ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.167.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.А. СТЕКЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06.06.2024 № 7

О присуждении **Кузьмичеву Михаилу Дмитриевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Ренормгрупповые функции в калибровочных теориях с N=1 суперсимметрией»** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика, принята к защите «29» февраля 2024 г., протокол № 3 диссертационным советом 24.1.167.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук (119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8; приказ № 1114/НК от 23.05.2023).

Соискатель Кузьмичев Михаил Дмитриевич, 1994 года рождения, окончил в 2018 г. магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению 03.04.02 «Физика», а в 2022 г. – аспирантуру физического факультета МГУ. Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель – Степаньянц Константин Викторович, доктор физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (специальность – 01.04.02)

Официальные оппоненты:

– Барвинский Андрей Олегович – доктор физико-математических наук, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник Лаборатории теории фундаментальных взаимодействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (специальность – 01.04.02)

– Бедняков Александр Вадимович – кандидат физико-математических наук, начальник сектора Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований (специальность – 01.04.02)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (г. Ярославль) в своем положительном заключении, утвержденном проректором по научной работе, к.б.н., доцентом Флёровой Екатериной Александровной, указала, что результаты, представленные в диссертации М.Д. Кузьмичева, являются новыми и представляют большой интерес для специалистов в области квантовой теории поля. Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор М.Д. Кузьмичев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Соискатель имеет 6 публикаций в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК:

1. Kazantsev A. E., Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shirokov I. E., Skoptsov M. B., Stepanyantz K. V. Two-loop renormalization of the Faddeev-Popov ghosts in $\mathcal{N} = 1$ supersymmetric gauge theories regularized by higher derivatives. // JHEP. — 2018. — Vol. 06. — P. 020.

2. Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shirokov I. E., Stepanyantz K. V. Three-loop contribution of the Faddeev–Popov ghosts to the β -

function of $\mathcal{N}$ = 1 supersymmetric gauge theories and the NSVZ relation. // Eur.Phys.J.C. — 2019. — Vol. 79. — P. 809.

3. Aleshin S. S. and others. Three-loop verification of a new algorithm for the calculation of a β-function in supersymmetric theories regularized by higher derivatives for the case of $\mathcal{N}$ = 1 SQED. // Nucl.Phys.B. — 2020. — Vol. 956. — P. 115020.

4. Kuzmichev M., Meshcheriakov N., Novgorodtsev S., Shirokov I., Stepanyantz K. Finiteness of the two-loop matter contribution to the triple gauge-ghost vertices in N=1 supersymmetric gauge theories regularized by higher derivatives. // Phys.Rev.D. — 2021. — Vol. 104. — P. 025008.

5. Kuzmichev M., Meshcheriakov N., Novgorodtsev S., Shatalova V., Shirokov I., Stepanyantz K. Finiteness of the triple gauge-ghost vertices in $\mathcal{N}$ = 1 supersymmetric gauge theories: the two-loop verification. // Eur. Phys. J. C. —2022. — Vol. 82. — P. 69.

6. Kuzmichev M., Stepanyantz K. A condition for the reduction of couplings in the P = 1/3 Q supersymmetric theories. // Phys. Lett. B. —2023. — Vol. 844. — P. 138094.

По совместным статьям есть заявление соавторов о разделении вклада в публикациях.

Других отзывов на диссертацию и автореферат не поступало.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются специалистам высокого уровня в области физико-математических наук по направлению теоретическая физика, а их исследования связаны с тематикой близкой к теме диссертации. Оппонент Барвинский А.О. является ведущим специалистом в области квантовой теории поля и квантовой гравитации. Оппонент Бедняков А.В. является отличным специалистом в области квантовой теории поля, суперсимметрии и вычислении радиационных поправок. Многие сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами в области квантовой теории поля.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Предложены новая форма условия, позволяющего осуществлять редукцию констант связи для P = 1/3Q суперсимметричных теорий, которая

представляет собой соотношение между аномальными размерностями квантовых суперполей, а также новые потенциально точные соотношения для аномальной размерности суперполей материи

