

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.003.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИФМ УрО РАН) МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.01.2021, № 2

О присуждении Проценко Владимиру Сергеевичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электронные свойства и проводимость систем квантовых точек» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 16.11.2020, протокол № 8, диссертационным советом Д 004.003.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Проценко Владимир Сергеевич, 1990 года рождения. В 2013 году соискателю присвоена квалификация «Бакалавр», а в 2015 году – квалификация «Магистр» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки «Физика». Проценко В.С. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте

физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, год окончания аспирантуры 2019. Работает в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор РАН Катанин Андрей Александрович, профессор кафедры общей физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», главный научный сотрудник лаборатории теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

- 1) Кучинский Эдуард Зямович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией теоретической физики ФГБУН «Институт электрофизики» Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН), г. Екатеринбург;
- 2) Островский Павел Михайлович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник сектора квантовой мезоскопии ФГБУН «Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау» Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН), Московская обл., г. Черноголовка

– дали положительные отзывы о диссертации В.С. Проценко.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН), г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Аверкиевым Никитой Сергеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим сектором теории оптических и электрических явлений в полупроводниках, указала, что «Представленная диссертационная работа является самостоятельным и законченным научным трудом, который содержит принципиально новые результаты в области теоретического исследования электронных свойств систем квантовых точек, а ее автор является квалифицированным специалистом в области физики конденсированного состояния. Результаты работы опубликованы в ведущих международных научных журналах и докладывались на международных и всероссийских конференциях. Автореферат правильно и полно отражает основные результаты работы и ее выводы.

Диссертационная работа «Электронные свойства и проводимость систем квантовых точек» соответствует всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и пункту 5 Паспорта специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния, а ее автор Проценко Владимир Сергеевич достоин присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них статей, опубликованных в рецензируемых зарубежных научных изданиях и входящих в перечень ВАК – 4, тезисов докладов в материалах российских и международных конференций – 5. Общий объем научных изданий 3.7 печатных листов.

В результате проведенных исследований автором установлены особенности формирования локальных магнитных моментов и электронного транспорта кольцевых систем двух и четырех квантовых точек, соединенных с электронными резервуарами (контактами), при наличии различных типов асимметрии параметров перескока и конечного напряжения между контактами, методом функциональной ренормгруппы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Protsenko, V. S. Interaction-induced local moments in parallel quantum dots within the functional renormalization group approach / V. S. Protsenko, A. A. Katanin // *Phys. Rev. B.* – 2016. – Vol. 94, № 19. – P. 195148 (8).

2. Protsenko, V. S. Quantum phase transition and conductivity of parallel quantum dots with a moderate Coulomb interaction / V. S. Protsenko, A. A. Katanin // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2016. – Vol. 690, № 1. – P. 012028 (6).

3. Protsenko, V. S. Functional renormalization group study of parallel double quantum dots: Effects of asymmetric dot-lead couplings / V. S. Protsenko, A. A. Katanin // *Phys. Rev. B.* – 2017. – Vol. 95, № 24. – P. 245129 (10).

4. Protsenko, V. S. Local magnetic moments and electronic transport in closed loop quantum dot systems: A case of quadruple quantum dot ring at and away from equilibrium / V. S. Protsenko, A. A. Katanin // *Phys. Rev. B.* – 2019. – Vol. 99, № 16. – P. 165114 (18).

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность темы диссертационной работы, научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость.

Отзыв без замечаний поступил от Муртазаева Акая Курбановича, член-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией вычислительной физики и физики фазовых переходов ФГБУН «Институт физики им. Х.И. Амирханова» Дагестанского

федерального исследовательского центра РАН, Республика Дагестан, г. Махачкала.

Замечания содержатся в следующих отзывах:

1. От Овчинникова Александра Сергеевича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической и математической физики ИЕНиМ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: «На стр. 5 имеется фраза «В зависимости от типа асимметрии системы переход в состояние с магнитным моментом может сопровождаться или разрывным поведением проводимости в точке фазового перехода, или ее непрерывным поведением, при котором проводимость имеет антисимметричный резонанс в окрестности фазового перехода». Здесь было бы уместно упомянуть о каком фазовом переходе идет речь.»

2. От Капуткиной Наталии Ефимовны, доктора физико-математических наук, профессора кафедры физической химии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва.

Замечание: «При описании модели системы четырех квантовых точек и деталей расчета в разделе 3.1. не дано обоснование исключения из расчетов возможности прямого туннелирования между квантовыми точками QD2 и QD3 (см. Рис. 6).»

