

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.069.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.06.2016 № 61

О присуждении Тарасову Сергею Владимировичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Автомодельность термодинамических и статистических величин в критической области бозе-эйнштейновской конденсации идеального газа в мезоскопических системах» по специальностям 01.04.03 – радиофизика и 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 25 апреля 2016 г., протокол №58, диссертационным советом Д 002.069.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ ФАНО №334 от 30.06.2015.

Соискатель, Тарасов Сергей Владимирович 1989 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», работает младшим научным сотрудником в ИПФ РАН.

Диссертация выполнена в отделе астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН.

Научный руководитель – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Кочаровский Владимир Владиленович, заведующий отделом астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН.

Официальные оппоненты:

– Сатанин Аркадий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой теоретической физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

профессионального образования «Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского» (ННГУ);

– Собьянин Денис Николаевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН» (ФИАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт спектроскопии РАН» (ИСАН), в своем положительном заключении, подписанном Лозовиком Юрием Ефремовичем, доктором физико-математических наук, указала, что диссертация С.В. Тарасова является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком уровне и на актуальную тему. Она удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика и 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации: 6 статей в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, 7 публикаций в сборниках тезисов и трудов всероссийских и международных конференций.

Наиболее значимыми работами являются:

1. S.V. Tarasov, Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky. Universal scaling in the statistics and thermodynamics of a Bose-Einstein condensation of an ideal gas in an arbitrary trap // Physical Review A, 2014, v. 90, №3, p. 033605;
2. S.V. Tarasov, Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky. Universal fine structure of the specific heat at the critical λ -point for an ideal Bose gas in an arbitrary trap // Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 2014, v. 47, №41, p. 415003;
3. S.V. Tarasov, Vl.V. Kocharovsky, V.V. Kocharovsky. Grand canonical vs. canonical ensemble: Universal structure of statistics and thermodynamics in a critical

region of Bose-Einstein condensation of an ideal gas in arbitrary trap // Journal of Statistical Physics, 2015, v. 161, №4, pp. 942–964.

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечаются актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Положительный отзыв ведущей организации содержит замечание:

1. недостаточно полно описаны предыдущие результаты в области диссертации.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.М. Сатанина содержит следующие замечания: 1. Предшествующее формуле (1.3) неравенство, содержащее оператор числа частиц, может вызвать недоразумение, поскольку оператор числа частиц сравнивается с числовой величиной. 2. В главе 4 речь идет о влиянии граничных условий на теплоемкость невзаимодействующих атомов, локализованных в оптической ловушке. Понятно, что для тяжелых атомов глубина проникновения в подбарьерную область, определяемую потенциалом конфайнмента, мала. Видимо, более важным является вопрос о влиянии формы ловушки, которая может обуславливать сложную статистику уровней (при «неразделяющихся» переменных для двух- и трехмерных потенциалов). 3. Автору стоило подробней обсудить реализуемость различных ловушек лазерными полями. 4. Для реализации «проектируемых» ловушек полезно было бы обсудить классы требуемых потенциалов с точки зрения обратной задачи квантовой механики, которая позволяет предсказывать вид потенциала, порождающего заданный спектр.

В положительном отзыве официального оппонента к.ф.-м.н. Д.Н. Собьянина были сделаны следующие замечания: 1. Во вводной части диссертации есть фраза о том, что в статистической физике существует парадигма – изучать статистику и термодинамику системы сразу и только в термодинамическом пределе. При такой формулировке может сложиться впечатление, что этот метод является единственным. Здесь автору стоило бы сказать, что данный метод в настоящее время используется лишь как первый шаг в изучении сложных систем, но в современной статистической физике не воспринимается как единственная возможность, ведь довольно хорошо известна необходимость использования и

других подходов. 2. Было бы полезно отдельно обсудить, всегда ли можно понимать явление бозе-эйнштейновской конденсации как фазовый переход и какую роль при этом играет конечность системы. 3. В формулах (4.11) и (5.22) используется нижняя ветвь функции Ламберта. Функция Ламберта встречается в статистической физике, но не является совсем стандартной, поэтому было бы полезно несколько подробнее описать эту функцию и ее ветви непосредственно в тексте диссертации.

В положительном отзыве на автореферат от д.ф.-м.н., проф. В.В. Курина (Институт физики микроструктур РАН, г. Нижний Новгород) содержится замечание: 1. Применение канонического ансамбля, точно фиксирующего число частиц, к рассматриваемой системе тоже не совсем обосновано. Дело в том, что слабость обмена энергией с окружающей средой и короткое время экспериментов, возможно, ведут к отсутствию термализации системы, и, вполне вероятно, для описания газа в ловушке следует применять микроканоническое распределение, точно фиксирующее энергию системы.

