

СТЕНОГРАММА

заседания объединённого диссертационного совета Д999.134.02
на базе ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»
Минобрнауки РФ и ФГБУН «Институт физики им. Х.И. Амирханова
Дагестанского научного центра РАН»
от 3 октября 2018 г., протокол № 6/2018

Слушали защиту диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.07 – физика конденсированного состояния младшего научного сотрудника лаборатории «Вычислительной физики и физики фазовых переходов» ФГБУН «Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН» Курбановой Джумы Рамазановны на тему: «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями».

Присутствовали члены диссертационного совета Д 999.134.02:

№	Ф.И.О.	Учёная степень, шифр специальности в совете
1.	Рабданов Муртазали Хулатаевич, председатель диссертационного совета	д. ф.-м. н., 01.04.04
2.	Муртазаев Акай Курбанович, заместитель председателя диссертационного совета	д. ф.-м. н., 01.04.07
3.	Алиев Амиль Ризванович, учёный секретарь	д. ф.-м. н., 01.04.07
4.	Ашурбеков Назир Ашурбекович	д. ф.-м. н., 01.04.04
5.	Абдулагатов Ильмутдин Магомедович	д. т. н., 01.04.07
6.	Аливердиев Абутраб Александрович	д. ф.-м. н., 01.04.04
7.	Бабаев Ариф Азимович	д. ф.-м. н., 01.04.07
8.	Батдалов Ахмед Батдалович	д. ф.-м. н., 01.04.07
9.	Гаджиалиев Магомед Магомедович	д. ф.-м. н., 01.04.07
10.	Гафуров Малик Магомедович	д. ф.-м. н., 01.04.07
11.	Зобов Евгений Маратович	д. ф.-м. н., 01.04.07
12.	Иминов Кади Османович	д. ф.-м. н., 01.04.04
13.	Каллаев Сулейман Нурулисламович	д. ф.-м. н., 01.04.07
14.	Курбанисмаилов Вали Сулейманович	д. ф.-м. н., 01.04.04
15.	Магомедбеков Ухумаали Гаджиевич	д. х. н., 01.04.04
16.	Магомедов Гасан Мусаевич	д. ф.-м. н., 01.04.04
17.	Мурлиева Жарият Хаджиевна	д. ф.-м. н., 01.04.04
18.	Мусаев Гапиз Мусаевич	д. ф.-м. н., 01.04.07
19.	Омаров Омар Алиевич	д. ф.-м. н., 01.04.04
20.	Палчаев Даир Каирович	д. ф.-м. н., 01.04.04
21.	Садыков Садык Абдулмуталибович	д. ф.-м. н., 01.04.07
22.	Шабанов Осман Мехтиевич	д. х. н., 01.04.04

Специалисты по профилю диссертации:

д. ф.-м. н. Муртазаев А.К., д. ф.-м. н. Алиев А.Р., д. т. н. Абдулагатов И.М., д. ф.-м. н. Бабаев А.А., д. ф.-м. н. Батдалов А.Б., д. ф.-м. н. Гаджиалиев А.А., д. ф.-м. н. Гафуров М.М., д. ф.-м. н. Зобов Е.М., д. ф.-м. н. Каллаев С.Н., д. ф.-м. н. Мусаев Г.М., д. ф.-м. н. Садыков С.А.

Заседание совета ведет председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук Рабаданов Муртазали Хулатаевич.

Секретарь: учёный секретарь диссертационного совета, доктор физико-математических наук Алиев Амиль Ризванович.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Уважаемые коллеги, члены диссертационного совета и присутствующие! Сегодня 3 октября 2018 года на заседании нашего диссертационного совета Д 999.134.02 на основании явочного листа присутствуют 22 члена совета из 22, т.е. больше 2/3 его состава, 100% присутствие, причем по профилю рассматриваемой диссертации присутствуют 11 докторов наук, и мы можем начать процедуру защиты диссертации. Заседание объединённого диссертационного совета Д999.134.02 на базе ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет» и ФГБУН «Институт физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН» считаю открытым.

Сегодня на заседании диссертационного совета состоится защита диссертации Курбановой Джумы Рамазановны по теме: «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями», на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Работа выполнена в лаборатории «Вычислительной физики и физики фазовых переходов» в Институте физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН.

Научный руководитель – Муртазаев Акай Курбанович, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, врио председателя Дагестанского научного центра РАН.

Научный консультант – Рамазанов Магомедшейх Курбанович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН.

Официальные оппоненты:

1. Рыжов Валентин Николаевич – доктор физико-математических наук 01.04.02 – теоретическая физика, заместитель директора ФГБУН «Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук», г. Троицк. Он к сожалению, отсутствует, прислал письмо и больничный лист.

2. Эмиров Субханверди Нурмагомедович – доктор технических наук 01.04.14 – теплофизика и молекулярная физика, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Института проблем геотермии Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово для доклада по содержанию представленной соискателем документов предоставляется учёному секретарю нашего совета Алиеву А.Р. Амиль Ризванович, пожалуйста.

Учёный секретарь диссертационного совета Алиев А.Р.:

Уважаемые члены диссертационного совета!

В наш Совет 23 апреля 2018 г. поступило заявление от Курбановой Джумы Рамазановны, с просьбой принять к рассмотрению и защите ее диссертацию. При этом она представила свою диссертацию «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Защита работы проводится впервые. Автор согласен включить ее персональные данные в аттестационное дело и их дальнейшую обработку. Подтверждает, что все представленные к защите результаты являются подлинными, оригинальными и получены лично автором.

Курбанова Джума Рамазановна представила в наш Совет следующие документы:

Заявление.

Подтверждение о размещении на сайте Института физики ДНЦ РАН полного текста диссертации.

Диплом с отличием об окончании в 2012 году физического факультета ДГУ, квалификация физик, по специальности «Физика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов: по истории и философии науки – отлично, по иностранному (английскому) языку - отлично; по физике конденсированного состояния – отлично.

Диссертация и автореферат в печатном и электронном виде. Титульные листы подписаны соискателем в установленном порядке.

Положительное заключение Института физики ДНЦ РАН, где выполнялась диссертация.

Диссертация Курбановой Д.Р. обсуждалась на научном семинаре Института физики ДНЦ РАН. Заключение от 5 апреля 2018 года рекомендует диссертацию Курбановой Д.Р. к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния», подписано председателем семинара Каллаевым С.Н., секретарем семинара Ибаевым Ж.Г. и утверждено врио директора института Хизриевым К.Ш. Согласно «Положения о порядке присуждения ученых степеней» заключение организации, где выполнялась диссертация, действует в течение трех лет, поэтому на сегодня данное заключение является действующим.

Представлен отзыв научного руководителя Муртазаева Акая Курбановича, отзыв научного консультанта Рамазанова Магомедшейха Курбановича, обоснование к назначению научного консультанта.

25 апреля 2018 года состоялось первое заседание совета по этому вопросу, на котором была сформирована комиссия для предварительного рассмотрения диссертации. В составе членов диссертационного совета: Каллаев Сулейман Нурулисламович, Батдалов Ахмед Батдалович, Мурлиева Жарият Хаджиевна. Комиссия подготовила заключение о том, что представленная диссертация соответствует специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

23 мая 2018 года состоялось второе заседание диссертационного совета. На нем диссертация была принята к защите, назначены официальные оппоненты:

– Рыжов Валентин Николаевич, доктор физико-математических наук 01.04.02 – теоретическая физика, заместитель директора Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН, г. Троицк.

– Эмиров Субханверди Нурмагомедович - доктор технических наук 01.04.14 – теплофизика и молекулярная физика, профессор, главный научный сотрудник Института проблем геотермии Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала.

Назначена ведущая организация: Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

Было дано разрешение на печать автореферата. Был утверждён список рассылки автореферата. Назначена дата защиты диссертации: 3 октября 2018 года. Автореферат был разослан 1 августа 2018 года. На диссертацию в установленные сроки поступили отзывы ведущей организации и официальных оппонентов, также на автореферат поступили отзывы.

Все документы, представленные соискателем, соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением № 482 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. и «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденного Приказом № 7 Минобрнауки РФ от 10 ноября 2017 г. Все необходимые документы в установленные сроки размещены в библиотеке ДГУ, в библиотеке ИФ ДНЦ РАН, в Интернете на сайтах ВАК РФ, ДГУ, ИФ ДНЦ РАН и в системе «Единая государственная информационная система мониторинга процессов аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации» (ЕГИСМ).

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо, Амиль Ризванович. Мы переходим к докладу. Слово для доклада представляется соискателю, пожалуйста.

Доклад соискателя Курбановой Джумы Рамазановны:

Уважаемые коллеги, добрый день! Тема моей диссертационной работы: «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями».

Целью данной работы является:

Исследование фазовых переходов и статических критических свойств моделей с конкурирующими обменными взаимодействиями на основе современных алгоритмов метода Монте-Карло.

Объекты исследования:

двухмерная антиферромагнитная модель Изинга на квадратной решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей;

трехмерная антиферромагнитная модель Изинга на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей;

трехмерная антиферромагнитная модель Гейзенберга на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей.

