

Отзыв на диссертацию
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»

1. Соответствие диссертации специальностям и отрасли науки, по которым она предоставлена к защите. Диссертация И.А. Пешко «Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле» в полной мере соответствует специальности «01.04.02 – теоретическая физика» и отрасли науки «01.00.00 – Физико-математические науки», поскольку рассматривает теоретические аспекты описания квантовых антенн и их применения для дальнеполевого сканирования с использованием информации Фишера.

2. Актуальность темы диссертации. Антенны играют важную роль в современном обществе, представляя собой проводник в соединении с приемником или передатчиком электромагнитных волн. Традиционные антенны обладают взаимностью и описываются классической электродинамикой Максвелла. В последние годы большое число исследований посвящено антеннам на основе метаматериалов (сред с отрицательным показателем преломления, диэлектрической проницаемостью вблизи нуля и проч.), которые проявляют исключительные свойства. В своей диссертационной работе И.А. Пешко подходит к проблеме улучшения характеристик антенн с другой стороны. Он изучает квантовые антенны, свойства которых позволяют обойти некоторые ограничения классических аналогов. Работа оперирует методами активно изучаемой неэрмитовой физики, а также предлагает новые типы невзаимных антенн, реализуемых за счет нелинейных компонент, анализирует сверхразрешение за пределами релеевского предела. Результаты диссертации хорошо коррелируют с исследованиями, публикуемыми в научных журналах самого высокого уровня, а потому являются несомненно актуальными.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту. Научные результаты, полученные в диссертации, и научные положения, выносимые на защиту, являются новыми. К важнейшим результатам можно отнести

а) получение логарифмической зависимости времени смешивания в зависимости от числа узлов решетки в цепочке унитарно связанных бозонных мод с увеличенными потерями в каждой второй моде путем настройки положения исключительных точек в пространстве параметров неэрмитовой системы;

- б) установление сверхбаллистического и субдиффузионного режимов переноса возбуждения в зависимости от начального состояния цепочки Руднера-Левитова;
- в) описание невзаимных устройств, использующих дефазировку и нелинейность для нарушения взаимности;
- г) демонстрацию сверхразрешения при сканировании в дальней зоне с использованием квантовой антенны, состоящей из двух взаимодействующих двухуровневых систем, пространственно-временные корреляции которых способны устранить «рэлеевскую расходимость»;
- д) обнаружение запрещенных углов для квантовых антенн в виде цепочки невзаимодействующих двухуровневых систем в симметричном состоянии Дике.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. И.А. Пешко использует широко известные методы квантовой оптики и устоявшийся информационный подход на основе информации Фишера. Достоверность сформулированных выводов, полученных с использованием данных методов, не вызывает сомнений. Для анализа переноса возбуждения мод в цепочках Руднера-Левитова была применена теория неэрмитовых систем, выводы которой проверены в многочисленных численных вычислениях и экспериментах. Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации, такие как создание делителей и разветвителей, изоляторов и сканирующих систем, обоснованы полученными результатами, связанными с аномальными режимами передачи энергии, невзаимными свойствами нелинейных квантовых антенн и предлагаемыми схемами детектирования поворота антенны и расстояния между рассеивателями.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию. Диссертация И.А. Пешко обладает несомненной научной значимостью. В ней по-новому, с использованием методов неэрмитовой физики, рассмотрена проблема установления стационарного состояния в цепочке Руднера-Левитова, показано, как достигнуть сверхразрешения в дальней зоне за счет числа диполей в антенне и измерения пространственно-временных корреляций. Именно эти результаты могут служить направляющей для практического использования результатов: создания высокоточных сканирующих систем и оптических компонент связи, в том числе и невзаимных. Полученные результаты могут использоваться и для дальнейшего развития школы квантовой оптики в Беларуси. Их можно адаптировать для лекционного курса и лабораторного практикума.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати. И.А. Пешко опубликовал 6 статей в рецензируемых научных журналах, удовлетворяющих условиям п. 18 Положения о присуждении ученых

степеней и присвоении научных званий в Республике Беларусь, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь № 560 от 17.11.2004, и 10 тезисов докладов и материалов научных конференций. 4 статьи опубликованы в зарубежных научных изданиях.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК. Диссертация и автореферат И.А. Пешко «Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле» удовлетворяют требованиям Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением № 3 ВАК Республики Беларусь от 28 февраля 2014 г.

8. Соответствие (несоответствие) научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует. На основе текста диссертации и автореферата, освоенных соискателем методов и полученных результатов следует заключить о соответствии квалификации И.А. Пешко ученой степени кандидата физико-математических наук, на которую он претендует.

9. Замечания.

1) В диссертации на с.57 указано, что «реализовать идеальный циркулятор с помощью описанной выше системы вряд ли возможно». Можно ли это доказать? Каким образом?

2) В диссертации можно было бы показать матрицу, соответствующую P симметрии. Это облегчило бы читателю понимание PT симметрии гамильтониана.

3) На с. 46 после формулы (2.2) написано, что средние векторы a и b являются амплитудами в соответствующих модах. Но векторы описывают наборы мод. Должны ли вместо векторов усредняться их компоненты?

4) На с. 48 в формуле (2.6) должна быть либо матрица плотности ρ_j , либо в правой части уравнения сумма по j .

5) В тексте часто пишется «состояние СД». Но поскольку СД – это «состояние Дике», то нужно было бы писать просто «СД».

6) В формуле (3.7) на с. 74 пропущен знак вектора над буквой f .

7) На с. 85 должна быть ссылка на рисунок 3.8 вместо рисунка 4.

8) На с. 90 определение α_j должно быть дано не сразу после формулы (3.29), а после формулы (3.30).

Приведенные выше замечания не затрагивают сути работы и не влияют на полученные результаты.

10. Заключение. Пешко Илье Александровичу может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности «01.04.02 – теоретическая физика» за – анализ установления быстрого (логарифмического) смешивания возбужденной моды в цепочках Руднера-Левитова с использованием

неэрмитовой физики и исследование различных режимов переноса возбуждения в таких цепочках;

– развитие описания невзаимных квантовых устройств на основе нелинейности и дефазировки;

– теоретико-информационное обоснование сверхразрешения при сканировании в дальней зоне и при использовании пары двухуровневых систем в качестве квантовой антенны и демонстрацию преимущества квантовых состояний Дике в сравнении с псевдоклассическими состояниями антенны;

– обнаружение запрещенных углов излучения квантовых антенн в симметричном состоянии Дике.

Диссертация Пешко Ильи Александровича «Квантовые антенны для сканирования в дальнем поле» соответствует установленным требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным главой 3 Положения о присуждении ученых степеней, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора физ.-мат. наук, член-корреспондента НАН Беларуси Д.С. Могилевцева и вносящей существенный вклад в теорию квантовых антенн с потерями и нелинейностью для сверхразрешающего сканирования.

Я, Новицкий Андрей Викторович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси.

17.09.2024

Доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры физической
оптики и прикладной информатики БГУ

А.В. Новицкий