

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.100.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14 ноября 2016 года № 11

О присуждении Рыжкину Михаилу Ивановичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Статические и динамические свойства физических систем с правилами льда» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 04 июля 2016 г., протокол №8, диссертационным советом Д 002.100.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук, 142432, г. Черноголовка, Московская область, ул. Академика Осипьяна, д. 2, приказ Минобрнауки от 1.04.2014 № 173/нк.

Соискатель, Рыжкин Михаил Иванович, 1989 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт физики твердого тела Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории спектроскопии поверхности полупроводников Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук Молотков Сергей Николаевич, заведующий лабораторией спектроскопии поверхности полупроводников Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Маслова Наталья Сергеевна - доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», доцент кафедры квантовой электроники Физического факультета;

Мухин Сергей Иванович - доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет МИСиС», заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Циок Еленой Николаевной, кандидатом физико-математических наук, научным сотрудником лаборатории фазовых переходов в сильно коррелированных и неупорядоченных системах указала, что тема диссертации актуальна, отметила новизну, обоснованность и научную значимость результатов, сделала вывод, что диссертационная работа Рыжкина Михаила Ивановича «Статические и динамические свойства физических систем с правилами льда» соответствует всем 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 заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен их научными достижениями, высокой квалификацией в области физики конденсированного состояния, наличием большого числа публикаций по тематике, близкой к теме диссертации, и их способностью дать квалифицированную оценку диссертационной работы.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ (все в рецензируемых физических журналах), в том числе по теме диссертации 6 работ, опубликованных в рецензируемых физических журналах общим объемом 3,9 печатных листов. Опубликованные статьи полностью раскрывают положения диссертации, выносимые на защиту. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. И.А. Рыжкин, М.И. Рыжкин. Экранирование магнитного поля магнитными монополями в спиновом льде. Письма в ЖЭТФ **93**, 426-430 (2011).
2. И.А. Рыжкин, А.В. Клюев, М.И. Рыжкин, И.В. Цыбулин. Об устойчивости кулоновской фазы в спиновом льде при конечной температуре. Письма в ЖЭТФ **95**, 330-335 (2012).
3. M.I. Ryzhkin, I.A. Ryzhkin, and S.T. Bramwell. Dynamic susceptibility and dynamic correlations in spin ice. EPL **104**, 37005(1)-37005(6) (2013).
4. М.И. Рыжкин. Неэкстенсивность энтропии и негауссово распределение намагниченности в двумерном спиновом льде. Письма в ЖЭТФ **98**, 602-607 (2013)
5. А.В. Клюев, И.А. Рыжкин, М.И. Рыжкин. Обобщенная диэлектрическая проницаемость льда. Письма в ЖЭТФ **100**, 683-687 (2014).
6. М.И. Рыжкин, А.В. Клюев, В.В. Сеницын, И.А. Рыжкин. Жидкое состояние системы водородных связей льда. Письма в ЖЭТФ **104**, 248-253 (2016).

На автореферат поступили 3 отзыва. Все отзывы отмечают актуальность диссертации, новизну, адекватность используемых методов решаемым задачам, дают положительную оценку диссертационной работе. В отзывах на автореферат имеются следующие замечания.

1. В отзыве доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника кафедры прикладной математики Института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» М.В. Иванченко сделано замечание: «рисунки 8-9 автореферата содержат англоязычные обозначения», при этом отмечено, что замечание не снижает высокой положительной оценки диссертации.
2. В отзыве доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Института криосферы Земли СО РАН М.В. Кирова сделаны замечание о необходимости более детального объяснения выполнимости правил льда в воде, и замечание терминологического характера об определении понятия «фрустрация

физической системы». В отзыве указано, что данные замечания не снижают высокую оценку научной новизны и практической значимости работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