Интерес к этим моделям обусловлен тем, что:

- учет взаимодействия вторых соседей может привести к возникновению фрустраций и множества интересных физических эффектов.

- фазовые переходы и критические свойства фрустрированных спиновых систем на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями вторых соседей практически не исследованы. И вопрос рода фазовых переходов на рассматриваемых решетках довольно спорной.

- и не менее важно, что первые попытки исследования этих моделей предпринимались в то время, когда мощности вычислительных машин и используемые алгоритмы метода Монте-Карло не позволяли рассчитывать критические параметры с необходимой степенью точности, а исследование таких моделей на основе современных методов и идей позволит получить ответ на ряд вопросов, связанных с критическим поведением фрустрированных систем.

Далее приведены основные положения, выносимые на защиту, я их зачитывать не буду. Они также приведены в автореферате.

Исследование фазовых переходов и критических явлений фрустрированных спиновых систем является одной из актуальных задач физики конденсированного состояния. Так как данные системы обладают необычными магнитными свойствами и имеют богатое разнообразие фаз и фазовых переходов, обусловленные сильным вырождением и высокой чувствительностью к различного рода возмущающим воздействиям. Наличие фрустраций приводит к существенному изменению ряда свойств фундаментального характера. Среди них можно отметить проблемы, связанные с определением типа фазовых переходов в системе и с особенностями и факторами, влияющими на формирование классов универсальности магнитного критического поведения системы. Фрустрации в системе могут быть обусловлены как геометрией решетки, так и конкуренцией обменного взаимодействия. Рассмотрим это явление на примере треугольной решетки (слайд 3). Если рассмотрим положительное взаимодействие вдоль треугольника, то основное состояние этой системы будет иметь ферромагнитное упорядочение. Как только мы поменяем один знак на минус или же рассмотрим антиферромагнитное взаимодействие, то основное состояние системы станет вырожденным, т.е. ориентация последнего спина окажется неопределенной - энергии состояния «вверх» и состояния «вниз» - будут одинаковыми. Явление невозможности одновременной минимизации энергии взаимодействия всех слагаемых гамильтониана в присутствии конкурирующих взаимодействий есть фрустрация.

Рассмотрим первую модель: 2D антиферромагнитная модель Изинга на квадратной решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей. Схематическое представление данной модели. Это гамильтониан, где учитывается взаимодействие первых и вторых ближайших соседей. k – это есть величина, характеризующая соотношение взаимодействия вторых ближайших соседей к первым. $k=0.5$ есть теоретически предсказанная точка фрустрации. Расчеты проводились для систем с ПГУ и линейными размерами $L \times L = N$, $L=20 \div 150$. Соотношение обменного взаимодействия менялось в интервале $0 \leq k \leq 1.0$.

Исследование этой модели проводилось на основе современного, высокоэффективного репличного алгоритма и алгоритм Ванга-Ландау метода Монте-Карло.

Для наблюдения за температурным ходом теплоемкости, восприимчивости и параметра порядка использовались следующие выражения (слайд 5):

$$C = (NK^2)(\langle U^2 \rangle - \langle U \rangle^2),$$

$$\chi = \begin{cases} (NK)(\langle m^2 \rangle - \langle |m| \rangle^2), & T < T_N \\ (NK)\langle m^2 \rangle, & T \geq T_N \end{cases}$$

$$m = [m_1 + m_3 - (m_2 + m_4)] / 4$$

$$m_\lambda = \frac{4}{N} \sum_{i \in \lambda} S_i, \quad \lambda = 1, 2, 3, 4$$

$$m^a = [m_1 + m_2 - (m_3 + m_4)] / 4$$

$$m^b = [m_1 + m_4 - (m_2 + m_3)] / 4$$

$$m = \sqrt{(m^a)^2 + (m^b)^2}$$

На слайде 7 приведены графики зависимости теплоемкости и восприимчивости от температуры, полученные для разных значений k до предполагаемой точки фрустрации. Как видно из рисунка, увеличение значения вторых соседей k в данном интервале $0 \leq k \leq 0.4$ сопровождается сдвигом максимумов как теплоемкости, так и восприимчивости в сторону более низких температур, что обусловлено усилением конкурирующих взаимодействий вторых ближайших соседей, вследствие чего система становится более восприимчивой. Отмечу также, что одновременно с этим наблюдается рост абсолютных значений максимумов восприимчивости, который происходит за счет усиления флуктуаций, вследствие увеличения конкуренции первых и вторых ближайших соседей.

На следующем слайде приведены графики зависимости теплоемкости и восприимчивости от температуры для разных значений $0.6 \leq k \leq 1.0$ уже выше предполагаемой точки фрустрации. В данном случае наблюдаем иную картину, увеличение значения k сопровождается сдвигом максимумов в сторону более высоких температур. Физическую картину происходящего можно объяснить тем, что увеличение взаимодействия вторых ближайших соседей увеличивает вклад энергии взаимодействия по модулю, вследствие чего система становится более жесткой что, соответственно, повышает температуру фазового перехода.

Для определения значения критических температур в том числе был использован метод кумулянтов Биндера 4-го порядка (слайд 9). Кумулянты по энергии и намагниченности имеют следующий вид:

$$U_L = 1 - \frac{\langle m^4 \rangle_L}{3 \langle m^2 \rangle_L^2}, \quad V_L = 1 - \frac{\langle U^4 \rangle_L}{3 \langle U^2 \rangle_L^2}$$

Данный метод позволяют определить критическую температуру T_N с большой точностью. Согласно теории конечно-размерного скейлинга, точка пересечения всех кривых

кумулянта является критической точкой. Также отмечу, что применение кумулянтов Биндера, дает возможность хорошо тестировать тип фазового перехода в системе. Известно, что в при фазовом переходе 2-го рода кривые температурной зависимости кумулянта Биндера имеют четко выраженную точку пересечения. Ниже приведены характерные зависимости кумулянта от температуры для разных значений k при разных линейных размерах системы. Видно, что в критической области наблюдается хорошо выраженная точка пересечения, что характерно для фазового перехода второго рода.

Согласно теоретическим данным при $k=0.5$ взаимодействия первых и вторых ближайших соседей одинаковое и в системе возникает фрустрация. Это нарушает порядок в системе и приводит к исчезновению фазового перехода. Чтобы проверить возникновение фрустрации, мы проанализируем плотность состояний системы и температурную зависимость энтропии. На слайде 10 приведены плотности состояний для системы с разными линейными размерами при $k=0.5$, т.е. в точке ожидаемой фрустрации. Второй рисунок является увеличенной вставкой. Мы видим, что система вырождена, логарифм плотности состояний $\ln g(E)$ возрастает с увеличением линейных размеров системы. И на слайде 11 приведена температурная зависимость энтропии. Как видно из рисунка, энтропия S при низких температурах не меняется с линейными размерами системы и стремится к некому конечному значению отличному от нуля. Это явление более наглядно продемонстрировано на соседнем рисунке, где показано, что при $L \rightarrow \infty$ энтропия $S_0/L \rightarrow 0.69(2)$. Такое поведение энтропии объясняется тем, что логарифм плотности состояний $\ln g(E)$ возрастает пропорционально L в основном состоянии ($E/N = -1$) с увеличением линейных размеров системы, т.е. фрустрации в системе приводят к вырождению основного состояния, но замечу, что степень вырождения данной модели меньше, чем для моделей с полностью фрустрированным состоянием.

Об этом мы также можем судить по следующему слайду (слайд 12), на которых представлены зависимости теплоемкости и энергии от температуры, полученные при $k=0.5$. Как видно из рисунка, с увеличением линейных размеров в системе наблюдается расщепление теплоемкости. На диаграммах теплоемкости имеются два пика (гладкий и острый) при $L \geq 40$. С увеличением L острый максимум смещается в сторону более низких температур. Этот пик становится узким с ростом L и падает на довольно узкий температурный интервал. О чем свидетельствуют кривые зависимости энергии E/N от температуры T на втором рисунке. С увеличением линейных размеров системы кривая зависимости становится более резкой, но уменьшается по высоте.

Также приведены графики зависимости энергии и теплоемкости от температуры для разных значений k (слайд 13), полученные уже непосредственно в самой окрестности точки фрустрации. Видим расщепление теплоемкости вплоть до точки фрустрации. И как только перешагнули точку фрустрации ($k=0.51$) гладкий максимум обращается в нуль и остается только острый максимум. При этом значении k система подвергается фазовому переходу первого рода. Это подтверждается более резкой зависимостью энергии в этой точке $k=0.51$, тогда как для других значений реализуется фазовый переход второго рода.

Данный факт подтверждает и гистограммный анализ данных (слайд 14). Здесь приведены гистограммы распределения энергии для разных значений k выше и ниже точки

фрустрации. Графики построены при критической температуре для линейных размеров решетки $L=150$. На гистограммах мы наблюдаем один максимум, что характерно для фазового перехода второго рода. И ниже приведена гистограмма распределения энергии для случая $k=0.51$. Мы наблюдаем бимодальное распределение энергии, т.е. в системе наблюдаются признаки характерные для фазового перехода первого рода.

