вычислению квадратичного действия для возмущений. Один из них является стандартным способом вычислений в унитарной калибровке, а второй представляет собой так называемый DPSV метод. При этом особенностью теорий Хорндески и их расширений является кинетическое смешивание между метрикой и скалярным полем, а подход DPSV позволяет сравнительно просто эту особенность учесть. В теории Хорндески проведен сравнительный анализ указанных методов вычисления и показано, что каждый из них соответствует определенному выбору калибровки теории и, следовательно, является корректным. Кроме этого, метод DPSV обобщен на случай расширенной теории Хорндески. В результате тщательного анализа показано, что в этом случае метод требует существенных модификаций для получения верного результата для квадратичного действия линеаризованной теории. Общий вывод в этом случае состоит в том, что преимущества метода DPSV пропадают в расширенной теории.

Должен отметить, что изложенные в диссертации результаты являются новыми и исключительно интересными. Они уже привлекли внимание ведущих мировых специалистов в данной области. Во время работы над диссертацией В.Е. Волкова проявила незаурядный талант и способности как с точки зрения формулировки идей и постановки задач, так и с точки зрения развития методов их решения. Сегодня она – вполне сформировавшийся молодой исследователь с очень хорошими перспективами.

Все результаты, содержащиеся в диссертации, опубликованы в 4 статьях и 2 тезисах докладов в рецензируемых научных изданиях и были получены при непосредственном и определяющем участии В.Е. Волковой. Основные результаты, изложенные в диссертации, были представлены на международных конференциях.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.02 – теоретическая физика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертация Волковой Виктории Евгеньевны рекомендуется к защите по специальности 01.04.02 – теоретическая физика в диссертационном совете МГУ.01.06.

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН, профессор,
заведующий кафедрой физики частиц и космологии



Рубаков В.А.

Дата отзыва
19.03.19

Подпись В.А. Рубакова заверяю

Директор Института ядерных исследований РАН



Кравчук Л.В.