РЕЦЕНЗИЯ

на научный доклад

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_аспиранта Дмитриева Алексея Юрьевича\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

Направление подготовки *\_\_\_\_\_\_03.06.01 Физика и астрономия\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

Направленность (профиль) подготовки\_\_\_*01.04.07 Физика конденсированного состояния*\_\_\_\_\_\_\_

Специальность, по которой подготовлен научный доклад\_\_*01.04.07 Физика конденсированного состояния*

Тема научно-квалификационной работы (диссертации)

Исследование нелинейных и квантово-оптических эффектов при рассеянии света на сверхпроводниковом кубите в одномерном пространстве

Оценка актуальности исследования

*Работа Дмитриева посвящена реализации искусственных сверхпроводниковых квантовых систем (искусственных атомов) и исследованию квантово-оптических эффектов на этих объектах. Квантовые технологии на основе сверхпроводящих кубитов – одна из наиболее актуальных и быстро развивающихся областей низкотемпературной квантовой физики и технологии наноструктур, что, прежде всего, связано с возможностью реализации сверхпроводящих компьютеров и симуляторов на этой основе. Особый фундаментальный интерес представляют исследования квантово-оптических явлений в связи с сильным взаимодействием микроволновых излучений с таким искусственным атомом. Таким образом тема исследования несомненно актуальна как в фундаментальном, так и в практическом аспектах.*

Оценка научной новизны исследования

*Исследование квантово-оптических эффектов на сверхпроводниковом искусственном атоме – совершенно новая область квантовой (атомной) физики. Выполненное экспериментальное исследование процессов трех- и четырехволнового смешения света, распространяющегося в микроволновой линии, позволило обнаружить новые оригинальные результаты благодаря сильной связи пространства (линии) с таким одиночным искусственным атомом.*

Достоверность результатов исследования

*Достоверность полученных результатов подтверждается соответствием экспериментальных данных и расчетов, а также их публикацией в высокорейтинговых рецензируемых физических журналах и апробацией в ряде российских и международных конференций и семинаров.*

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

*Фундаментальная значимость полученных результатов связана, прежде всего, с обнаружением квантового смешения волн: квантового состояния поля излучения кубита и классического поля электромагнитного импульса. Изученные экспериментально и теоретически нелинейные оптические эффекты имеют перспективу применения в квантовых телекоммуникациях, в квантовых вычислительных устройствах и детекторах, например, в качестве квантового детектора состояний излучений.*

Основные результаты и положительные стороны исследования

*1. Рассчитана и изготовлена искусственная квантовая система сверхпроводникового кубита в микроволновой линии. Разработана низкотемпературная микроволновая измерительная установка, позволяющая производить импульсные микроволновые исследования.*

*2. Выполнены измерения спектров сверхпроводниковых кубитов, их характерных времен когерентности.*

*3. Обнаружены особенности (боковые – sideband компоненты) в спектре когерентного рассеяния кубита при его облучении двумя непрерывными микроволновыми сигналами с частотами вблизи резонансной частоты кубита, изучены процессы нелинейного смешивания при многофотонном рассеянии на отдельном искусственном атоме.*

*4. Обнаружены Бесселевские Раби-осцилляции в боковых компонентах при нелинейном смешивании коротких микроволновых импульсов, продемонстрирована квантовая фотонная статистика состояний при рассеянии света двухуровневой системой кубита.*

*5. Впервые продемонстрировано трехволновое смешивание при рассеянии резонансных сигналов на одиночном трехуровневом искусственном атоме, уровни которого образуют «∆-систему», которая, крайне редко встречается в естественных атомных структурах.*

Недостатки исследования

*В качестве недостатков можно отметить следующие моменты.*

*1. Измеренные времена когерентности кубита в микроволновой линии довольно низки (менее 100 нс). Были бы полезны прямые измерения времен когерентности стандартными методами дисперсионного считывания кубита в резонаторе, чтобы отделить радиационную релаксацию и определить исходное качество кубита.*

*2. Не везде в тексте доклада приведены значения энергий (джозефсоновской и зарядовой) исследованных кубитов. Например, для кубитов с асимметричными емкостями связи с линией (см. конец Главы 2)*

*3. В тексте встречаются предложения типа: «…они также сопровождаются подгоночными кривыми, полученными из теоретических соображений», без ссылки на конкретные теоретические выражения и модели.*

*Сделанные замечания имеют характер пожеланий или относятся к форме представления материала и не снижают общей высокой оценки работы.*

Заключение

*Представленные исследования нелинейных и квантово-оптических эффектов при рассеянии света на сверхпроводниковом кубите проведены на высоком научном и технологическом уровне, вносят заметный фундаментальный вклад в развитие микроволновой фотоники. Выполнение работы потребовало использования сверхнизких температур, применения современных нано-технологий, сложного СВЧ-оборудования и прецизионных микроволновых методов. Работа представляет цельное законченное исследование. Результаты опубликованы в двух научных журналах, включенных в перечень ВАК, и в сборниках трудов международных научных конференций. Новизна и достоверность результатов не вызывают сомнений, они могут быть непосредственно использованы, например, при реализации микроволновых источников.*

Рецензент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_Рязанов В.В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (ФИО)

Ученая степень, ученое звание, должность\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_д.ф.-м.н., профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_28\_»\_\_\_\_мая\_\_\_\_ 2018 г.