На слайде 15 приведена фазовая диаграмма зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей. На диаграмме видим, что в точке $k=0.5$ пересекаются три различные фазы: I - антиферромагнитная, II - парамагнитная и III - суперантиферромагнитная. Согласно теоретическим данным, в этой точке ожидалось полностью фрустрированное состояние, но этого не наблюдается. По нашим данным, критическая температура стремится к конечной величине $T_{C\max}(L = \infty) \approx 0.23(5)$ и в системе возникает достаточно сильно фрустрированное состояние, т.е. наблюдается частичная фрустрация. Внизу приведены интервалы значений где реализуются фазовые переходы первого и второго рода.

На слайде 16 приведены магнитные структуры основного состояния, реализуемые в супеантиферромагнитной фазе. т. е. в данной фазе реализуются страйповые структуры. И приведена фазовая диаграмма зависимости энергии основного состояния от величины взаимодействия вторых ближайших соседей. На диаграмме приведены значения E_{\min} соответствующие различным областям фазовой диаграммы. В точке $k=0.5$ могут реализоваться структуры с обеих фаз.

На основе теории конечно-размерного скейлинга рассчитаны статические критические индексы теплоемкости α , восприимчивости γ , намагниченности β и радиуса корреляции ν (слайд 17).

На слайде 18 в двойном логарифмическом масштабе представлены характерные зависимости параметров радиуса корреляции от линейных размеров решетки L для разных значений k . Как видно из рисунков все точки на графиках в пределах погрешности хорошо ложатся на прямые. Вычисленное значение радиуса корреляции ν использовалось для определения критических индексов теплоемкости α , восприимчивости γ и параметра порядка β . Также в двойном логарифмическом масштабе представлены характерные зависимости параметра порядка и восприимчивости от линейных размеров решетки (слайд 19).

На слайде 20 приведена таблица значений критических индексов для двухмерной антиферромагнитной модели Изинга на квадратной решетке с взаимодействиями вторых ближайших соседей. Из таблицы видно, что в исследуемой модели существуют две области, которые характеризуются различным набором критических индексов. Значения критических индексов до точки фрустрации, выделенные красным цветом не меняются с изменением величины взаимодействия k , и совпадают с данными Онзагера. Следовательно, мы можем сделать вывод, что в этом интервале сохраняется класс универсальности критического поведения системы. А синим цветом выделены индексы, полученные для разных значений k выше точки фрустрации в интервале $0.7 \leq k \leq 1.0$. Все критические индексы меняются с изменением k . Можно сказать, что изменение величины взаимодействия вторых ближайших соседей в данном интервале приводит к неуниверсальному критическому поведению системы.

Следующая модель – это 3D антиферромагнитная модель Изинга на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей.

Схематическое представление данной модели: каждый атом имеет 8 ближайших и 6 вторых ближайших соседей. Решетка разделена на 4 взаимопроникающие подрешетки. Цифрами обозначены 4 подрешетки (слайд 21).

Гамильтониан данной модели, где учитывается взаимодействие первых и вторых ближайших соседей. Расчеты проводились для систем с ПГУ и линейными размерами $2(L_x L_x L_x) = N$, $L = 12 \div 90$. Соотношение обменного взаимодействия менялось в интервале $0 \leq k \leq 1.0$ с шагом 0.1. $k = 2/3$ есть теоретически предсказанная точка фрустрации. Исследование особенностей фазовых переходов и критическое поведение системы были проведены на основе репличного алгоритма и алгоритма Ванга-Ландау метода Монте-Карло.

На данном слайде аналогично предыдущей модели представлены температурные зависимости теплоемкости, восприимчивости, параметра порядка полученные при $L = 30$ для различных значений k до предполагаемой точки фрустрации (слайд 22, 23). В этой модели также увеличение значения вторых соседей k в данном интервале сопровождается сдвигом максимумов как теплоемкости, так и восприимчивости в сторону более низких температур.

Для определения значения критических температур также был использован метод кумулянтов Биндера 4-го порядка. Однако вблизи ожидаемой точки фрустрации, система имеет некоторые особенности, связанные с поведением термодинамических параметров и типом фазового перехода, в частности рассмотрен случай $k = 0.7$. На слайде 25 представлены зависимости кумулянтов по намагниченности и по энергии от температуры для разных линейных размеров решетки. В данной системе наблюдается поведение не характерное для фазового перехода второго рода.

Также если мы посмотрим на температурную зависимость теплоемкости для разных значений k , то увидим, что кривая температурной зависимости теплоемкости для случая $k = 0.7$ отличается ярко выраженным скачком значения теплоемкости в области критической температуры, что характерно для фазового перехода первого рода (слайд 26). Данный факт также подтверждает гистограммный анализ данных. На слайде 27 приведены гистограммы распределения энергии, полученные при разных линейных размерах решетки для случая $k = 0.7$. На графиках наблюдаем бимодальное распределение энергии, что характерно для фазового перехода первого рода. Ниже приведены гистограммы распределения энергии для разных значений k , намного ниже и выше предполагаемой точки фрустрации. На гистограммах наблюдаем один максимум, что характерно для фазового перехода второго рода.

Для того чтобы показать, что особенности, наблюдаемые в этой системе не связаны с алгоритмом, мы использовали другой независимый алгоритм, алгоритм Ванга-Ландау. На слайде 28 представлено сравнение некоторых параметров, это температурные зависимости энергии и теплоемкости, полученные на основе репличного обменного алгоритма и алгоритма Ванга-Ландау. Как видим, данные полученные разными алгоритмами достаточно хорошо соответствуют друг с другом.

Далее приведены плотности состояний для системы с различными линейными размерами L при $k=2/3$ (слайд 29). Видно, что в данной модели вырождение основного состояния стремится к $\ln 6$. Это говорит о том, что конкуренция обменного взаимодействия вторых ближайших соседей не приводит к возникновению фрустрации в отличие от модели Изинга на квадратной решетке, но в системе наблюдается вырождение основного состояния кратное 6.

Более подробное исследование показало, что для случая $k=2/3$ наблюдается ФП второго рода. Это продемонстрировано на гистограмме распределения энергии для системы с линейными размерами $L=80$ (слайд 30). Графики построены при критической температуре и вблизи нее. Из рисунков видно, для всех значений температур на гистограммах наблюдаются один хорошо выраженный максимум, который свидетельствует в пользу ФП второго рода.

Здесь также приведена временная динамика изменения внутренней энергии в ходе компьютерного моделирования для системы с линейными размерами $L=80$ для случая $k=2/3$. По оси иксов отложено количество Монте-Карло шагов на спин (NMCS). Результаты приведены для трех температур: в точке фазового перехода, а также выше и ниже критической температуры. Данные на графике подтверждают результаты гистограммы: энергия для всех температур совершает случайные флуктуации вблизи равновесного значения, соответствующего максимуму вероятности $W(E/N)$ этих гистограмм.

На слайде 31 приведены гистограммы распределения энергии для случая $k=0.7$. Как видно из рисунка при критической температуре наблюдаются бимодальное распределение энергии, что характерно для фазового перехода первого рода.

Это подтверждает и данные временной динамики изменения внутренней энергии в ходе компьютерного моделирования для случая $k=0.7$. Результаты также приведены для трех температур: в точке фазового перехода ($T=2.386(5)$), а также выше и ниже критической температуры ($T=2.3$ и $T=2.6$, соответственно). Как видно из графика, в точке ФП имеются два метастабильных энергетических уровня $E_1=-1.23565$ и $E_2=-0.99860$. Система совершает случайные флуктуации около этих двух энергетических состояний. Энергия E_1 соответствует первому максимуму вероятности, а E_2 – второму максимуму. Такое поведение характерно для фазового перехода первого рода.

На слайде 32 приведена фазовая диаграмма зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей. На диаграмме мы видим, что вблизи точки $k=2/3$ пересекаются три различные фазы: AF1 – антиферромагнитная, PM – парамагнитная и AF2 – антиферромагнитная 2-го типа.

На графике видно, что по мере приближения к значению $k=2/3$ критическая температура T_N уменьшается. Можно сказать, что для рассмотренной модели при $k=2/3$ система будет иметь минимальную температуру фазового перехода. В точках, выделенных черным цветом реализуется фазовый переход второго рода. А в интервале выделенный красным цветом, мы впервые на диаграмме обнаружили узкую область ($2/3 < k \leq 0.75$), где переход из антиферромагнитной фазы в парамагнитную является переходом первого рода. Кроме того, нами получены все возможные магнитные структуры основного состояния, соответствующие различным областям фазовой диаграммы. На фазовой диаграмме черными и красными стрелками изображены направления спинов во всех подрешетках. Как видно на диаграмме в

фазе AF1 могут реализоваться только две структуры основного состояния. В фазе AF2 реализуются четыре структуры основного состояния. Вдоль вертикальной красной линии, соответствующей значению $k=2/3$ сосуществуют все шесть структур одновременно.

На слайде 33 отображены магнитные структуры основного состояния, наблюдаемые в данной модели.

