

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПЭ РАН



Кисель В.Н.

«29» 01 2020г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Ионцева Михаила Анатольевича

«Фазовые переходы в ансамбле джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем в резонансной полости», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Диссертационная работа Ионцева М.А. посвящена теоретическому исследованию равновесных и неравновесных свойств системы кубитов, взаимодействующих с электромагнитным полем.

Актуальность темы исследования.

Развитие современных технологий и развитие теорий, описывающих квантовые явления, привело к проектированию принципиальных схем квантового компьютера, созданию сверхточных измерительных систем, основанных на квантовых цепях. Один из возможных путей решения задач, которые ставят новые технологии, - создание метаматериалов с управляемыми свойствами. К таким метаматериалам, в частности, относятся ансамбли кубитов. В этой связи важной научной задачей является изучение ансамбля взаимосвязанных кубитов, взаимодействующих с электромагнитным полем в резонаторе. В диссертационной работе М.А. Ионцева рассмотрены равновесные и неравновесные свойства низкотемпературной высоко когерентной фазы электромагнитного поля, образующейся в результате взаимодействия электромагнитной волны с ансамблем кубитов. Предложен способ экспериментального обнаружения такой фазы по наблюдению резонансного дублета у коэффициента прохождения электромагнитного поля через систему. В работе также описаны возможные механизмы подавления и восстановления коэффициента прохождения электромагнитной волны в линейном и нелинейном режимах взаимодействия фотонного поля с двухуровневыми системами на джозефсоновских контактах. Все перечисленные выше результаты получены впервые. Таким образом, в диссертации

решены важные задачи современной теории конденсированного состояния. Актуальность исследования очевидна и не вызывает сомнения.

Целью работы являлась разработка количественного описания равновесного и неравновесного состояний фотонного поля, взаимодействующего с ансамблем кубитов, а также качественное описание дисперсионных соотношений для этого поля. В результате автором диссертации был описан механизм перехода в низкотемпературную высококогерентную фазу рассматриваемого фотонного поля; определена температура этого фазового перехода и его род; найдены дисперсионные соотношения для резонансного фотонного поля, взаимодействующего с ансамблем кубитов в линейном и нелинейном режимах; аналитически рассчитаны структуры возникающих в рассматриваемом процессе солитонов; для линейного и нелинейного режимов аналитически вычислены значения коэффициентов прохождения электромагнитной волны через резонатор, взаимодействующий с ансамблем кубитов.

Научная новизна диссертации заключается в аналитическом выводе выражений для дисперсионных соотношений фотонного поля, взаимодействующего с ансамблем джозефсоновских кубитов, как в линейном, так и в нелинейном режимах, а также в определении зависимости коэффициента прохождения от частоты электромагнитного поля и собственных частот ансамбля джозефсоновских кубитов.

Из оригинальных результатов, полученных в диссертации, хотелось бы выделить следующие:

- впервые было обнаружено сильное подавление коэффициента прохождения электромагнитной волны в линейном режиме для одиночного кубита. В режиме сильного взаимодействия волны с решеткой кубитов найдена область параметров, где наблюдается резонансное прохождение электромагнитной волны и резкое увеличение коэффициента прохождения;

- впервые было обнаружено сильное подавление взаимодействия кубитов с электромагнитным полем в пределе больших амплитуд электромагнитного поля и резкое восстановление коэффициента прохождения электромагнитной волны, как в случае одного кубита, так и цепочки кубитов;

- впервые было доказано, что резонансное взаимодействие кубитов с электромагнитной волной приводит к появлению солитонных решений в режиме аномальной дисперсии. Эти солитоны сохраняют неизменной свою форму в процессе

распространения. Предсказано также существование оптических солитонов, как с постоянной, так и периодически изменяющейся формой;

- впервые было доказано, что в случае нормальной дисперсии также наблюдаются, как обычные солитоны с гаусообразной постоянной формой, так и оптические солитоны двух видов: темные (при которых прозрачность системы становится равной нулю) и серые (лишь частично «запирающие» прохождение).

