

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института общей физики

им. А. М. Прохорова РАН



(И.А. Щербаков)

02.03 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Абгаряна Ваагна Саркисовича
«Квантовая запутанность в спин-1 малочастичных кластерах и одномерных цепочках»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 «Теоретическая физика».

Диссертационная работа Абгаряна В.С. посвящена исследованию перепутанных состояний в спиновых системах.

Целью работы является теоретическое исследование квантовых систем со спином единица, находящихся в перепутанном (не сепарируемом) состоянии.

Актуальность темы диссертации обуславливается относительной новизной и недостаточной изученностью проблематики, с одной стороны, а с другой, потенциально большой востребованностью изучаемых систем в различных областях фундаментальной и прикладной науки, таких как квантовая телепортация, квантовая информация и квантовый компьютеринг, а также квантовая криптография.

Научная новизна диссертационной работы Абгаряна В.С. состоит в детальном исследовании систем со спином единица, изученных в гораздо меньшей степени, нежели системы со спином $1/2$. На основе разработанной теории и произведённых расчётов впервые исследовано перепутывание в ряде систем с большим количеством квантовых спинорных объектов, выполнен анализ эволюции намагничённости и квадрупольного момента таких систем при изменении внешних параметров.

Научная ценность и практическая значимость диссертационной работы Абгаряна В.С. состоит в описании поведения систем перепутанных состояний со спином единица в широком диапазоне параметров, в частности, при различных температурах и значениях внешнего магнитного поля, а также в теоретическом предсказании для таких систем экспериментально наблюдаемых величин, таких как намагничённость и магнитная восприимчивость, и в установлении связи между этими наблюдаемыми параметрами и

степенью перепутывания.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается проведением прямых расчётов уравнений для указанных систем методами численного анализа и удовлетворительного согласия результатов, полученных в обоих случаях, как аналитических, так и численных расчётов.

Диссертация состоит из введения, трёх оригинальных глав и заключения. Во введении представлен общий обзор проблематики запутанных состояний, берущей начало от знаменитой работы Эйнштейна, Подольского и Розена 1935 года (т. н. ЭПР-парадокс), обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, приведён обзор содержания глав диссертационной работы, сформулированы основные защищаемые положения, обоснована новизна и актуальность исследования, а также научная и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе автор определяет количественные показатели квантового перепутывания, представляет используемую в работе модельную систему (спин-1 модель Гейзенберга) и её гамильтониан, исследует поведение системы при различных условиях, в том числе при наличии внешнего магнитного поля. Автор убедительно показывает, что используемая им характеристика запутанности – отрицательность (негативити) – позволяет эффективно определить границу между запутанными и сепарабельными состояниями. Существенным моментом является анализ степени перепутывания рассматриваемой системы при равновесном тепловом заселении совокупности собственных состояний гамильтониана. Здесь обнаружена интересная зависимость степени перепутывания от температуры при учете анизотропии билинейного взаимодействия. Показано, что существуют такие значения параметра анизотропии, при которых степень перепутывания является растущей, а не убывающей функцией температуры.

Во второй главе автор переходит к рассмотрению другой системы – смешанной спин- $\frac{1}{2}$ -1 модели Изинга-Гейзенберга, интересной наличием измеряемых величин: намагниченности и квадрупольного момента. Приводятся гамильтониан системы, решение задачи на поиск собственных состояний системы, исследуется поведение системы во внешнем магнитном поле, приводятся значения намагниченности. Показано, что кластеризация основного состояния на сепарабельные блоки позволяет свести задачу расчета квантового перепутывания произвольных спин-1 степеней свободы к прямому расчету перепутывания в даймонд блоке. Показано, что при определенных значениях внешних параметров существует платообразное поведение перепутанности в зависимости от магнитного поля, параметра билинейного взаимодействия и одно-ионной анизотропии. При этом каждому такому плато соответствует плато намагниченности и/или квадрупольного

момента. Точными расчетами показано, что при изменении внешних параметров переходы сводящиеся к переориентации Изинговских спинов не приводят к изменениям степени перепутывания.

