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 12 сентября 2022 г № 53

О присуждении Аникину Евгению Викторовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Туннелирование и многофотонный резонанс в модели квантового нелинейного осциллятора» по специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика» принята к защите 16 мая 2022 года (протокол заседания № 52) диссертационным советом Д 002.023.02, созданным 9 ноября 2012 года приказом No 717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФГБУН ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Аникин Евгений Викторович, 9 сентября 1994 года рождения, в 2017 году с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению «Прикладные математика и физика». С 2017 года обучался в аспирантуре Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования “Сколковский институт науки и технологий” по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2021 году. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана Сколковским институтом науки и технологий в 2021 году. С 2019 года по 2021 год Е. В. Аникин работал в Центре фотоники и квантовых материалов Сколковского института науки и технологий в должности стажера-исследователя, а в настоящее время занимается научной работой в Лаборатории квантовых вычислений на холодных ионах Российского квантового центра (ООО "Международный центр квантовых технологий") в должности научного сотрудника.

Диссертационная работа Е. В. Аникина выполнена в Сколковском институте науки и технологий.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Центра фотоники и квантовых материалов Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования “Сколковский институт науки и технологий” Гиппиус Николай Алексеевич

Официальные оппоненты:

1. доктор физико-математических наук Рыжов Валентин Николаевич, заместитель директора ФГБУН Институт физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина Российской академии наук
2. доктор физико-математических наук, доцент Вятчанин Сергей Петрович, заведующий кафедры физики колебаний физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико–технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, город Санкт-Петербург, в своем отзыве, составленным доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Тарасенко Сергеем Петровичем, ведущим научным сотрудником ФТИ им. Иоффе, и утверждённом зам. директора ФТИ им. А. Ф. Иоффе, доктором физико-математических наук Брунковым Павлом Николаевичем на основании заключения общеинститутского «Чайного семинара» ФТИ (протокол №22 от 28-06-2022), указала, что диссертация является законченным научным исследованием, по тематике соответствует специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика» и удовлетворяет требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 5 работ. Результаты работы доложены на 3 всероссийских и

международных конференциях.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем Е. В. Аникиным работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Natalya S. Maslova, **Evgeny V. Anikin**, Nikolay A. Gippius, and Igor M. Sokolov, Effects of tunneling and multiphoton transitions on squeezed-state generation in bistable driven systems, Phys. Rev. A 99, 043802 (2019)
2. Natalya S. Maslova, **Evgeny V. Anikin**, Vladimir N. Mantsevich, Nikolay A. Gippius, and Igor M. Sokolov, Quantum tunneling effect on switching rates of bistable driven system, Laser Phys. Lett. 16 045205 (2019)
3. **Evgeny V. Anikin**, Natalya S. Maslova, Nikolay A. Gippius, and Igor M. Sokolov, Enhanced excitation of a driven bistable system induced by spectrum degeneracy, Phys. Rev. A 100, 043842 (2019)
4. **Evgeny V. Anikin**, Natalya S. Maslova, Nikolay A. Gippius, and Igor M. Sokolov, Transmission spectra of bistable systems: From the ultraquantum to the classical regime, Phys. Rev. A 102, 033725 (2020)
5. **Evgeny V. Anikin,** Natalya S. Maslova, Nikolay A. Gippius, Igor M. Sokolov, Multiphoton resonance in a driven Kerr oscillator in presence of high-order nonlinearities, Phys. Rev. A 104, 053106 (2021)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием признанных достижений в теории неравновесной динамики квантовых систем.

