

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Зинатуллина Эдуарда Рустемовича на тему: «Негауссова статистика полей в задачах квантовой оптики», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.6. Оптика

Проблема поиска и реализации квантовых вычислительных алгоритмов, способных решать задачи экспоненциальной сложности, для которых применение классических вычислительных процедур является неэффективным, составляет одну из основных задач современной квантовой информатики. Среди наиболее перспективных в настоящее время рассматривается алгоритм однонаправленных квантовых вычислений в непрерывных переменных, основанный на использовании так называемых кластерных состояний, являющихся перепутанными состояниями многочастичных систем. Основной проблемой при реализации этого алгоритма является конечная величина достижимого в настоящее время сжатия квантовых осцилляторов, служащих ресурсом для приготовления требуемых кластерных состояний. Неидеальное сжатие приводит к возникновению ошибок, искажающих результаты вычислений. По этой причине диссертация Зинатуллина Эдуарда Рустемовича, посвященная исследованию возможностей использования негауссовых операций для снижения ошибок в схемах однонаправленных квантовых вычислений и, как следствие, возможности ослабить требование на сжатие ресурсных осцилляторов, несомненно, является актуальной.

Наиболее интересными и значимыми новыми результатами, полученными в работе, являются следующие:

1. Для протокола телепортации, являющегося субстратом для модели однонаправленных квантовых вычислений, предложена модификация, которая позволяет независимо уменьшать ошибки квадратур поля за счет двух различных механизмов: в одной квадратуре за счет взвешенного преобразования CZ, а в другой квадратуре за счет использования кубического фазового затвора.
2. Предложена схема оптимизации весовых коэффициентов ресурсного кластерного состояния и фаз локальных гомодинных измерений, которая позволяет уменьшить ошибку произвольных одномодовых гауссовых операций.
3. Показано, что добавление в ресурсное кластерное состояние негауссовых узлов, приготовленных с помощью кубического фазового затвора, позволяет значительно уменьшить ошибку гауссовых операций и, следовательно, ослабить требование на сжатие ресурсных осцилляторов.

Результаты, полученные в диссертации, надежно обоснованы, их достоверность обусловлена корректным применением адекватных методов современной теоретической и математической физики. Полученные результаты детально проанализированы. Там, где это возможно, проведено сопоставление предельных случаев с известными результатами других авторов. Содержание диссертации подробно изложено в пяти статьях, опубликованных в высокорейтинговых журналах. Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях и семинарах.

Научная и практическая ценность работы состоит в том, что в диссертации предлагаются методы уменьшения ошибок гауссовых операций в модели однонаправленных квантовых вычислений с использованием физических систем, описываемых непрерывными переменными. Предложенные алгоритмы позволят ослабить требование на физические ресурсы, необходимые для проведения вычислений. Следует отметить, что разработанные теоретические подходы могут быть применены не только для кластерных состояний электромагнитного поля, но и для кластерных состояний широкого круга физических систем, описываемых непрерывными переменными, таких, как коллективный спин ансамбля атомов, оптомеханические системы и ряда других. Полученные в диссертации результаты смогут найти свое применение для практической реализации квантового компьютера.

По диссертации имеется несколько замечаний:

1. Автор убедительно доказал, что внедрение в схемы однонаправленных квантовых вычислений негауссовых операций позволяет уменьшить как ошибки телепортации, так и ошибки однонаправленных квантовых вычислений. Снижение ошибок приводит к ослаблению требований к исходному сжатию используемых ресурсных осцилляторов. Однако в диссертации отсутствуют оценки такого ослабления, достижимого для исследованных алгоритмов.
2. При исследовании эффективности использования кубического затвора было бы целесообразно оценить, насколько предложенные к настоящему времени конкретные физические схемы его построения близки к обсуждаемой в диссертации математической модели. Хотелось бы понимать, хотя бы на уровне оценок, не будут ли эти схемы вносить принципиально неустраняемые ошибки, существенно ослабляющие предсказанную автором эффективность?
3. В пятом защищаемом положении следовало бы более четко сформулировать использованное понятие рабочего диапазона протокола телепортации. Было бы понятнее, если бы автор указал конкретные физические параметры схемы, о которых идет речь.

Сделанные замечания не являются принципиальными с точки зрения основных результатов, полученных автором, и не влияют на положительное впечатление от работы, которая представляет собой завершенное теоретическое исследование, выполнена на высоком научном уровне и содержит ряд новых и практически значимых результатов, достоверность которых не вызывает сомнений.

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации Зинатуллин Эдуарда Рустемовича на тему: «Негауссова статистика полей в задачах квантовой оптики» соответствует специальности 1.3.6. Оптика;

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени кандидата наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Член диссертационного совета,
д. ф.-м. н., профессор,
профессор Высшей
школы фундаментальных
физических исследований СПбПУ,



Соколов Игорь Михайлович

15.02.2024

