

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Институт спектроскопии
Российской академии наук

Проф. В.Н.Задков

«21» сентября 2017 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Киктенко Евгения Олеговича «Роль энтропийной асимметрии в двухсоставных квантовых состояниях», представленную на соискание ученой степени кандидат физико-математических наук по специальности 04.01.02 – теоретическая физика

Диссертационная работа Е.О. Киктенко посвящена исследованию новой количественной характеристики квантовых состояний, названной в работе «энтропийной асимметрией», описывающей различие вкладов двух подсистем в квантовые корреляции между этими подсистемами. Данная характеристика рассматривается в различных областях, связанных с поведением квантовых состояний индивидуальных объектов, таких как проблема разрушения квантовых корреляций вследствие декогеренции, исследование поведения квантовых корреляций и квантовой информации в разнообразных физических системах, в квантовой томографии, а также в квантовых вычислениях. Таким образом, диссертационная работа посвящена актуальным современным вопросам развития физики квантовой информации.

Значимость диссертационной работы обусловлена следующим аспектами. Во-первых, энтропийная асимметрия качественно повторяет поведение меры асимметрии квантового состояния, построенной на основе квантового дискорда, но при этом может быть вычислена без привлечения сложных процедур оптимизации. Во-вторых, учет энтропийной асимметрии составного квантового состояния позволяет предсказать наиболее уязвимые и наиболее робастные подсистемы к воздействию декогеренции, что представляется критически важным при проектировании систем передачи и обработки квантовой информации. В-третьих, в представленной работе вводится расширение понятия энтропийной асимметрии на вероятностное описание квантовых систем в

томографическом подходе, что даёт возможность её вычисления непосредственно по экспериментальным данным. Также важно отметить, что в данной работе приведен ряд актуальных результатов, посвященных реализации квантовых вычислений на многоуровневых квантовых нелинейных сверхпроводящих контурах с контактами Джозефсона.

Работа состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка литературы и двух приложений. Объем диссертации составляет 155 страниц, в том числе 55 рисунков, 180 наименований списка литература и 6 страниц приложений. Текст диссертации изложен строгим и понятным научным языком.

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертации, научной новизны и практической значимости работы, обоснование достоверности полученных результатов, информацию об апробации работы и публикациях. Кроме того, во введении формулируются цель работы, поставленные и решенные задачи, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор работы кратко описывает известный аппарат классического причинного анализа, а затем вводит понятие энтропийной асимметрии квантовых двусоставных состояний, являющейся центральным понятием данной работы.

Вторая глава посвящена исследованию энтропийной асимметрии в процессах декогеренции. Рассматривается прохождение одного из кубитов чистого двухкубитного состояния через дефазирующий, деполаризующий и демпфирующий квантовые каналы. Исследуется проявление энтропийной асимметрии в эффекте аномального разрушения запутанности «квантово-классического» состояния и устанавливается соответствие между исходной энтропийной асимметрией смешанных двухкубитных состояний различных рангов и степенью разрушения корреляций при прохождении одного из кубитов через деполаризующий и демпфирующий квантовые каналы. Рассматривается связь между исходной энтропийной асимметрией в чистых трехкубитных состояниях и разрушением когерентных свойств исходного состояния при прохождении одного из кубитов через деполаризующий квантовый канал.

В третьей главе рассматриваются две физические модельные системы, в которых реализуются состояния, обладающие энтропийной асимметрией. Первая рассматриваемая модель представляет собой две частицы со спином $\frac{1}{2}$ в неоднородном магнитном поле и XU взаимодействием. Для состояния термодинамического равновесия данной систем исследуется связь энтропийной асимметрии и асимметрии дискордов, ранее рассмотренной в работе Э. Б. Фельдмана и А. И. Зенчука. Кроме того, автор работы вводит понятие локально-передаваемой информации и демонстрирует её связь с

энтропийной асимметрией. Вторая рассмотренная система представляет собой модель Джейнса-Каммингса, состоящую из двухуровневого атома и моды резонатора. Автор изучает взаимодействие возбужденного и основного состояния атома с модой поля, изначально находящегося в термодинамическом равновесии при некоторой температуре. Демонстрируется возникновение нетривиального энтропийно-асимметричного запутанного состояния системы, при сколь угодно больших температурах поля.

В четвертой главе автор распространяет введенное понятие энтропийной асимметрии двусоставного квантового состояния на квантовую томограмму. В рамках исследования соответствия между общим и томографическим подходами автор получает практическое выражение для вычисления величины симметричного дискорда для двухкубитных состояний специального вида (так называемых X-состояний). Данный результат позволяет ввести классификацию X-состояний, которая далее рассматривается для конкретного состояния двух связанных сверхпроводящих колебательных контуров.