Также на основе теории конечно-размерного скейлинга рассчитаны все основные статические критические индексы. На слайдах 34 и 35 в двойном логарифмическом масштабе представлены характерные зависимости параметра для определения радиуса корреляции от линейных размеров решетки, также магнитного параметра порядка и восприимчивости.

И на слайде 36 приведена таблица значения критических индексов для трехмерной антиферромагнитной модели Изинга на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями вторых ближайших соседей. Как видно из таблицы, все значения критических индексов до $2/3$ в пределах погрешности совпадают между собой. В этом интервале система проявляет универсальное критическое поведение. Кроме того, индексы полученные в этом интервале совпадают с соответствующими значениями критических индексов для нефрустрированной трехмерной модели Изинга. Это подтверждает принадлежность исследованной модели в данном интервале к тому же классу универсальности, что и трехмерная модель Изинга на кубической решетке.

В интервале значений выше точки $k=2/3$ значения критических индексов отличаются. Увеличении взаимодействия следующих соседей в системе приводит к смене класса универсальности. Кроме того, в этом интервале индексы меняются с изменением величины взаимодействия вторых ближайших соседей k . Это позволяет нам говорить, что в этом интервале значений наблюдается неуниверсальное критическое поведение.

На следующем слайде для сравнения приведены литературные данные критических индексов некоторых параметров, для аналогичной модели. Сравнение наших результатов показывает, что они находятся в хорошем согласии, как с теоретическими данными, так и с данными, полученными методом МК другими авторами.

Следующая модель – это 3D антиферромагнитная модель Гейзенберга на ОЦК решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей. Приведен гамильтониан данной модели. $k=2/3$ есть теоретически предсказанная точка фрустрации. Ниже приведены соединения, которые соответствуют данной модели. Расчеты проводились для систем с ПГУ и линейными размерами $2(L \times L \times L = N)$, $L=12 \div 90$. Соотношение обменного взаимодействия менялось в интервале $0 \leq k \leq 1.0$ с шагом 0.1. Исследование данной модели проводилось на основе репличного алгоритма метода Монте-Карло.

На основе метода кумулянтов Биндера были определены критические температуры для всех значений k . Аналогично предыдущим моделям приведены температурные зависимости теплоемкости, восприимчивости и параметра порядка.

Более подробней остановлюсь на фазовой диаграмме зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей k (слайд 42). Диаграмма, полученная для данной модели качественно совпадает с диаграммой модели Изинга на объемно-центрированной кубической решетке. В точке $k=2/3$ пересекаются три различные фазы: AF1 – антиферромагнитная, PM – парамагнитная и AF2 –

антиферромагнитная 2-го типа. Черным цветом выделены точки, где реализуется фазовый переход второго рода. А в интервале выделенный красным цветом, мы впервые на диаграмме обнаружили узкую область ($2/3 < k \leq 0.75$), где переход из антиферромагнитной фазы в парамагнитную является переходом первого рода. Внизу приведены интервалы значений где реализуются фазовые переходы первого и второго рода. Также отмечу, что при значении $k=2/3$ в системе наблюдается фазовый переход второго рода (слайд 43). Это подтверждает и гистограммный анализ данных. На графике зависимости теплоемкости от температуры, мы видим, что при фазовом переходе первого рода на кривых зависимости наблюдается большой выброс значений теплоемкости (слайд 45).

Также на основе теории конечно-размерного скейлинга рассчитаны все основные статические критические индексы. В двойном логарифмическом масштабе представлены характерные зависимости параметра для определения радиуса корреляции от линейных размеров решетки, также магнитного параметра порядка и восприимчивости (слайд 46, 47). На слайде 48 приведена таблица значения критических индексов для трехмерной антиферромагнитной модели Гейзенберга на объемно-центрированной кубической решетке с взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей. Как видно из таблицы, все значения критических индексов до значения $k=2/3$ в пределах погрешности совпадают между собой и совпадают с соответствующими значениями критических индексов для нефрустрированной трехмерной модели Гейзенберга. В данном интервале сохраняется универсальное критическое поведение системы.

Основные результаты работы:

1. Построена фазовая диаграмма модели Изинга с взаимодействиями первых J_1 и вторых J_2 ближайших соседей на двумерной квадратной решетке. Доказательство (численное) возникновения частично фрустрированного состояния при $k=J_2/J_1=0.5$. Проведен расчет критических параметров (T_c , α , β , γ , ν) и определены классы универсальности критического поведения. Установлено отсутствие универсальности критического поведения в диапазоне $0.67 \leq k \leq 1.0$.
2. Построена фазовая диаграмма модели Изинга на ОЦК решетке с взаимодействиями первых J_1 и вторых J_2 ближайших соседей. Рассчитаны критические параметры, определены классы универсальности критического поведения. Установлено отсутствие универсальности критического поведения в диапазоне $0.75 < k \leq 1.0$
3. Построена фазовая диаграмма модели Гейзенберга на ОЦК решетке с взаимодействиями первых J_1 и вторых J_2 ближайших соседей. Проведен расчет критических параметров и определен класс универсальности критического поведения в интервале $0 \leq k \leq 2/3$.
4. Приведено численное доказательство отсутствия полностью фрустрированного состояния в моделях Изинга и Гейзенберга на ОЦК решетке с взаимодействиями первых J_1 и вторых J_2 ближайших соседей.
5. Разработан сложный комплекс программ для ЭВМ, основанный на использовании современных высокоэффективных алгоритмов, позволяющий проводить исследования статических критических явлений в моделях фрустрированных спиновых систем.

Спасибо за внимание.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Пожалуйста, какие будут вопросы к Джуме Рамазановне? Пожалуйста, Абдулагатов Ильмутдин Магомедович.

Член совета Абдулагатов Ильмутдин Магомедович:

Джума, скажите пожалуйста, как критические индексы и критические температуры зависят от линейных размеров L ?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Индексы вычислены на основе теории конечно-размерного скейлинга. Мы использовали большие линейные размеры системы, такие что критическая температура не меняется с изменением линейных размеров системы.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Пожалуйста, Мусаев Гапиз Мусаевич.

Член совета Мусаев Гапиз Мусаевич:

Конкурирующие взаимодействия вторых ближайших соседей в гамильтониане характеризует второй член. Какая разница получилась в индексах с учетом и без учета конкуренции обменного взаимодействия. Проводилось ли сравнение?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Мы рассматривали конкурирующие взаимодействия первых и вторых ближайших соседей. Индексы, полученные до ожидаемой точки фрустрации совпадают с соответствующими значениями индексов, полученных для нефрустрированных моделей, т.е. для моделей без учета конкуренции. Выше этого значения индексы меняются.

Член совета Мусаев Гапиз Мусаевич:

А вы можете сказать с чем связано такое поведение?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Неуниверсальность критического поведения системы?.. Единого мнения поэтому вопросу не существует. В литературе, по мнению некоторых специалистов считается, что при определенных параметрах в гамильтониане достижение истинного критического поведения системы происходит очень медленно. Возможно, такое поведение здесь мы и наблюдаем.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Ещё вопросы? Пожалуйста, Аливердиев Абутраб Александрович.

Член совета Аливердиев Абутраб Александрович:

Делались ли попытка сравнить с экспериментальными работами или все-таки не получается еще?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Для сравнения с экспериментальными данными, необходимо подобрать образцы, строго соответствующие этим моделям. А такие данные в литературе мы не встречали.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо... Ещё вопросы? Пожалуйста, Агаларов Агалар Магомедзакиевич.

к.ф.-м.н. Агаларов Агалар Магомедзакиевич:

В первом положении, которое выносится на защиту критические индексы определены при $k > 0.5$ и тут же продолжается, что α , β , γ и т.д. вы определили при $k < 0.67$, а интервал между ними?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

В интервале $0.5 < k < 0.67$ в системе наблюдается фазовый переход первого рода и индексы не считаются. А при $k > 0.67$ в системе наблюдается неуниверсальное критическое поведение.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Ответ понятен. Следующий вопрос... Пожалуйста, Абдулагатов Ильмудин Магомедович.

Член совета Абдулагатов Ильмудин Магомедович:

17 слайд покажите пожалуйста. Для восприимчивости и теплоемкости C_0 и χ_0 – это универсальная функция конечно-размерного скейлинга. Самый главный вопрос, это определение явного вида этой функции. Если эти функции известны, тогда можно рассчитать любых размеров L . Вопрос заключается в том, как вы определяете вид этой функции?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Нет, мы не определяем явный вид этих функций. Индексы мы считаем по другой методике.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Еще вопросы? Пожалуйста, Магомедов Гасан Мусаевич?

Член совета Магомедов Гасан Мусаевич:

Как я понял, вы рассматриваете антиферромагнитную и суперантиферромагнитную фазу. Чем они отличаются?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

В антиферромагнитной фазе наблюдается классическое упорядочение, тогда как в суперантиферромагнитной фазе наблюдаются страйповые структуры.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Есть еще вопросы? Пожалуйста, Мусаев Гапиз Мусаевич.

Член совета Мусаев Гапиз Мусаевич:

Все расчеты, скорее всего, сделаны при термодинамически равновесном состоянии системы. У вас была кривая зависимости энтропии от температуры тела... Как вы знаете при термодинамически равновесном состоянии энтропия системы растет. Учитывали ли вы это?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Да конечно, все расчеты проведены при термодинамически равновесном состоянии системы.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Есть еще вопросы? Пожалуйста, Батдалов Ахмед Батдалович.