Научная и практическая значимость работы Ионцева М.А. состоит в развитии теории, описывающей взаимодействие фотонного поля с системой джозефсоновских кубитов. Развитие адекватной теории этого процесса необходимо для разработки сверхпроводящих метаматериалов на основе ансамблей джозефсоновских контактов, играющих роль потоковых кубитов для квантового компьютера. Работа вносит вклад в теоретические основы необходимые для разработки принципиальной схемы квантового компьютера на сверхпроводящих элементах. Таким образом, практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обоснована адекватностью использованных теоретических моделей, анализом применимости использованных методов расчетов, а также сопоставлением полученных результатов с литературными данными в тех случаях, когда такое сопоставление возможно.

Основные результаты работы автора докладывались на российских научных конференциях и семинарах, они опубликованы в 2 работах в научных журналах, каждый из которых входит в перечень журналов, рекомендованных ВАК. Результаты работы вносят заметный вклад в развитие теории метаматериалов. Они могут быть использованы в организациях, занимающихся исследованиями в сфере разработки таковых.

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует содержанию диссертации.

Оценка содержания работы. Диссертация написана достаточно ясным языком. Текст работы четко структурирован. Представленный графический материал нагляден, он достаточен для пояснения и иллюстрации полученных результатов.

Содержание диссертации можно разделить на три основных блока. Первый из них посвящен фазовым переходам, которые возможны в рассматриваемой системе. Второй содержит изложение исследования дисперсионных соотношений. Важным результатом здесь является предсказание существования «черных» и «серых»

солитонов в системах с линейной дисперсией. В третьем блоке описано поведение коэффициента прохождения электромагнитных волн через резонатор, связанный с массивом кубитов.

Содержание и структура работы находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования. Сформулированные основные выводы по работе являются новыми и обоснованными.

По содержанию и оформлению работы можно сделать следующие замечания и предложения:

1. В тексте работы встречаются опечатки в формулах. Так, например, константа взаимодействия электромагнитного поля с кубитами обозначается разными греческими буквами в первой и второй главе диссертации, при этом автор не указывает на то, что физический параметр поменял свое обозначение.

2. Автор диссертации сокращены некоторые выкладки, связанные с выводом уравнения, решениями которого являются «серые» и «темные» солитоны. В результате сложно понять физический смысл параметров, описывающих динамику солитонов (например, коэффициента темноты, порядка солитона, длины нелинейности). Автор не ограничен объемом текста, а диссертация именно та работа, где весь ход исследования можно изложить подробно.

3. В диссертации приведены рисунки, изображающие зонную структуру электромагнитного поля, взаимодействующего с ансамблем кубитов, полученные из качественных соображений. Однако, отсутствует описание причин возникновения такой зонной структуры.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, представляющей собой важное теоретическое исследование равновесных и неравновесных явлений при взаимодействии фотонного поля с ансамблем джозефсоновских кубитов.

Заключение. Считаю, что диссертационная работа Ионцева Михаила Анатольевича «Фазовые переходы в ансамбле джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем в резонансной полости» удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата физико-математических по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Диссертация и отзыв обсуждены на совместном научном семинаре сотрудников лаборатории № 1 ИТПЭ РАН «29» января 2020 года (протокол №1). На заседании присутствовало 12 человек. Результаты голосования по отзыву: «за» - 12, «против» - нет, «воздержались» - нет.

Отзыв составлен:

д. ф.-м.н., профессор
Заведующий Лабораторией № 1 ИТПЭ РАН



Рахманов А.Л.

Докторская диссертация защищена
По специальности 01.04.13 – Электрофизика

Адрес организации: г. Москва, ул. Ижорская д.13, 125412, Россия

Телефон с указанием кода города 8(495) 485 85 55

Адрес электронной почты itae@itae.ru

Адрес официального сайта в сети «Интернет» <http://www.itae.ru>