

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.023.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П. Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13 декабря 2021 г. № 47

О присуждении Давыдову Андрею Семёновичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Непертурбативные эффекты поляризации вакуума в условиях кулоновской закритичности» по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика» принята к защите 11 октября 2021 года, протокол № 45 диссертационного совета Д 002.023.02, созданного 09 ноября 2012 года приказом № 717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Давыдов Андрей Семёнович, 1991 года рождения, в 2015 году окончил Физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и получил квалификацию «Физик». С 01 марта 2015 года обучался в аспирантуре Физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика» и закончил её в 2019 году, получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». С 2018 года А. С. Давыдов работает в Лаборатории процессов фотосенсибилизации Института биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН (ИБХФ РАН), а с 2021 года – в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа А. С. Давыдова выполнена в Институте биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН (ИБХФ РАН).

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор Кузьмин Владимир Александрович, заведующий лабораторией процессов фотосенсибилизации ИБХФ РАН.

Официальные оппоненты:

1. Арефьева Ирина Ярославна, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Математического института им. В. А. Стеклова Российской академии наук;
2. Мильштейн Александр Ильич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий теоретическим отделом Института ядерной физики

им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», город Томск, в своём положительном заключении, составленном доктором физико-математических наук Казинским Петром Олеговичем, доцентом кафедры квантовой теории поля физического факультета Томского государственного университета, и подписанном доктором физико-математических наук, профессором Ляховичем Семёном Леонидовичем, главным научным сотрудником лаборатории теоретической и математической физики, заведующим кафедрой квантовой теории поля Томского государственного университета, и доктором физико-математических наук, профессором Шаповаловым Александром Васильевичем, заведующим кафедрой теоретической физики Томского государственного университета, и утвержденном доктором физико-математических наук, профессором Ворожцовым Александром Борисовичем, проректором Томского государственного университета, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах Web of Science, Scopus и RSCI. Результаты работы были представлены в 5 докладах на российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А. С. Давыдовым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Davydov A., Sveshnikov K., Voronina Y. Vacuum energy of one-dimensional supercritical Dirac–Coulomb system // International Journal of Modern Physics A. — 2017. — Vol. 32, no. 11. — P. 1750054.

2. Воронина Ю. С., Давыдов А. С., Свешников К. А. Вакуумные эффекты для одномерного «атома водорода» при $Z > Z_{cr}$ // Теоретическая и математическая физика. — 2017. — Т. 193, No 2. — С. 276-308.

3. Воронина Ю., Давыдов А., Свешников К. Непертурбативные эффекты поляризации вакуума для квазиодномерной системы Дирака-Кулона при $Z > Z_{cr}$ // Письма в журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра». — 2017. — Т. 14, No 5(210). — С. 464–486.

4. Davydov A., Sveshnikov K., Voronina Y. Nonperturbative vacuum polarization effects in two-dimensional supercritical Dirac–Coulomb system I. Vacuum charge density // International Journal of Modern Physics A. — 2018. — Vol. 33, no. 01. — P. 1850004.

5. Davydov A., Sveshnikov K., Voronina Y. Nonperturbative vacuum polarization effects in two-dimensional supercritical Dirac–Coulomb system II. Vacuum energy // International Journal of Modern Physics A. — 2018. — Vol. 33, no. 01. — P. 1850005.

6. Voronina Y., Sveshnikov K., Grashin P., Davydov A. Essentially nonperturbative and peculiar polarization effects in planar QED with strong coupling // Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures. — 2019 — Vol. 106. — P. 298-311.

7. Voronina Y., Sveshnikov K., Grashin P., Davydov A. Casimir (vacuum) energy in planar QED with strong coupling // Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures. — 2019. — Vol. 109. — P. 209-224.

8. Свешников К. А., Воронина Ю. С., Давыдов А. С., Грашин П.А. Существенно непertурбативные эффекты поляризации вакуума в двумерной системе Дирака-Кулона при $Z > Z_{cr}$. Вакуумная плотность заряда // Теоретическая и математическая физика. — 2019. — Т. 198, No 3. — С. 381-417.

9. Свешников К. А., Воронина Ю. С., Давыдов А. С., Грашин П.А. Существенно непertурбативные эффекты поляризации вакуума в двумерной системе Дирака-Кулона при $Z > Z_{cr}$. Энергия поляризации вакуума // Теоретическая и математическая физика. — 2019. — Т. 199, No 1. — С. 69-103.

10. Давыдов А. С., Краснов А. А., Кузьмин В. А. Вакуумные плотности заряда и тока в закритической двумерной системе Дирака-Кулона в магнитном поле с аксиальным векторным потенциалом. Теоретическая и математическая физика. — 2021. — Т. 208, No 1. — С. 122-144.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области теоретической физики.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации проведено исследование существенно непertурбативных эффектов поляризации вакуума, возникающих при опускании дискретных уровней в нижний континуум в сверхсильных (сверхкритических) кулоновских полях.

