

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Мещерякова Николая Павловича
на тему: «Теоремы о неперенормировке
в $N = 1$ суперсимметричных теориях Янга–Миллса»
по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика»

Диссертация Н.П. Мещерякова посвящена изучению квантовых поправок (перенормировок) в $N=1$ суперсимметричных теориях. На протяжении последних десятилетий различные аспекты суперсимметричных теорий интенсивно изучались практически во всех ведущих научных центрах по всему миру. С одной стороны это связано с поисками новых физических явлений, которые не описываются Стандартной моделью (СМ) физики элементарных частиц. Суперсимметричные модели являются наиболее многообещающим расширением СМ. Они позволяют в значительной степени стабилизировать электрослабую шкалу, а легчайшая суперсимметричная частица оказывается одним из наиболее подходящих кандидатов на роль холодной тёмной материи. С другой стороны суперсимметрия обладает рядом замечательных математических свойств, позволяющих, в частности, получать точные соотношения, справедливые во всех порядках теории возмущений. Получение и исследование такого рода соотношений остаётся весьма **важной** и **актуальной** задачей. Изучению таких соотношений в $N=1$ суперсимметричных теориях и посвящена рассматриваемая диссертация.

Диссертация Мещерякова Н.П. состоит из введения, четырёх глав, заключения четырёх приложений и списка литературы. Объём диссертации составляет 135 страниц. Список литературы включает 127 наименований.

Во **Введении** кратко обсуждаются предмет диссертационной работы, современное состояние разработки темы исследования и её актуальность. Также приводятся ссылки на основополагающие работы в этой области

исследований. Формулируются цели и задачи работы. Представлены основные положения, выносимые на защиту, и перечень публикаций по материалам диссертации. Обсуждаются научная новизна и достоверность полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, личный вклад автора и апробация работы. В конце даётся краткое содержание диссертации.

В **первой главе** рассматриваются действие наиболее общей перенормируемой $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса, квантование данной теории и её регуляризация методом высших ковариантных производных, а также основные аспекты перенормировки этой теории. При этом основное внимание уделяется изучению перенормировки тройных духово-калибровочных вершин. В частности, приводится теорема об их конечности в ультрафиолетовой области. Кроме того, весьма детально описываются вычисления двухпетлевых вкладов в тройные духово-калибровочные вершины, которые позволяют проверить ультрафиолетовую конечность этих вершин в рассматриваемом порядке теории возмущений.

Во **второй главе** обсуждаются соотношение Новикова-Шифмана-Вайнштейна-Захарова и его новая форма, а также вычисление бета-функции в рамках $N=1$ суперсимметричных теорий Янга-Миллса, регуляризованных высшими ковариантными производными, с помощью метода модифицированных вакуумных суперграфов. Здесь этот метод используется для вычисления некоторых трёхпетлевых вкладов духов Фаддеева-Попова в бета-функцию в общей ξ -калибровке.

В **третьей главе** приведены результаты вычислений некоторых двухпетлевых вкладов в аномальную размерность духов Фаддеева-Попова. Проводится трёхпетлевая проверка духовой части новой формы соотношения Новикова-Шифмана-Вайнштейна-Захарова. Исследуется двухпетлевая перенормировка духов Фаддеева-Попова в общей ξ -калибровке и анализируется соответствующая аномальная размерность.

Четвёртая глава посвящена изучению перенормировки заряда и киральных суперполей материи в рамках $N=1$ суперсимметричной квантовой электродинамики (КЭД), регуляризованной высшими производными. Обсуждаются действие $N=1$ суперсимметричной КЭД с N_f ароматами и адаптация метода вычисления вкладов в бета-функцию с помощью модифицированных вакуумных суперграфов для абелева случая. Данный метод используется для вычисления некоторого трёхпетлевого вклада в бета-функцию в общей ξ -калибровке. Приводится результат вычисления соответствующего двухпетлевого вклада в аномальную размерность суперполей материи. Проводится проверка абелевой формы соотношения Новикова-Шифмана-Вайнштейна-Захарова в трёхпетлевом приближении.

