МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет
Кафедра теоретической и вычислительной физики

Методические указания по выполнению и защите курсовых и квалификационных работ на кафедре теоретической и вычислительной физики

Махачкала 2025

Методические указания к выполнению курсовых и квалификационных работ на кафедре ТиВФ

Утверждено методической комиссией физического факультета

Составители: Муртазаев А.К., Магомедов М.А., Магомедова Л.К.

В методических указаниях приведены рекомендации и правила оформления курсовых и квалификационных работ на физическом факультете на кафедре ТиВФ

РОЛЬ КУРСОВЫХ И КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

Для того чтобы стать полноценными специалистами, студенты в период обучения в вузе должны овладеть методами и приемами научных исследований. С этой целью в учебные планы введены учебная, научно-производственная и преддипломная практики, а также научно-исследовательская работа в семестре, являющиеся обязательными для всех студентов. Выполнение курсовых и квалификационных работ подготавливает выпускников к ведению самостоятельных научных исследований, укрепляет и расширяет знания по направлению или специальности, вырабатывает навыки проведения научных исследований.

На физическом факультете Дагестанского государственного университета студенты выполняют до четырех курсовых работ и двух квалификационных работ. Студенты третьего курса выполняют по одной курсовой работе в учебный год. На четвертом курсе студенты, обучающиеся по специальности, выполняют ещё одну курсовую работу, а студенты - магистранты, обучающиеся по направлению, - курсовую работу на 1 курсе, по специализации выпускающей кафедры. Студенты, обучающиеся на направлении, на шестом курсе готовят

квалификационную работу в виде магистерской диссертации по программе магистерской подготовки выпускающей кафедры.

Как курсовые, так и квалификационные работы являются исследовательскими, творческими. При их выполнении преследуются следующие цели:

- расширение, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний по направлению или специальности и применение их для постановки и решения конкретных научно-исследовательских задач и разработки рекомендаций, имеющих практическую ценность;

- развитие навыков самостоятельнбой работы, умения критически анализировать научную литературу и творчески подходить к выполнению работы;

- овладение современными методами выполнения исследования, обработки и анализа полученных результатов;

- освоение методики планирования научных исследований;

- знакомство с методикой метрологической проработки научных исследований и патентных исследований (для охраноспособных работ).

Как правило, темы курсовых и квалификационных работ являются составной частью научно-исследовательской работы кафедры, ИФ ДФИЦ РАН. Квалификационная работа может быть продолжением курсовой работы и квалификационной

работы первой ступени обучения (для обучающихся по направлению).

Научный руководитель оформляет задание к курсовой и квалификационной работе (Приложение 1), которое утверждается на заседании кафедры. Задание прилагается к законченной работе и вместе с работой представляется на кафедру и в ГАК.

По каждой курсовой и квалификационной работе составляется план ее выполнения (Приложение 2), обсуждается и утверждается на заседании кафедры.

Научный руководитель и тема курсовой и квалификационной работы, а также рецензент квалификационной работы устанавливаются кафедрой и утверждаются: курсовые работы - распоряжением декана, квалификационные работы – приказом ректора.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ НАУЧНОГО ТРУДА

В соответствии с содержанием материала и его целевым назначением, форма научных трудов может быть различной. Это могут быть научные доклады и отчеты, журнальные статьи, монографии, диссертации, авторефераты, курсовые и квалификационные работы и т.д. Здесь отметим лишь основные общие требования, предъявляемые к оформлению научных трудов – к рукописям этих работ. О конкретных особенностях

оформления курсовых и квалификационных работ будет сказано ниже.

Основные требования к рукописи научного труда состоят в следующем:

- безупречная грамотность текста;
- рукопись, как правило, печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм);
- правильное использование метаязыков и подъязыков наук. Каждая наука выработала свою систему словесного и знакового выражения понятий и терминов. Нельзя допускать жаргонных или не принятых в науке выражений или использовать без нужды иностранные слова при наличии их русских синонимов;
- после печати рукописи текст тщательно проверяется, исправляются возможные опечатки или перепечатываются листы;
- при подготовке рукописи используются, как правило, текстовые редакторы Word или TEX. В этом случае при наборе формул используются стандартные редакторы уравнений;
- основные формулы нумеруются по правому краю рукописи. Номера формул заключаются в круглые скобки. Допускаются как сквозная нумерация формул через всю рукопись, так и нумерация по главам;

- каждой работе должна соответствовать определенная рубрикация – отчетливое подразделение рукописи на отдельные логически соподчиненные части (главы, части, параграфы и т.д.), каждая из которых снабжается кратким и ясным заголовком, отражающим ее содержание;
- работы, как правило, должны иметь оглавление, введение, заключение и список литературы;
- все виды визуальной информации (чертежи, схемы, рисунки, графики и пр.) должны оформляться в соответствии с государственными стандартами;
- единицы физических величин используются в Международной система измерений СИ. В некоторых случаях допускается использование системы единиц СГС.

ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВЫХ РАБОТ

Различия между курсовыми и квалификационными работами вытекают из их учебных назначений. Целью курсовых работ является определение глубины и тщательности изучения

студентами разделов курсов специализации и умения применять их на практике.

Курсовые работы способствуют закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных при обучении в вузе и применению этих знаний к комплексному решению конкретных научных задач, оформлению сложных расчетов, оформлению научной документации и участию в творческих научных дискуссиях. Они подготавливают студентов к выполнению более сложной задачи – написанию квалификационных работ.

Темы курсовых работ разрабатываются и утверждаются кафедрами. При этом учитывается, что тематика работ должна отвечать задачам курсов специализации и наряду с этим увязываться с требованиями науки, промышленности, технологий и вузов, содержать элементы новизны. Во избежание шаблонности, повторения из года в год одних и тех же заданий, снижающих учебную, научную и производственную ценность курсовых работ, их тематика ежегодно обновляется. Перечень тем курсовых работ объявляется студентам на каждом курсе, им предоставляется право выбора темы и консультативная помощь преподавателей кафедры. При ознакомлении с тематикой следует выписывать заинтересовавшие темы, предварительно ознакомиться с литературой по ним, посоветоваться с ведущими преподавателями и сделать окончательный выбор.

Задания по темам индивидуализируются научными руководителями в соответствии с интересами и способностями студентов, разумеется, без снижения общих требований к выполнению курсовых работ. Для этого студент приглашается руководителем работы на индивидуальную беседу, в ходе которой выясняется степень подготовленности студента к выполнению данного задания. Совместно со студентом составляются задание и план выполнения работы по формам приведенным в Приложениях 1 и 2 с указанием сроков выполнения этапов работы и отчетности. Руководитель рекомендует основную литературу по теме, дает консультацию о порядке выполнения этапов работы. В результате беседы может быть уточнена или выбрана студентом другая тема курсовой работы. Затем задание и план подписываются руководителем, утверждается на заседании кафедры и один экземпляр вручается студенту для выполнения.

С самого начала выполнения работы ведется рабочая тетрадь-дневник, в которую выписываются из прочитанной литературы нужные данные по теме. Систематизируется картотека научной литературы по курсовой работе. На основе критического анализа литературы выявляется современное состояние рассматриваемых вопросов в науке, составляется обзор литературы и устанавливаются основные задачи исследований. Составляется уточненный развернутый календарный план работы и согласуется с руководителем. Затем

делается отчетный доклад о проделанной работе на групповом семинаре по научно-исследовательской работе студентов. Обсуждаются задачи исследований. Особое внимание уделяется теоретическому решению проблем, установленных из обзора литературы. Глубоко изучается теория вопроса, проводятся необходимые расчеты. Намечаются возможности экспериментальной проверки результатов исследований, делаются соответствующие выводы и рекомендации. Результаты обсуждаются на групповом научном семинаре. В результате дискуссии намечаются дополнительные исследования, исправление недочетов.

От курсовой работы не требуется обязательной постановки эксперимента, но если у студента хватит времени на экспериментальную проверку результатов исследований, то ценность работы значительно повышается и проведение эксперимента поощряется.

Курсовая работа может быть изложена с достаточной полнотой на 20-25 страницах машинописного текста. Следует иметь в виду, что сам по себе объем работы не всегда определяет ее качество. Качество определяют, главным образом, полнота изложения, научный уровень, глубина содержания, значимость выводов и рекомендаций. Вместе с тем, помимо содержания большое значение имеет правильное научное и единообразное оформление курсовых работ. Оно, прежде всего,

должно отвечать общим основным требованиям, предъявляемым к рукописям научных трудов.

Титульный лист курсовой работы должен соответствовать форме, приведенной в Приложении 3.

На первой странице, после титульного листа размещается оглавление, соответствующее характеру работы и выбранной рубрикации.

Например, первая страница экспериментальной работы может иметь такой вид:

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ стр.
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ
1. История вопроса
2. Теория явления и модели
3. Обзор экспериментальных работ
4. Выводы и задачи исследования
ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
1. Образцы и экспериментальные установки
2. Результаты экспериментов
3. Сравнение с дополнительными расчетами
4. Выводы
ГЛАВА 3 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ
1.Сравнение теоретических и экспериментальных данных
2. Анализ сравнений, причины расхождений

3. Дополнительные расчеты к предлагаемым моделям

4. Выводы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общие выводы по работе и предложения

Приложения

Список цитируемой литературы

Работе другого характера, например теоретического, должно соответствовать другое оглавление и содержание. Другой может быть и рубрикация. Для нумерации разделов и подразделов могут использоваться римские и арабские цифры и буквы русского алфавита.

При составлении обзора литературы не следует конспектировать научные работы, их надо критически переосмыслить и изложить относящийся материал к теме своими словами. Ссылки на литературу в тексте выполняются цифрами в квадратных скобках, например [1], [2-5], соответствующими номерам работ в списке цитируемой литературы, в котором указывается номер литературного источника, фамилия автора и инициалы, название работы, город, год издания. Нумерация цитируемой литературы проводится в порядке ее появления в тексте работы. Образец рекомендуемого оформления списка используемой литературы представлен в Приложении 4

За обзором литературы размещаются разделы (части, главы, параграфы) основного содержания работы. Все это сопровождается графиками, схемами, рисунками и другим иллюстративным материалом.

В заключении подводится краткий итог работы, даются выводы и практические рекомендации. На титульной странице ставится подпись автора, так как за правильность всех данных работы несет ответственность студент, выполнивший работу.

Руководитель проверяет работу, ставит подпись на титульном листе, пишет отзыв и передает работу на кафедру. При соответствии требованиям, предъявляемым к курсовым работам, она допускается к защите. Защита проводится на научных семинарах кафедры, заседании кафедры или кафедральной комиссии из 3-4 ведущих преподавателей в присутствии подгруппы или всей группы студентов, специализирующейся по данному профилю. Защита состоит из доклада студента в виде компьютерной презентации (8-10 минут) по содержанию курсовой работы, ответов на вопросы преподавателей и студентов, выступлений и заключительного слова автора работы. Защита оценивается дифференцированной оценкой, учитывающей качество работы и доклада, качество иллюстративного материала, правильность ответов на вопросы, значимость результатов исследований и отзыв руководителя. Оценка вносится в ведомость. Положительная оценка вносится в зачетную книжку за подписью научного руководителя или

заведующего кафедрой. Студенты, не защитившие в установленный срок или не представившие к защите работу по неуважительной причине, считаются имеющими академическую задолженность.

ВЫПОЛНЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

К квалификационной работе допускаются студенты, своевременно выполнившие учебный план.

Квалификационная работа выполняется:

- в кабинете или лаборатории кафедры, предприятия, НИИ, другого вуза;
- под руководством высококвалифицированных преподавателей или научных сотрудников кафедры;
- в сроки, предусмотренные учебным графиком.

На преддипломной практике и при выполнении квалификационной работы студент совместно с руководителем составляет календарный план всех работ и программу исследования (научное задание). Кафедра систематически контролирует ход выполнения плана и программы в соответствии со сроками отчетности, указанными в них.

Перед началом выполнения квалификационной работы студент проходит инструктаж по технике безопасности, пожарной безопасности и правилам внутреннего распорядка.

Необходимое оборудование и материалы студент получает под расписку, несет ответственность за их сохранность, по окончании работы сдает ответственному лицу, от которого он их получил.

В период преддипломной практики и экспериментов студент ведет журнал исследования установленного образца. В журнале ежедневно подробно освещаются все стороны проводимого исследования. По окончании дипломирования журнал, образцы, снимки и другие материалы сдаются руководителю. При необходимости журнал может быть затребован государственной аттестационной комиссией (ГАК). Ведение студентом журнала регулярно контролируется руководителем.

За приведенные в квалификационной работе данные, полученные результаты и сформулированные выводы ответственность перед кафедрой, деканом и ГАК несет студент. Общая ответственность за качество и сроки выполнения квалификационной работы возлагается на научного руководителя.

В период выполнения квалификационной работы студент активно участвует в производственной и общественной жизни коллектива по месту выполнения работы. Кроме этого каждый студент обязан выступить с докладом по теме квалификационной работы на научных семинарах кафедры.

Общий перечень тем квалификационных работ представляется кафедрой студентам в начале учебного года, в котором происходит защита квалификационной работы. Производится предварительное распределение тем между студентами с учетом «сквозных» тем и определяются научные руководители. При этом осуществляется право выбора темы самими студентами. Более того, студент может предложить свою собственную тему, которая близка ему по тем или иным причинам и по которой у него уже имеются какие-либо материалы и соображения, и просить разрешение на ее закрепление. Кафедра может разрешить работу по такой теме, если имеется необходимое обоснование целесообразности ее разработки, она соответствует предъявляемым требованиям и имеется специалист для научного руководства.

Темы окончательно закрепляются за студентами по их личным письменным заявлениям и по представлению кафедры оформляются приказом ректора университета перед направлением студентов на преддипломную практику. Тем же приказом назначаются научные руководители и рецензенты квалификационных работ из числа профессоров, доцентов и старших преподавателей кафедры или научных сотрудников и высококвалифицированных специалистов научно - исследовательского сектора или других вузов, учреждений и предприятий.

Научный руководитель выдает студенту задание к квалификационной работе с обоснованием темы, планом написания работы и календарным планом на весь период выполнения квалификационной работы и указанием основной литературы (Приложения 1 и 2). При этом предварительный план и график работы разрабатывается самим студентом. Это предварительный ориентировочный план, определяющий основные этапы работы (подготовительный, собственно исследовательский, оформительский и пр.). После знакомства с литературой, ясного и четкого определения целей и задач исследований, оценки актуальности, новизны, теоретической и практической значимости, трудоемкости этапов исследований составляется более подробный план выполнения квалификационной работы.

Руководство работой осуществляет руководитель, а контроль – заведующий кафедрой. Квалификационные работы выполняются студентами в лабораториях университета и лабораториях Института физики ДФИЦ РАН. По отдельным разделам работы могут назначаться консультанты.

Основным и решающим разделом работы является хорошо продуманная и четко спланированная организация и проведение самих научных исследований. Успех во многом

зависит от правильного определения целей и задач исследований, выбора методов и средств эксперимента. Осуществляя сборку установок или реконструкцию их узлов, нужно соблюдать технику безопасности, проявлять творческий подход к делу, настойчиво преодолевать технические и экспериментальные трудности. Накапливая данные исследований, нужно установить закономерности изучаемых явлений и процессов, сравнивать результаты с известными теоретическими положениями, установить справедливость допущенных предположений дополнительными опытами. Следует оценить результаты исследований и сделать соответствующие выводы и рекомендации для теоретического использования установленных закономерностей.

Оформление дипломной работы должно соответствовать требованиям ГОСТ.

Текст квалификационной или дипломной работы должен быть выполнен любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через 1,5-2 межстрочных интервала. Минимально допустимая высота шрифта 1,8 мм (12 шрифт Times New Roman), предпочтительно – 13-14 шрифт.

Формулы вносятся в текст с помощью стандартных редакторов уравнений.

Иллюстрации и таблицы вставляются в текст дипломной работы или размещаются на отдельных листах в порядке их

обсуждения в тексте или в приложении. Можно оформлять иллюстрации и таблицы на листах формата А5, но при этом иллюстрации, фотографии и таблицы, выполненные на листах меньшего, чем А4 формата или на прозрачном носителе, следует наклеивать по контуру на листы белой бумаги формата А4. Все рисунки и таблицы должны иметь названия. Использованные на них обозначения должны быть пояснены в подписях. Заимствованные из работ других авторов рисунки и таблицы должны содержать после названия ссылки на источники этой информации.

Схемы установок, приборов и другие выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ.

Сокращения и обозначения единиц измерения должны отвечать принятым в настоящее время рекомендациям ГОСТа.

Если в дипломной работе вводятся не общепринятые сокращения и обозначения, в приложениях дается список этих обозначений и сокращений с полной расшифровкой.

Нумерация страниц дипломной работы должна быть сквозной и включать титульный лист и приложения. Страницы нумеруются арабскими цифрами, на титульном листе номер страницы не указывается. Иллюстрации и таблицы включаются в общую нумерацию страниц.

Список литературы оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертациям и работам, направляемым в печать, с обязательным указанием названий

публикаций. Цитируемые публикации нумеруются в порядке их упоминания в тексте (Приложение 4).

Выводы должны не просто констатировать факты проведения работ по тем или иным направлениям, а отражать основные научные результаты и акцентировать их новизну.

В приложение могут быть вынесены те материалы, которые не являются необходимыми при написании собственно работы: калибровочные графики, промежуточные таблицы обработки данных, тексты разработанных компьютерных программ и т.д.

Квалификационная работа подписывается автором и научным руководителем на титульном листе.

По охраноспособным квалификационным работам студент заполняет журнал патентных исследований и сдает его на кафедру вместе с квалификационной работой.

Объем квалификационных работ, как и курсовых, строго не регламентирован. Как правило, содержание квалификационных работ можно изложить с достаточной полнотой на 35-75 (для бакалаврских работ 35-40, дипломных работ специалистов 40-50, магистерских диссертаций до 75) страницах машинописного текста.

Оформление рукописи должно, прежде всего, отвечать общим требованиям, предъявляемым к рукописям научных трудов, изложенным выше. Титульные листы квалификационной (на соискание степени бакалавра или

магистра физики) и дипломной работ должны соответствовать формам, приведенным в Приложении 5. Листы работы брошюруются и переплетаются или помещаются в твердую обложку или папку.

На первой странице после титульного листа приводится оглавление, соответствующее выбранной теме и рубрикации. Например:

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

АННОТАЦИЯ (РЕФЕРАТ)
ВВЕДЕНИЕ
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ
1. История вопроса
2. Состояние теории
3. Известные экспериментальные данные
4. Выводы и постановка задач исследований
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, УСТАНОВКИ И ОБРАЗЦЫ.
1. Методика измерений
2. Описание установок. Погрешности измерений.
3. Образцы для исследований (изготовление, параметры, обработка)
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
1. …

2. …

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Сравнение экспериментальных данных с теорией
2. Объяснение расхождений и закономерности
3. Выводы и предложения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (Общие выводы и рекомендации)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОЖЕНИЯ (таблицы, расчеты, программы, и т.д.)

Аннотация или реферат к квалификационной работе должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел работы, содержать методы исследований, расчетов и результатов расчетов, краткое описание результатов экспериментов, анализ, выводы и рекомендации, то есть должны соответствовать докладу на защите работы. Объем аннотации не должен превышать 1/2 страницы машинописного текста.

ЗАЩИТА КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

К защите квалификационной работы допускаются студенты, полностью выполнившие задание по ней, своевременно представившие на кафедру экземпляр работы в переплете и отзывы научного руководителя и рецензента.

В отзыве научного руководителя дипломной работы должны быть отражены следующие требования к профессиональной подготовке выпускника:

1. умение проводить поиск и анализ литературы, формулировать и ставить задачи при выполнении квалификационной работы;
2. знание и умение использовать при выполнении работы экспериментальные и теоретические методы, эффективно использовать учебную и научную аппаратуру;
3. владение современными методами анализа и интерпретации полученной научной информации;
4. умение формулировать объективные рекомендации по итогам проведенной работы.

В заключение руководитель должен отметить достоинства и недостатки студента, главным образом характеризуя его отношение к выполнению работы, а также обязательно указать оценку, которой руководитель оценивает работу студента во время выполнения данной дипломной работы и приобретенные знания.

Вопрос о допуске студента к защите решается на заседании кафедры (предзащите) в присутствии руководителя. Студент делает доклад на кафедре в виде компьютерной презентации, в которой приводятся задачи и методики исследований, полученные результаты, обоснованные выводы. После доклада студент отвечает на вопросы по

квалификационной работе. Кафедра дает студенту рекомендации по подготовке к защите.

Рецензирование квалификационной работы может осуществляться специалистами в данной области (за исключением сотрудников той же кафедры или лаборатории, в которой выполнялась данная квалификационная работа), желательно имеющими степень кандидата или доктора наук.

В случае если рецензент не имеет возможности присутствовать лично на заседании ГАК по защите данной работы, тогда письменный экземпляр его рецензии должен быть представлен серетарю ГАК накануне защиты. Если рецензент не является сотрудником физического факультета ЧелГУ, тогда его подпись должна быть заверена печатью в отделе кадров по месту работы.

В отзыве рецензента дипломной работы должны быть отражены следующие показатели выпускной квалификационной работы:

1. актуальность тематики работы;
2. степень информативности обзора литературы и его соответствие теме работы;
3. соответствие используемых теоретических, расчетных и экспериментальных методов поставленной задаче;
4. использование в работе знаний по общим фундаментальным и специальным дисциплинам;

5. качество и полнота обсуждения полученных результатов;

6. четкость и последовательность изложения;

7. обоснованность выводов;

8. оригинальность и новизна полученных результатов;

9. качество оформления работы.

В заключение рецензент должен отметить достоинства и недостатки выполненной работы и рекомендовать общую оценку работы.

Выписка из протокола заседания кафедры о допуске студентов к защите предоставляются в деканат не позднее одного дня после заседания.

Задержка сдачи студентом квалификационной работы на кафедру допускается только по уважительным причинам, своевременно оформленным документально и обязательно по согласованию с деканом.

