

Утверждаю
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
физики твердого тела
Российской академии наук
член-корреспондент РАН Кведер В.В.

5 декабря 2016 г.

Отзыв

Ведущей организации -- Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук – на диссертацию Сулова Михаила Васильевича “Полная статистика переноса квантовых частиц, квантовая метрология и создание запутанных состояний”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Актуальность. В последние двадцать лет исследования в теории и эксперименте в физике конденсированного состояния в значительной степени сосредоточены в области систем с мезоскопическими и атомными масштабами. Это связано с существенным прогрессом в технологии изготовления подобных структур, что требует более детального понимания фундаментальных процессов, происходящих на таких масштабах. Возможность контролируемого приготовления и измерения отдельных квантовых систем позволило изучать и использовать в практических целях квантовые системы, существование которых было теоретически предсказано еще в период становления квантовой механики. Такой прогресс особенно является впечатляющим в квантовой оптике. Например, запутанные состояния фотонов кубитов, кутритов и даже 9-ти-дитов являются на сегодняшний день экспериментальной “повседневностью”. Необычные свойства квантовых систем, часто контр-интуитивные, привели к переосмыслению парадигмы вычислений (квантовые вычисления) и защиты информации (квантовая криптография, квантовые генераторы случайных чисел, квантовая телепортация, сверхплотное кодирование). В последнем случае дело дошло до

реального практического использования квантовых систем. Такие успехи в квантовой оптике связаны с тем, что фотоны слабо взаимодействуют с веществом, и практически не взаимодействуют между собой, что позволяет обеспечить достаточную изолированность от внешней среды (малую степень декогерентности) и сохранить квантовые свойства.

Естественно, что аналогичные явления должны иметь место в системе электронов в твердом теле. Однако имеются принципиальные различия. Электроны имеют заряд, поэтому дальнедействующее кулоновское взаимодействие приводит к существенно более быстрым временам декогерентности по сравнению с фотонами. Кроме того, и это крайне существенно, детектирование отдельных электронов является существенно более сложной задачей (опять же, как следствие заряда). Кроме того, приготовить требуемые состояния электронов вне среды – твердого тела, практически крайне сложно, почти невозможно. Поэтому прямой перенос результатов из квантовой оптики также невозможен.

Многие вопросы еще до конца не ясны даже для невзаимодействующих фермионов в твердом теле.

Диссертация Сулова М.В. как раз посвящена теоретическому исследованию процессов измерения (детектирования) отдельных фермионных состояний.

Все сказанное свидетельствует об актуальности выбранной темы диссертационного исследования.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений и списка литературы.

Научная новизна диссертации определяют следующие результаты исследования, полученные соискателем впервые. 1) Получены выражения для характеристической функции, описывающей статистику переноса заряда для невзаимодействующих фермионов. Данные результаты воспроизводят известные и являются обобщением на новые случаи, которые учитывают конечное перекрытие волновых пакетов и обменные эффекты. 2) Рассмотрены различные входные волновые функции с учетом фермиевской статистики, как запутанные (суперпозиция слэтеровских детерминантов), так и не запутанные. В зависимости

от типа входных состояний получены явные выражения, описывающие различные типы для функции распределения отсчетов (от обычной пуассоновской до супербиномиальной, а в некоторых случаях до суперпуассоновской). Определены границы параметров, при которых реализуется каждая статистика. 3) Выяснено влияние конечного времени измерения на тип статистики. 4) В следующих главах получены результаты, которые можно отнести к реализации отдельных квантовых алгоритмов в мезоскопических системах. Получены следующие новые результаты. Предложена и рассчитана схема детекторов-кубитов, которая позволяет сделать оценку числа операций по неразрушающим отсчетам, при известной фазе. Одновременное измерение состояний K кубитов позволяет проверить является ли данное число степенью двойки (делимость на 2^K). 5) Получены явные выражения, которые позволяют связать проблему различимости квантовых состояний при однократном измерении с квантовым преобразованием Фурье. 6) Предложены различные реализации упомянутого алгоритма с использованием состояний кубитов и кутритов, установлена связь между различными представлениями. 7) Предложен метод измерения напряжения, который позволяет достичь стандартного квантового предела.

Публикации и апробация работы. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы в трех работах в ведущих высокорейтинговых журналах (Physical Review, A,B).

Обоснованность научных положений и выводов. Диссертация содержит детальный обзор состояния исследований по теме диссертации на момент начала работы. Основные результаты диссертации получены проверенными аналитическими и численными методами в рамках адекватных моделей для данной области. Выводы диссертации логически обоснованы.

Соответствие автореферата диссертации и специальности. Автореферат правильно и в полной мере соответствует и отражает содержание диссертации, и соответствует специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Значимость результатов. Новые научные результаты, полученные диссертантом имеют существенное значение для теории конденсированного состояния. Данные

результаты позволяют связать токовую статистику с теорией квантово-механических измерений, квантовыми алгоритмами, а также стимулируют постановку новых экспериментов в области мезоскопической квантовой физики. Установление логических связей между, на первый взгляд, различными разделами теоретической физики позволяет лучше понять природу физических явлений в мезоскопических квантовых системах, а в дальнейшем и использовать эти свойства.

Замечания по диссертационной работе.

- 1) В диссертации имеется несколько орфографических опечаток. Например, стр.6, 2-ая стр. сверху – ... количество...
Стр. 105, перед формулой (3.12) – процедуру приготовления.
- 2) Диссертант часто в середине предложений использует с заглавной буквы – ...Гамильтониан, ...Эрмитова, Эрмитов., что свидетельствует о его уважении к классикам науки, но несколько противоречит общепринятым правилам написания.
- 3) На мой взгляд, раздел **5.3 Многочастичное запутывание** лучше было бы исключить из диссертации, поскольку он настолько краток, что при буквальном к нему отношении вызывает много вопросов, которые имело бы смысл обсуждать более детально.

Имеющиеся замечания не снижают общей высокой оценки диссертации и не влияют на достоверность основных результатов.

Заключение. Диссертационная работа Сулова Михаила Васильевича “Полная статистика переноса квантовых частиц, квантовая метрология и создание запутанных состояний” соответствует требованиям пунктов 9—10 “Положения о присуждении ученых степеней”, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сулов М.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Отзыв заслушан и утвержден на Ученом совете Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук 5 декабря 2016 г.

Диссертационная работа была доложена и обсуждена на общеинститутском семинаре теоретического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук.

Секретарь семинара

Старший научный сотрудник

Бисти Вероника Евгеньевна

к.ф.-м.н., специальность: 01.04.02 – Теоретическая физика.

Тел.: 8(496) 52 219 82

e-mail: bisti@issp.ac.ru

Отзыв составил

Заведующий лабораторией

Молотков Сергей Николаевич

Д.ф.-м.н., специальность: 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Тел.: 8(496) 52 219 82

e-mail: molotkov@issp.ac.ru

Подписи Бисти В.Е. и Молоткова С.Н. заверяю

Ученый секретарь ИФТТ РАН

Д.ф.-м.н. Абросимова Г.Е.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института физики твердого тела Российской академии наук

Адрес: ИФТТ РАН, г. Черноголовка, Московская обл., ул. Академика Осипьяна д. 2, 142432, Россия

Тел.: 8(496) 52 219 82, сайт: www.issp.ac.ru, e-mail: adm@issp.ac.ru