Член совета Батдалов Ахмед Батдалович:

Скажите пожалуйста вы по каким признакам судили о природе фазового перехода первого и второго рода?

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

При определении рода фазовых переходов рассматривались кумулянты, выполнялся гистограммный анализ данных, рассматривалась временная динамика изменения внутренней энергии, т.е. не по какому-нибудь одному признаку, а по совокупности всех данных.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Есть еще вопросы? Если нет больше вопросов, слово предоставляется научному руководителю диссертанта Муртазаеву Акаю Курбановичу.

Научный руководитель Муртазаев Акай Курбанович:

Уважаемые коллеги, про актуальность и важность задачи и результатов наверно мне не стоит говорить. Я буду характеризовать саму диссертантку. Она выпускница нашей базовой кафедры. Закончила в 2012 году физический факультет с отличием. С третьего курса она приходила в лабораторию Института физики, занималась теми вещами, которыми занимается наша лаборатория. Она с четвертого курса работала инженером на базовой кафедре в университете. Характеризуя ее могу сказать, что она человек ответственный, дисциплинированный и на нее можно положиться. После окончания физического факультета поступила в аспирантуру Института физики. Проучилась в аспирантуре и одновременно занималась этой тематикой. На сегодняшний день можно уверенно сказать, что она освоили численные методы. В этой теме достаточно хорошо ориентируется и можно утверждать, что на сегодняшний день она сложившийся, сформировавшийся специалист и может самостоятельно проводить исследования в данной научной области. Спасибо.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово предоставляется ученому секретарю диссертационного совета для оглашения заключения Института физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН, где была выполнена работа.

Ученый секретарь диссертационного совета Алиев А. Р.:

В наш диссертационный совет поступило заключение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра Российской академии наук. Это заключение было принято на институтском семинаре Института физики. Семинар состоялся 5 апреля 2018 года, на этом семинаре была обсуждена эта работа и было дано это заключение. В заключении подробно характеризуется актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, практическая ценность работы. Вкратце в качестве характеристики работы приводится следующее:

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ и 34 научных работах, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и реферируемых изданиях. Здесь перечисляются публикации, в том числе приводятся 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Статьи опубликованы в следующих журналах: ЖЭТФ, ФТТ, Инженерная физика, Известия РАН: серия физическая, Вестник ДГУ, Вестник ДНЦ РАН. Перечисляются многочисленные конференции на которых докладывались результаты работы.

Личный вклад автора: Все основные результаты получены автором лично или при его активном участии. Обработка результатов и постановка численных экспериментов проведено лично автором диссертации. Обсуждение результатов и подготовка публикаций выполнено совместно с соавторами. Формулировка защищаемых положений и выводов диссертации выполнены лично автором.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положением, **диссертация соответствует паспорту специальности** научных работников 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» в части области исследований: «Разработка математических моделей построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Курбановой Д.Р. является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Курбановой Д.Р.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора Курбановой Джумы Рамазановны, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Председатель семинара, заведующий лабораторией «Теплофизика и термоэлектричество», доктор физико-математических наук Каллаев С.Н., секретарь заседания, кандидат физико-математических наук Ибаев Ж.Г. Утверждено врио директора Института физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН, кандидат физико-математических наук Хизриев К.Ш. 5 апреля 2018 года.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово предоставляется ученому секретарю диссертационного совета для оглашения отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь диссертационного совета Алиев А.Р.:

Ведущей организацией по данной диссертационной работе является Казанский (Приволжский) федеральный университет. Поступил следующий отзыв: работа была обсуждена на заседании кафедры вычислительной физики и моделирования физических процессов Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета (протокол №3 от 04.09.2018г.) здесь подробно характеризуется актуальность темы исследования, введение и главы диссертации, заключение. Также характеризуется научная новизна очень подробно, зачитывание займет много времени.

Обоснованность и достоверность научных положений и полученных результатов

Достоверность полученных в диссертации результатов основана на фундаментальном характере методов, использованных при расчетах, надежность которых не вызывает сомнения. Полученные результаты согласуются с немногочисленными имеющимися в литературе данными лабораторных экспериментов и с машинными расчетами других авторов, а их интерпретация проводится с привлечением современных теоретических представлений. Результаты, приведенные в диссертации, проверены с помощью независимых методов:

репличным обменным алгоритмом и алгоритмом Ванга-Ландау метода Монте-Карло. Полученные данные хорошо согласуются между собой. Основные результаты работы опубликованы в реферируемых и высокорейтинговых научных изданиях и обсуждались на многочисленных Всероссийских и Международных научных конференциях.

Обсуждается теоретическая и практическая ценность работы. Приводятся замечания по диссертации:

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. На странице 8 идет перечисление: *«Увеличению точности методов ВФ способствуют [48-54]:*

1. рост вычислительных мощностей современных ЭВМ;

2. разработка мощных высокоэффективных алгоритмов;

3. ». Указанные пункты не совсем корректны, так как увеличение мощности ЭВМ и разработка мощных алгоритмов позволяют ускорить расчеты, но не имеют непосредственного влияния на точность методов. Не понятно, что подразумевает автор под терминами «суперструктуры» и «экзотические особенности упорядочения» (стр.9)? На странице 11 (первый абзац) приводится следующее предложение: *«... Тем не менее, в настоящее время методам ВФ уделяется значительное внимание, о чем свидетельствует разработка специализированных ЭВМ и процессоров, строго ориентированных на эти методы и решение конкретных задач статистической механики и молекулярной физики [72]».* Предложение не совсем корректное, так как в основе работы ЭВМ и процессоров (микропроцессоров) лежат полупроводниковые приборы – транзисторы, направленные на выполнение любых арифметических и логических операций.

2. В выражении (2.1) величины S_i и S_j – являются спинами, а не магнитными моментами как указывается в тексте диссертации на стр. 42. На стр. 70 утверждение «Как очевидно, увеличение линейных размеров решетки вызывает расщепление теплоемкости» является некорректным и нефизичным.

3. В работе отсутствует сравнение полученных результатов моделирования с экспериментальными данными для конкретных (не модельных) систем.

Отмеченные замечания более связаны с грамматикой и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Но и в заключении говорится, что диссертационная работа Курбановой Джумы Рамазановны на тему: «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Исследования проведены на достаточно высоком научном уровне. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность проведенных научных исследований, строгую обоснованность результатов диссертации и их научную значимость, можно заключить, что диссертационная работа Курбановой Джумы Рамазановны удовлетворяет всем требованиям «Положения о

присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а сам диссертант заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры вычислительной физики и моделирования физических процессов Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета (протокол №5 от 04.09.2018 г.).

Подписано заведующим кафедрой вычислительной физики и моделирования физических процессов Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, доктор физико-математических наук Мокшин А.В., ученый секретарь Ученого совета Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет, профессор, доктор физико-математических наук Прошин Ю.Н. Отзыв утвержден проректором по научной деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», д.г.-м.н., профессор Нургалиев Данис Карлович 10 сентября 2018 года.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово предоставляется ученому секретарю для оглашения других поступивших отзывов.

Ученый секретарь диссертационного совета Алиев А.Р.:

На автореферат поступили следующие отзывы:

Отзыв Шаврова Владимира Григорьевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН и Коледова Виктора Викторовича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН. Отзыв положительный, замечаний нет.

Отзыв Аплеснина Сергея Степановича, доктора физико-математических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН. Отзыв положительный, замечаний нет.

Отзыв Кассан-Оглы Феликса Александровича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории квантовой теории конденсированного состояния ФГБУН Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН. Отзыв положительный, замечаний нет.

Отзыв Прудникова Павла Владимировича, доктора физико-математических наук профессора кафедры теоретической физики ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского». Отзыв положительный, имеются замечания:

1. В таблицах с рассчитанными значениями критических индексов погрешности приводятся только для одного значения k и в тексте не указано, что для остальных значений индексов величина погрешности одинакова. Указание погрешности позволяет обосновывать выводы относительно универсальности значений критических индексов для различных k .
2. В тексте автореферата при описании моделирования систем на ОЦК решетке не указано в каких единицах измеряется линейный размер решетки: в размерах элементарной ячейки или в межатомных расстояниях.

Вместе с тем, отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности физика конденсированного состояния.

Отзыв Михеенкова Андрея Витальевича, доктора физико-математических наук, руководителя Отдела теоретической физики ФГБУН Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН. Отзыв положительный, имеются замечания:

1. Общее замечание. Чрезвычайно сжатое, жесткое изложение иногда затрудняет чтение. С другой стороны, автора можно понять: результатов много, и их «прозрачное» изложение заняло бы слишком много места.
2. Хотелось бы видеть более детальное пояснение термина «суперантиферромагнитная фаза» (стр. 9 автореферата).
3. Алгоритмы вычисления основных характеристик указаны, но это не сделано в отношении энтропии.
4. Для ясности понимания было бы разумно в «Основных положениях» прямо указать, что исследуется классическая модель Гейзенберга, а не ограничиваться словами на стр.16 « \mathbf{S} – единичный трехкомпонентный вектор».
5. И последнее. Было бы полезным сравнить результаты для модели Изинга на квадратной решетке с тем, что известно для модели Гейзенберга (классической и квантовой) на той же решетке. На поверхностный взгляд здесь видны существенные аналогии.

