

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сеидова Сеидали Сахиб оглы «Макроскопические квантовые явления в системах джозефсоновских контактов, взаимодействующих с электромагнитным полем», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Актуальность работы. Представленная работа является, судя по содержанию автореферата, чисто теоретическим исследованием, посвященным взаимодействию систем джозефсоновских контактов с электромагнитным полем. В диссертации описан ансамбль джозефсоновских контактов в микроволновой полости и решается задача о движении флюксона по массиву квантовых джозефсоновских контактов, что сводится к рассмотрению расширенной модели Дике. В рамках представленного исследования было показано существование фазового перехода в сверхизлучательное состояние в расширенной модели Дике в приближении невзаимодействующих двухуровневых системам. Представлено описание динамики обыкновенной модели Дике с помощью дифференциальных уравнений, имеющих аналитическое решение в функциях Якоби. Продемонстрированы квантовые эффекты в динамике флюксона, помещенного в массив параллельных джозефсоновских контактов.

В работе показано, что в расширенной модели Дике в приближении отсутствующего прямого взаимодействия между двухуровневыми системами происходит сверхизлучательный фазовый переход при стремлении константы связи с полостью (с резонатором) к бесконечности. Квазиклассические уравнения движения в обыкновенной модели Дике предсказывают биения поля в полости, что соответствует состоянию «связанной светимости». Продемонстрировано возникновение эффекта Ааронова—Кашера и блоховских осцилляций в динамике флюксона, движущегося в массиве параллельных джозефсоновских контактов с высокой кинетической индуктивностью. Таким образом показано, что при определенных условиях динамика флюксона может быть квантовой, а не классической.

Поставленные задачи и полученные результаты исследования важны для создания теоретических основ при разработке перспективных источников терагерцового излучения с использованием эффекта сверхпроводимости. Все вышеописанные результаты получены впервые. В связи с этим актуальность исследования не вызывает сомнения.

Целями работы в представленной диссертации являлись исследование динамики обыкновенной модели Дике, поиск фазового перехода в сверхизлучательное (синхронизованное) состояние в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами и исследование динамики флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов.

Для этого **решались следующие задачи:**

- Показать неустойчивость симметричного основного состояния расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами, применяя метод некоммутирующих пределов.
- Получить и затем решить квазиклассические уравнения движения для средних значений квантовых наблюдаемых в обыкновенной модели Дике.
- Получить эффективный потенциал Пайерлса-Набарро для флюксона в параллельном массиве джозефсоновских контактов и исследовать его динамику.

Научная новизна работы. Автором показано существование фазового перехода в сверхизлучательное состояние в расширенной модели Дике с отсутствующим прямым взаимодействием между двухуровневыми системами. Также им исследована динамика обыкновенной модели Дике, описано состояние «связанной светимости». Показано, что высокая кинетическая индуктивность массива параллельных джозефсоновских контактов приводит к сжатию флюксона и возникновению квантовой (не классической) динамики такого флюксона.

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. Такие уравнения описывают состояние «связанной светимости», при котором происходит периодический обмен энергии между фотонным конденсатом в полости и двухуровневыми системами.
- Предложен способ достижения высокой кинетической индуктивности в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов, что 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, что является новым результатом и отвечает на открытый вопрос о существовании в данной системе сверхизлучательного фазового перехода. Впервые динамика обыкновенной модели Дике описана уравнениями, допускающими аналитическое решение. Предложен способ получения квантовой динамики флюксона в параллельном массиве квантовых джозефсоновских контактов, теоретически получена временная зависимость напряжения в длинном линейном массиве, а также вольтамперная характеристика короткого кольцевого массива. Результаты говорят о существовании именно квантовой динамики флюксона, а не классической.

Достоверность и обоснованность полученных результатов является следствием применения современных методов исследования, устойчивостью выявленных закономерностей, сопоставимостью результатов с данными других авторов, адекватностью теоретических моделей.

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. Он написан ясным языком с достаточным количеством иллюстративного графического материала, поясняющего полученные результаты.

К сожалению, работа не лишена определенных недостатков.

Из материалов автореферата не ясно, при каких температурах возможны полученные эффекты, учитываются ли термодинамические флуктуации, и в какой области экспериментальных параметров возможен поиск предсказанных эффектов. Не указаны теоретические и/или практические ограничения на число джозефсоновских контактов в исследуемых системах и характерные частоты из области экспериментально реализуемых параметров. Не ясно также, почему для получения большой индуктивности ячейки используется цепочка джозефсоновских контактов, а не один контакт с

подавленным критическим током, что позволяет также получить высокие значения индуктивности.

Иллюстративному материалу не повредили бы следующие уточнения/поправки. В подписи к Рис. 7 упоминаются функции c_n и d_n , которые предварительно не определены в тексте. На Рис. 9 (справа) на принципиальной схеме кольцевой структуры генератор потенциала представлен источником постоянного напряжения (гальваническим элементом), включенным последовательно с конденсатор C_g , что лишено физического смысла. В целом понятно, что эта схема – лишь наглядная модель, а в уравнениях движения источник потенциала, скорее всего, задан параметрическим образом. На Рис. 13 показаны вольтамперная характеристика и блоховские осцилляции разной частоты, причем большая частота отнесена к точке с меньшим напряжением на джозефсоновских контактах, что соответствует меньшей частоте вынуждающей силы. Такое соотношение неочевидно, и в описание рисунка следовало бы добавить комментарии.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на хорошем 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 искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Д.ф.-м.н., ведущий н.с.

ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН,

Шитов С. В.

Подпись Шитова С. В. заверяю,

*Сей. с.н. кам. Т.И.И.
Телешнева М.Т.*



М.п

25.11.2021