Положительные отзывы на автореферат от д.ф.-м.н., проф. Е.Д. Трифонова (Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург), д.ф.-м.н. А.А. Калачева (Казанский физико-технический институт, г. Казань), д.ф.-м.н. Ю.М. Голубева (Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург) критических замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области радиофизики и физики конденсированного состояния, а одним из важнейших направлений деятельности ведущей организации является теоретическое и экспериментальное исследование фазовых переходов, включая бозе-эйнштейновскую конденсацию частиц и квазичастиц в различных средах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Разработана аналитическая теория, которая в рамках канонического ансамбля (точно фиксирующего число частиц в системе) дает описание статистических и

термодинамических характеристик газа невзаимодействующих атомов, удерживаемых в произвольной мезоскопической ловушке. Разработанная теория применима как в областях параметров, соответствующих развитым фазам системы (классическому газу и бозе-конденсату), так и в центральной критической области параметров, которая является переходной между развитыми фазами и характеризуется сильными флуктуациями параметра порядка.

– Показано, что в критической области зависимости статистических и термодинамических характеристик бозе-газа от параметров системы являются гладкими функциями и имеют близкий к автомодельному характер, то есть по существу сводятся к функциям одной переменной, зависящей от температуры, числа частиц, их массы и параметров ловушки. Вид автомодельных зависимостей обусловлен геометрическими свойствами профиля удерживающего потенциала.

– Проведено и обосновано разделение всех ловушек на два класса с сильно отличающимися статистическими свойствами бозе-газа – гауссовыми и негауссовыми.

– Продемонстрировано, что для систем с ловушками негауссового класса характерно сильное влияние наложенных граничных условий на статистические и термодинамические свойства системы, заметное при сколь угодно больших размерах системы.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

– Найдено точное решение задачи о бозе-конденсации произвольного числа невзаимодействующих атомов, удерживаемых в произвольной мезоскопической ловушке. Оно является одним из немногих примеров точного решения задачи о фазовом переходе второго рода, справедливых во всей критической области параметров системы.

– На примере задачи о бозе-конденсации идеального газа продемонстрирован эффективный метод учета ограничений, наложенных на гильбертово пространство системы условием фиксированности полного числа частиц, а также исследована роль данных ограничений в явлении фазового перехода. Развитие подобных методов существенно для построения микроскопической теории фазовых переходов в различных системах.

– С использованием точного решения задачи о бозе-конденсации идеального газа дан ответ на вопрос об эквивалентности применения канонического и большого канонического ансамблей к описанию системы. Показано, что в критической области фазового перехода второго рода сравниваемые описания неэквивалентны, причем данное различие не исчезает даже при переходе к термодинамическому пределу.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– Выявлена автомодельность зависимостей статистических и термодинамических характеристик идеального бозе-газа в окрестности критической точки, что позволяет в задачах описании бозе-конденсации избежать многочисленных и малоинформативных численных расчетов для систем с атомами различных масс и ловушками различных размеров.

– С помощью разработанных в диссертации методов, применимых для ловушек произвольной формы и размерности, детально изучено влияние граничных условий и геометрических свойств ловушки на статистические и термодинамические свойства удерживаемого бозе-газа в критической области параметров системы. Эти методы могут служить основой интерпретации данных экспериментов со слабо взаимодействующими атомами и позволить оптимизировать конфигурации ловушек при планировании новых экспериментов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– разработанная теория опирается непосредственно на распределение Гиббса для равновесных систем, не использует каких-либо дополнительных гипотез и развита с использованием строгих и хорошо зарекомендовавших себя методов статистической радиофизики, теории вероятностей и математической физики;

– результаты, полученные в рамках разработанной теории, согласуются с известными ранее результатами аналитического исследования частных задач о бозе-эйнштейновской конденсации, а также с результатами, полученными с помощью прямого численного моделирования, основанного на известных точных рекуррентных соотношениях для статистической суммы бозе-системы с фиксированным числом частиц.

Основные результаты диссертации прошли рецензирование и опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя: непосредственное участие в определении направлений исследований по теме диссертации, включая постановку задачи и поиск путей их решения; разработка и реализация аналитических методов описания критической области фазового перехода бозе-конденсации, численное моделирование критических явлений в бозе-системах различных конфигураций (включая разработку соответствующих программ); написание статей.

На заседании 28.06.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Тарасову С.В. ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.03 и 3 доктора наук по специальности 01.04.07, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали: за 24, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета
академик РАН



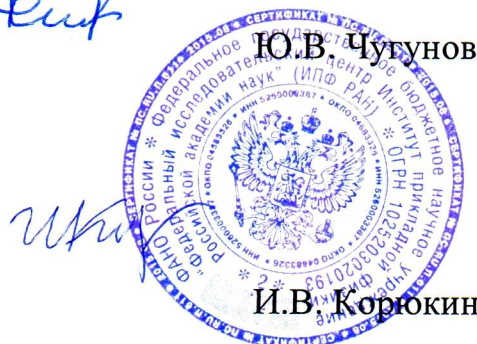
А.Г. Литвак

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук, профессор



Ю.В. Чугунов

подписи Ю.В. Чугунова и А.Г. Литвака заверяю:
ученый секретарь ИПФ РАН
кандидат физ.-мат. наук



И.В. Корюкин

«28» июня 2016 г.