Все высказанные замечания носят технический характер и по существу не влияют на высокую оценку работы, ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности физика конденсированного состояния.

Отзыв Гудина Сергея Анатольевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории теоретической физики ФГБУН Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН. Отзыв положительный, имеются замечания: в тексте присутствуют ряд несогласованных по падежам предложений, присутствует профессиональный сленг, например, под температурой понимается температура, перенормированная на константу Больцмана и параметр обменного взаимодействия. Считаю, что диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и может быть рекомендована к защите по специальности физика конденсированного состояния.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово предоставляется для ответов на замечания соискателю.

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

По замечаниям ведущей организации:

Термины суперструктуры и экзотическое упорядочения довольно широко используются и часто под этим подразумевают различные особенности неклассического упорядочения антиферромагнетиков. Касаемо специализированных ЭВМ они существуют, их разрабатывают и скорее всего здесь просто возникло недопонимание.

Со вторым замечанием согласна, поскольку везде должна быть одна и та же терминология. И в предложении подразумевалось, что увеличение линейных размеров системы позволяет наблюдать расщепление теплоемкости.

И третий вопрос, для сравнения с экспериментальными данным необходимо подобрать образцы, которые строго соответствуют этим моделям. А такие данные в литературе не встречались.

Замечания по отзывам на автореферат:

По первому замечанию Прудникова П.В... погрешность для всех критических индексов одинакова. В таблице критических индексов приведена погрешность только для одного значения k ... С замечанием согласна. По второму замечанию... в каких единицах измеряется линейный размер решетки?... Как правило дается постоянная решетки...

Замечание Михеенкова А.В... чересчур сжатое изложение... Согласна. По мелким замечаниям:

Природу суперантиферромагнитной фазы я уже объясняла. Несколько раз. Какие реализуются там структуры уже приводила.

Алгоритм вычисления энтропии не указан... С замечанием согласно, потому что в автореферате это не приведено.

И последнее замечание: было бы полезным сравнить результаты для моделей Изинга и Гейзенберга на квадратной решетке. В автореферате эти результаты не были приведены, но в диссертационной работе сравнение было.

Замечание Гудина С.А... присутствует профессиональный сленг... С замечанием согласна.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Ответы на замечания все понятны. Поскольку у нас нет официального оппонента, доктора физико-математических наук Рыжова Валентина Николаевича, заместителя директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук, г. Троицк. Он прислал больничный лист и письмо с обращением. Поэтому слово предоставляется ученому секретарю Алиеву А.Р.

Ученый секретарь диссертационного совета Алиев А.Р.:

Вчера 2 октября, перед самым отъездом у Валентина Николаевича поднялось давление и поэтому он не смог приехать, но он прислал по электронной почте письмо и больничный лист. Он попросил зачитать это письмо, поэтому с вашего разрешения я это сделаю:

Глубокоуважаемые коллеги! С глубочайшим сожалением я информирую Вас, что не смогу приехать на защиту Джумы Рамазановны Курбановой. Гипертонический криз, который я пытался перенести на ногах с прошлой недели, преодолеть не удалось. Я не решился лететь с высоким давлением, пришлось пойти к врачу. Я посылаю Вам больничный лист – может быть, это будет полезно. Мне тем более жаль, что я не смогу присутствовать на защите, что диссертация мне действительно понравилась. Я давно знаком с работами, которые были выполнены сотрудниками, принадлежащими к школе Акая Курбановича Муртазаева. Должен заметить, что эта школа является одной из ведущих не только в России, но и мире по изучению фазовых переходов в фрустрированных и

неупорядоченных системах. Подробный анализ научных результатов, полученных в диссертации, приведен мною в отзыве. Отмечу только высокий технический уровень выполнения диссертации. В работе использованы самые современные алгоритмы метода Монте Карло (репличный обменный алгоритм и алгоритм Ванга-Ландау), что позволило получить надежные результаты, касающиеся термодинамических свойств и рода фазового перехода в рассматриваемых решеточных моделях. Отдельно хотелось бы отметить великолепно написанный литературный обзор и описание применяемых методов исследования, что позволяет говорить о глубоком понимании автором существа рассматриваемых задач. Также хотелось бы заметить, что данная диссертация является едва ли не единственной из тех, которые мне приходилось оппонировать в последнее время, к которой у меня нет ни единого замечания по поводу языка, оформления и опечаток. Если можно, мне хотелось бы, чтобы это письмо было зачитано на защите. Я очень надеюсь, что защита пройдет успешно, и Джуме Рамазановне будет присуждена искомая степень. Еще раз приношу извинения из-за проблем, которые я создал своей болезнью. Искренне Ваш, Валентин Николаевич Рыжов.

Теперь я зачитаю отзыв, который обязан полностью зачитать, в случае, когда оппонент отсутствует. (Отзыв Рыжова В.Н. прилагается).

Завершая обсуждение диссертации, следует отметить большой объем проделанной вычислительной работы и тщательность ее выполнения. Однако при ознакомлении с диссертацией возникли некоторые вопросы и замечания, на которые хотелось бы получить пояснения:

1. Полученные автором результаты, касающиеся смены характера критического поведения и фазовой диаграммы модели Изинга при изменении величины параметра фрустрации, очень интересны. Вместе с тем в диссертации не обсуждается природа суперантиферромагнитной фазы двумерной модели Изинга на квадратной решетке. В случае трехмерной ОЦК решетки аналогичная фаза обсуждается. В связи с этим хотелось бы также на качественном уровне понять характер фазового перехода в двумерной модели в предельном случае k , стремящегося к бесконечности.
2. Хотелось бы более глубоко понять природу неуниверсального поведения системы при фазовом переходе второго рода (например, область $0.8 < k \leq 1.0$ для трехмерной модели Изинга). Можно ли сказать, каков характер разложения Ландау в этом случае?
3. Было бы желательно выполнить расчет критических индексов для модели Гейзенберга в области значений $0.75 < k \leq 1.0$. Почему-то автором это не сделано
4. Большой интерес представляет более точное определение значения параметра k , при котором происходит смена фазового перехода 1-го рода на фазовый переход 2-го рода.
5. В автореферате приведен Рис. 2.5 из диссертации (Рис. 2 в автореферате), соответствующий большим значениям параметра k . Однако без Рисунка 2.3 это приводит к некорректному пониманию полной физической картины поведения системы, что усугубляется утверждением из автореферата «...увеличение значения k ведет к росту температуры ФП...»).

В целом диссертация Д.Р. Курбановой является законченным, оригинальным исследованием, выполненным на достаточно высоком современном научном уровне.

Полученные результаты обладают научной новизной и стимулируют дальнейшее развитие исследований в теории магнетизма, физики фазовых переходов и критических явлений. Достоверность результатов основана на фундаментальном характере использованных при расчетах методов, надежность которых не вызывает сомнения. Выводы и заключения автора достаточно обоснованы.

Основные результаты диссертации опубликованы в открытой печати и обсуждались на многочисленных всероссийских и международных научных конференциях. Автореферат и публикации соответствуют содержанию диссертации. Сделанные замечания и имеющиеся технические неточности в оформлении не снижают общего хорошего впечатления о диссертации и не влияют на общую оценку диссертации как вполне законченной и актуальной.

Диссертационная работа Д.Р. Курбановой удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Заместитель директора Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН, доктор физико-математических В.Н. Рыжов 3 сентября 2018 года.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо, Амиль Ризванович. Уважаемые члены диссертационного совета мы должны соблюдать все процедуры – необходимо полностью зачитывать отзыв официального оппонента, если он отсутствует, что мы и сделали. Слово предоставляется соискателю для ответа на данное заключение оппонента.

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Природа суперантиферромагнитной фазы в диссертации не обсуждается. Да, возможно нужно было уделить этому внимание, но в презентации я привела какие структуры реализуются в данной фазе. А при $k \rightarrow \infty$ никаких особенностей в системе не ожидается, поэтому не рассматривали.

Понять природу неуниверсального критического поведения было бы очень хорошо. Здесь единого мнения по этому вопросу не существует, но по мнению специалистов, при некоторых параметрах в гамильтониане достижение истинного критического поведения происходит очень медленно. Возможно, такое поведение здесь мы и наблюдаем. Сказать каков характер разложения Ландау не могу, потому что мы это не рассматривали.

Расчет критических индексов для модели Гейзенберга в интервале значений $0.75 < k < 1.0$... Поскольку в этой области наблюдается неуниверсальное критическое поведение, предстоит большая работа по расчету параметров в этой области, что будет сделано в ближайшее время.

Определить более точное значение параметра k , при котором происходит смена фазового перехода первого рода на фазовый переход второго рода наверно необходимо, но это не являлось целью данной работы. Конечно же в дальнейшем эта работа будет проведена.

