

Заключение диссертационного совета МГУ.011.2

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «22» декабря 2022 г. № 9

О присуждении Мещерякову Николаю Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Теоремы о неперенормировке в $N = 1$ суперсимметричных теориях Янга–Миллса» по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика» принята к защите диссертационным советом 10 ноября 2022 г., протокол № 4.

Соискатель Мещеряков Николай Павлович, 1994 года рождения, в 2022 году окончил аспирантуру физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Соискатель работает в должности механика на кафедре квантовой теории и физики высоких энергий физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Степаньянц Константин Викторович, доцент кафедры теоретической физики физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты:

1. Быков Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела теоретической физики ФГБУН «Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук»;
2. Невзоров Роман Борисович, доктор физико-математических наук, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник лаборатории

квантовой теории поля ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук»;

3. Федорук Сергей Алексеевич, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика».

- [1] Kazantsev A. E., Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shirokov I. E., Skoptsov M. B. and Stepanyantz K. V. Two-loop renormalization of the Faddeev–Popov ghosts in $N = 1$ supersymmetric gauge theories regularized by higher derivatives // *Journal of High Energy Physics*. — 2018. — Vol. 06. — P. 020. (Импакт-фактор WoS: 5.810)
- [2] Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shirokov I. E. and Stepanyantz K. V. Three-loop contribution of the Faddeev–Popov ghosts to the β -function of $N = 1$ supersymmetric gauge theories and the NSVZ relation // *European Physical Journal C*. — 2019. — Vol. 79, no. 9. — P. 809. (Импакт-фактор WoS: 4.590)
- [3] Aleshin S. S., Durandina I. S., Kolupaev D. S., Korneev D. S., Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Petrov I. A., Shatalova V. V., Shirokov I. E., Shirokova V. Y., and Stepanyantz K. V. 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 $N = 1$ SQED // *Nuclear Physics B*. — 2020. — Vol. 956. — P. 115020. (Импакт-фактор WoS: 2.759)
- [4] Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shirokov I. E., Stepanyantz K. V. Finiteness of the two-loop matter contribution to the triple gauge-ghost vertices in $N = 1$ supersymmetric gauge theories regularized by

higher derivatives // *Physical Review D*. — 2021. — Vol. 104, no. 2. — P. 025008. (Импакт-фактор WoS: 5.296)

[5] Kuzmichev M. D., Meshcheriakov N. P., Novgorodtsev S. V., Shatalova V. V., Shirokov I. E., Stepanyantz K. V. Finiteness of the triple gauge-ghost vertices in $N = 1$ supersymmetric gauge theories: the two-loop verification // *European Physical Journal C*. — 2022. — Vol. 82, no. 1. — P. 69. (Импакт-фактор WoS: 4.590)

Личный вклад соискателя в работах [1–3] является существенным, а в работах [4,5] – определяющим. Соискатель вычислил наиболее сложный и объемный набор суперграфов, включающий определенные двух- и трехпетлевые вклады духов Фаддеева–Попова [1,2] и суперполей материи [3] в ренормгрупповые функции, а также ряд двухпетлевых вкладов в тройные духово-калибровочные вершины [4,5]. Кроме того, в работе [5] именно соискатель доказал, что полный двухпетлевой вклад в тройные духово-калибровочные вершины, содержащий также и результаты соавторов работ [4,5], является конечным в ультрафиолетовой области.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Выбор официальных оппонентов обосновывался высоким уровнем их компетентности в области теоретической физики по вопросам квантовой теории поля и суперсимметрии, а также наличием публикаций в высокорейтинговых журналах в соответствующей сфере исследования, в том числе публикаций за последние пять лет, список которых был представлен диссертационному совету.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований были получены новые результаты в области изучения высокоэнергетического поведения $N=1$ суперсимметричных калибровочных теорий, регуляризованных высшими ковариантными производными. Исследование квантовых свойств $N=1$ суперсимметричных калибровочных теорий играет важную роль в современной физике высоких

