

ОТЗЫВ научного руководителя  
на диссертацию Харука Ивана Вячеславовича  
«Применение конструкции смежных классов  
к изучению теорий с нелинейной реализацией  
пространственно-временных симметрий»,  
представленную на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.02 — теоретическая физика

Конструкция смежных классов ("coset construction" в англоязычной литературе) является одним из основных методов построения теорий поля, обладающих нелинейно-реализованными симметриями. Такая ситуация возникает, в частности, при спонтанном нарушении симметрий, где конструкция смежных классов приводит к эффективному описанию низкоэнергетической динамики в терминах намбу-голдстоуновских полей. В то время как для случая внутренних симметрий этот метод хорошо разработан и в настоящее время составляет содержание стандартных учебников, его применение к теориям с нелинейно-реализованными пространственно-временными симметриями по-прежнему является предметом активных исследований. В частности, отсутствует универсальный метод определения количества намбу-голдстоуновских полей, возникающих при спонтанном нарушении пространственно-временных симметрий. Актуальность этих исследований связана с широким применением моделей с нелинейно-реализованными пространственно-временными симметриями к космологической инфляции, релятивистской гидродинамике и физике конденсированных сред.

Диссертационная работа И.В. Харука посвящена систематическому исследованию ряда открытых вопросов в этой области на основе метода индуцированных представлений. Работа состоит из Введения, трех глав основного текста, Заключения и списка литературы. Во Введении дается общий обзор роли симметрий в современной теории поля, сформулировано понятие нелинейно-реализованной симметрии и обозначена проблематика работы. Глава 1 содержит детальный обзор метода индуцированных представлений и конструкции смежных классов, необходимый для дальнейшего понимания работы. Стоит отметить проведенную Иваном систематизацию материала, содержащегося в литературе, и его иллюстрацию различными примерами.

Вторая и третья главы содержат основные результаты работы. Во второй главе разработан метод построения конформно-инвариантных теорий при помощи конструкции смежных классов. Сначала рассмотрен случай ненарушенной конформной симметрии и изучен вопрос о правильном выборе однородного пространства для таких теорий. При ответе на это вопрос особая роль отводится дискретному элементу конформной группы --- преобразованию инверсии. Показано, что его существование приводит к необходимости рассматривать теорию на сфере (евклидово пространство, дополненное бесконечно удаленной точкой), для покрытия которой требуется более одной карты. Сформулировано обобщение техники индуцированных представлений на такой случай. Затем предложенный подход применен к случаю спонтанного нарушения конформной симметрии. В рамках этого подхода получает естественное объяснение ранее непонятный факт, что спонтанное нарушение конформной симметрии никогда не приводит к возникновению намбу-голдстоуновских бозонов, связанных со специальными конформными

преобразованиями. Предложена новая трактовка обратных условий Хиггса, устраняющих такие поля в стандартном подходе.

В третьей главе предложен новый метод построения эффективных теорий, возникающих вследствие спонтанного нарушения пространственно-временных симметрий. При этом структура и количество намбу-голдстоуновских полей полностью определяются трансформационными свойствами параметра порядка. Данный метод автоматически исключает все избыточные намбу-голдстоуновские поля, возникающие на промежуточных стадиях построения теории в стандартном подходе. Дано обоснование предлагаемого метода в рамках конструкции индуцированных представлений. Установлен критерий существования массивных намбу-голдстоуновских мод.

В Заключении вкратце сформулированы итоги работы.

Полученные в диссертации результаты вносят существенный вклад в понимание структуры теорий со спонтанно нарушенными пространственно-временными симметриями. В частности, они дополняют и уточняют существующие интерпретации обратного механизма Хиггса и проливают свет на природу массивных намбу-голдстоуновских полей. Эти результаты представляют значительный интерес для ряда областей теоретической физики, изучающих системы со спонтанно нарушенными пространственно-временными симметриями, от космологии до физики конденсированных сред.

К недостаткам работы можно отнести наличие опечаток, а также отсутствие явных примеров для некоторых предложенных в работе обобщений, не выходящих, таким образом, за рамки чисто умозрительных конструкций. Однако это замечание никоим образом не снижает научной ценности работы.

В процессе работы над диссертацией Иван проявил себя самостоятельным и целеустремленным исследователем. Он сформулировал основные научные вопросы и задачи исследования, провел изучение обширной литературы, разработал ряд новых подходов к решению поставленных задач и довел работу до конкретных оригинальных результатов. Эти результаты были изложены им в виде научных статей, а также доложены на конференциях и семинарах.

Диссертационная работа «Применение конструкции смежных классов к изучению теорий с нелинейной реализацией пространственно-временных симметрий» выполнена на высоком научном уровне. Она полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Харук Иван Вячеславович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

«25» апреля 2019 г.

Старший научный сотрудник ИЯИ РАН,  
к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Сибиряков С.М.

Подпись Сибирякова С.М. удостоверяю:

\_\_\_\_\_ Заместитель директора ИЯИ РАН  
д.ф.-м.н., проф. РАН  
Либанов М.В.