К началу защиты квалификационных работ на каждое заседание в ГАК кафедрой представляются следующие документы:

1. список студентов, допущенных к защите дипломных работ, заверенный деканом факультета;

2. первый экземпляр дипломной работы;

3. отзыв научного руководителя ВКР;

4. рецензия на квалификационную работу, заверенная печатью учреждения, где работает рецензент;

5. материалы, характеризующие научную и практическую ценность дипломной работы (акты внедрения, публикации, дипломы, грамоты, отзывы – при наличии).

На защиту квалификационных работ приглашаются: научные руководители, рецензенты, преподаватели и сотрудники кафедр, специалисты предприятий, студенты курсов.

Заседание ГАК и защита проводятся в следующем порядке:

- оглашение списка студентов, допущенных к защите дипломных работ на данном заседании;
- утверждение регламента работы ГАК и защиты;
- доклад студента, защищающего свою работу;
- вопросы студенту и ответы на них;
- оглашение отзыва руководителя;
- оглашение рецензии;
- оглашение материалов, характеризующих научную и практическую ценность работы;
- ответы студента на замечания рецензента и в отзывах;
- выступления присутствующих.

Зачитывает список студентов и устанавливает регламент работы ГАК ее председатель.

Для доклада студенту предоставляется не более 10 минут.

Вопросы студенту могут задавать все присутствующие.

Отзыв руководителя и рецензию зачитывает председатель ГАК,а в его отсутствии – заместитель председателя.

Продолжительность защиты 10 - 15 минут. Решение об оценке квалификационной работы, присвоении квалификации и выдаче диплома принимается на закрытом заседании ГАК после защиты всех работ, представленных на данное заседание.

При определении оценки учитываются: уровень теоретической и практической подготовки студента, качество и оформление дипломной работы, самостоятельность при выполнении работы, ход защиты и характеристика студента.

Окончательное решение об оценке принимается с учетом оценок членов ГАК, на основе открытого голосования.

После принятия решения об оценке, ГАК по лучшим работам принимает решение о рекомендации к публикации в печати, внедрению на производстве, выдвижению на конкурс, на получение авторского свидетельства и о рекомендации лучших студентов для поступления в аспирантуру.

Секретарь ГАК ведет делопроизводство в установленном порядке и в день заседания полностью оформляет протокол заседания, зачетную книжку и документацию на диплом.

Все решения комиссии объявляются защищавшим работу студентам и всем присутствующим председателем ГАК.

В завершении работы комиссии ее члены и председатель выступает с заключительным словом.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту_____

1.Тема работы_____

_____

утверждена приказом по университету от 18.01.2023 г. № 45-С

2. Срок сдачи студентом законченной работы_____

3. Исходные данные к работе_____

_____

_____

4. Перечень подлежащих разработке в квалификационной работе вопросов или краткое содержание квалификационной работы:

а) _____

б) _____

в) _____

5. Перечень графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей)

_____

_____

_____

_____

6. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

_____

_____

7. Дата выдачи задания «28» октября 2023г.

Кафедра _____

Утверждаю «27» октября 2023г.

Зав. кафедрой _____ «Муртазаев А.К.»

Руководитель _____ «_____»

Задание принял к исполнению «28» октября 2023 г.

Подпись студента _____

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту_____

1.Тема работы_____

_____

утверждена приказом по университету от 13.03.2023. № 45-С

2. Срок сдачи студентом законченной работы_____

3. Исходные данные к работе_____

_____

_____

4. Перечень подлежащих разработке в квалификационной работе вопросов или краткое содержание квалификационной работы:

а) _____

б) _____

в) _____

5. Перечень графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей)

_____

_____

_____

_____

6. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

_____

_____

7. Дата выдачи задания «28» октября 2023г.

Кафедра _____

Утверждаю «27» октября 2023г.

Зав. кафедрой _____ «Муртазаев А.К.»

Руководитель _____ «_____»

Задание принял к исполнению «28» октября 2023 г.

Подпись студента _____

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Тема курсовой работы_____
_____
Автор (студент/ка) _____
Факультет _____
Кафедра _____
Направление _____
Профиль подготовки_____
Руководитель _____
(Фамилия И.О., место работы, должность, ученое звание, степень)
_____

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора курсовой работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении магистерской диссертации, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы поставленных задач (проблем)			
уметь использовать физическую информацию			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки экспериментальной информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации экспериментальных данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Руководитель _____ « ____» _____ 20__ г.
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

Дагестанский университет направляет Вам на рецензию
курсовую работу студента

Декан факультета _____
«_____» _____20___г.

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Автор (студент/ка) _____
Факультет _____
Кафедра _____
Направление магистратуры _____
Профиль подготовки _____
Наименование темы: _____
_____
Рецензент _____
(ФИО, место работы, должность, ученое звание, степень)

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора курсовой работы

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы					
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи					
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов					
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний общепрофессиональных и специальных дисциплин					
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения					
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе					
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)					
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту					
9	Обоснованность и доказательность выводов работы					
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений					

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства _____

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Отмеченные недостатки _____

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Заключение _____

_____

Рецензент_____

должность, звание, степень

_____

« _____» _____ 20___ г.

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Автор (обучающийся) _____
Факультет _физический_____
Кафедра _Теоретической и вычислительной физики
Направление _03.03.02 Физика_____
Профиль: _Фундаментальная физика_____
Наименование темы: _____
_____
Рецензент _____
(Фамилия, И., О, место работы, должность, ученое звание, степень)

ОЦЕНКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы					
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи					
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов					
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний профессиональных и специальных дисциплин					
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения					
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе					
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)					
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту					
9	Обоснованность и доказательность выводов работы					
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений					

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Рецензент _____

_____

ФИО (полностью), должность, ученая степень, ученое звание (при наличии)

_____ « ____» _____ 20___ г.

(подпись)

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Автор (обучающийся) _____
Факультет _____
Кафедра _____
Направление/специальность _____
Профиль/специализация _____
Наименование темы: _____
_____
Рецензент _____
(Фамилия, И., О, место работы, должность, ученое звание, степень)

ОЦЕНКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы					
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи					
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов					
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний профессиональных и специальных дисциплин					
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения					
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе					
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)					
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту					
9	Обоснованность и доказательность выводов работы					
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений					

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Рецензент _____

_____

ФИО (полностью), должность, ученая степень, ученое звание (при наличии)

_____ « ____» _____ 20___ г.

(подпись)

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема квалификационной работы_____
_____
Автор (студент/ка) _____
Факультет физический_____
Кафедра Теоретической и вычислительной физики
Направление/специальность _03.04.02 Физика_____
Профиль/специализация_Теоретическая и математическая физика
Руководитель _____

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора выпускной квалификационной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении квалификационной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы решения поставленных задач (проблем)			
уметь использовать информацию в сфере профессиональной деятельности			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки (редактирования) информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
владеть современными методами анализа и интерпретации полученной информации, оценивать их возможности при решении поставленных задач (проблем)			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Руководитель _____

_____

ФИО (полностью), должность, ученая степень, ученое звание (при наличии)

_____ « ____» _____ 20___ г.

(подпись)

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема квалификационной работы _____
_____
Автор (студент/ка) _____
Факультет _физический_____
Кафедра _Теоретической и вычислительной физики
Направление _03.03.02 Физика_____
Профиль: _Фундаментальная физика_____
Руководитель _____
(Фамилия И.О., место работы, должность, ученое звание, степень)

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора выпускной квалификационной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении квалификационной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы решения поставленных задач (проблем)			
уметь использовать информацию в сфере профессиональной деятельности			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки (редактирования) информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
владеть современными методами анализа и интерпретации полученной информации, оценивать их возможности при решении поставленных задач (проблем)			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Руководитель _____

_____

ФИО (полностью), должность, ученая степень, ученое звание (при наличии)

_____ « ____» _____ 20___ г.

(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту_____

1.Тема работы_____

_____

утверждена приказом по университету от 27.01.2021г. №172-с

2. Срок сдачи студентом законченной работы_____

3. Исходные данные к работе_____

_____

_____

4. Перечень подлежащих разработке в квалификационной работе вопросов или краткое содержание квалификационной работы:

а) _____

б) _____

в) _____

5. Перечень графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей)

_____

_____

_____

_____

6. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

_____

_____

7. Дата выдачи задания «23» октября 2020 г.

Кафедра Общей и теоретической физики

Утверждаю «23» октября 2020г.

Зав. кафедрой _____ «Муртазаев А.К»

Руководитель _____ «_____»

Задание принял к исполнению «23» октября 2020г.

Подпись студента _____

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ магистерской диссертации

Студенту_____

1.Тема работы_____

_____

утверждена приказом по университету от 27.01.2021 г приказ № 171-с

2. Срок сдачи студентом законченной работы 15.06.2021г

3. Исходные данные к работе_____

_____

_____

4. Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

а) _____

б) _____

в) _____

5. Перечень графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей)

_____

_____

_____

_____

6. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

_____

_____

7. Дата выдачи задания «23» октября 2020 г.

Кафедра Общей и теоретической физики

Утверждаю «23» октября 2020г.

Зав. кафедрой _____ «Муртазаев А.К»

Руководитель _____ «_____»

Задание принял к исполнению «23» октября 2020г.

Подпись студента _____

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема квалификационной работы _____
Автор (студент/ка)
Факультет физический___
Кафедра Теоретической и вычислительной физики
Направление/специальность _03.0302 Физика_____
Профиль/специализация_ Фундаметтальная физика
Руководитель _____

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора выпускной квалификационной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении квалификационной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы решения поставленных задач (проблем)			
уметь использовать информацию в сфере профессиональной деятельности			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки (редактирования) информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
владеть современными методами анализа и интерпретации полученной информации, оценивать их возможности при решении поставленных задач (проблем)			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Отмеченные недостатки

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Рекомендации:

Заключение

Выполненная ВКР является законченным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР, рекомендуется к защите, а ее автор, _____заслуживает оценки_____**.**

Руководитель ВКР:

_____ «____»_____20__г

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема квалификационной работы_____
_____

Автор (студент/ка) _____
Факультет физический__
Кафедра Теоретической и вычилительной физики
Направление/специальность _03.04.02 Физика_____
Профиль/специализация_Теоретическая и математическая физика
Руководитель _____

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора выпускной квалификационной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении квалификационной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы решения поставленных задач (проблем)			
уметь использовать информацию в сфере профессиональной деятельности			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки (редактирования) информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
владеть современными методами анализа и интерпретации полученной информации, оценивать их возможности при решении поставленных задач (проблем)			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства _____

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Отмеченные недостатки _____

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Заключение _____

_____

_____

_____

_____

Руководитель _____

_____

ФИО (полностью), должность, ученая степень, ученое звание (при наличии)

_____ « ____» _____ 20___ г.

(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

Дагестанский университет направляет Вам на рецензию магистерскую диссертацию студента

Декан факультета _____
«_____» _____20__г.