энергий, поскольку на их основе строятся суперсимметричные обобщения Стандартной модели, которые естественным образом приводят также и к объединению сильных и электрослабых взаимодействий на некотором очень высоком масштабе энергий. В диссертации с помощью пертурбативных вычислений в методе $N=1$ суперпространства было показано, что теорема о перенормировке тройных духово-калибровочных вершин справедлива в двухпетлевом приближении в общей ξ -калибровке. Данная теорема устанавливает связь между перенормировкой константы связи, квантового калибровочного суперполя и духов Фаддеева–Попова, и эта теорема лежит в основе доказательства точной β -функции Новикова, Шифмана, Вайнштейна и Захарова (НШВЗ) во всех порядках теории возмущений. Также в диссертации получен ряд ранее неизвестных выражений для вкладов в ренормгрупповые функции $N=1$ суперсимметричных калибровочных теорий, регуляризованных высшими ковариантными производными по методу А.А. Славнова. Данные вычисления были выполнены в общей ξ -калибровке в тех порядках теории возмущений, в которых существенна схемная зависимость. Это предоставило возможность для дальнейшего исследования калибровочной и схемной зависимости рассматриваемых ренормгрупповых функций. При этом вычисления трехпетлевых вкладов в β -функцию были выполнены с использованием недавно предложенного К.В. Степаньянцем нового метода, основанного на рассмотрении модифицированных вакуумных суперграфов. В диссертации на конкретных примерах продемонстрированы основные шаги применения данного метода и сделан вывод об эффективности его использования в рассмотренных случаях по сравнению со стандартным способом получения β -функции с помощью супердиаграмм с двумя внешними линиями (фонового) калибровочного суперполя.

В дальнейшем результаты, полученные соискателем, в совокупности с результатами, полученными соавторами совместных публикаций, были использованы для вычисления двухпетлевой аномальной размерности духов Фаддеева–Попова в общей ξ -калибровке; полного вклада духов

Фаддеева–Попова в трехпетлевую β -функцию; полной трехпетлевой проверки духового сектора новой формы НШВЗ-соотношения, связывающей β -функцию с аномальными размерностями всех квантовых суперполей. Кроме того, они применялись для явной проверки корректности метода получения β -функции с помощью модифицированных вакуумных суперграфов посредством прямого сопоставления вычисленной на его основе трехпетлевой β -функции в $N=1$ суперсимметричной квантовой электродинамике (СКЭД) с аналогичным результатом, полученным ранее в другой работе стандартным способом.

Проведенные исследования структуры петлевых квантовых поправок и точных соотношений между ренормгрупповыми функциями в $N=1$ суперсимметричных калибровочных теориях позволили глубже понять особенности данных теорий на квантовом уровне и, в частности, причины нетривиальной взаимосвязи между расходимостями, которая делает высокоэнергетическое поведение суперсимметричных теорий столь привлекательным.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Явным вычислением показано, что в неабелевых $N=1$ суперсимметричных калибровочных теориях, регуляризованных высшими ковариантными производными, теорема о неперенормировке тройных духово-калибровочных вершин справедлива в двухпетлевом приближении.

2. Вычислены определенные трехпетлевые вклады в β -функцию с помощью модифицированных вакуумных суперграфов с петлей духов Фаддеева–Попова в $N=1$ суперсимметричной теории Янга–Миллса и с петлей суперполей материи в $N=1$ СКЭД.

3. Получены соответствующие двухпетлевые вклады в аномальные размерности духов Фаддеева–Попова и суперполей материи от диаграмм, которые образуются в результате разрезания пропагаторов духов Фаддеева–Попова и суперполей материи в рассмотренных в пункте 2 вакуумных

суперграфах. Показано, что полученные трехпетлевые вклады в β -функции и двухпетлевые вклады в аномальные размерности связаны НШВЗ-соотношением.

На заседании 22 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Мещерякову Н.П. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 13 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за — 13, против — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель

диссертационного совета МГУ.011.2

профессор

Б.И. Садовников

Ученый секретарь

диссертационного совета МГУ.011.2

профессор

П.А. Поляков

22 декабря 2022 г.