

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию П.К. Петрова "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.

Одной из наиболее актуальных задач современной фундаментальной космологии является задача о построении модели эволюции Вселенной на ранних временах. Уже довольно долгое время достоверно известно, что физика на ранних этапах развития Вселенной существенно отличалась от современной, и соответствующая задача об описании этой физики стоит давно. Однако, до сих пор не существует полностью удовлетворительной модели ранней Вселенной. Наиболее общепринятой на данный момент является модель инфляции, но она тоже имеет ряд принципиальных проблем. В частности, есть вопрос начальной сингулярности. Модели инфляции сами по себе как правило геодезически не полны, а их предсказания не позволяют однозначно выделить теорию. Таким образом, построение как альтернативных, так и дополнительных к инфляции моделей является крайне актуальной задачей. Оказывается, однако, что решение проблемы сингулярности в рамках Общей Теории Относительности и теории поля привычного вида невозможно. Необходимо добавлять необычные поля и/или модифицировать теорию гравитации. Основным кандидатом на роль теории, в рамках которой можно построить модели без сингулярности, является теория Хорндески (теория обобщенных галилеонов) и ее расширения. В рамках таких теорий оказывается возможным устойчивым образом нарушить изотропное условие энергодоминантности, а, следовательно, условие теоремы Пенроуза о сингулярности. Однако, даже в рамках теории Хорндески, как оказалось, существуют запрещающие теоремы, и построить полную модель не так просто. Модель с сильной гравитацией в прошлом – один из немногих примеров. Таким образом, рассматриваемые в диссертации модели генезиса и отскока с сильной гравитацией в прошлом могут являться альтернативой инфляции или дополнять ее в прошлом.

Диссертация П.К. Петрова посвящена изучению векторных теорий поля со вторыми производными в действии, аналогов теории Хорндески, а также построению теоретически и феноменологически приемлемых космологических решений в векторном и обычном варианте теории Хорндески. Исследуется вопрос устойчивости классического решения, а также вопрос применимости линейной теории, т.е. отсутствие сильной связи в теории на классических масштабах. Дополнительно, ставятся ограничения из условия унитарности. С точки зрения потенциальной наблюдательной проверки свойств решения П.К. Петровым исследуется спектр (амплитуда и наклон) скалярных возмущений, а также  $\gamma$  отношение. Таким образом, тема диссертации, безусловно, важна и актуальна. В диссертации получен ряд новых интересных результатов.

В частности, были построены векторные аналоги обобщенных галилеонов. Векторные поля в рассматриваемом случае не являются калибровочными. Найдены устойчивые решения, нарушающие изотропное условие энергодоминантности, в таких теориях. В частности, в диссертации найдено решение в теории с векторными полями, аналогичное модели генезиса.

Кроме того, в диссертации П.К. Петрова большое внимание уделено исследованию проблемы сильной связи в различных моделях генезиса. Во-первых, показано, что модель

генезиса с векторным полем находится в режиме слабой связи. Во-вторых, были найдены условия отсутствия сильной связи в модели генезиса с сильной гравитацией в прошлом во всех порядках теории возмущений.

Другим важным результатом является построение модели с отскоком в теории Хорндески и нахождение ограничений на ее параметры из условия отсутствия сильной связи, а также из экспериментальных ограничений на  $\gamma$  отношение и наклон скалярного спектра.

Во время обучения в аспирантуре и работы над диссертацией П.К. Петров проявил себя как самостоятельный ученый, владеющий современными методами классической и квантовой теории поля и космологии. П.К. Петров показал, что способен не только разбираться в сути задач и подходах к их решению и проводить вычисления, но и самостоятельно формулировать задачи. П.К. Петров имеет также другие интересные результаты, не вошедшие в диссертацию.

Научный уровень П.К. Петрова соответствует уровню высококвалифицированного специалиста в области теоретической физики.

Считаю, что диссертация "Космологические решения в теориях со старшими производными. Самосогласованность классического описания" полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, П.К. Петров, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

Научный руководитель,  
с.н.с. ОТФ ИЯИ РАН, к.ф.-м.н.

11.03.2024  
Миронов С.А.

Подпись Миронов С.А. удостоверяю,  
Зам. Директора ИЯИ РАН

Рубцов Г.И.