В **Заключении** перечисляются основные результаты проведённых исследований. В **Приложениях А, Б и В** приводятся детали вычислений поправок к тройным духово-калибровочным вершинам, поляризованного оператора квантового калибровочного суперполя, а также вкладов в бета-функцию и двухточечную функцию Грина духов Фаддеева-Попова. **Приложение Г** содержит выражения для вкладов в бета-функцию и двухточечную функцию Грина суперполей материи, которые получены в рамках $N=1$ суперсимметричной КЭД.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Все исследования, проведённые в рамках диссертационной работы, ясно и подробно описаны. Приведены все необходимые детали вычислений и обоснования. Автором выполнен большой объём работы на высоком профессиональном уровне и продемонстрировано хорошее понимание современного состояния исследований в данной области теоретической физики. Следует отдельно отметить, что в основе диссертационного исследования лежит исключительно **личный вклад** Мещерякова Н.П., а все результаты, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно. Это чётко показано в самой диссертационной работе.

Результаты проведённых исследований соответствуют мировому уровню. Их **обоснованность, достоверность** и **новизна** не вызывает сомнений. Основные результаты опубликованы в высокорейтинговых авторитетных научных журналах, таких как Phys. Rev. D, JHEP, Nucl. Phys. B и Eur. Phys. J C, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Они также докладывались на представительных конференциях. **Обоснованность и достоверность** полученных результатов обусловлена ещё и тем, что при их получении использовались теоретические методы и подходы, апробированные при решении других проблем. Все результаты находятся в полном соответствии с известными общими положениями квантовой теории поля, а также согласуются в частных случаях с ответами, которые были получены ранее.

Диссертация Мещерякова Н.П. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком профессиональном уровне. Развитые в работе методы и полученные результаты могут быть использованы при проведении дальнейших теоретических исследований в МГУ, ФИАН (Москва), ИЯИ РАН (Москва), НИЦ КИ – ИФВЭ (Протвино), ОИЯИ (Дубна) и других научных центрах. К настоящему моменту на три статьи по материалам диссертации имеется заметное количество ссылок, что свидетельствует о высокой научной значимости полученных результатов.

Тем не менее, по содержанию диссертации у меня есть несколько критических замечаний, перечень которых приведён ниже.

1. При обсуждении актуальности темы исследования автор констатирует, что (см. стр. 5): «Прямые эксперименты по обнаружению суперпартнёров на Большом адронном коллайдере к настоящему времени не увенчались успехом, ставя под сомнение идею низкоэнергетической (на масштабе порядка $O(1)$ ТэВ) суперсимметрии, тем не менее их активные поиски продолжаются.» В этой связи необходимо отметить, что измеренное значение массы бозона Хиггса m_h находится в полном соответствии с

предсказаниями минимальной суперсимметричной стандартной модели (МССМ). Однако значение $m_h \approx 125$ ГэВ отвечает шкале масс суперчастиц много большей 1 ТэВ. В этом смысле ненаблюдение суперчастиц не представляется таким уж неожиданным или ставящим под сомнение идею низкоэнергетической суперсимметрии.

2. На стр. 11 и далее в тексте диссертации автором использован новый термин «всепетлевое (доказательство)». С моей точки зрения большой необходимости в введении этого термина нет. «Всепетлевое» можно практически всегда заменить на словосочетание «во всех порядках теории возмущений».
3. Ни в первой главе ни в других разделах диссертации мне так и не удалось найти определения ковариантных производных, которые должны включать производные по грасмановым координатам. Эти ковариантные производные фигурируют в первой, второй и четвёртой главах данной диссертационной работы.
4. Названия второй и четвёртой глав, а также разделов 2.3, 4.1, 4.2 и 4.4 являются слишком длинными. Их можно было бы достаточно просто сократить.
5. В приложении Б (см. стр. 112) используются не совсем удачные обозначения. При поверхностном изучении складывается впечатление, что данный раздел диссертации содержит набор интегральных уравнений, хотя это не так.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. – «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, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Мещеряков Николай Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
Лаборатории квантовой теории поля
ФГБУН Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской Академии Наук

НЕВЗОРОВ Роман Борисович

14.12.2022

Контактные данные:

тел.: 7(916)8712488, e-mail: nevzorovrb@lebedev.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.02 – «Теоретическая физика»

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53,
ФГБУН Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской Академии Наук,
Отделение «Отдел теоретической физики им. И.Е. Тамма»,
Лаборатория квантовой теории поля
Тел.: 7(499)1326554; e-mail: office@lebedev.ru

Подпись высококвалифицированного ведущего научного сотрудника ФГБУН
Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской Академии Наук
Р.Б.Невзорова удостоверяю:

Учёный секретарь ФИАН
кандидат физико-математических наук

А.В.Колобов

14.12.2022