Диссертация Аникина Е. В. посвящена исследованию динамических и кинетических свойств бистабильных систем с учётом квантовых эффектов с помощью модели осциллятора с керровской нелинейностью в резонансном внешнем поле. Актуальность исследования обеспечивается применимостью этой модели для описания резонансного отклика многих систем на внешнее поле, а также необходимостью теоретического анализа динамических явлений в этих системах, возникающих из-за нелинейности, в пределе малого числа квантов. Диссертационный совет отмечает, что в диссертации проведено подробное исследование динамики, кинетики и спектров флуоресценции квантового нелинейного осциллятора с учётом туннелирования между различными областями классического фазового портрета. Предложены новые теоретические подходы для исследования собственных состояний и функций распределения осциллятора. В частности, с помощью метода, учитывающего все порядки разложения по константе связи, продемонстрирована связь между туннелированием и многофотонными переходами. Кроме того, показано, что влияние туннелирования на кинетику можно учесть с помощью уравнения Фоккера-Планка в представлении квазиэнергий с туннельным членом, выведенного из квантового управляющего уравнения на матрицу плотности.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Для модели изолированного квантового нелинейного осциллятора в резонансном внешнем поле показано, что туннелирование между областями фазового портрета имеет резонансный характер и приводит к отталкиванию уровней осциллятора при значениях расстройки, кратным половине нелинейного сдвига частоты осциллятора на один квант. Отталкивание уровней сохраняется при значениях внешного поля вплоть до критического, при котором исчезает одно из устойчивых состояний системы.
2. Обнаружена симметрия поправок невырожденной теории возмущений, справедливая для всех порядков. Доказательство опирается на построенное в диссертационной работе точное преобразования симметрии для аналитического продолжения матрицы гамильтониана на дробные числа заполнений.
3. Влияние туннелирования между областями фазового портрета на кинетику можно учитывать, вводя туннельный член в уравнение Фоккера–Планка в квазиэнергетическом представлении, причём функции распределения модифицируются наиболее сильно при малых отстройках от многофотонного резонанса.
4. Туннелирование увеличивает заселённость устойчивого состояния осциллятора с большей амплитудой: она имеет резкие максимумы при значениях расстройки, соответствующих многофотонному резонансу. Эти максимумы имеют логарифмический профиль с дополнительной ступенчатой структурой, вызванной дискретностью квазиэнергетических уровней. Так как квантовое состояние, соответствующее нулевым колебаниям в окрестности устойчивого состояния с большей амплитудой, является сжатым, туннелирование усиливает генерацию сжатых состояний в осцилляторе.
5. Нелинейность высшего порядка вызывает расщепление максимумов многофотонного резонанса на несколько близко отстоящих пиков различной ширины и интенсивности.
6. Спектры флуоресценции осциллятора имеют пороговую зависимость от внешнего поля. Вблизи многофотонного резонанса в спектрах флуоресценции увеличиваются высоты пиков, соответствующих устойчивому состоянию с большей амплитудой поля.

Все результаты, представленные автором, оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность обеспечивается использованием надежных теоретических подходов, адекватным выбором численных методов и признанием специалистов на российских и международных конференциях. Все результаты диссертации получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов заключена в том, что

результаты расчётов для функций распределения осциллятора могут быть непосредственно использованы для описания ряда экспериментов с локализованными модами. Впервые найдены аналитические выражения для пиков интенсивности, возникающих из-за многофотонного резонанса. Развит подход для описания многофотонных переходов в осцилляторе, учитывающий все порядки теории возмущений. Также разработаны новые квазиклассические методы для описания динамики и кинетики осциллятора, применимые для широкого класса аналогичных систем.

В ходе защиты соискатель Е. В. Аникин дал аргументированные ответы на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

Диссертация Аникина Евгения Викторовича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842. На заседании 12 сентября 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Е. В. Аникину учёную степень кандидата физико-математических наук за исследование роли многофотонного резонанса и туннелинования в динамике и кинетике квантового нелинейного осциллятора, что является научным достижением, имеющим важное значение для квантовой оптики и физики нанооптических устройств.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.02 — «Теоретическая физика»), участвовавшие в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 18,

против присуждения учёной степени - 0,

недействительных бюллетеней - 1.

Председатель

диссертационного совета Д 002.023.02

д.ф.-м.н., чл.-кор. РАН

Арсеев Пётр Иварович

Учёный секретарь

диссертационного совета Д 002.023.02

к.ф.-м.н.

Вагин Константин Юрьевич

12 сентября 2022 г.