В работе получены следующие результаты:

1. Разработан непertурбативный метод расчета вакуумной плотности заряда и вакуумной энергии, которые являются основными характеристиками поляризации вакуума, в сверхкритических системах Дирака-Кулона. Также представлен метод расчета вакуумной плотности тока для двумерной сверхкритической системы Дирака-Кулона в присутствии магнитного поля с аксиальным вектор-потенциалом.

2. Показано, что перенормировка через фермионную петлю с двумя внешними линиями оказывается универсальным приемом, который устраняет расходимость теории как в чисто пертурбативном, так и в существенно непertурбативном режимах для вакуумной плотности заряда, вакуумной плотности тока и для вакуумной энергии.

3. Показано, что для широкого диапазона параметров внешнего источника (с зарядом Z и радиусом R_0), нелинейные эффекты в закритической области

могут приводить к существенно отличному от пертурбативного квадратичного роста поведению вакуумной энергии вплоть до чётко выраженного убывания в отрицательную область со скачками, вызванными погружением дискретных уровней в нижний континуум. В рассматриваемом диапазоне изменения параметров, вакуумная энергия ведет себя $\sim -Z^2/R_0$ в 1+1 измерениях и $\sim -Z^3/R_0$ в 2+1 измерениях, достигая больших отрицательных значений. Подчеркивается, что методы, примененные для расчета вакуумной энергии в 2+1 измерениях, с минимальным числом изменений могут быть перенесены на трёхмерный случай, где поведение вакуумной энергии, как ожидается, должно быть $\sim -Z^4/R_0$, и, следовательно, вакуумная энергия будет конкурировать с классической электростатической энергией кулоновского источника.

4. Показано, что в присутствии закритического кулоновского источника наведенное магнитное поле при определенных значениях параметров внешнего векторного потенциала способно усиливать исходное магнитное поле.

5. Представленные теоретические и численные результаты полностью подтверждают предположение о превращении нейтрального вакуума в заряженный в сверхкритических внешних полях, приводящее к спонтанному излучению вакуумных позитронов при погружении уровней дискретного спектра в нижний континуум вследствие закона сохранения заряда.

Результаты работы А. С. Давыдова оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность обеспечивается использованием строгих математических методов и методов квантовой теории поля, подкрепляемых численной проверкой полученных в работе формул. Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами. Все результаты работы получены лично автором или при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что на основе оригинальной комбинации аналитических методов, компьютерной алгебры и численных расчетов разработаны непerturbативные методы расчета вакуумной плотности заряда, тока и вакуумной энергии. Автором впервые исследовано поведение вакуумной плотности заряда, тока и вакуумной энергии для протяжённых закритических кулоновских источников.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные в работе результаты должны внести существенный вклад в развитие науки о критических явлениях в сильных (сверхкритических) полях. Они позволят получить теоретические оценки по достижимости критического заряда и свойствах закритической области в установках по столкновению тяжелых ионов, а также в современных наноматериалах, таких как графен и нанотрубки. Полученные в диссертации результаты могут не только объяснить существующие экспериментальные данные, но и помочь в проектировании новых экспериментов по поиску ярких эффектов в физике тяжелых ионов, допированном графене и квазиодномерных кулоновских системах.

Рассмотренный в диссертации процесс погружения электронных уровней в нижний континуум, с учетом непerturbативных эффектов изменения

вакуумной энергии за счет поляризации моря Дирака и возрастания роли вакуумных магнитных эффектов при зарядах кулоновских источников превышающих критическое, имеют важное значение в связи со строительством новых тяжелоионных ускорительных комплексов FAIR (Дармштадт), NICA (Дубна), EIR&HIAF (Китай) и Фабрики Сверхтяжелых Элементов (SHE, Дубна), и разработки их научных программ. Особый интерес эти результаты приобретают в связи с наличием 2+1-мерного аналога феномена критического заряда в графене, в котором за счет большой эффективной постоянной тонкой структуры критический заряд оказывается $O(1)$ в единицах заряда электрона.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В ходе защиты критических замечаний со стороны членов диссертационного совета и присутствующих в зале высказано не было. Соискатель А. С. Давыдов ответил на заданные ему вопросы от членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 13 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение за разработку непerturbативных методов расчета вакуумной плотности заряда, тока и вакуумной энергии присудить Давыдову Андрею Семёновичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.02 – «Теоретическая физика»), участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали

за присуждение ученой степени – 15,
против присуждения ученой степени – 0,
недействительных бюллетеней – 2.

Председатель диссертационного совета Д 002.023.02
член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н.

Арсеев Петр Иварович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 002.023.02, к.ф.-м.н.

Вагин Константин Юрьевич

13 декабря 2021 года.