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

*В рамках исследования изучались квантовые эффекты рассеяния света на сверхпроводниковом кубите. Исследования в области микроволновой квантовой оптики ведутся во многих лабораториях мира: ученые получают новые интересные результаты, недостижимые в оптике видимого диапазона и публикуемые в ведущих физических и междисциплинарных журналах. Тематика, безусловно, является актуальной, что достаточно полно отражено автором в тексте научного доклада.*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Оценка научной новизны исследования

*Исследование представляет из себя оригинальную работу по изучению ранее не исследованных физических эффектов в рассеянии света на квантовой системе, поэтому уровень новизны результатов достаточно высок.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*\_

Достоверность результатов исследования

*Выявленные в рамках работы физические закономерности хорошо интерпретируются при помощи используемых в квантовой оптике теоретических концепций: так, например, эффект квантового смешивания волн описывается при использовании операторного формализма, эффект трёхволнового смешивания хорошо моделируется квантовым основным уравнением. Это позволяет сделать вывод о достоверности полученных результатов.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

*Нелинейные квантово-оптические эффекты, с одной стороны, являются очень фундаментальными, поскольку допускают точный расчет из первых принципов квантовой оптики и квантовой механики. Эффект трехволнового смешения на циклической системе не имеет аналогов в квантовой оптике и поэтому фундаментальное значение эксперимента, демонстрирующего и количественно описывающего этот эффект, весьма велико. С другой стороны, нелинейные эффекты находят широкое применение в телекоммуникации и являются перспективными для применения в квантовых вычислительных системах, квантовой криптографии. В работе по квантовому смешиванию продемонстрирован потенциал использования кубита в качестве сенсора квантовых состояний распространяющегося света. Это дает основания считать результаты весьма значимыми как с теоретической, так и с практической точек зрения.* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Основные результаты и положительные стороны исследования

*1. При облучении кубита, сильно связанного с одномерным пространством, двумя непрерывными сигналами на близких частотах ω- и ω+, находящимися в резонансе с кубитом, в спектре когерентно рассеянного излучения возникают «боковые» компоненты, возникающие из-за смешивания волн на кубите.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*2. Появление боковых компонент и их спектральную интенсивность компонент можно объяснить процессами нелинейного смешивания первоначальных сигналов при рассеянии на кубите, играющем роль нелинейной оптической среды. Также этот эффект можно интерпретировать в терминах многофотонного рассеяния с участием нескольких фотонов. \_\_\_*

*3. При облучении кубита двумя короткими импульсами на близких частотах ω- и ω+, временная динамика системы вкупе с эффектом нелинейного смешивания приводят к появлению Бесселевских Раби-осцилляции в боковых частотных компонентах в зависимости от амплитуды накачки.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*4. При введении задержки импульсов с частотой ω- относительно импульсов с частотой ω+ характер спектра кардинально меняется: вместо большого числа боковых компонент возникает лишь одна из них. Это обусловлено фотонной статистикой состояний света: из-за переизлучения света двухуровневой системой в одной из мод не может быть более 1 фотона, и нелинейные процессы высшего порядка оказываются запрещенными. Похожая картина с большим количеством пиков возникает при рассеянии света на трехуровневой системе, так как состояние с 2-мя фотонами «допускает» большее количество многофотонных процессов.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*5. При рассеянии двух резонансных микроволновых сигналов на трёхуровневой ∆-системе возникает трехволновое смешивание. Интенсивность третьей компоненты, появляющейся за счет смешивания, описывается решением Блоховских уравнений для данной системы.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*В целом, хочется положительно отметить систематический характер исследования, а также высокое качество полученных результатов.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

Недостатки исследования

*Исследование не лишено некоторых недостатков. В части основного материала работы, отсутствует точное выражение для интенсивности пиков в режиме квантового смешивания, имеются небольшие несоответствия между теорией и экспериментом по трехволновому смешиванию. Отчасти эти недоработки можно объяснить большим объемом затрагиваемого в диссертации материала и трудоемкостью экспериментальной части. Приведенные недостатки нисколько не умаляют положительных качеств работы.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

Заключение

*\_\_*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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

(подпись) (ФИО)

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

«\_28\_»\_\_\_\_мая\_\_\_\_ 2018 г.