

## ОТЗЫВ

официального оппонента **Мецаева Руслана Романовича** на диссертацию **Харука Ивана Вячеславовича** “Применение конструкции смежных классов к изучению теорий с нелинейной реализацией пространственно-временных симметрий”, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертация Харука И.В. “Применение конструкции смежных классов к изучению теорий с нелинейной реализацией пространственно-временных симметрий” посвящена развитию методов применения конструкции смежных классов для построения и анализа теорий с заданными пространственно-временными симметриями.

Первая из затрагиваемых автором тем связана с применением математического аппарата конструкции смежных классов для построения конформно-инвариантных теорий. Несмотря на то, что все представления конформной группы давно известны, вопрос об общей схеме построения конформно-инвариантных лагранжианов остаётся открытым. В первой части работы, изложенной во второй главе, автор предлагает свое решение данного вопроса. А именно, И.В. Харук предлагает новый способ построения конформно-инвариантных теорий при помощи конструкции смежных классов. Преимуществом предлагаемого подхода является фиксированная интерпретация всех используемых величин, а конструируемые при его помощи теории определены на пространствах требуемой пространственно-временной размерности. Автором предлагается как геометрическое, так и теоретико-групповое обоснование предлагаемого подхода. Во второй главе И.В. Харук также обсуждает применение предлагаемой им техники в случае спонтанного нарушения конформной инвариантности. Показывается, что предлагаемый им подход оказывается эквивалентен применению обратного условия Хиггса. Результаты данной главы проясняют некоторые известные факты о конформных теориях поля с новой стороны. Например, в рамках предлагаемого подхода становится понятным, почему вириальный ток в подобных теориях всегда является полной производной. Также предлагаемая

автором конструкция позволяет формализовать правило построения конформно-инвариантных теорий. Таким образом, изложенный в диссертационной работе материал расширяет знания о конформных теориях поля.

Вторая часть диссертационной работы, изложенной в третьей главе, посвящена изучению феномена массивных Намбу-Голдстоуновских полей и излагается в третьей главе работы. В отличие от обычных Намбу-Голдстоуновских полей, массивные Намбу-Голдстоуновские поля имеют ненулевую массу и их существование возможно только при спонтанном нарушении пространственно-временных симметрий. Общепринятая математическая конструкция, используемая в подобных случаях для построения эффективных теорий, основана на применении обратного условия Хиггса. В соответствии с ней массивные Намбу-Голдстоуновские поля представляют избыточные степени свободы в том смысле, что они не необходимы для минимальной нелинейной реализации спонтанно нарушенных симметрий. С другой стороны, известны примеры, когда подобные поля обязаны присутствовать в спектре эффективных теорий. Однако, соответствующий математический критерий ещё не был выработан в литературе. В данной части работы И.В. Харук устанавливает его, тем самым дополняя известные результаты в данной области.

На явных примерах автор демонстрирует, что существование массивных Намбу-Голдстоуновских полей напрямую связано с представлением параметра порядка в рассматриваемой теории. Обобщая рассмотренные примеры, И.В. Харук показывает, что количество независимых Намбу-Голдстоуновских полей равно количеству генераторов, не аннигилирующих параметр порядка в начале координат. В дальнейшем данный результат также обосновывается при помощи метода индуцированных представлений. Полученный результат является новым и представляет интерес для различных областей современной физики. Например, в физике конденсированных сред свойства тел и сред, описываемых в рамках эффективной теории, зависят от того, представляют ли массивные Намбу-Голдстоуновские поля настоящие динамические степени свободы или нет.

В третьей главе также обсуждается физическая интерпретация обратного условия Хиггса. Данный вопрос изучался в последнее время в литературе, но

однозначного вывода по нему так и не было сделано. И.В. Харук рассматривает известные интерпретации и приходит к выводу, что они не полны. Автор представляет собственную интерпретацию обратного условия Хиггса, предлагая рассматривать его как формальный математический трюк. В соответствии с ним, применение обратного условия Хиггса позволяет найти такую параметризацию полей, при которой никакие из полей не преобразуются под действием нестрого нарушенных генераторов (по терминологии автора). Таким образом, автор проясняет вопрос о связи математического аппарата и физических явлений, возникающих при спонтанном нарушении пространственно-временных симметрий.

