

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. профессора Фельдмана Эдуарда Беняминовича на диссертацию Киктенко Евгения Олеговича «Роль энтропийной асимметрии в двусоставных квантовых состояниях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «теоретическая физика»

Диссертация соискателя Киктенко Евгения Олеговича посвящена исследованию энтропийной асимметрии для описания квантовых корреляций в двусоставных системах. Интерес к исследованию квантовых корреляций связан с интенсивным развитием квантовых технологий, ведущих к созданию новых квантовых приборов и устройств, существенно превосходящих по своей эффективности классические аналоги. Именно квантовые корреляции ответственны за эффективность квантовых систем обработки и передачи информации, и изучение свойств квантовых корреляций позволяет наметить пути их дальнейшего развития и совершенствования. Используемая для количественной оценки мера квантовых корреляций чистых состояний – квантовая запутанность – является симметричной функцией относительно перестановки подсистем двусоставной квантовой системы. В то же время мера квантовых корреляций в смешанном квантово-механическом состоянии – квантовый дискорд – является асимметричной функцией относительно перестановки подсистем этой системы. Вычисление квантового дискорда является технически сложной задачей, поскольку требует оптимизации по полному набору проективных измерений, производимых на одной из подсистем системы. В результате в настоящее время вычисление квантового дискорда возможно лишь в двухкубитных системах, описываемых так называемой X-матрицей плотности. Основным достижением рассматриваемой диссертационной работы является развитие альтернативного подхода к количественному описанию информационной асимметрии квантовых состояний, основанного на квантовом обобщении классического причинного анализа. Важнейшим преимуществом развитого автором подхода к оценке асимметрии квантовых корреляций по сравнению с мерами асимметрии, построенными, например, на основе квантового дискорда, является то, что вычисление энтропийной асимметрии не требует решения оптимизационных задач. В результате существенно расширяется класс задач, в которых могут исследоваться квантовые корреляции. Важным аспектом рецензируемой диссертационной работы является также переформулировка меры энтропийной асимметрии в рамках томографического подхода к описанию квантовых систем.

Диссертационная работа изложена на 155 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений и списка литературы, содержащего 180 наименований.

Во введении автор обосновывает актуальность исследований, проведенных при выполнении диссертационной работы, формулирует цели и задачи работы, научную новизну и практическую значимость проведенных исследований. Приводятся также сведения об апробации и публикации полученных результатов, формулируются защищаемые положения. Основное содержание введения составляет краткий обзор научной литературы по изученной проблеме.

В первой главе автор дает подробное описание своего “инструментария”, используемого для решения всех задач, рассматриваемых в диссертации. Дано введение в классический причинный анализ и приведена техника для определения энтропийной асимметрии в двусоставных квантово-механических состояниях. Отметим ясное и четкое изложение основных концепций, что облегчает чтение последующих глав диссертации.

Вторая глава посвящена исследованию связи между разрушением корреляций и энтропийной асимметрией в различных двух- и трехкубитных системах. Здесь существенно, что асимметрия квантового дискорда может проявляться только в смешанных двухкубитных состояниях. В чистых

состояниях дискорд совпадает с запутанностью, являющейся симметричной мерой квантовых корреляций. Энтропийная асимметрия также возможна только в смешанных двухсоставных состояниях, которые могут возникнуть из-за взаимодействия исходно чистого состояния с окружающей средой. Таким образом, изучение энтропийной асимметрии позволяет исследовать разрушение квантовых корреляций из-за декогеренции. Автор подробно рассмотрел три различных варианта взаимодействия кубита с окружающей средой: дефазирование, деполяризацию и диссипацию. Из решенных в этой главе задач наибольший интерес представляет задача о выявлении связи между исходной энтропийной асимметрией и разрушением корреляций при декогеренции в произвольных смешанных двухкубитных состояниях. В частности, установлено, что при воздействии на систему деполяризующего канала более уязвимым с точки зрения сохранения корреляций является кубит, к которому направлена энтропийная асимметрия.

В третьей главе описаны энтропийно асимметричные квантовые состояния, которые могут быть реализованы на системе ядерных спинов ($s=1/2$), связанных XY-взаимодействиями, в неоднородном магнитном поле. Показано, что в основном состоянии гамильтониана системы асимметрия корреляций может иметь место только в случае его вырождения. Установлено также, что при равенстве модулей магнитных полей, действующих на частицы, термальное состояние симметрично для всех рассмотренных мер асимметрии. Автор доказал, что в неоднородном магнитном поле энтропийная асимметрия направлена от частицы в более слабом магнитном поле к частице в сильном магнитном поле. В результате измерение на подсистеме, соответствующей частице в более слабом поле, дает большую величину локально доступной информации, чем измерение на подсистеме частицы в сильном магнитном поле. Также в третьей главе представлен заслуживающий интереса квантово-информационный анализ взаимодействия двухуровневого атома с модой электромагнитного поля в рамках модели Джейнса-Каммингса.

