

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПЭ РАН



Розанов К.Н.

«14» Октября 2021г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Сеидова Сеидали Сахиб оглы

«Макроскопические квантовые явления в системах джозефсоновских контактов взаимодействующих с электромагнитным полем», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Диссертационная работа Сеидова С.С. посвящена теоретическому исследованию двух типов конфигураций джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем.

Актуальность темы исследования.

С помощью расширенной модели Дике, в которой двухуровневые системы взаимодействуют только через резонатор, описан ансамбль джозефсоновских контактов, помещённый в микроволновую полость. В работе Сеидова С.С. исследован возникающий в системе сверхизлучательный фазовый переход. С помощью метода некоммутирующих пределов показано, что данный фазовый переход является следствием спонтанного нарушения симметрии.

Динамика обыкновенной модели Дике в квазиклассическом приближении описана с помощью дифференциальных уравнений, имеющих аналитическое решение в виде функций Якоби. Показано, что в системе существует состояние связанной светимости, в котором происходит перекачка энергии между электромагнитным полем и ансамблем двухуровневых системам.

Предложен способ создания массива параллельных джозефсоновских контактов с высокой кинетической индуктивностью путём включения в его ячейки большого числа дополнительных «замороженных» джозефсоновских контактов. Тогда динамика захваченного в таком массиве магнитного флюксона становится квантовой, а не классической. Макроскопическая квантовая динамика флюксона представлена, как квантовая динамика в периодическом потенциале Пайерлса-Набарро в рамках модели

Френкеля-Конторовой. Описаны блоховские осцилляции в длинном линейном массиве контактов и эффект Ааронова-Кашера в коротком кольцевом массиве.

Все вышеописанные результаты получены впервые. В диссертации изучены важные задачи, касающиеся взаимодействия систем джозефсоновских контактов с электромагнитным полем. Актуальность и значимость исследования не вызывает сомнений.

Цели работы Сеидова С.С. следующие: исследование квантового фазового перехода в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами, исследование динамики обыкновенной модели Дике и исследование макроскопической квантовой динамики одиночного флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов. В результате им описан сверхизлучательный фазовый переход в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием, уточнена фазовая диаграмма расширенной модели Дике, описано состояние связанной светимости в обыкновенной модели Дике, а также блоховские осцилляции магнитного флюксона в длинном параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов и эффект Ааронова-Кашера в коротком кольцевом массиве.

Научная новизна диссертации заключается в описании фазового перехода в сверхизлучательное состояние в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами, описании состояния связанной светимости в обыкновенной модели Дике и в описании макроскопической квантовой динамики магнитного флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов с высокой кинетической индуктивностью.

В диссертационной работе представлен ряд оригинальных результатов:

- Показано существование фазового перехода в сверхизлучательное состояние в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами.
- В квазиклассическом приближении получены уравнения движения в обыкновенной модели Дике, допускающие аналитическое решение. Они описывают состояние связанной светимости, в котором энергия фотонного конденсата в полости переходит в энергию двухуровневых систем и обратно.

- Предложен способ достижения высокой кинетической индуктивности в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов, что в результате приводит к возникновению квантовой динамики магнитного флюксона, захваченного массивом. Описана макроскопическая квантовая динамика флюксона в двух конфигурациях массива: длинном линейном и коротком кольцевом. В первом случае показано существование блоховских осцилляций, во втором — эффекта Ааронова-Кашера.

Научная и практическая значимость работы Сеидова С.С. состоит в описании фазового перехода в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами. Им представлено доказательство существования в данной системе сверхизлучательного фазового перехода. Впервые удалось описать динамику обыкновенной модели Дике с помощью уравнений, имеющих аналитическое решение. Также предложен способ получения квантовой динамики флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов, теоретически получена зависимость от времени напряжения в длинном линейном массиве и вольт-амперная характеристика короткого кольцевого массива. Результаты говорят о существовании именно квантовой динамики флюксона, а не классической.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается анализом адекватности и точности использованных подходов и приближений, сопоставлением результатов диссертации с данными других авторов в тех случаях, где такое сравнение возможно.

Основные результаты работы автора апробированы научным сообществом на российских научных конференциях и семинарах, опубликованы в 3 работах, каждая из которых входит в перечень журналов, рекомендованных ВАК. Результаты работы вносят вклад в исследования расширенной модели Дике и квантовой динамики магнитного флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов.

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует её содержанию.

Оценка содержания работы. Диссертационная работа изложена ясно, текст последовательно структурирован, графический материал нагляден, достаточен для пояснения и иллюстрации результатов, а также их обсуждения.

Работа состоит из четырёх глав. Первая глава посвящена обзору литературы, изложению предварительной информации, необходимой для решения поставленных

задач. Во второй главе исследована расширенная модель Дике, с помощью метода некоммутирующих пределов найден переход в сверхизлучательную фазу в случае отсутствия прямого взаимодействия между двухуровневыми системами, построена фазовая диаграмма расширенной модели Дике. В третьей главе получены уравнения движения для обыкновенной модели Дике в квазиклассическом приближении, описано состояние связанной светимости. Четвёртая глава посвящена исследованию макроскопической квантовой динамики флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов, показано существование квантовых эффектов в динамике, а именно: блоховских осцилляций и эффекта Ааронова-Кашера.

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

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

1. В главе 2 рассматривается предел большой константы связи g . Было бы полезно пояснить, что является критерием «большой константы», это просто $g \gg 1$ или критерий зависит от параметров гамильтониана.

2. В главе 3 используется квазиклассическое приближение. Хотелось бы видеть четко сформулированные условия применимости такого подхода для используемой модели.

3. Рисунок 4.3 иллюстрирует туннелирование флюксона. Однако, понять, в чем состоит эта иллюстрация трудно. Ни текст, ни подрисовочная подпись не помогают. Тем более, что обозначения на осях рисунка отсутствуют.

Также в тексте имеются грамматические и стилистические погрешности, на которые было указано автору диссертации.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Цели диссертационного исследования достигнуты на высоком научном уровне.

Заключение. Считаю, что диссертационная работа Сеидова Сеидали Сахиб оглы «Макроскопические квантовые явления в системах джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем» 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 научном семинаре сотрудников лаборатории № 1 ИТПЭ РАН «19» октября 2021 года (протокол № 2). На заседании присутствовало 5 человек. Результаты голосования по отзыву: «за» - 5, «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>