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Автор (студент/ка)_____
Факультет физический_____
Кафедра Теоретичсеской и вычислительной физики
Направление/специальность _03.04.02 Физика_____
Профиль/специализация_Теоретическая и математическая физика

Рецензент _____
(ФИО, место работы, должность, ученое звание, степень)

ОЦЕНКА ВЫПУСКНОЙ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы					
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи					
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов					
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний общепрофессиональных и специальных дисциплин					
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения					
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе					
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)					
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту					
9	Обоснованность и доказательность выводов работы					
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений					

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Рецензент_____

должность, звание, степень

« _____» _____ 20__ г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Тема курсовой работы_____
Автор (студент/ка) _____
Факультет физический_____
Кафедра Теоретической и вычислительной физики
Направление 03.03.02 Физика_____
Профиль: Фундаментальная физика_____
Руководитель _____
(Фамилия И.О., место работы, должность, ученое звание, степень)

_____

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора курсовой работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении курсовой работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы поставленных задач (проблем)			
уметь использовать физическую информацию			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и физической информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации экспериментальных данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Отмеченные недостатки.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Рекомендую:_____

_____
_____
_____
_____

Заключение._____

_____
_____
_____
_____

Руководитель _____ « » 20__ г.
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ О КУРСАВОЙ РАБОТЕ

Тема дипломной работы _____
_____
Автор (студент/кА) _____
Факультет _____
Кафедра _____
Направление_____
Руководитель _____
(Фамилия ИО., место работы, должность, ученое звание, степень)
_____

Оценка соответствия требованиям ГОС подготовленности автора дипломной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении дипломной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность			
устанавливать приоритеты и методы поставленных задач (проблем)			
уметь использовать физическую информацию			
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки физической информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности			
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи			
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений			
уметь анализировать полученные результаты интерпретации экспериментальных данных			
знать методы системного анализа			
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности			
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы			
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности			

Отмеченные достоинства _____

Отмеченные недостатки _____

Заключение _____

Руководитель _____ « ____» _____ 20__ г.
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

Дагестанский университет направляет Вам на рецензию
Выпускной квалификационной работы студента

Декан факультета _____
«_____» _____20__ г.

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Автор (студент/ка) _____
Факультет физический_____
Кафедра Теоретической и вычислительной физики
Направление/специальность _03.04.02 Физика___
Профиль/специализация_ Теоретическая и математическая физика

Рецензент _____
(ФИО, место работы, должность, ученое звание, степень)

ОЦЕНКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы	+				
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи	+				
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов		+			
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний профессиональных и специальных дисциплин	+				
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения	+				
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе		+			
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)	+				
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту	+				
9	Обоснованность и доказательность выводов работы	+				
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений		+			

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства

Отмеченные недостатки. Критических замечаний нет.

Заключение

Выполненная ВКР является законченным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР, рекомендуется к защите, а ее автор, _____заслуживает оценки **_____.**

Рецензент:

_____ *«____» _____20__г.*

(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

Выпускная квалификационная работа
по направлению 03.03.02 – Физика

Гаджибабаева Эльвира Физулиевна

«ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПОЧЕЧНЫХ СИСТЕМ В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ»

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доцент
Магомедов М.А.

Рецензент:
к.ф.-м.н. Бадиев М.К.

Работа допущена к защите:
Зав. кафедрой теоретической
и вычислительной физики,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор
Муртазаев А.К.
«2» 06 2023 г.

Махачкала – 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту *Гаджибабаевой Эльвире Физулиевне*

1. Тема работы *Исследование методом Монте-Карло термодинамических характеристик цепочечных систем в сильных магнитных полях*

утверждена приказом по университету от 18.01.2023 г. № 45-С

2. Срок сдачи студентом законченной работы *25.05.2023г.*

3. Исходные данные к работе *Цепочечные системы, модель Изинга, метод Монте-Карло, магнитное поле, термодинамические характеристики*

4. Перечень подлежащих разработке в квалификационной работе вопросов или краткое содержание квалификационной работы:

а) *Цепочечные системы*

б) *Метод Монте-Карло*

в) *Термодинамические характеристики*

5. Перечень графических материалов (с точным указанием обязательных чертежей)

по мере необходимости

6. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

Цепочечные системы – Муртазаев А.К.

Метод Монте-Карло – Хизриев К.Ш.

7. Дата выдачи задания «28» октября 2022г.

Кафедра *Теоретической и вычислительной физики*

Утверждаю «27» октября 2022г.

Зав. кафедрой « Муртазаев А.К. »

Руководитель « Магомедов М.А. »

Задание принял к исполнению «28» октября 2022 г.

Подпись студента

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

О Т З Ы В
РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Тема квалификационной работы *Исследование методом Монте-Карло термодинамических характеристик цепочечных систем в сильных магнитных полях*
Автор (студент/ка) *Гаджибабаева Эльвира Физулиевна*
Факультет *Физический*
Кафедра *Теоретической и вычислительной физики*
Направление *03.03.02 – Физика*
Руководитель *Магомедов М.А., доцент кафедры ТВФ, к.ф.-м.н.*
(Фамилия И.О., место работы, должность, ученое звание, степень)

Оценка соответствия требованиям ФГОС подготовленности автора выпускной работы

Требования к профессиональной подготовке	Соответствует	В основном соответствует	Не соответствует
уметь корректно формулировать и ставить задачи (проблемы) своей деятельности при выполнении дипломной работы, анализировать, диагностировать причины появления проблем, их актуальность		✓	
устанавливать приоритеты и методы поставленных задач (проблем)	✓		
уметь использовать физическую информацию	✓		
владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки физической информации, применяемой в сфере профессиональной деятельности		✓	
уметь рационально планировать время выполнения работы, определять грамотную последовательность и объем операций и решений при выполнении поставленной задачи	✓		
уметь объективно оценивать полученные результаты расчетов и вычислений		✓	
уметь анализировать полученные результаты интерпретации экспериментальных данных	✓		
знать методы системного анализа		✓	
уметь осуществлять деятельность в кооперации с коллегами, находить компромиссы при совместной деятельности		✓	
уметь делать самостоятельные обоснованные и достоверные выводы из проделанной работы	✓		
уметь пользоваться научной литературой профессиональной направленности	✓		

Отмеченные достоинства _____

Выпускная квалификационная работа Гаджибабаевой Эльвиры Физулиевны на тему «Исследование методом Монте-Карло термодинамических характеристик цепочечных систем в сильных магнитных полях» посвящена исследованию методами вычислительной физики термодинамических и полевых характеристик моделей цепочечных систем. В последние годы к таким системам приковано пристальное внимание исследователей со всего мира в связи с перспективой их применения в различных электронных устройствах. В ходе выполнения работы Гаджибабаева Э.Ф. активно занималась поиском современной научной литературы, переводом статей., разрабатывала модели цепочечных спиновых систем, занималась непосредственно расчетами физических параметров и обработкой результатов моделирования. Гаджибабаева Э.Ф. получила ряд оригинальных и весьма интересных с научной точки зрения результатов. К своим обязанностям Гаджибабаева Э.Ф. всегда подходила ответственно, она пунктуальна и добросовестно относится к исполнению своих обязанностей. Задание по выпускной работе ею работе выполнено полностью и на высоком научном уровне. Предполагается публикация полученных ею результатов в научных журналах соответствующего профиля.

Отмеченные недостатки _____

В работе исследована одномерная модель со Изинга в магнитном поле. Было бы желательно исследовать и другие модели (например XY-модель и модель Гейзенберга) и показать влияние модель на результат моделирования.

Заключение *Работа над выпускной квалификационной работой Гаджибабаевой Э.Ф. оценивается на «Отлично»*

Руководитель _____ « *30* » *май* 2023г.

(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

СНС ЧФ ДФИЦ РАН Бадиеву М.К.

Дагестанский университет направляет Вам на рецензию квалификационную работу студента

Гаджибабаевой Э.Ф.

Декан факультета _____
« 7 **»** 06 **2023 г.**

О Т З Ы В
РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Автор (студент/ка) *Гаджибабаева Эльвира Физулиевна*
Факультет *Физический*
Кафедра *Теоретической и вычислительной физики*
Направление *03.03.02 – Физика*
Наименование темы *Исследование методом Монте-Карло термодинамических характеристик цепочечных систем в сильных магнитных полях*
Рецензент *Бадиев М.К., с.н.с. Института физики ДФИЦ РАН, к.ф.-м.н.*
(ФИО, место работы, должность, ученое звание, степень)

ОЦЕНКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Показатели	Оценки				
		5	4	3	2	*
1	Актуальность тематики работы	✓				
2	Степень полноты обзора состояния вопроса и корректность постановки задачи	✓				
3	Уровень и корректность использования в работе методов исследований, математического моделирования, расчетов	✓				
4	Степень комплексности работы, применение в ней знаний общепрофессиональных и специальных дисциплин		✓			
5	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения		✓			
6	Применение современного математического и программного обеспечения, компьютерных технологий в работе	✓				
7	Качество оформления (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям стандартов)	✓				
8	Объем и качество выполнения графического материала, его соответствие тексту		✓			
9	Обоснованность и доказательность выводов работы	✓				
10	Оригинальность и новизна полученных результатов, научно-исследовательских или производственно-технологических решений	✓				

* - не оценивается (трудно оценить)

Отмеченные достоинства _____

Выпускная квалификационная работа студентки Гаджибабаевой Эльвиры Физулиевны на тему «Исследование методом Монте-Карло термодинамических характеристик цепочечных систем в сильных магнитных полях» посвящена исследованию Монте-Карло цепочечных систем в сильных магнитных полях. В работе использован современный, высокоэффективный, но достаточно сложный в реализации репличный-обменный алгоритм, однако целесообразность его использования, к сожалению не раскрыта. Может быть для выполнения поставленных задач хватило бы и стандартного алгоритма Метрополиса, отличающегося своей простотой и освоение которого для студента была бы более легкой задачей. В работе получены действительно интересные результаты, среди которых отметим структуры основного состояния, возникающие при различных соотношениях обменных параметров и магнитного поля. Получены и другие, не менее интересные и оригинальные результаты.

Отмеченные недостатки _____

Было бы желательно сравнить полученные в работе результаты с экспериментальными данными, а также с такими же расчетными и теоретическими данными других авторов, если таковые имеются.

Заключение *Работа выполнена на высоком научном уровне. Результаты полученные автором имеют определенный научный интерес и могут быть рекомендованы к печати в специализированных изданиях. Работа Гаджибабаевой Э.Ф. может быть допущена к защите и заслуживает оценки «Отлично»*

Рецензент *с.н.с. Института физики ДФИЦ РАН, к.ф.-м.н.*
должность, звание, степень

Бадиев Магомедзагир Курбанович

_____ «07» июня 2023 г.

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Дагестанский Государственный Университет

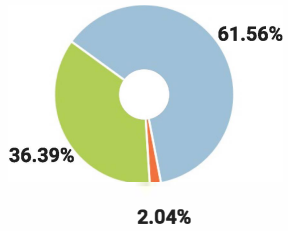
ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Гаджибабаева Эльвира Физулиевна
Самоцитирование рассчитано для: Гаджибабаева Эльвира Физулиевна
Название работы: ВКР_2023_кафедра_ТиВФ_Гаджибабаева Э.Ф.
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: кафедра Теоретический и вычислительной физики

РЕЗУЛЬТАТЫ

СОВПАДЕНИЯ	2.04%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	61.56%
ЦИТИРОВАНИЯ	36.39%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 31.05.2023



Структура документа: Проверенные разделы: титульный лист с.1, содержание с.2, основная часть с.3-29, библиография с.30-31
Модули поиска: ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования издательства Wiley; Модуль поиска "ДГУ"; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразирования по коллекции издательства Wiley; Патенты СССР, РФ, СНГ; СМИ России и СНГ; Шаблонные фразы; Кольцо вузов; Издательство Wiley; Переводные заимствования

Работу проверил: Рабазанов Арсен Курбанович
ФИО проверяющего

Дата подписи: 01.06.2023 г.