С последним замечанием по автореферату, согласна.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Слово предоставляется официальному оппоненту доктору технических наук, профессору Эмирову Субханверди Нурмагомедовичу, главному научному сотруднику ФГБУН Института проблем геотермии Дагестанского научного центра РАН.

Официальный оппонент Эмиров Субханверди Нурмагомедович:

Уважаемые коллеги! Начать свой отзыв я хотел бы с того, что экспериментальные и теоретические исследования не только магнитных, но и целого ряда других свойств температурных, оптических, ультразвуковых являются очень необходимыми, для того чтобы использовать основные положения теории физики твердого тела для практического применения. Огромный спектр физических свойств твердых тел связан с достаточно сложной системой межатомных взаимодействий кристаллической решетки, такие как потенциал межатомного взаимодействия, анизотропия, энергия колебания решетки, трехфононные процессы, диполь-дипольные моменты. Поэтому эти свойства, которые мы сегодня обсуждаем, в диссертационной работе Джумы Рамазановны, они очень актуальны и найдут непосредственно огромное применение в науке и технике. Но прежде всего, если коротко остановиться на основных задачах и основных положениях диссертационной работы... У меня первое впечатление... и вот сегодня слушая доклад... я бы хотел сказать, что диссертация очень крупная, наверно с этой диссертацией можно было сделать две кандидатские диссертации или одну докторскую диссертацию. Но тем не менее я не буду полностью зачитывать свой отзыв и давать характеристику каждой главы, но отметить обязательно нужно практическую ценность этих результатов. Очень много интересных результатов получено...

Каждая диссертационная работа основана на публикациях. Рассматривая публикации, представленные в данной диссертации, хочу отметить 34 работы: из них 9 работ в достаточно серьезных рецензируемых журналах ВАК, такие как ЖЭТФ, Известия РАН: серия физическая, ФТТ, Инженерная физика, Вестник ДГУ, Вестник ДНЦ РАН. 25 работ представлено на конференции. Конференции, как мы знаем, делятся на два класса: конференции, которые публикуют только труды и конференции, которые публикуют только тезисы. Так вот 13 конференций, где публикуются труды – это знаменитые ОМА - 14, 16, 17 «Упорядочение в минералах и сплавах» и др. и 12 конференций, где опубликованы тезисы этих докладов.

Особо следует обратить внимание на достоверность полученных данных. Достоверность вытекает из того, что при решении задач были использованы как классические апробированные, так и современные алгоритмы, надежность которых не вызывает сомнения: полученные результаты согласуются с известными литературными данными, а их интерпретация проводится с привлечением современных теоретических представлений.

Когда каждый оппонент берется за диссертацию, наверно думает, что нужно давать много замечаний и действительно было много замечаний, но у меня мало замечаний:

1. Было бы желательно на фазовой диаграмме более точно определить локализацию точки, при котором происходит смена фазовых переходов первого рода на фазовые переходы второго рода, потому что состояние твердого тела при фазовом переходе первого и второго рода очень сильно отличается. Положим, теплофизические свойства при фазовом переходе первого рода испытывают достаточно сильный скачок,

термодинамические параметры увеличиваются, теплопроводность, упругие свойства увеличиваются.

2. Следовало бы привести и обсудить примеры практического применения фрустрированных спиновых систем в спинтронике и микроэлектронике. Конечно очень много можно было показать, достаточно большой материал представлен, который представляет огромный интерес в электронике и промышленности.
3. Диссертация, которая написана около 150 листов не может быть без каких-либо орфографических замечаний.

Но эти замечания не затрагивают основные положения и выводы диссертации. Основные результаты диссертации, как я уже отмечал, опубликованы в 34 печатных работах и обсуждались на многочисленных всероссийских и международных конференциях и семинарах.

В своем отзыве я отметил, что диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне и представляет собой законченное научное исследование. Она содержит новые результаты, имеющие существенное научное значение в науке и стимулирующие дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования. Выводы и заключения автора достаточно обоснованы. И самое главное, автореферат соответствует содержанию диссертации.

В заключении хочу отметить, что диссертационная работа Курбановой Джумы Рамазановны удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

И в конце хотелось бы сказать, если члены диссертационного совета положительно оценят, при тайном голосовании эту диссертацию, то им в дальнейшем за эту работу краснеть не придется. Спасибо за внимание.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Слово предоставляется соискателю, для ответа на замечания официального оппонента, Курбановой Джуме Рамазановне.

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

Первое замечание было связано с определением точного значения локализации точки, при котором происходит смена фазового перехода первого рода на фазовый переход второго рода. Как я уже говорила, это не являлось целью данной работы, но в дальнейшем конечно же эта работа будет проведена.

По поводу примеров практического применения фрустрированных систем в спинтронике. Да, в работе они не приведены и возможно необходимо было уделить этому внимание. Так как фрустрированные системы очень чувствительны к внешним воздействиям, то возможно управлять транспортными характеристиками таких систем, что может быть использовано для сенсоров.

Замечание по поводу орфографических и пунктуационных ошибок. Да, возможно они имеются.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Мы обсудили все отзывы, оппоненты выступили, теперь перейдем к обсуждению. Уважаемый члены диссертационного совета, у вас есть возможность выступить, высказаться... Да, пожалуйста, Аливердиев Абутраб Александрович.

Член совета Аливердиев Абутраб Александрович:

Было представлено много положительных отзывов от специалистов данного направления, и я хочу на что обратить внимание. Очень важной частью защиты является непосредственно защита. Я могу сказать, что держалась она очень хорошо, отвечала на вопросы, продемонстрировала, что действительно владеет материалом и, что действительно, все сделано соискательницей. По этой причине я полностью поддерживаю и прошу всех голосовать за, потому что действительно мы видим сложившегося ученого.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо большое. Желают еще выступить? Да, пожалуйста, Абдулагатов Ильмутдин Магомедович.

Член совета Абдулагатов Ильмутдин Магомедович:

Я сразу скажу, что работа мне очень понравилась и мне было ясно и понятно все практически. Очень редко бывает, что диссертант докладывает и у меня много вопросов... но в данном случае для меня все было ясно. За исключением небольших деталей, которых я с ней буду обсуждать. Почему я сегодня решил выступить, потому что эта тема имеет прямое отношение к моим научным интересам. Мы сейчас, лаборатория ТЖКЯ, завершаем проект РФФИ, именно посвященной конечно-размерным эффектам. В отличии от данной работы, это фазовые переходы и критические явления жидких систем, но универсализм критических явлений говорит, что все, что она сегодня сказала, имеет прямое отношение к тем работам, которые у нас делается. Мы очень много сделали в этой области, хорошие публикации, доклады на международных конференциях, и сам Фишер, который разработал теорию конечно-размерного скейлинга, читал наши работы, дал рекомендации к публикации этих работ, поэтому мне хочется поддержать это направление, которое здесь развивается. Монте-Карло, один самых, мне кажется мощных инструментов для изучения различных физических явлений, где недоступен реальный эксперимент: экстремально высокие давления, экстремально высокие температуры, которые реально не можем представить. Этот метод дает довольно правильные и достоверные результаты. Поэтому умение использовать этот инструмент, для решения каких-то физических задач, особенно фазовых переходов, где большие погрешности измерений, и делать измерения в этой области, где система очень не устойчива, флуктуации... тяжело... поэтому владеть этой техникой вообще говоря очень полезно в различных областях. В сегодняшней работе мне было не понятно одно. Вы демонстрировали зависимость теплоемкости от размеров системы. Когда система уменьшается, ограниченный объем пространства... свойства системы резко меняются, тем более в критической области, когда флуктуации сильно развиваются и они бесконечные, а систему ставим в ограниченную область. Ячейка с конечным размером... тут уже расходимости к сингулярности термодинамических характеристик исчезают, потому что система уже ограничена. Но почему-то в этой работе, критическая температура не зависит от L . Мне кажется либо я что-то не понимаю здесь. Когда мы строим зависимость теплоемкости

от критических температур для системы с $L \rightarrow \infty$ оно имеет такой вид. А вот если рассматривать ограниченную систему, в данном случае как она делает, то теплоемкость должна идти по-другому. Вдали от критической точки они совпадают, а максимумы срезаются. Когда L меняем, меняется кривая. И в конце концов, когда $L = \infty$ она совпадает с объемными свойствами. Но в данной работе, почему-то кривые смещаются и критическая температура остается $T_c(L) \sim T_c(\infty) \cdot [1 - \chi_0 L^{-\beta/\nu}]$ т.е. при $L \rightarrow \infty$ получаем объемные свойства системы. Здесь получается обратное, с уменьшением линейных размеров системы, критическая температура увеличивается и смещается в сторону больших температур. Мне это непонятно, либо я что-то не понимаю. В заключении хотелось сказать, что она, безусловно, заслуживает присуждения звания кандидата физико-математических наук. Работа сделана на высоком уровне. Она владеет материалом свободно, чувствовала себя уверенно. Я считаю, что нужно поддержать работу, и проголосовать за.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо, Ильмудин Магомедович. Желаящие еще выступить? Пожалуйста, Агалар Магомедзакиевич.