- надежно подтверждена справедливость ряда точных результатов в N=1 суперсимметричных калибровочных теориях и утверждений о том, при каких перенормировочных предписаниях они справедливы, с помощью проведения многопетлевых вычислений квантовых поправок в тех порядках теории возмущений, где становится существенной схемная зависимость

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказаны справедливость новой формы NSVZ соотношения на диаграммном уровне для ряда супергафов, содержащих петли духов Фаддеева-Попова и суперполей материи, в трехпетлевом приближении
- продемонстрирована применимость нового алгоритма для вычисления вкладов в β-функцию N=1 суперсимметричных теорий, основанного на вычислении модифицированных вакуумных супердиаграмм, для определенных трехпетлевых суперграфов с петлей духов Фаддеева-Попова и для трехпетлевого непланарного суперграфа с петлей суперполей материи
- изучена двухпетлевая перенормировка тройных духово-калибровочных вершин на примере конкретных суперграфов, что при суммировании с другими аналогичными вкладами позволило подтвердить теорему о конечности тройных духово-калибровочных вершин в двухпетлевом приближении
- доказано, что условие ренорминвариантности отношения юкавских констант связи к калибровочной эквивалентно определенному условию, связывающему аномальные размерности квантового калибровочного суперполя, духов Фаддеева-Попова и суперполей материи, которое справедливо в однопетлевом приближении, а в двухпетлевом приближении выполняется в определенных схемах перенормировки.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы квантовой теории поля, сформулированные для суперсимметричных теорий в формализме N=1 суперпространства.

Диссертация имеет теоретический характер. Однако результаты диссертации могут быть распространены на теории, которые интересны для исследования феноменологии элементарных частиц за рамками Стандартной модели, включающие, в том числе, теории с мягким нарушением суперсимметрии. Также результаты, полученные при исследовании P = 1/3Q суперсимметричных теорий, также могут представлять интерес для феноменологии, поскольку в таких теориях потенциально возможна редукция констант связи, которая может уменьшить в них число независимых параметров.

Достоверность результатов подтверждается тем, что они были получены строгими математическими методами квантовой теории поля, согласуются с рядом общих утверждений и теорем, доказанным во всех порядках теории возмущений, например, с новой формой NSVZ соотношения и теоремой о конечности тройных духово-калибровочных вершин, а также другими публикациями по исследуемой тематике. Результаты диссертации были опубликованы в ведущих рецензируемых журналах в области физики высоких энергий.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все положения, выносимые на защиту, были получены непосредственно автором диссертационной работы. Все результаты диссертации являются новыми и были получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в качестве пожелания указана необходимость провести дополнительное исследование рассматриваемого точного соотношения для P = 1/3Q суперсимметричных теорий; $K_K \equiv K\left(\frac{K^2}{\Lambda^2}\right)$, например, в формулах (2.39) и (2.40) является не очень удачным обозначением, поскольку разные величины обозначаются одной и той же буквой; сделаны пожелания объяснить, почему особое внимание уделяется перенормировке тройной духово-калибровочной вершины, и можно ли использовать регуляризацию с помощью размерной редукции для проведения аналогичных исследований.

Соискатель Кузьмичев М.Д. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: было

высказано предположение, что точное соотношение будет выполняться для планарных суперграфов, в данный момент ведется работа по проверке этого утверждения; действительно, лучше было бы изменить названия петлевых импульсов в таких случаях; перенормировка тройной духово-калибровочной вершины необходима для того, чтобы переписать соотношение NSVZ в новой форме, проверка которой осуществлялась в диссертационном исследовании; при использовании размерной редукции точная формула NSVZ не справедлива в схеме минимальных вычитаний, и для ее восстановления необходимо совершать дополнительную подстройку схемы вычитаний в каждом порядке теории возмущений.

На заседании 06 июня 2024 г. диссертационный совет принял решение за исследование соотношений между ренормгрупповыми функциями для N=1 суперсимметричных калибровочных теориях в высших порядках теории возмущений присудить Кузьмичеву М.Д. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.3, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **16**, против **нет**.

Председатель диссертационного совета
24.1.167.02
доктор физико-математических наук

Славнов Никита Андреевич

Ученый секретарь диссертационного совета
24.1.167.02
кандидат физико-математических наук,

Теретёнков Александр Евгеньевич

06 июня 2024 года