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА I. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО 7

§ 1.1. Модели, используемые при исследованиях магнитных материалов методом Монте-Карло 8

Модель Изинга 8

XY-модель 9

Модель Гейзенберга 10

§ 1.2. Стандартный алгоритм метода Монте-Карло 11

§ 1.3. Репличный-обменный алгоритм метода Монте-Карло 13

§ 1.4. Алгоритм Ванга-Ландау 14

ГЛАВА II. ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ИЗИНГА ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ 17

§ 2.1. Одномерная модель Изинга 17

§ 2.2. Метод исследований 18

§ 2.3. Программа для ЭВМ 19

§ 2.4. Результаты моделирования 21

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 29

ЛИТЕРАТУРА 30

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Ряд низкоразмерных систем (квази одно- и двумерные материалы) в наше время успешно применяются в микроэлектронике в качестве миниатюрных электронных элементов. В сявзи с этим ведутся активные исследования физичисеких, химических, механических и других свойств таких материалов [1-16]. Унркальные своства таких материалов делает их незаменимыми при разработке новых устройств микроэлектроники. Особенно интенсивно такие системы в последние годы изучают методами вычислительной физики, в первую очередь методами Монте-Карло [17-20].

При компьютерном моделировании низкоразмерных материалов применяются различные модели модель Изинга, XY-модель, Гейзенберга, Поттса с различным числом состояний q, часовая модель (, векторная модель Поттса или так называемая clock model), и другие. Отметим важное обстоятельство, что модели являются упрощенными и не учитывают все свойства настоящих материалов. Однако эти модели дают много важной информации о физических свойствах реальных материалов и служат основой для детального изучения материалов и в некоторых случаях предсказания физичексих свойств материала.

Таким образом, тема данной выпускной квалификационной работы является весьма **важной и актуальной**.

Целью работы является исследование термодинамических характеристик одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле методами Монте-Карло.

Объектом исследования являлась одномерная модель Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.

Методом исследования являлся численный метод Монте-Карло.

Достоверность научных результатов и обоснованность научных положений основано на предварительной проверке методики расчетов на моделях имеющих точное решение.

Научная новизна.

- Проведено комплексное исследование одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.
- Определены магнитные структуры основного состояния одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями в магнитном поле.
- Рассчитаны температурные и полевые зависимости внутренней энергии $\boldsymbol{E}$, теплоемкости $\boldsymbol{C}$, намагниченности $\boldsymbol{m}$, восприимчивости $\boldsymbol{\chi}$ и энтропии $\boldsymbol{S}$ для модели одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.
- Разработана программа для ЭВМ, позволяющая моделироать системы, описываемые одномерной моделью Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.

Научная и практическая ценность работы определяется актуальностью тематики исследований и новизной работы.

Полученные в работе результаты по моделированию одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле могут найти применение при поиске новых низкоразмерных материалов с уникальными физичексими свойствами, необходимыми в современной микроэлектронике.

На защиту выносятся следующие положения

1. Результаты моделирования одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле;
2. Определены магнитные структуры основного состояния одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями при различных значениях внешнего магнитного поля $\boldsymbol{h}$;
3. Для одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между первыми, следующими за ними, а также третьими соседями рассчитаны температурные и полевые зависимости внутренней энергии $\boldsymbol{E}$, теплоемкости $\boldsymbol{C}$, намагниченноси $\boldsymbol{m}$, восприимчивости χ и т.д.
4. Показано, что одномерная модель Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле является хорошим модельным люъектом для описания различных квазиодномерных цепочечных систем.

Личный вклад автора. Личный вклад автора ВКР в работу заключается в проведении расчетов и обработке данных.

Апробация результатов.

Результаты исследований были доложены на конференции студенто и преподователей ДГУ, а также отражены в курсовой работе автора.

Структура и объем ВКР. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав и заключения; содержит 31 страницу текста, содержит 14 рисунков, а также список литературы из 20 пунктов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обоснование актуальности работы, сформулированы задачи и цели исследования, приведены Также приводится краткое содержание работы.

В первой главе дано детальное описание метода Монте-Карло.

В разделе 1.1 приведены модели, применяемые при моделировании.

В разделе 1.2 рассмотрен стандартный алгоритм Метрополиса.

В разделе 1.3 дано описание репличного-обменного алгоритма метода Монте-Карло.

В разделе 1.4 дано описание метода Ванга-Ландау.

Вторая глава ВКР посвящена результатам непосредственных исследований одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между первыми, вторыми и третьими соседями.

В разделе 2.1 дается описание одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.

В разделе 2.2 рассмотрен репличный-обменный алгоритм метода Монте-Карло.

В разделе 2.3 приведено описание программы для исследования одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле.

В разделе 2.4 приведены непосредственно результаты исследований.

В заключении приведены основные выводы по исследованию одномерной модели Изинга с учетом обменного взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями во внешнем магнитном поле..

В конце работы приведен **список литературы**.

ГЛАВА I. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО

Методом Монте-Карло называются методы, в основе которых лежат случайные события. Метод Монте-Карло был известен достаточно давно, однако активно его применять стали с широким распространением компьютеров и ростом их вычислительной мощности. Методы Монте-Карло требуют больших вычислительных мощностей, достаточно сложны в реализации, вследствие чего сильный рост интереса к этим методам можно связать с разработкой в последние несколько десятилетий мощных и высокоскоростных вычислительных систем [17-20].

Одним из основных преимуществ метода МК является то, что он позволяет нам заглянуть буквально внутрь модлируемой системы, управлять любыми его свойствами и отслеживать всю систему или ее отдельные части как в пространстве, так и во времени.

Метод Монте-Карло был впервые использован Метрополисом еще в 1953 году для расчета уравнения состояния двумерной модели-системы твердых несжимаемых дисков. Со временем этот метод широко применяется на практике в различных областях науки. В настоящее время метод Монте-Карло широко применяется во всех областях науки.

Метод является приближенным, однако позволяет контролировать погрешность вычислений и свести ее к минимум, при наличии у исследовательля соответствующих вичислительных мощностей и времени на расчеты. Погрешность метода пропорциональна $\sqrt{D/N}$, где D –постоянная, N-число МК испытаний и контролируется в рамках самого метода.

Ведутся также непрерывные исследования по разработке новых алгоритмов, более эффективных и более точных. Такие новые алгоритмы появляются чуть ли не каждый год.

§ 1.1. Модели, используемые при исследовании спиновых систем.

При компьютерном моделировании применяется множество различных моделей. Модели делятся на классические и квантовые, непрерывные и дискретные и т.д. В данной работе нами применялись только классические модели. Чаще всего применяются такие модели как модель Изинга, XY-модель, модель Гейзенберга, модель Поттса, Блюме-Эмери-Гриффитса, Эшкина-Таллера и т.д. Рассмотрим некоторые из этих моделей подробно.

Модель Изинга.

Модель Изинга является самой простой и наиболее часто используемой. В этой модели в узлах решетки размещены спины, принимающие одно из двух значений ±1. Значения спинов обычно соответствуют двум возможным ориентациям магнитных моментов в случае магнитных систем, наличию или отсутствию атома в ячейке в случае модели решеточного газа или же наличию в узле атома типа **A** или **B** при описании бинарных сплавов.

Гамильтониан модели Изинга можно записать в виде:

$$H = -J\sum_{\langle i,j\rangle} S_i S_j - h\sum S_i\,, \qquad S_i = \pm 1\,, \tag{1.1}$$

где J – параметр взаимодействия между спинами, h-магнитное поле.

Модель Изинга также широко применяется и нетолько в магнетизме. Несмотря на простоту модели, пока удалось найти точное решение только в одномерном и двумерном случае. Поведение верромагнитной модели Изинга приведено на рисунке 1.1.

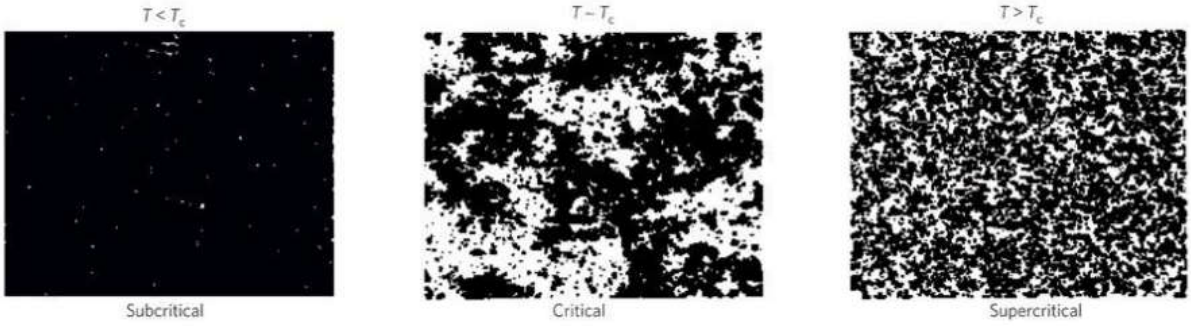


Рис. 1.1. Модели Изинга при различных температурах.

XY-модель.

Если модель Изинга являлась дискретной и спины принимали только два значения, то в XY-модели спин задается единичным двухкомпонентным вектором и может принимать любые значения на плоскости. Пример приведен на рисунке 1.2. XY-модель активно исследуется, так как она хорошо описывает множество материалов и явлений.

Гамильтониан XY-модели выглядит:

$$H = -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} \vec{S}_i \vec{S}_j - h \sum_i S_i^x = \\ -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} \left(S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y \right) - h \sum_i S_i^x , \qquad (1.2)$$

где J – параметр обменного взаимодействия, и $\left|\vec{S}_i\right| = 1$, магнитное поле h в данном случае направлено вдоль оси OX.

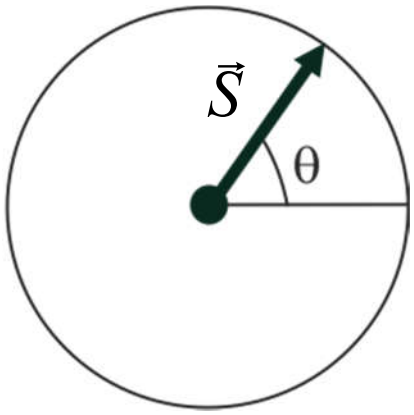


Рис. 1.2. XY-модель.

Модель Гейзенберга.