В третьей главе рассматривается ещё одна модельная система – спин-1 модель Изинга-Гейзенберга в присутствии магнитного поля в условиях одно-ионной анизотропии спиновое поле. Построена точная фазовая диаграмма модели и показано, что в зависимости от значений параметров входящих в модель. Получено, что спин-1 квазиодномерная система с даймонд-декорацией с гамильтонианом Изинга-Гейзенберга проявляет промежуточные плато намагниченности на нуле, $1/3$ и $2/3$ значения насыщения. Важным свойством данной модели является её применимость к реальным физическим системам, в частности к Ni^{II} -цепочке в гомометаллической ферромагнитной структуре. Для расчета степени перепутывания применен трансфер-матричный подход. В этом подходе редуцированная двухчастичная матрица плотности рассчитывается с помощью вычисления следа по всем степеням свободы кроме тех, между которыми изучается перепутывание. В отличие от кластерного подхода используемого во второй главе и строго говоря применимого лишь при близких к нулю температурах, трансфер-матричный подход позволяет делать точные расчеты степени перепутывания и при конечных температурах. Получено, что в основном состоянии спин-1 степени свободы внутри даймонд блока могут быть максимально перепутаны лишь в определенных фазах, в отсутствие одно-ионной анизотропии. Введение и увеличение одно-ионной анизотропии приводит к постепенному понижению степени перепутанности. С другой стороны, в низкотемпературной области, введение одно-ионной анизотропии может приводить к тепловому повышению перепутанности, несмотря на то, что соответствующие основные состояния могут быть сепарабельными.

В заключении автор резюмирует и кратко обсуждает основные результаты диссертационной работы.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В тексте диссертации на стр. 20 говорится, что неперепутанными являются собственные состояния ψ_5 и ψ_7 (1.12) гамильтониана (1.8), что неверно. Эти состояния перепутаны, в то время как факторизованными и неперепутанными являются состояния ψ_1 и ψ_3 . По-видимому это досадное недоразумение.

2. В русскоязычной литературе по квантовой оптике и квантовой информатике нет однозначности в переводах англоязычных терминов. Очень часто их прямой перевод выглядит странно и не вполне соответствует сути. Так, например, существует много вариантов перевода термина entanglement – перепутывание, запутывание, перекрещивание и т.д., при том, что по-видимому, наиболее принятым в настоящее время является первый

вариант. Многие термины часто не переводятся и используются в том же виде, как и их английские оригиналы: “негативити” вместо “отрицательность”, “конкарренс” вместо “конкуренция” и т.д. Кажется, что можно порекомендовать автору в будущем придерживаться именно этой терминологии.

3. В работе недостаёт прямо и чётко сформулированных условий эксперимента, могущего подтвердить развиваемую автором теорию.

Впрочем, указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общий уровень работы, к тому же они могут быть учтены в дальнейших исследованиях. В целом диссертация Абгаряна В.С. представляет собой законченную исследовательскую работу, выполненную на высоком уровне, и содержит нетривиальные результаты, могущие быть весьма полезными для дальнейших фундаментальных исследований и прикладных целей. Результаты, полученные автором, опубликованы в 4 статьях в журналах, входящих в список ВАК и индексируемых в системе Web of Science, и личный вклад диссертанта в данные работы был определяющим.

Автореферат диссертации корректно и полно излагает содержание работы.

Диссертационная работа Абгаряна В.С. «Квантовая запутанность в спин-1 малочастичных кластерах и одномерных цепочках» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор бесспорно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 “Теоретическая физика”.

Диссертационная работа Абгаряна В.С. доложена на семинаре по многофотонным процессам ИОФ РАН. Отзыв заслушан и одобрен на заседании коллектива теоретической лаборатории Отдела мощных лазеров ИОФ РАН 15.01.2016 г., протокол № 1.

Отзыв составил

кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник Теоретической лаборатории
отдела «Мощные лазеры» ИОФ РАН
Полуэктов Николай Павлович



ФГБУН Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук:
119991, Россия, Москва, ул. Вавилова, 38. Телефон: +7(499)503-8257