Также в четвертой главе рассматривается возможность формального рассмотрения двусоставного состояния в пространстве неделимой многоуровневой системы, реализованной с помощью нелинейного колебательного контура. Автор демонстрирует возможность использования таких систем для квантовых вычислений.

В разделе заключение автором четко сформулированы основные результаты работы.

В работе Киктенко Е.О. получен ряд новых научных результатов. При этом новыми является как сам информационный подход к асимметрии квантовых состояний, так и полученные с его помощью физические выводы. В частности, в диссертации показано, что кубиты несимметричных двухкубитных и трехкубитных состояний могут обладать различной степенью робастности к декогеренции с точки зрения сохранения различных характеристик. Получены асимптотические значения негативности (меры запутанности), возникающей при взаимодействии атома с модой поля, находящейся в состоянии термодинамического равновесия при стремлении температуры к бесконечности. Наконец автором получено практическое выражение для вычисления симметричного дискорда, а также представлен способ реализации универсальных двухкубитных вычислений на многоуровневой системе. Эти результаты могут быть использованы в лабораториях, занимающихся исследованием сверхпроводящих контуров в качестве платформы для квантовых вычислений, например, в НИТУ «МИСиС».

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 статьях в научных рецензируемых журналах, включенных в список ВАК, а также многократно

докладывались на всероссийских и международных конференциях. Автореферат правильно и в полной мере отражает содержание диссертации.

Рассмотренные в диссертационной работе вопросы полностью соответствуют специальности 04.01.02 – теоретическая физика.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

- В разделах, посвященных изучению декогеренции состояний общего вида, а также исследованию симметричного дискорда, ряд выводов формулируются на основании результатов применения метода Монте-Карло. Представляется актуальным получение строгих аналитических доказательств этих результатов.

- В разделе, посвященном взаимодействию двухуровневого атома с электромагнитным полем, рассматривается только основное и возбужденное начальное состояние атома. Представляется интересным исследование поведения системы, в случае, когда атом находится в квантовой суперпозиции основного и возбужденного состояний.

Высказанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и имеют характер рекомендаций для дальнейшей работы. Диссертация отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к работам на соискание степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Киктенко Евгений Олегович, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 04.01.02 – теоретическая физика.

Отзыв утверждён и одобрен на заседании семинара лаборатории спектроскопии наноструктур ИСАН 06.09.2017, протокол №2.

Отзыв составил

заведующий лабораторией спектроскопии наноструктур

Института спектроскопии РАН (ИСАН),

кандидат физико-математических наук

профессор МФТИ

108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, д. 5

Тел.: 8 (495) 851-08-81 E-mail: lozovik@isan.troitsk.ru

Подпись зав.лаб., проф. Ю.Е.Лозовика заверяю

Ученый секретарь

Института спектроскопии РАН

Кандидат физико-математических наук

Е.Б. Перминов

Лозовик Юрий Ефремович



Список основных научных публикаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института спектроскопии Российской академии наук по теме диссертации Киктенко Евгения Олеговича «Роль энтропийной асимметрии в двусоставных квантовых состояниях», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «теоретическая физика»

- 1) O. L. Berman, R. Ya. Kezerashvili, Yu. E. Lozovik *Quantum entanglement for two qubits in a nonstationary cavity* Physical Review A 94, 052308 (2016)
- 2) Yu. E. Lozovik, I. A. Nechepurenko, A. V. Dorofeenko, E. S. Andrianov, N. M. Chitchev, A. A. Pukhov *Self-consistent Description of Graphene Quantum Amplifier* Physical Review B 94, 035406 (2016)
- 3) Ya. V. Kartashov, V. V. Konotop, D. A. Zezyulin, and L. Torner *Dynamic localization in optical and Zeeman lattices in the presence of spin-orbit coupling* Phys. Rev. A 94, 063606 (2016)
- 4) M. V. Altaisky, N. N. Zolnikova, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik, N. S. Dattani *Towards a feasible implementation of quantum neural networks using quantum dots* Applied Physics Letters 108, 103108 (2016)
- 5) Ya. V. Kartashov, V. V. Konotop, D. A. Zezyulin, L. Torner *Bloch Oscillations in Optical and Zeeman Lattices in the Presence of Spin-Orbit Coupling* Phys. Rev. Lett. 117, 215301 (2016)
- 6) E. S. Redchenko, V. I. Yudson *Decay of metastable excited states of two qubits in a waveguide* Phys. Rev. A 90, 063829 (2014)
- 7) P. Melentiev, A. Afanasiev, and V. Balykin *Optical Tamm state on a femtosecond time scale* Phys. Rev. A 88, 053841 (2013)
- 8) S. Sadjina, A. Brataas, and A. G. Mal'shukov *Intrinsic spin swapping* Phys. Rev. B 85, 115306 (2012)