Модель Гейзенберга является более общей и в ней вектор имеет три компоненты и располагается в трехмерном пространстве. Модель Изинга и XY-модель являются частными случаями модели Гейзенберга. Например, модель Изинга – это модель Гейзенберга с бесконечно большой анизотропией типа легкая ось,. Анизотропия приводит к тому, что спины ориентируются только вдоль этой оси. XY-модель – это модель Гейзенберга с бесконечно большой анизотропией типа легкая плоскость и спины укладываются в определенную плоскость

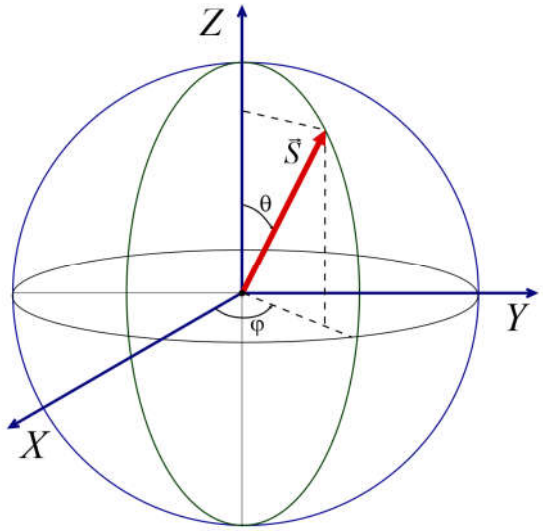


Рис. 1.3. Модель Гейзенберга и соответсвующий единичный вектор.

Гамильтониан классической модели Гейзенберга с учетом взаимодействия только между ближайшими соседями во внешнем магнитном поле может быть представлен в следующем виде:

$$H = -J\sum_{\langle i,j\rangle}\vec{S}_i\vec{S}_j - h\sum_i S_i^z = \\ -J\sum_{\langle i,j\rangle}\left(S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y + S_i^z S_j^z\right) - h\sum_i S_i^z \ , \quad (1.3)$$

где J – величина, характеризующая обменное взаимодействие, а спин является единичным трехмерным вектором $\left|\vec{S}_i\right| = 1$, магнитное поле h в данном случае направлено вдоль оси OZ.

§ 1.2. Стандартный алгоритм метода Монте-Карло.

Стандартный алгоритм метода Монте-Карло (Алгоритм Метрополиса) нами применен в виде:

1. Задать некоторую конфигурацию с энергией E_i.
2. Получаем новую конфигурацию случайным выбором – выбираем случайно спин и подвергаем ее к перевороту. Пересчитываем новое значение энергии E_j.
3. Вычислить разницу энергии $\Delta E = E_j - E_i$.
4. Если $\Delta E \leq 0$, то переходим в новую конфигураци и Переходим к пункту 8.
5. В том случае, когад у нас энергия увеличивается, следует вычислить вероятность перехода:

$$p = e^{[-\Delta E/k_B T]}$$

6. получаем случайное число ξ на интервале межуд нулем и единицей.
7. В том случае когда случайное число меньше вероятности, т.е. $\xi < p$, то новая конфигурация также принимается иначе остается староая конфигурация.
8. Вычисляем средние значения интересующих нас параметров системы.
9. Повторяем пункты, описанные впереди столько раз, сколько нам необходимо.
10. Рассчитываем средние параметры интрересующих нас термодинамических параметров.

Выше рассмотренном алгоритме Метрополиса вычисление вероятности относится к одной из сложных и трудных задач. Для температур близких к абсолютному нулю почти каждое испытание спина не приводит к нужному успеху. При этом блуждание в фазовом пространстве заметно уменьшается,

что требует формирования громадного числа состояний, приближающих к равновесному состоянию системы. При приближении к абсолютному нулю, необходимо разрабатывать другие алгоритмы характеризующих ускорением сходимости, т.е. алгоритмы, которые совершают удачные Монте-Карло шаги. Для достижения равновесного участка марковской цепи большое значение имеет стартовая конфигурация в начальный момент времени, и от ее выбора зависит время необходимое для прихода систему в равновесие. Реализация метода Монте-Карло позволяет переход в состояние теплового равновесия из любого стартового состояния. Таким образом в статистическом моделировании от выбора начальной конфигурации зависит итоговое значение времени, реализуемое для релаксации к равновесию. При проведении компьютерного моделирования формируют случайные начальные конфигурации, упорядочиваемые вдоль одной из ортогональных осей. Так же можно начать со случайной конфигурации, полученной при определенной температуре, выполнив определенные шаги.

§ 1.3. Репличный обменный алгоритм метода Монте-Карло.

Для исследования систем со сложной формой термодинамического потенциала, имеющих множество локальных минимумов свободной энергии, разделенных энегргетичнеским барьером применение стандартных алгоритмов вычислений дает сбой. Для таких систем были предложены специальные алгоритмы, среди которых и находятся репличные-обменнеы алгоритмы. В этом методе создается множество не связанных друг с другом копий (реплик). Эти реплики моделируются параллельно независимо друг от друга и иногда происходит их перестановка [19-20]. Более подробно алгоритм изложенв параграфе 2.2 (метод исследований).

§ 1.4. Алгоритм Ванга-Ландау.

Алгоритм Ванга-Ландау является отличным от других и достаточно своеобразным алгоритмом энтропийного метода Монте-Карло [17-20]. Алгоритм Ванга-Ландау позволяет приближенно вычислить плотность состояний g(E), из которой затем удается вытащить значения нужных нам термодинамичексих величин, т.е. является приближенным аналогом точных аналитических методов. Алгоритм Ванга-Ландау обладает всеми достоинствами точных методов, однако расчет систем достаточно больших размеров для него становится затруднительным.

Алгоритм Ванга-Ландау состоит в следующем:

- Задается начальная конфигурация. Принимаем также $g(E)=1$, гистограмма посещения энергетиченких уровней также принимаем $H(E)=0$. Задаем фактор $f=e\approx 2.71$.
- Двигаемся определенное время в фазовом пространстве, пока частота посещений энергетических уровней не станет примерно одинаковой для всех значений энергий. В качестве критерия одинаковости принимается условие отклонения посещений энергетических состояний не более чем на 10% от среднего значения.
- Для перемещения в конфигурационном пространстве из состояния с энергией E_1 в состояние с энергией E_2 используется формула $p=g(E_1)/g(E_2)$. Если переход в новое состояние оказалось удачным, то проводится модификация плотности состояния $g(E_2)\to f\times g(E_2)$, и гистограммы $H(E_2)\to H(E_2)+1$ иначе $g(E_1)\to f\times g(E_1)$, $H(E_1)\to H(E_1)+1$.
- Если удалось достичь одинаковой частоты посещений эжнергетических уровней то обнуляем $H(E)\to 0$, уменьшаем фактор по формуле $f\to\sqrt{f}$. Продолжаем выполнять пункты впереди до тех пор, пока фактор $f\geq f_{\min}$. В качестве f_{min} нами принималось $f_{\min}=1+10^{-8}$.
- В ходе расчетов все время выполняется анализ структуры основного состояния и при необходимости записиваем его в графический файл.

- Если в ходе расчетов нам удастся найти плотность состояний системы по энергии, то мы можем вычислить значение любой интересующей нас величины.

Основные формулы алгоритма приведены далее.

Вероятность состояния с энергией E при температуре T

$$P(E,T) = g(E)e^{-E/k_BT} \tag{1.4}$$

Статистическая сумма

$$Z = \sum_{\{configurations\}} e^{-E/k_BT} = \sum_{E} g(E)e^{-E/k_BT} \tag{1.5}$$

Свободная энергия

$$F(T) = -k_BT\ln(Z) = -k_BT\ln\left(\sum_{E} g(E)e^{-E/k_BT}\right) \tag{1.6}$$

Среднее значение некоторой термодинамической величины A рассчитывается по формуле

$$\langle A \rangle = \frac{\sum_{E} Ag(E)e^{-E/k_BT}}{\sum_{E} g(E)e^{-E/k_BT}} \tag{1.7}$$

Внутренняя энергия:

$$U(T) = \frac{\sum_{E} Eg(E)e^{-E/k_BT}}{\sum_{E} g(E)e^{-E/k_BT}} \equiv \langle E \rangle \tag{1.8}$$

Теплоемкость:

$$C(T) = \frac{\partial U(T)}{\partial T} = \frac{\left\langle E^2 \right\rangle - \left\langle E \right\rangle^2}{k_B T^2} \tag{1.9}$$

намагниченность:

$$m(T) = \frac{\sum_E m(E) g(E) e^{-E/k_B T}}{\sum_E g(E) e^{-E/k_B T}} \equiv \left\langle m \right\rangle \tag{1.10}$$

Энтропия:

$$S(T) = \frac{U(T) - F(T)}{T} \tag{1.11}$$

ГЛАВА II. ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ИЗИНГА ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

§ 2.1. Одноменая модель Изинга.

В данной главе приводятся результаты исследования цепочечных спиновых систем, описываемых моделью Изинга во внешнем магнитном поле.

Исследованная нами модель описывается следующим гамильтонианом:

$$H = -\frac{1}{2}J_1\sum_{\langle i,j\rangle}S_iS_j - \frac{1}{2}J_2\sum_{\langle k,l\rangle}S_kS_l - \frac{1}{2}J_3\sum_{\langle m,n\rangle}S_mS_n - h\sum_i S_i\,, \qquad (2.1)$$

где первая сумма учитывает обменное взаимодействие между ближайшими соседями, вторая– взаимодействие между вторыми, третья– взаимодействие между третьими соседями. Четвертая сумма – вклад в гамильтониан взаимодействия спинов с внешним магнитным полем h, спин S_i изинговский, и может принимать два значения $S_i = \pm 1$. Схематически модель изображена на рисунке 3, где темными кружками условно обозначены спины, направленные вверх со значением $S_i = +1,$ а светлыми – спины направленные вниз $S_i = -1$.

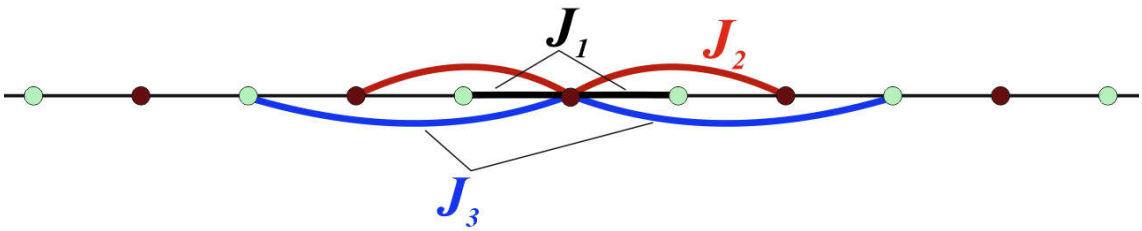


Рис. 2.1. Одномерная модель Изинга с учетом взаимодействия между ближайшими, вторыми и третьими соседями.

§ 2.2. Метод исследований.

В настоящее время извесино боле ста алгоритмов метода Монте-Карло. Одним из новых и эффективных является репличный-обменный. Нами был использован именно этот алгоритм.

