Отзыв

научного руководителя на диссертацию Белоконя Александра Игоревича «Динамика квантовых полей и их локализованных возмущений в искривлённых пространствах», на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – Теоретическая физика

Представленная к защите диссертационная работа А.И. Белоконя посвящена решению актуальных задач теоретической физики, связанных с феноменологическими аспектами космологии тёмной материи, квазиклассической гравитации, а также неравновесными процессами в квантовой теории поля. Такие разноплановые научные темы объединены наличием в диссертационных исследования физики квантовых систем в искривленных пространствах или вне равновесия.

Условно её можно разделить на три большие части. Первая посвящена космологии, а именно различным феноменологическим аспектам физики ранней Вселенной. Вторая часть относится к современным исследованиям круга вопросов, охватывающего область физики черных дыр, неравновесное поведение квантовых полей на их фоне и информационный парадокс. Это современная тематика, связанная с недавними пионерскими исследованиями по нелокальным эффектам в энтропии зацепленности квантовых полей на фоне черной дыры, а более конкретно — с феноменом “островов зацепленности”. Исследования островов зацепленности начались сравнительно недавно, но уже привлекли к себе внимание множества исследователей. Третья часть посвящена рассмотрению неравновесных состояний и процессов в квантовой теории поля. Более конкретно, научные результаты состоят в следующем:

1. В области космологии тёмной материи А.И. Белоконь получил численные ограничения на параметры модели лёгкого скалярного поля, взаимодействующего с полями Стандартной модели через квадратичную связь со следом тензора энергии-импульса. Результат А.И. Белоконя состоит в том, что он установил несовместимость разрешённой области параметров модели с экспериментальными данными в случае, если скалярное поле за счёт своей динамики изменяет значения фундаментальных констант в течение первичного нуклеосинтеза в ранней Вселенной. Для обхода данных ограничений им был предложен альтернативный сценарий с модифицированным взаимодействием, который в поздней Вселенной совпадает с первоначально предложенной моделью, а в ранней Вселенной за счёт температурных эффектов плазмы образует ложный вакуум, находясь в котором поле не влияет на значения констант в течение нуклеосинтеза. Кроме того, А.И. Белоконь предложил космологическую модель, основанную на спонтанном нарушении масштабной инвариантности. Им было показано, что взаимодействие дилатона с топологическим членом КХД естественным образом решает сильную CP-проблему, аналогично тому, как это делается в аксионных моделях с нарушенной U(1)-симметрией. Он также продемонстрировал, что такая модель удовлетворяет текущим

экспериментальным ограничениям и обеспечивает самосогласованное описание низкоэнергетической инфляции в формализме Палатини, а также генерации тёмной материи без тонкой настройки начальных условий поля дилатона.

2. В исследовании энтропии зацепленности излучения Хокинга в пространствах чёрных дыр и де Ситтера А.И. Белоконь выявил нетривиальные динамические эффекты, обусловленные учётом вклада в обобщённую энтропию островов зацепленности. Он установил скачкообразное поведение энтропии излучения чёрных дыр Райсснера-Нордстрёма с малым зарядом вследствие исчезновения острова на поздних этапах эволюции, а также отсутствие вклада островов зацепленности при больших зарядах. Для пространства де Ситтера продемонстрировано нарушение свойств чистоты состояния и дополнительности, что поднимает вопрос самосогласованности используемых в литературе моделей для изучения динамики энтропии излучения Хокинга в многомерных геометриях.

3. В анализе неравновесных процессов в массивной скалярной квантовой теории поля А.И. Белоконь вычислил корреляционные функции плотности энергии, конденсата поля, плотности электрического заряда, а также их асимптотики при больших временах и на больших расстояниях. Он показал, что предел нулевой массы воспроизводит результат двумерной конформной теории поля, известный в литературе. Им были обнаружены три режима эволюции корреляций, зависящие от массы, в случае локально возбуждённых состояний, создаваемых оператором поля. Построены состояния, корреляционные функции наблюдаемых в которых воспроизводят известные в литературе голографические результаты. В случае конечного объёма им было выявлено иррегулярное поведение массивных теорий.

Результаты диссертации своевременно опубликованы в 5 статьях в международных рецензируемых научных журналах, а также докладывались и были представлены на различных российских и международных научных конференциях и семинарах. Все результаты, представляемые к защите в диссертации А. И. Белоконя, были получены им самостоятельно. При работе над диссертацией А.И. Белоконь проявил себя как инициативный, талантливый ученый, способный быстро вникнуть в современную научную тематику и выполнять исследования по ней на высоком уровне.

Считаю, что диссертация А.И. Белоконя удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 (теоретическая физика), а ее автор безусловно заслуживает присуждения искомой степени.

к.ф-м.н. (специальность 01.04.02)
старший научный сотрудник отдела
ММКТ, МИАН им. В.А. Стеклова

Д.С. Агеев

10 марта 2025 года

Подпись Агеева Д.С.
Заверяю
Заведующий
отделом кадров
Усачева О.Г.