

ОТЗЫВ

научного руководителя Катанина Андрея Александровича
на диссертацию Проценко Владимира Сергеевича
«ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА И ПРОВОДИМОСТЬ СИСТЕМ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК»,
представленной к защите на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Проценко Владимир Сергеевич после окончания кафедры теоретической физики Уральского федерального университета в 2015 г. проходил обучение в аспирантуре ИФМ УрО РАН по специальности «Физика конденсированного состояния». Область научных интересов – физика низкоразмерных электронных систем и физика конденсированного состояния в целом.

Диссертация Проценко Владимира Сергеевича посвящена исследованию магнитных и транспортных свойств систем квантовых точек, соединенных с электронными резервуарами (контактами). Данные системы позволяют реализовать магнитные режимы, связанные с формированием локальных магнитных моментов на квантовых точках, которые возникают в результате квантовых фазовых переходов. При этом магнитные свойства и электронный транспорт указанных систем могут иметь нетривиальную связь. Ранее такие системы исследовались либо ресурсоемким методом численной ренормгруппы, либо приближенными методами динамической теории среднего поля и ее нелокальных обобщений, не всегда позволяющими воспроизвести результаты точного анализа и содержащими множество приближений, применимость которых не очевидна. Также до настоящего момента исследование данных систем было ограничено рассмотрением простейших случаев симметричной геометрии квантовых точек при отсутствии напряжения между контактами. Прежде всего, это связано с ограниченностью существующих теоретических подходов описания эффектов электрон-электронного взаимодействия, которое играет ключевую роль в физике данных систем. Перед В.С. Проценко была поставлена задача применения метода функциональной ренормализационной группы для исследования свойств систем квантовых точек с кольцевой геометрией. В процессе работы В. С. Проценко адаптировал метод функциональной ренормгруппы к решению поставленной задачи, показав важность введения контрчлена для описания систем квантовых точек с (частично) сформированными локальными моментами. Диссертантом были также получены новые результаты для

рассмотренных систем квантовых точек. Проведенное В. С. Проценко исследование несомненно является актуальным, поскольку его результаты с одной стороны позволяют получить новые фундаментальные знания об электронных свойствах систем квантовых точек, а с другой стороны обладают большим прикладным потенциалом для последующего создания устройств наноэлектроники и спинтроники.

Основные результаты, полученные В.С. Проценко:

- Показано, что метод функциональной ренормализационной группы с контрчленом может быть применен для описания локального магнитного момента в системах квантовых точек.
- Проанализировано влияние асимметрии параметров перескока на возможность формирования локальных магнитных моментов и электронный транспорт изучаемых систем. Выполнен полуаналитический анализ линейной проводимости для различных случаев и установлена связь ее особенностей с магнитным состоянием систем. В частности, обнаружено, что система двух квантовых точек может демонстрировать непрерывный квантовый фазовый переход в состояние с локальным магнитным моментом, который сопровождается асимметричным резонансом линейной проводимости.
- Предложен универсальный метод анализа формирования локального магнитного момента в системе двух квантовых точек, обладающих произвольными параметрами перескока.
- Установлена эволюция магнитных режимов изучаемых систем с ростом напряжения между контактами. Выявлен механизм двухэтапного подавления магнитного состояния системы четырех квантовых точек, в результате которого реализуется режим с дробным значением локального магнитного момента в системе.
- Показано, что система четырех квантовых точек может работать в режиме спинового фильтра. При этом может быть реализована ситуация, когда проводимость в одном из спиновых каналов полностью подавляется. Предложен полуаналитический анализ данного эффекта. Показано, что в системе двух квантовых точек указанный эффект не реализуется.
- Выполнен расчет вольтамперных характеристик и дифференциальных проводимостей систем двух и четырех квантовых точек. Установлена связь между особенностями проводимости и магнитным состоянием.

• Выявлено наличие эффектов отрицательной дифференциальной проводимости в системе четырех квантовых точек. В частности, проанализирован вклад в проводимость, отвечающий за возникновения данного эффекта.

Таким образом, диссертационная работа В.С. Проценко содержит ряд новых актуальных методических и физических результатов, которые обладают фундаментальной и практической ценностью. Автором осуществлялась программная реализация теоретических методов исследования, проведение численных и аналитических расчетов, обсуждение и анализ полученных результатов, работа над совместной подготовкой публикаций. По результатам работы было опубликовано четыре работы, три из которых в ведущем физическом журнале - Physical Review B. За время выполнения диссертационной работы В.С. Проценко проявил большую самостоятельность и сформировался в специалиста в области физики конденсированного состояния.

Считаю, что диссертационная работа «Электронные свойства и проводимость систем квантовых точек» удовлетворяет всем требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», а ее автор Проценко Владимир Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Профессор кафедры общей физики МФТИ,
главный научный сотрудник лаборатории
теоретической физики ИФМ УрО РАН,
доктор физ.-мат. наук, профессор РАН

А.А. Катанин
«29» октября 2020 г.

Почтовый адрес: 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.

Тел.: +7 (495) 408-89-55

E-mail: katanin.aa@mipt.ru

ПОДПИСЬ РУКИ
ЗАВЕРЯЮ:
ЗАВЕДУЮЩАЯ КАНЦЕЛЯРИЕЙ
АДМИНИСТРАТИВНОГО ОТДЕЛА
М.А. ГУСЕВА

Катанин А.А.