Суть репличного-обменного алгоритма заключается в следующем:

1. Одновременно моделируются N независимых копий системы $X_1,\ldots X_N$ с различными температурами $T_1,\ldots T_N$.
2. В ходе проведения моделирования две реплики меняются местами с вероятностью:

$$w(X_i \to X_{i+1}) = \begin{cases} 1, & for\ \Delta \le 0, \\ \exp(-\Delta), & for\ \Delta > 0, \end{cases} \tag{2.2}$$

где $\Delta = (\beta_i - \beta_{i+1}) \cdot (E_i - E_{i+1})$, E_i и E_{i+1} – внутренние энергии реплик, а β– обратные температуры.

Метод становится эффективным, если охватывает большой диапазон температур, что достигается увеличение количества копий системы до нескольких сотен.

Для вычисления значений термодинамических параметров намагниченности ***m***, теплоемкости ***C***, восприимчивости χ и энтропии ***S*** использовались флуктуацонные соотношения:

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \vec{S}_i \ , \tag{2.3}$$

$$\chi = (N\beta)\left(\left\langle m^2 \right\rangle - \left\langle m \right\rangle^2 \right), \tag{2.4}$$

$$C = (N\beta^2)\left(\left\langle U^2 \right\rangle - \left\langle U \right\rangle^2 \right), \tag{2.5}$$

$$S(T) = \int_0^T \beta C \, dT \ , \tag{2.6}$$

где $\beta = |J_1| / k_B T$, E – внутренняя энергия.

§ 2.3. Программа для ЭВМ.

Программа, разработанная нами для исследований приведена на следующем рисунке 2.2.

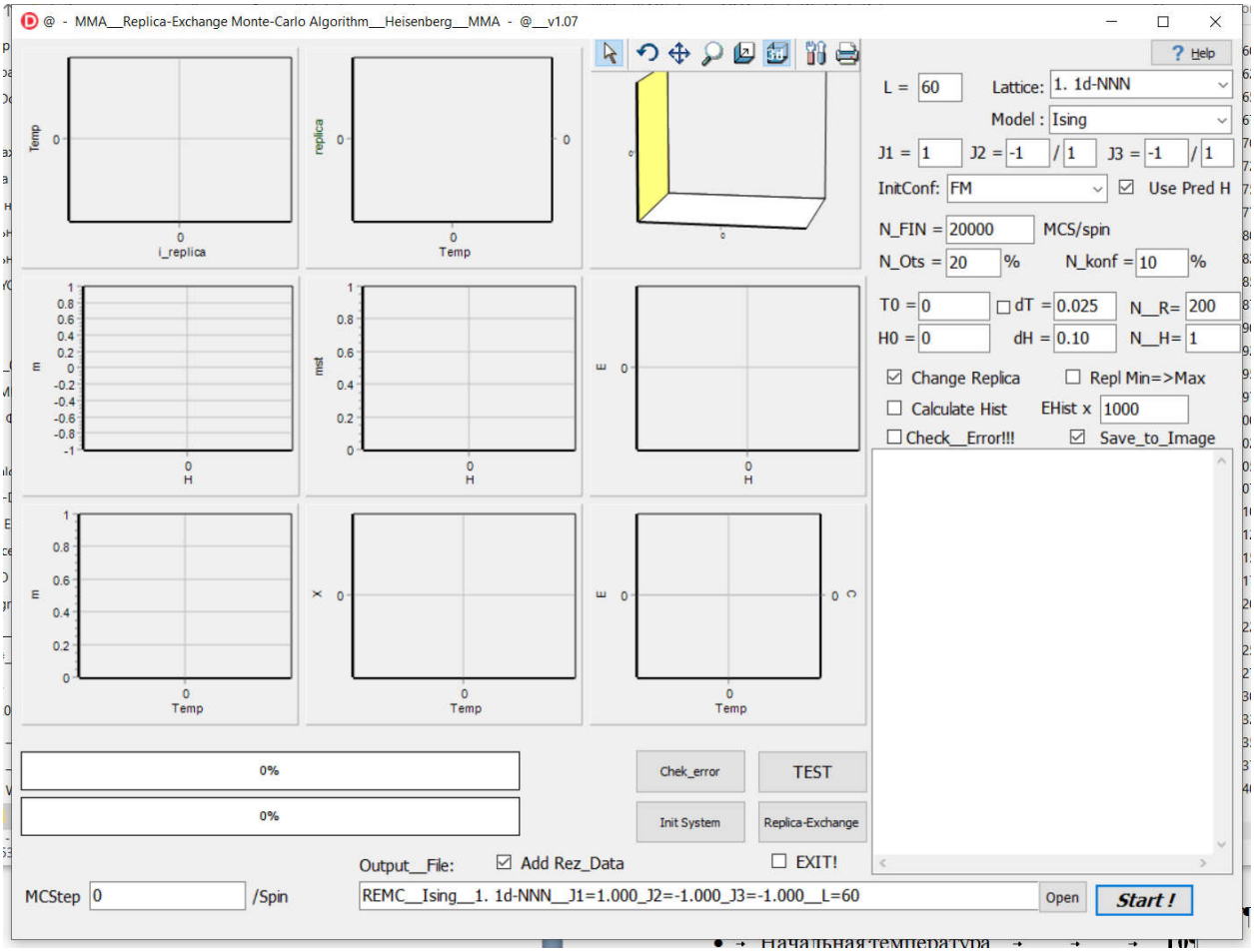


Рис.2.2. Рабочее окно программы.

Программа, разработанная нами, позволяет пользователю самостоятельно задавать многие параметры моделирования. Среди которых отметим тип решетки, размер, величины обменных взаимодействий, количество реплик, и точность вычислений (число Монте-Карло шагов).

Типичная картина выполнения программы изображено на рисунке 2.3.

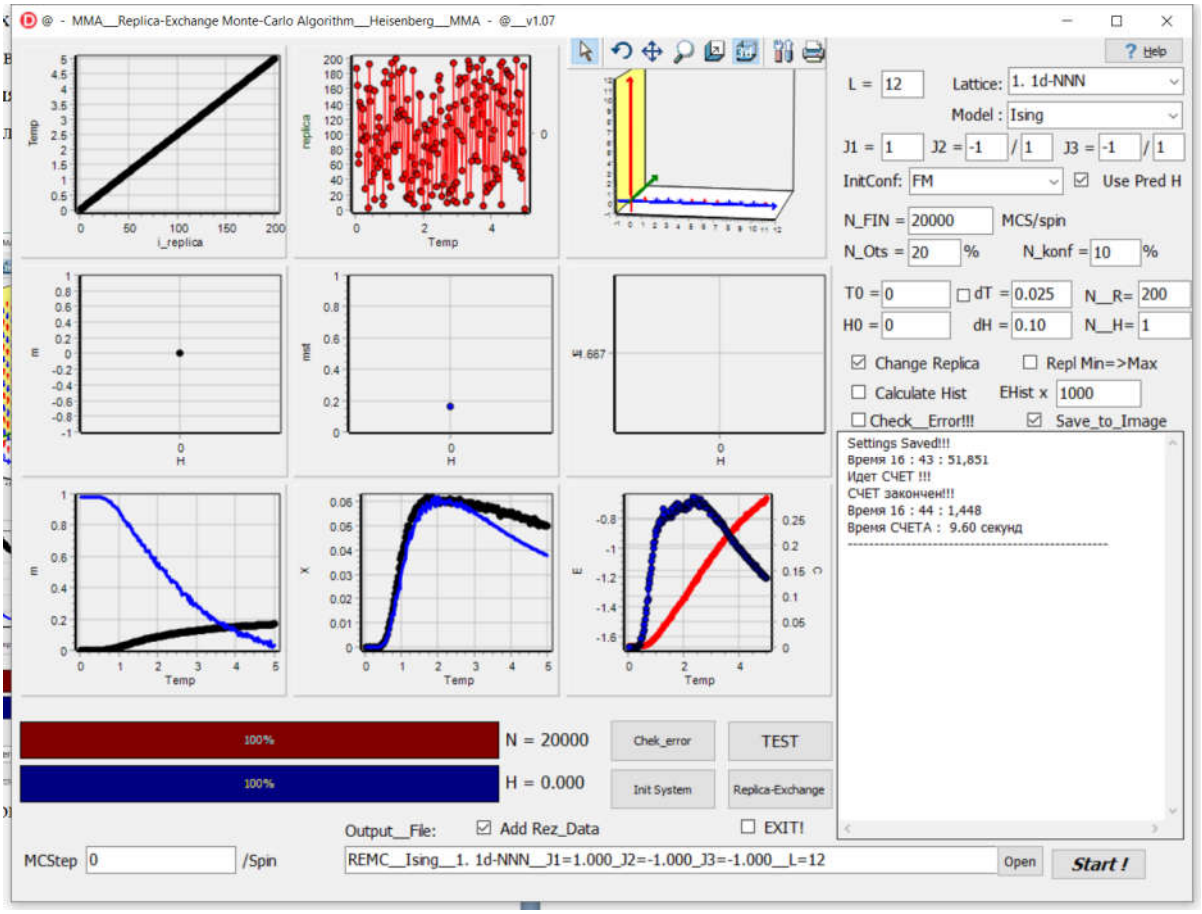


Рис.2.3. Рабочее окно программы после завершения моделирования.

§ 2.4. Результаты моделирования.

Далее мы приводим результаты расчетов. Нами проведены исследования цепочечных систем с размерами ***L*** = 12, 24, 60 и 120.

В первую очередь мы определяли структуру основного состояния. В зависимости от величин обменных взаимодействий J_1, J_2, J_3 и магнитного поля h в системе в основном состоянии могут реализоваться конфигурации, приведенные в таблице 2.1. Каждая структура имеет свое цветовое обозначение, конфигурацию спинов, краткое обозначение конфигурации, период, полную энергию на спин и суммарный магнитный момент на спин.

Таблица 2.1. структуры основного состояния.