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию энтропийной асимметрии в рамках томографического описания квантовых систем. В перспективе развитый подход и полученные результаты могут привести к важным и интересным экспериментальным исследованиям квантовых корреляций. Подход автора к исследованию квантовых состояний состоит в использовании классических вероятностных распределений, получаемых при наблюдении этих состояний в различных измерительных базисах. Представляется интересной изученная автором взаимосвязь квантово-информационных энтропийных характеристик и томографических энтропийных характеристик для двухкубитных квантовых состояний X-типа. Заслуживает внимания проведенное автором исследование квантовых корреляций в системе X-типа на простой физической модели. Е. О. Киктенко рассмотрел модель, состоящую из двух сверхпроводящих LC контуров, связанных индуктивной связью и находящихся в термальном равновесии. Для этой модели установлено, что направление энтропийной (как стандартной, так и томографической) асимметрии совпадает с направлением асимметрии дискордов.

Основные результаты работы опубликованы в 13 статьях в журналах из списка ВАК, из них 9 статей опубликованы в журналах, включенных в системы цитирования Web of knowledge. Результаты работы также представлены автором лично на ряде российских и международных конференций, что подтверждает достоверность и обоснованность результатов. На Международной конференции (Варшава, Польша, 2015 г.) Е. О. Киктенко удостоен приза за лучший стендовый доклад.

Диссертация хорошо оформлена, написана ясным и четким языком, схемы и рисунки прекрасно иллюстрируют изложенный материал. Автор продемонстрировал высокий уровень теоретической подготовки по спиновой динамике и квантовой теории информации.

Работа мирового уровня носит самостоятельный, законченный характер и вносит важный вклад в развитие методов исследования квантовых корреляций в различных квантово-механических системах. Автор впервые использовал классический причинный анализ для количественного описания асимметрии двусоставных квантовых состояний, и новизна работы не вызывает сомнений.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

В качестве одного из недостатков можно отметить отсутствие сравнения результатов, получаемых в развиваемом автором подходе, основанном на квантовом обобщении классического причинного анализа, с методами вычисления квантового дискорда для двухкубитных систем, основанными на оптимизации операторов проективных измерений, проводимых на одной из подсистем системы. Такое сравнение, безусловно, усилило бы значимость развитого подхода. Другой недостаток связан с весьма малым объемом литературного обзора, приведенного во введении. В результате не прослеживается связь между существующими методами исследования квантовых корреляций в двухкубитных системах и развитым подходом.

Указанные недостатки носят рекомендательный характер и ни в коей мере не умаляют общей высокой оценки проведенного исследования.

Считаю, что диссертационная работа «Роль энтропийной асимметрии в двусоставных квантовых состояниях» удовлетворяет требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а сам Киктенко Евгений Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - «теоретическая физика».


Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, профессор

Института проблем химической физики РАН

142432 Российская Федерация, Московская обл.,

г.Черноголовка, проспект академика Н.Н.Семенова д.1


Э.Б.Фельдман
05.09.2017

Телефон: 8-906-739-7710 E-mail:

efeldman@icp.ac.ru

Подпись профессора Э.Б.Фельдмана

Заверяю

Ученый секретарь Института проблем химической

физики РАН д.х.н.




Б.Л.Психа

Список основных научных публикаций профессора Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ РАН) д.ф.-м.н. Фельдмана Эдуарда Беняминовича по теме диссертации Киктенко Евгения Олеговича «Роль энтропийной асимметрии в двусоставных квантовых системах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «теоретическая физика»

1. S. I. Doronin, E. B. Fel'dman, E. I. Kuznetsova Contributions of different parts of spin–spin interactions to quantum correlations in a spin ring model in an external magnetic field. *Quantum Information Processing*. V. 14. 2015. P. 2929-2943.
2. E. B. Fel'dman, A. I. Zenchuk Systems with stationary distribution of quantum correlations: open spin-1/2 chains with XY interaction. *Quantum Information Processing*. V. 13. 2014. P. 201-225.
3. E. B. Fel'dman, A. I. Zenchuk Robust stationary distributed discord in the Jordan-Wigner fermion system under perturbations of the initial state. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. V. 119. 2014. P. 412-422.
4. E. B. Fel'dman, A.I. Zenchuk Systems with stationary distribution of quantum correlations: open spin-1/2 chains with XY interaction. *Quantum Information Processing*. V. 13. 2014. P. 201-225.
5. A.Y. Chernyavskiy, S. I. Doronin, E. B. Fel'dman Calculation of the quantum discord in many-qubit systems. *Physica Scripta*. V. 160. 2014. P. 014007.
6. С. М. Алдошин, Э. Б. Фельдман, М. А. Юрищев Квантовая запутанность и квантовый дискорд в магнитоактивных материалах (Обзор). *Физика низких температур*. Т. 40. № 1. 2014 С. 5-21.
7. E. B. Fel'dman, E. I. Kuznetsova, M. A. Yurishchev Quantum correlations in a system of nuclear $s=1/2$ spins in a strong magnetic field. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*. V 45. 2012. P. 475304.
8. E. B. Fel'dman, A. I. Zenchuk Quantum correlations in different density matrix representations of spin-1/2 open chain, *Physical Review A*. V. 86. 2012. P. 012303.
9. С. М. Алдошин, А. И. Зенчук, Э. Б. Фельдман, М. А. Юрищев На пути к созданию материалов для квантовых компьютеров. *Успехи химии*. Т. 81. № 2. 2012. С. 91-104.