

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Научно-исследовательского
учреждения «Институт ядерных
проблем» Белорусского
государственного университета

С.А. Максименко

« 19 » сентября 2024 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации о диссертации

Пешко Ильи Александровича

«Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02– теоретическая физика

Экспертиза диссертации проводилась в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 № 560 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190), и «Положения о совете по защите диссертаций», утвержденного постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.02.2005 № 19 (в ред. постановлений ВАК от 07.03.2007 № 2, от 21.08.2007 № 5, от 08.06.2009 № 1, от 15.06.2015 № 1, от 19.08.2022 № 2).

Диссертация Пешко Ильи Александровича выполнена в Государственном научном учреждении «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси» под научным руководством доктора физико-математических наук, член-корреспондента НАН Беларуси Могилевцева Дмитрия Сергеевича.

Представленная на рассмотрение диссертация И.А. Пешко «Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле» посвящена результатам исследований по применению квантовых систем для создания квантовых антенн, особенностям и преимуществам предложенных систем при сканировании в дальней зоне. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь, в частности пунктам: «1. Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства: физика фундаментальных взаимодействий микро- и макромира, зарождающиеся технологии (квантовые,

когнитивные, нейроцифровые, антропоморфные)» и «4. Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: наноматериалы и нанотехнологии, нанодиагностика» Перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертационная работа посвящена теоретическому рассмотрению динамики бозонных квантовых цепочек, используемых для запитывания квантовых антенн, учету влияния линейных и нелинейных потерь на взаимную и невзаимную динамику, изучению особенностей сканирования квантовыми антеннами объектов в дальнем поле.

Диссертация соответствует пунктам «Развитие и применение фундаментальных физических теорий и феноменологических моделей для описания различных состояний вещества и физических явлений в них» и «Квантовая механика. Квантовая теория информации и квантовые вычисления» паспорта специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Основной целью диссертации являлось исследование особенностей динамики возбуждения в цепочках мод с диссипативными потерями, взаимодействующих посредством линейной связи, исследование влияния нелинейных эффектов в рассматриваемых системах, моделирование работы схем сканирования, использующих в качестве источника рассматриваемые квантовые антенны.

Представленные в диссертации результаты являются новыми и находятся в русле современных мировых направлений исследований квантовых систем.

Научная и практическая значимость диссертационной работы определяется перспективностью использования полученных результатов в таких областях квантовых технологий, как квантовая метрология и квантовые радары.

Публикации автора диссертации и содержание диссертационной работы демонстрируют, что И.А. Пешко осуществил научный вклад в успешное решение поставленной научной задачи и получил результаты, важные для понимания исследуемых процессов и перспективные для возможного практического использования.

3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень кандидата физико-математических наук

Соискателю может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук за получение следующих новых научных результатов:

1. Анализ динамики взаимодействующих бозонных мод в условиях диссипации показал, что с помощью управления константами унитарной связи цепочкой взаимодействующих бозонных мод и скоростью потерь можно добиться быстрой логарифмической зависимости времени смешивания от числа мод цепочки. Также показано, что выбор начального состояния позволяет расширить область логарифмической зависимости и изменять характер смешивания от диффузного до баллистического и супербаллистического.

2. Предложены варианты нарушения принципа взаимности в бозонной цепочке за счет нелинейных потерь и дефазировки в энергетическом базисе, позволяющие реализовать одномодовый оптический изолятор.

3. Рассмотрена и исследована схема квантовой антенны, состоящей из системы взаимодействующих диполей, для сканирования в дальнем поле. Определены физические параметры (расстояние до объектов, расстояние между ними, расстояние между диполями, параметров связи диполей), приводящие к сверхразрешению.

4. Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы при разработке целого ряда устройств для приложений квантовой оптики и интегральной фотоники: оптических делителей и разветвителей, интегральных оптических схем. Квантовые антенны могут быть использованы при сканировании структуры «хрупких» объектов.

5. Замечания и предложения по диссертации

1. В диссертационной работе присутствует ряд стилистических неточностей и опечаток.

2. Не всегда четко используются термины, характеризующие конкретные результаты или величины.

В частности, стр. 25, где описываются варианты смешивания: «...выражения (1.15) дают незатухающие колебания...», хотя все выражения, выписанные в (1.15), явно затухают.

В (2.6) управляющее уравнение Линдблада записано для каждой из частей системы и каждая система помечена индексом, но в левой части уравнения матрица плотности без индекса. Далее уравнение Линдблада выписано снова – выражение (2.10). В этом уравнении для части системы такой же индекс j описывает уже не часть системы, а определенный процесс (однофотонный, двухфотонный и т.д.) в этой части системы, по этим индексам проводится

суммирование. Чтобы избежать путаницы, можно было бы оставить только это уравнение (2.10) с соответствующим описанием.

В (2.12) и далее можно было бы указать, в каком представлении, используются операторы уничтожения (рождения) (раз out и in, то, вероятно, в Гайзенберговском или представлении взаимодействия).

3. В главе 2 используется понятие принципа взаимности, которое не определено строгим образом. Например, если в простейшем случае рассматривать падение фотона на систему слева, а затем справа, то эти два «начальных» состояния нельзя в полной мере считать одинаковыми – они имеют, как минимум, противоположные направления волновых векторов.

4. Условие сохранения взаимности для абстрактных физических величин в (2.5) записано в виде равенства квантовых средних величин для «прямого» и «обратного» процессов. Однако, физические величины могут обладать различными трансформационными свойствами (например, скалярные, векторные и т.д.) и, таким образом, при разных «направлениях распространения», они могут преобразовываться различным способом.

5. Для полноты описания недостаточно данных с численными оценками характерных значений ширин затухания (однородного и неоднородного), столкновительных ширин, времен и расстояний, на которых рассматриваемые квантовые состояния и эффекты имеют место для конкретных физических систем.

Указанные замечания не влияют на высокое качество и значимость диссертационной работы.

6. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

Применение современных методов исследования, высокий научный уровень диссертационной работы, ее качественное оформление в полном соответствии с требованиями ВАК, новизна полученных результатов, публикации в рецензируемых журналах, теоретическая и практическая значимость полученных результатов дают основание сделать вывод о соответствии научной квалификации Пешко И.А. ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертационная работа И.А. Пешко представляет собой самостоятельно выполненное законченное научное исследование и соответствует всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Пешко Илья Александрович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Отзыв составлен на основании заключения эксперта – кандидата физико-математических наук Батракова Константина Германовича.

Отзыв обсужден после представления доклада соискателя на расширенном заседании Ученого совета НИИ ЯП БГУ, проведенного в соответствии с приказом директора от 03.09.2024 № 34/Д, и утвержден открытым голосованием (присутствовало 26 человек, в том числе 9 докторов и 9 кандидатов наук).
Протокол заседания Ученого совета НИИ ЯП БГУ № 6 от 17 сентября 2024 г.

Результаты голосования:

За	– 18,
Против	– 0,
Воздержались	– 0.

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета дает согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси.

Заместитель председателя Ученого совета,
доктор физ.-мат. наук, доцент

А.С. Лобко

Эксперт оппонирующей организации,
кандидат физ.-мат. наук

К.Г. Батраков

Секретарь Ученого совета,
кандидат физ.-мат. наук

В.П. Кутавичюс