3. От Мазуренко Владимира Владимировича, доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой теоретической физики и прикладной математики, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: «По тексту автореферата есть следующий вопрос. Можно ли в режимах, когда существует ненулевой локальный магнитный момент, рассматривать систему квантовых точек в качестве модели одиночного кубита и симулировать простейшую однокубитную операцию создания суперпозиции состояний?»

4 От Семенова Андрея Георгиевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории теории сверхпроводимости и статистической физики сложных систем ФГБУН Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва.

Замечания: 1) «В своей работе автор для вычисления проводимости использует формулу Ландауэра, которая может быть обоснована лишь при отсутствии взаимодействия или определенной форме резервуаров в пределе нулевой температуры. На мой взгляд тут следует быть более аккуратным или же использовать более общий подход, основанный на прямом вычислении линейного отклика системы.»

2) «При рассмотрении системы из четырех квантовых точек, на мой взгляд, необходимо учитывать и эффекты типа Аронова-Бома, которые возникают если в кольцо из квантовых точек поместить внешний магнитный поток. В реальной жизни бывает очень сложно отделить спиновые и орбитальные степени свободы.»

Выбор официальных оппонентов доктора физико-математических наук Кучинского Эдуарда Зямовича, доктора физико-математических наук Островского Павла Михайловича, а также ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, тематикой структурного подразделения ведущей организации и публикациями доктора физико-математических наук Аверкиева Никиты Сергеевича, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Предложена модификация метода функциональной ренормгруппы, позволяющая описывать эффекты электрон-электронного взаимодействия в системах квантовых точек, находящихся в фазе сингулярной ферми-жидкости, где электрон-электронное взаимодействие приводит к возможности формирования локальных магнитных моментов.

2. Установлена возможность формирования локальных магнитных моментов и выявлены связанные с этим особенности электронного

транспорта для систем двух и четырех квантовых точек при наличии различных типов асимметрии параметров перескока.

3. Продемонстрирована возможность частичного и полного подавления проводимости в одном из спиновых каналов при приложении малого магнитного поля в системе четырех квантовых точек.

4. Впервые проанализирована эволюция магнитных моментов в системах квантовых точек при приложении конечного напряжения к контактам. Показано, что формирование локальных магнитных моментов в системах двух и четырех квантовых точек возможно в широком диапазоне напряжений смещения вблизи равновесия.

5. Показано, что характеристики электронного транспорта систем двух и четырех квантовых точек при приложении конечного напряжения к контактам обнаруживают резкие особенности при напряжениях, соответствующих переходам между различными магнитными состояниями. Выявлены эффекты отрицательной дифференциальной проводимости и спиновой поляризации тока, вызванные наличием электрон-электронного взаимодействия в системе четырех квантовых точек.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные результаты вносят вклад в теорию квантовых фазовых переходов и позволяют глубже исследовать механизмы формирования магнитных моментов в системах квантовых точек. Развитые в работе теоретические подходы могут быть применены к исследованию корреляционных эффектов реалистичных моделей наноразмерных систем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что выявленные в данной работе сведения о взаимосвязи магнитных и транспортных свойств могут быть использованы при экспериментальном обнаружении теоретически предсказанных магнитных состояний систем квантовых точек. Представленные результаты

могут быть востребованы при проектировании устройств квантовой электроники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что основные результаты работы получены методом функциональной ренормализационной группы, который является одним из наиболее надежных методов исследования коррелированных электронных систем. Все результаты диссертации получены с использованием надежных теоретических методов, выводы работы не имеют расхождений с существующими теоретическими данными других исследователей.

Личный вклад соискателя: представленные в диссертационной работе результаты получены автором под научным руководством д.ф.-м.н., профессора РАН А. А. Катанина. Автором лично осуществлялась разработка программного обеспечения, реализующего метод функциональной ренормализационной группы, и проведение представленных в диссертационной работе численных и аналитических расчетов. Выбор объектов и методов исследования, анализ полученных результатов, работа над подготовкой публикаций проводились автором совместно с научным руководителем. Материал диссертации неоднократно докладывался автором лично на международных и российских конференциях в виде устных и стендовых докладов.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи установления особенностей формирования локальных магнитных моментов и электронного транспорта кольцевых систем двух и четырех квантовых точек, соединенных с электронными резервуарами (контактами), и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335.

На заседании 29.01.2021 года, проведенном в удаленном (очно-заочном интерактивном) режиме, диссертационный совет принял решение присудить Проценко Владимиру Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, 5 докторов наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений, 5 докторов наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: «за» – 16, «против» – нет, «воздержался» – нет.

Председатель заседания,
заместитель председателя,
доктор физ.-мат. наук



О совета.

А.П.Носов

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук



Т.Б.Чарикова

1 февраля 2021 г.