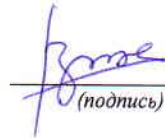


УТВЕРЖДАЮ

И.о. заместителя декана  
Физического факультета СПбГУ  
(должность)

  
(подпись)

В.А. Чирков  
(инициалы, фамилия)

« 20 » сентября 2024

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

По итогам рассмотрения и обсуждения  
Диссертации Попова Романа Владимировича  
(ф.и.о. соискателя ученой степени)

представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
Ученная степень

по теме «Спектры позитронов в низкоэнергетических столкновениях тяжёлых ядер как инструмент для наблюдения спонтанного распада вакуума в сверхкритическом кулоновском поле»  
(тема диссертации)

по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика  
шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

и выполненной в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра квантовой механики, и в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова национального исследовательского центра «Курчатовский институт», год представления 2024

наименование организации и год представления

а также представленных соискателем научных публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, приняты следующие решения, замечания и рекомендации:

---

**Актуальность исследования** по теме диссертации обусловлена развитием экспериментальных возможностей по исследованию процесса спонтанного распада вакуума в сверхкритическом кулоновском поле. В частности, в настоящее время происходит строительство новых экспериментальных комплексов в России (NICA), Германии (GSI/FAIR) и Китае (HIAF). Эти комплексы позволят сталкивать тяжёлые ионы в значительно более высоких зарядовых состояниях, вплоть до голых ядер. Это обстоятельство существенно повышает вероятность спонтанного рождения позитронов, сопровождающего распад квантово-электродинамического вакуумного

состояния. Такое расширение технических возможностей создаёт спрос на теоретические исследования с целью поиска оптимальных сценариев проведения эксперимента.

**Основной целью** работы являлся поиск экспериментального сценария позволяющего увидеть свидетельства спонтанного распада вакуума в низкоэнергетических столкновениях тяжёлых ядер.

В работе решались следующие задачи:

1. Развитие численной техники непертурбативных расчётов вероятностей рождения электрон-позитронных пар и энергетических спектров позитронов в столкновениях тяжёлых ядер.
2. Выполнение в монополюльном приближении расчётов вероятностей рождения электрон-позитронных пар и энергетических спектров позитронов в столкновениях тяжёлых ядер в широкой области параметров столкновений с целью поиска свидетельств перехода в сверхкритический режим, где становится возможным спонтанный распад вакуума.
3. Исследование влияния старших членов мультиполюльного разложения двухцентрового потенциала ядер на свидетельства перехода в сверхкритический режим в столкновениях тяжёлых ядер, обнаруженные в монополюльном приближении.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

1. Была разработана численная техника непертурбативных одноцентровых расчётов вероятностей рождения электрон-позитронных пар и энергетических спектров позитронов в столкновениях тяжёлых ядер за рамками монополюльного приближения.
2. В монополюльном приближении обнаружены качественные изменения в энергетических спектрах позитронов при переходе в сверхкритический режим в столкновениях тяжёлых ядер с фиксированным расстоянием наибольшего сближения.
3. Свидетельства перехода к сверхкритическому режиму, обнаруженные в монополюльном приближении, подтверждены расчётами за рамками данного приближения.

---

**Научная и практическая значимость** данной работы заключается в том, что обнаруженные качественные изменения в спектрах позитронов являются впервые выявленным свидетельством перехода к сверхкритическому режиму в столкновениях тяжёлых ядер. Ранее считалось, что обнаружение следов такого перехода возможно только в случае слипания ядер на какое-то время в точке наибольшего сближения под действием ядерных сил. В данном же случае такое слипание не требуется. Указанные изменения в позитронных спектрах могут быть экспериментально обнаружены в чувствительных к прицельному параметру измерениях выхода позитронов в низкоэнергетических столкновениях тяжёлых ядер.

---

**Обоснованность и достоверность** полученных результатов подтверждается сравнением с данными, представленными в научной литературе другими авторами, а также тщательным тестированием и проверкой разработанных для проведения

вычислений программ. Результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых журналах и обсуждались на нескольких всероссийских и международных конференциях.

---

**Личное участие автора в получении результатов** заключается в самостоятельном изучении необходимой научной литературы по теме диссертации, развитии вычислительной техники, проведении расчётов и анализе полученных результатов. Все основные представленные в диссертации и вынесенные на защиту результаты получены соискателем лично.

---

**Полнота изложения материалов диссертации в публикациях и апробация работы.** По материалам диссертации опубликованы 3 статьи в ведущих международных рецензируемых физических журналах, входящих в перечень ВАК и/или базы данных РИНЦ, Web of Science и Scopus. Все положения, выносимые на защиту, нашли отражение в публикациях. Результаты работы были доложены на всероссийских и международных конференциях.

---

Диссертационное исследование Попова Романа Владимировича «Спектры позитронов в низкоэнергетических столкновениях тяжёлых ядер как инструмент для наблюдения спонтанного распада вакуума в сверхкритическом кулоновском поле» соответствует паспорту по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

---

Нарушения со стороны Попова Романа Владимировича

ФИО соискателя

п. 11 Приказа СПбГУ от «19» ноября 2021 г. №11181/1

не выявлены

не выявлены, выявлены

и Приказа СПбГУ от 03.07.2023 № 9287/1

не выявлены

не выявлены, выявлены

Все основные выносимые на защиту научные материалы диссертации опубликованы в предложенных соискателем статьях.

**Коллектив сотрудников** кафедры квантовой механики Физического факультета СПбГУ

наименование подразделения

рекомендовал

рекомендовал / не рекомендовал / рекомендовал при условии устранения замечаний

диссертацию Попова Романа Владимировича

фио соискателя

по теме «Спектры позитронов в низкоэнергетических столкновениях тяжёлых ядер как инструмент для наблюдения спонтанного распада вакуума в сверхкритическом кулоновском поле»

тема диссертации

к защите на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

ученая степень

по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика

шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

При проведении голосования коллектива сотрудников кафедры квантовой механики (протокол заседания № 44/12/3-02-10 от 21 июня 2024 г.) в количестве 17 человек, участвовавших в заседании из 20 человек штатного состава:

Проголосовали «за»: 12,

«против»: 0,

«воздержались»: 0.

Профессор, заведующий кафедрой  
квантовой механики

(должность)

Физический факультет СПбГУ

(наименование структурного подразделения)

доктор физ.-мат. наук

(ученая степень)

профессор

(ученое звание)

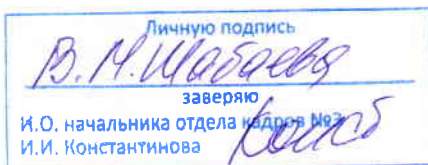
В. М. Шабаетв

19.09.2024



(подпись)

Расшифровка подписи, дата



19.09.2024