К.ф.-м.н. Агаларов Агалар Магомедзакиевич:

Я не имею никакого отношения к совету, но с диссертантом мы в одних географических координатах. Мы соседи. Хотелось сказать несколько слов, тем более все экспериментаторы выступили и высказались, поэтому вопрос за мной. Диссертант использовал многократно, совершенно справедливо параллели между той областью, которая описана в диссертации и теоретической физикой. Может создаться такое впечатление у читателя, что это теоретическая работа. Чтобы не распространяться на эту тему, если мы вмняемые физики, то это не по теоретической физике работа. Точка! Эта действительно высокого уровня... в связи с развитием нашего института, хорошая вычислительной физики работа, где получено много результатов, которые пересекаются с предыдущими авторами, полученными из этой же группы лаборатории. Но если, как москвичи считают... школой, я согласен с этим. У нас не так много школ. Таким образом, у меня как у дилетанта в этой области, остается вопрос к диссертации, к содержанию, к физике, которой занималась диссертант. Один вопрос: $k=0.5$ как выделено в диссертации является важной точкой, особенная. Аргументировано это тем, что в некоторых теоретических работах сказано, что это точка фрустрации. А в диссертации показано, что частичная фрустрация. Если я в чем-то не прав или перепутал, исправьте пожалуйста. Но это единственное положение, которое претендует на теоретическую физику, т.е. в огороде теоретической физики. Я считаю, в этой работе наиболее приятное для любого теоретика и наиболее важной и нерешенной... но попытка диссертанта дать, по крайней мере ответить на этот вопрос, я считаю, учитывая реалии, подвигом. Поэтому я за положительную оценку, всего того что было сказано. Добавлю лично это единственная работа не только у этого москвича, моего товарища, но и меня в том числе в стенах нашего института, где четко названы вещи своими именами в этой области, правда сухо кратко, за что молодец. Что редко у нас делается и по существу. Таким образом на замечание первого оппонента, скажу за нашего аспиранта. Эта сжатость действительно объясняется тем, что это настолько широко

развитая область, что эта краткость дает для специалистов, которые читают эту работу, ясность всего того чем она занималась. Спасибо за внимание.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо, Агалар Магомедзакиевич. Желаящие еще выступить? Пожалуйста.

Научный сотрудник Абуев Яраш Казавович:

Тема диссертации Джумы Рамазановны, относится к актуальной тематике физики фазовых переходов в наше время... в современности. Потому что фазовые переходы в системах, где происходит конкуренция и сопровождается фрустрацией не на все вопросы еще даны ответы. Но те модели, которые подобрала Джума Рамазановна, как раз является теми моделями, исследование которых позволило бы ответить на эти вопросы. Первая глава, где рассматривается двумерная модель Изинга с взаимодействиями ближайших и следующих соседей. Все, кто занимается фазовыми переходами, ожидали, что будет полностью фрустрированная система. Эта особая точка должна была занулиться и дальнего порядка не должно быть. С этой точкой она долго боролась, потому что хотели избавиться от него и сказать, что это полностью фрустрированная система. Но в этой работе, в рамках того направления, была поставлена последняя точка на этот вопрос, что зануления нет. В данной системе мы наблюдаем как раз тот удивительный случай, что фрустрация является неполной. Поэтому приводят к такой интересной фазовой диаграмме. Вторая и третья глава, где рассматриваются модели Изинга и Гейзенберга в трехмерной системе с теми же взаимодействиями первых и вторых ближайших соседей. Там было показано, что топология решетки вносит существенный вклад. Та же самая точка фрустрации, фактически не является уже точкой фрустрации, т.е. вырождение в трехмерной в системе в другой размерности решетки уже изменилось. Оказалось, что фрустрации вообще не возникает. Да, там есть полная конкуренция, есть особая точка, но там благодаря тому, что в лаборатории разработано методы на основе современных алгоритмов, которые позволяют тонко исследовать природу основного состояния, было показано, почему в трехмерных системах нет фрустрации. Это я считаю важнейшим результатом.

Был интересный вопрос Абдулагатова И.М., исследование критического поведения, вычисление критических индексов для конечных размеров. Сам по себе это отдельный фундаментальный вопрос, но я считаю, для таких сложных систем, где есть конкуренция и неустойчивость системы получить надежные результаты для конечных размеров, без термодинамического предела потребует несколько дополнительных лет исследований. Это не являлось темой диссертации. У Абдулагатова было некое недопонимание доклада. Смещение зависимостей теплоемкости при разных k . Это разные решетки, когда первые и вторые соседи разные. k – это есть отношение константа взаимодействия вторых соседей к первым соседям. Это не относится к размерам системы, а относится к термодинамике. Это термодинамические максимумы, а не конечно-размерные явления. В данной диссертации никаких конечно-размерных явлений не исследовано, насколько я знаю. Я считаю, что эта система очень сложная, должны быть прецизионные вычисления. Диссертация изложена очень подробно, наглядно, что любому специалисту это понятно. Монте-Карло позволяет наглядно охватить

разные стороны вопроса, что в данной диссертации было продемонстрировано. Диссертантка достойна степени кандидата физико-математических наук. Хотел бы чтобы все поддержали.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Есть еще желающие выступить? На этом мы дискуссию заканчиваем. Заключительное слово предоставляем Курбановой Джуме Рамазановне.

Соискатель Курбанова Джума Рамазановна:

В первую очередь я хочу поблагодарить своего научного руководителя, Акая Курбановича и сотрудников лаборатории «Вычислительной физики и физики фазовых переходов» за предоставление интересной темы и полезные обсуждения работы. Конечно же хочу поблагодарить уважаемых членов диссертационного совета, оппонентов и всех присутствующих в этом зале. Всем большое спасибо!

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Мы готовы перейти к голосованию. Для этого предполагается избрать счетную комиссию не менее трех членов нашего диссертационного совета: Магомедбеков У.Г., Каллаева С.Н. и давайте по гендерному признаку Мурлиеву Ж.Х. Есть другие предложения? Предлагается избрать счетную комиссию в составе: Магомедбеков У.Г., Каллаев С.Н., Мурлиева Ж.Х. Прошу проголосовать. Единогласно. Спасибо. Уважаемая счетная комиссия, пожалуйста приступайте к работе.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Уважаемые члены диссертационного совета, предоставляю слово председателю счетной комиссии.

Член счетной комиссии Мурлиева Ж.Х.:

Протокол № 1 заседания счётной комиссии, избранной диссертационным советом Д 999.134.02 от 3 октября 2018 г. Состав избранной комиссии: Мурлиева Ж.Х., Каллаев С.Н. и Магомедбеков У.Г. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Курбановой Джумы Рамазановны «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Председатель счетной комиссии Мурлиева Ж.Х.

Председатель Рабаданов М.Х.:

По протоколу №1 председателем избрали Мурлиеву Ж.Х. Члены счетной комиссии проголосовали. Кто за то, чтобы утвердить протокол № 1 счетной комиссии. Единогласно. Спасибо. Пожалуйста...

Председатель счетной комиссии, доктор физико-математических наук Мурлиева Жарият Хаджиевна:

Протокол № 2. Состав избранной комиссии: Мурлиева Ж.Х., Каллаев С.Н. и Магомедбеков У.Г.

Комиссия избрана для подсчёта голосов при тайном голосовании по диссертации Курбановой Джумы Рамазановны «Фазовые переходы и критические свойства спиновых решеточных моделей с конкурирующими взаимодействиями» на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 22 человек. В состав диссертационного совета дополнительно никто не введен. Присутствовало на заседании 22 члена совета, в том числе докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 11. Роздано бюллетеней 22. Осталось не розданных бюллетеней 0. Оказалось в урне бюллетеней 22. Результаты голосования по вопросу о присуждении учёной степени кандидата физико-математических наук Курбановой Джуме Рамазановне:

за - 22, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель счетной комиссии Мурлиева Ж.Х.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Спасибо. Уважаемые члены диссертационного совета, кто за то чтобы утвердить протокол № 2 счетной комиссии, прошу проголосовать. Единогласно. Спасибо большое. Поздравляю Курбанову Д.Р. с успешной защитой.

Председатель Рабаданов М.Х.:

Теперь у нас остался один пункт, нам необходимо обсудить заключение диссертационного совета по данной диссертационной работе. Уважаемые члены диссертационного совета... замечания, дополнения, изменения... Все уже рассмотрели?

Член совета Абдулагатов И.М.:

На стр.7 необходимо указать специальность, так как у нас две специальности.

Член счетной комиссии Мурлиева Ж.Х.:

На стр. 3 исправить грамматическую ошибку: поменяйте «ему» на «ей».

Председатель Рабаданов М.Х.:

Есть еще замечания? Нет. Кто за то чтобы принять заключение диссертационного совета по данной диссертации за основу. Прошу проголосовать. Единогласно. Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Спасибо всем, кто присутствовал на защите. Поздравляем еще раз Курбанову Д.Р. с успешной защитой. Дальнейших успехов! Спасибо!

Председатель
диссертационного совета
д. ф.-м. н.



М.Х. Рабаданов

Ученый секретарь
диссертационного совета
д. ф.-м. н.

А.Р. Алиев