В диссертационной работе И.В. Харук демонстрирует хорошее владение математическим аппаратом конструкции смежных классов. Так, в первой главе диссертации автор делает обзор соответствующей конструкции, а в разделе 3.5 предлагает оригинальный способ построения эффективных теорий в случаях, когда некоторые генераторы трансляций оказываются полностью нарушенными.

В диссертационной работе можно выделить следующие недостатки:

- Недостаточная ясность излагаемого в работе материала. Для правильного понимания некоторых утверждений оказываются необходимыми дополнительные пояснения автора.
- Автор излишне концентрируется на математических составляющих вопроса, недостаточно полно обсуждая физические следствия полученных результатов. Например, при обсуждении особенностей массивных Намбу-Голдстоуновских полей на стр. 99 остаётся открытым вопрос о том, насколько это важно с физической точки зрения.
- Недостаточное обсуждение известных в литературе результатов по тематике диссертационной работы. Так, при прочтении введения ко второй главе остаётся не до конца прояснённым вопрос как обычно применяется конструкция смежных классов при построении конформно-инвариантных теорий.

Подводя итоги, диссертационная работа Харука И.В. является законченной научно-квалификационной работой, а уровень излагаемого материала характеризует автора как квалифицированного специалиста. Тематика проведенного исследования актуальна, представленные в диссертационной работе результаты являются новыми и представляют интерес в контексте изучения различных ультрафиолетовых пополнений эффективных теорий, а также для физики конденсированных сред.

Выводы и заключения корректно сформулированы и обоснованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы. Результаты, вынесенные на защиту, докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК. Указанные в отзыве недостатки не уменьшают её ценность.

Таким образом, диссертация Харука И.В. «Применение конструкции смежных классов к изучению теорий с нелинейной реализацией пространственно-временных симметрий» полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Харук Иван Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент: Мецаев Руслан Романович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории квантовой теории поля, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), (научная специальность -01.04.02)

05.09.2019

Мецаев Р.Р.

119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.53.  
+7(499) 132-60-49, metsaev@td.lpi.ru

Подпись Мецаева Р.Р. заверяю:

Ученый секретарь ФИАН

Колобов А.В.

Мецаев Руслан Романович

Доктор физ.-мат. наук по специальности

01.04.02 – теоретическая физика.

Список основных публикаций по теме диссертации за последние пять лет:

1. Metsaev R. R. Long, partial-short, and special conformal fields // JHEP (2016) 05 p.096.
2. Metsaev R. R. BRST invariant effective action of shadow fields, conformal fields, and AdS/CFT // Theor. Math. Phys. (2014) 181 p.1548-1565.
3. R.R. Metsaev R. R. Light-cone gauge approach to arbitrary spin fields, currents, and shadows // J. Phys. (2014) A47 p.375401
4. Metsaev R. R. The BRST-BV approach to conformal fields // J. Phys. (2016) A49, p.175401.
5. Metsaev R. R. Mixed-symmetry fields in AdS(5), conformal fields, and AdS/CFT // JHEP (2015) 01 p.077.
6. Metsaev R. R. Light-cone AdS/CFT-adapted approach to AdS fields/currents, shadows, and conformal fields // JHEP (2015) 10 p.110.
7. Metsaev R. R. Continuous-spin mixed-symmetry fields in AdS(5) // J. Phys. (2018) A51, p.215401.
8. Metsaev R. R. Arbitrary spin conformal fields in (A)dS // Nucl. Phys. (2014) B885 p.734-771.
9. Metsaev R. R. Cubic interaction vertices for massive/massless continuous-spin fields and arbitrary spin fields // JHEP. (2018) 12 055.