3. В отзыве доктора химических наук, заведующего лабораторией ионики твердого тела отдела функциональных неорганических материалов ИПХФ РАН Ю.А. Добровольского отмечается возможность использования результатов диссертации при описании протонного транспорта в протонных проводниках и в протон проводящих мембранах, замечаний нет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработан новый метод описания систем с правилами льда, основанный на концепции классических квазичастиц (нарушений правил льда). Метод позволяет с единой точки зрения описать физические процессы в различных реализациях систем с правилами льда. В рамках разработанного метода впервые получены выражения для восприимчивостей и динамических корреляционных функций исследуемых систем как функций частоты, волнового вектора и температуры, исследованы магнитные и электрические токи, исследована специфика экранирования магнитного и электрического поля в системах с правилами льда.

Предложен новый алгоритм порождения случайных конфигураций в методе Монте-Карло, позволяющий рассматривать моделируемые системы больших размеров и значительно повысить точность численных расчетов. С помощью данного алгоритма впервые обнаружено, что в двумерном искусственном спиновом льде равновесные корреляционные функции в основном состоянии не имеют дипольной формы, а убывают с расстоянием более медленно, причем условная энтропия при заданной намагниченности неэкстенсивна, а функция распределения намагниченности имеет негауссову форму.

Введено новое понятие промежуточной между жидкой водой и твердым льдом фазы, в которой протонная подрешетка разрушена, а кислородная решетка льда полностью сохраняет свою структуру. Показан механизм возникновения промежуточной фазы, состоящий в резком нарушении правил льда при

повышении температуры, отмечается возможность ее реализации в ограниченных образцах, обсуждается ее роль в механизме плавления льда и в процессе формирования особого квазижидкого поверхностного слоя льда.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана применимость метода классических квазичастиц к описанию физических процессов в системах с правилами льда, отмечено сходство и различие в применениях данного метода ко льду/воде и к магнитным системам.

Раскрыт смысл концепции эффективных магнитных монополей как удобного метода описания сильно коррелированных систем, полностью исследован физический смысл магнитного заряда магнитного монополя.

Предложен новый, более простой метод вычисления корреляционных функций систем с правилами льда через вычисление восприимчивости, с последующим использованием флуктуационно-диссипативной теоремы.

Обнаружена специфика двумерных систем с правилами льда, состоящая в более сильных, чем в трехмерных системах, корреляциях, которая ставит задачи разработки новых аналитических методов их исследования.

Изучены возможные фазовые переходы в системах с правилами льда, состоящие в резком росте концентраций классических квазичастиц. Показано, что подобная модель разрушения правил льда может быть использована для объяснения быстрого протонного транспорта в низкоразмерных и ограниченных образцах льда, воды и спинового льда, а также для объяснения особых физических свойств поверхностного слоя льда.

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

Результаты исследования электрических свойств льда и воды могут быть использованы для описания распространения электромагнитных волн в этих средах, а также при их экспериментальном изучении. Обнаруженное подобие электрических свойств льда и воды дает возможность сделать определенные выводы о структуре воды, что может быть использовано в различных приложениях, в частности при создании полимерных мембран с высокой

протонной проводимостью.

Обнаруженные сильные корреляции в двумерном искусственном спиновом льде могут быть использованы при создании принципиально новых устройств записи, хранения и обработки информации на их основе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Теоретические результаты диссертации получены в рамках адекватных моделей, согласуются с результатами экспериментальных исследований. Установлено совпадение авторских результатов в различных предельных случаях с результатами других работ. Результаты работ опубликованы в авторитетных, рецензируемых журналах; публикации, включенные в диссертацию, цитируются в статьях ведущих физических журналов.

Личный вклад соискателя состоит в:

участии в постановке задач, проведении вычислений, обсуждении результатов, написании статей, включенных в диссертацию. Численное исследование двумерного, искусственного спинового льда и публикация его результатов проведены автором самостоятельно.

На заседании 14 ноября 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Рыжкину М.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 21 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 21, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
член-корреспондент РАН

Кведер Виталий Владимирович

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук

Зверев Владимир Николаевич

5 декабря 2016 г.