	цвет. обозн.	конфигурация	кратко	период	E	m
1.		+ + + + + +	**1+1+**	1	$E = -J_1 - J_2 - J_3 - h$	1
2.		+ + + − − −	**3+3-**	6	$E = \frac{(-J_1 + J_2 + 3J_3)}{3}$	0
3.		+ + − − + +	**2+2-**	4	$E = J_2$	0
4.		+ + − + + −	**2+1-**	3	$E = \frac{(J_1 + J_2 - 3J_3 - h)}{3}$	1/3
5.		+ − + − + −	**1+1-**	2	$E = J_1 - J_2 + J_3$	0
6.		+ + + − −	**3+2-**	5	$E = \frac{(-J_1 + 3J_2 + 3J_3 - h)}{5}$	1/5
7.		+ + + −	**3+1-**	4	$E = -h/2$	1/2

Фазовые диаграммы при различных значениях J_1, J_2, J_3 и магнитного поля h приведены на рисунках 2.4.-2.7

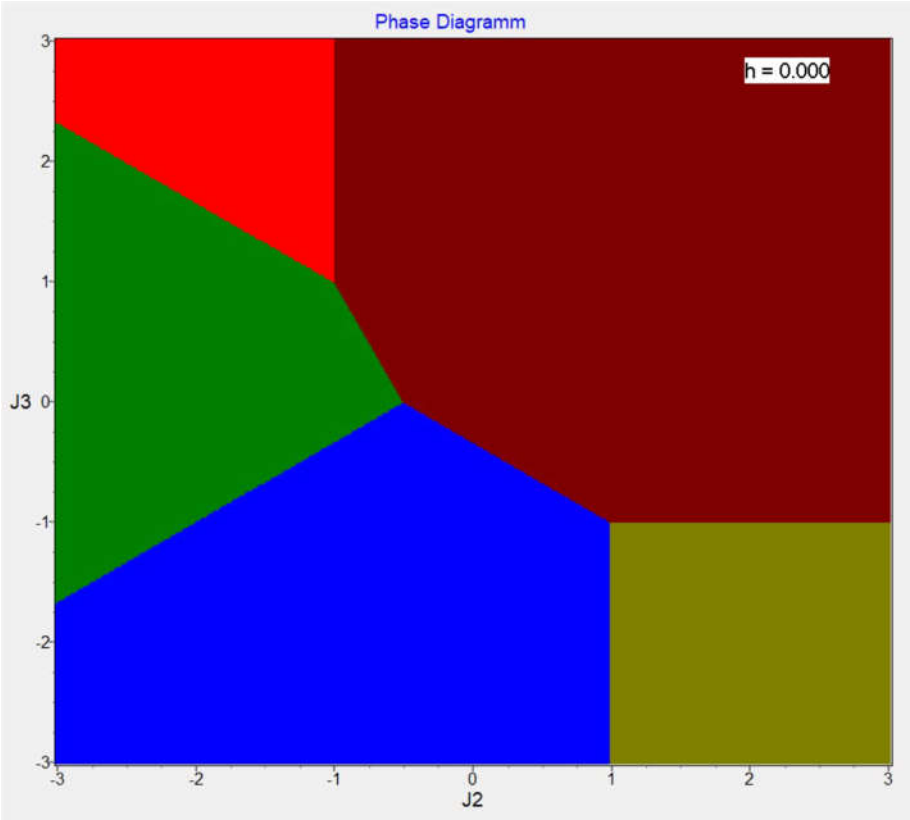


Рис.2.3. Фазовая диаграмма при $J_1 = 1$ $h = 0$.

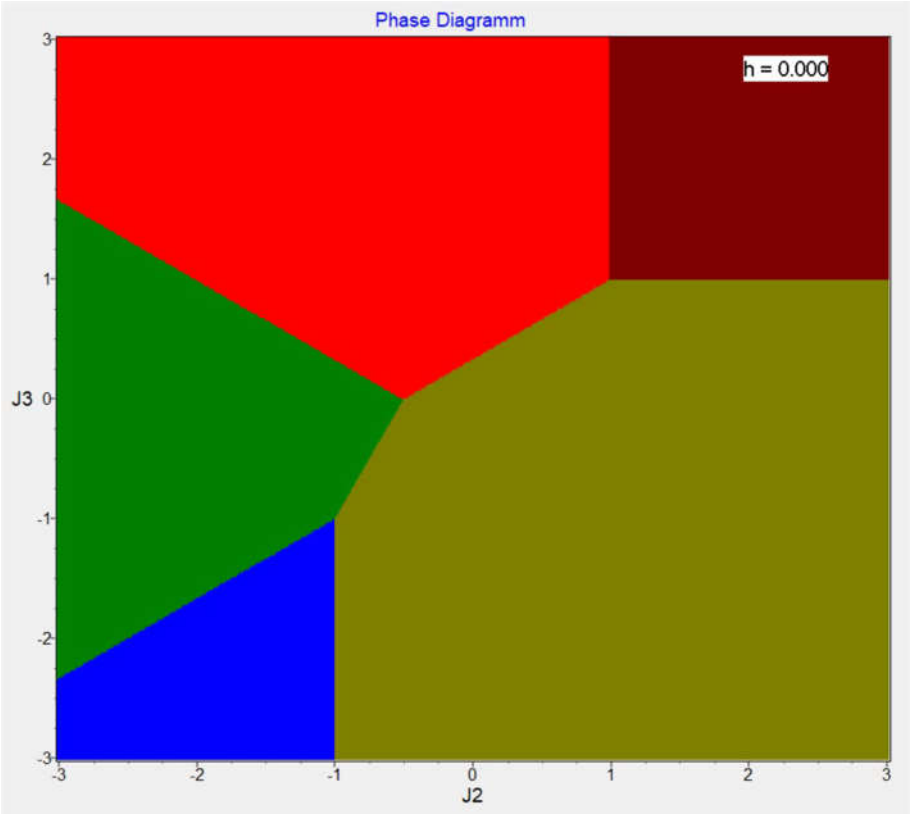


Рис.2.4. Фазовая диаграмма при $J_1 = -1$ $h = 0$.

Зависимость энегрии основного состояния ***E*** от внешнего магнитного поля, полученнная при достаточно низкой температуре (в данном случае при температуре T=0.05) приведена на рисунке 2.5.

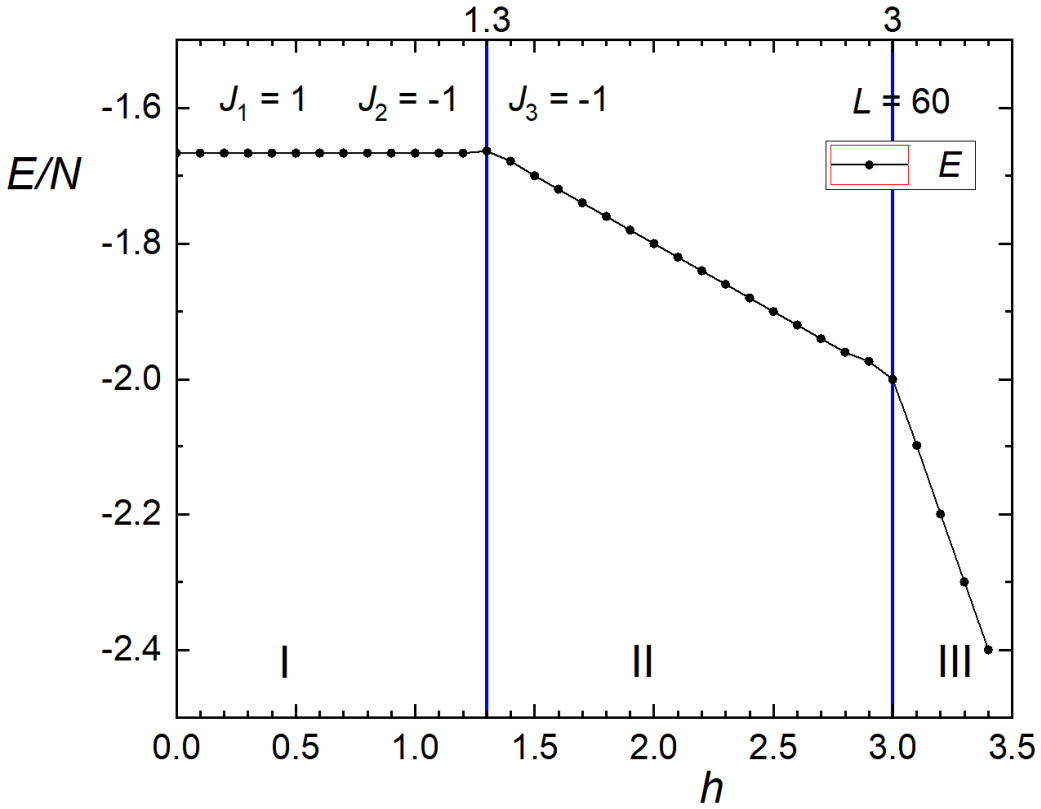


Рис. 2.5. Полевая зависимость энергии основного состояния системы ***E***.

Как слкует из вышеприведенного графика, для различных областей значений величины внешнего магнитного поля в системе реализуются следующие типы упорядочений:

I. (3 верх, 3 вниз).

II. (3 верх, 2 вниз).

III. (все верх).

Полевые зависимости расчитанной нами намагниченности системы приведены на рисунке 5. На графике приведены зависимости для температур T=0.05, T=0.10, T=0.20, T=0.30 и T=0.50. Из графика отчетливо видно, что при низких температурах зависимость более резкая (ступеняатая).

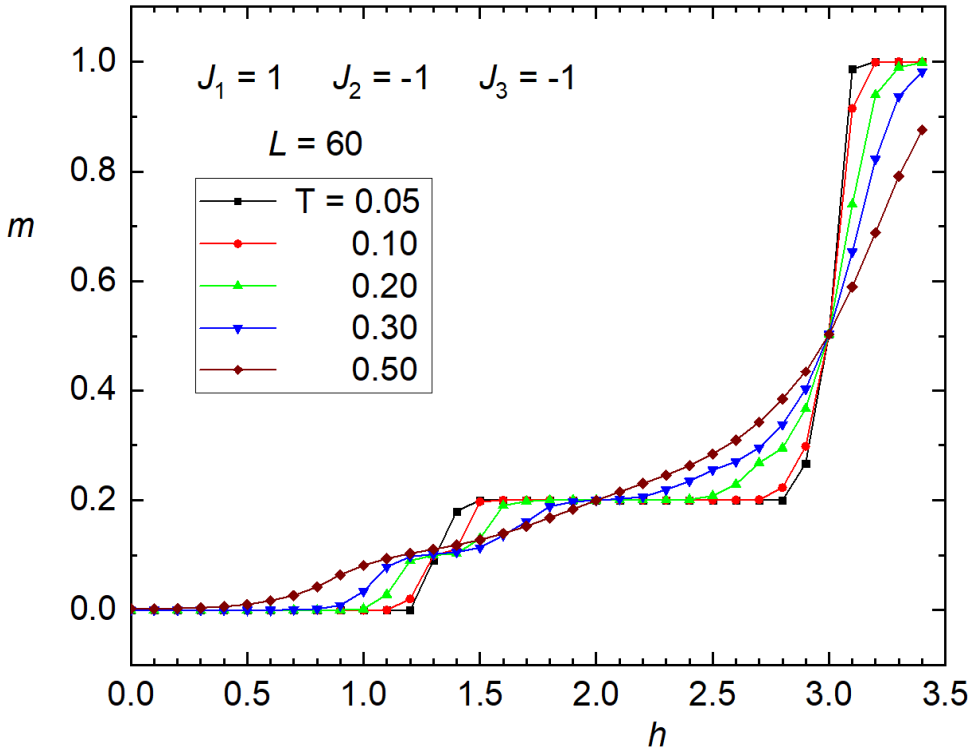


Рис. 2.6. Зависимость намагниченности ***m*** от внешнего магнитного поля ***h***.

Как видно из рисунка, на полевой зависимости намагниченности наблюдаются три плато соответствующие перечисленным выше трем видам упорядочений. На каждом плато намагниченность принимает значения $\boldsymbol{m} = 0$, $\boldsymbol{m} = 0.2$ и $\boldsymbol{m} = 1$ соответственно. При низких температурах переход между плато происходит достаточно резко, однако с повышением температуры из-за роста тепловых флуктуаций переход становится более плавным.

На рисунке 2.7. приведены магнитные структуры реализуемые при температуре $\boldsymbol{T} = 0.05$ и различных значениях магнитного поля. Для каждой структуры слева приведено соответствующее значение магнитного поля ***h***.

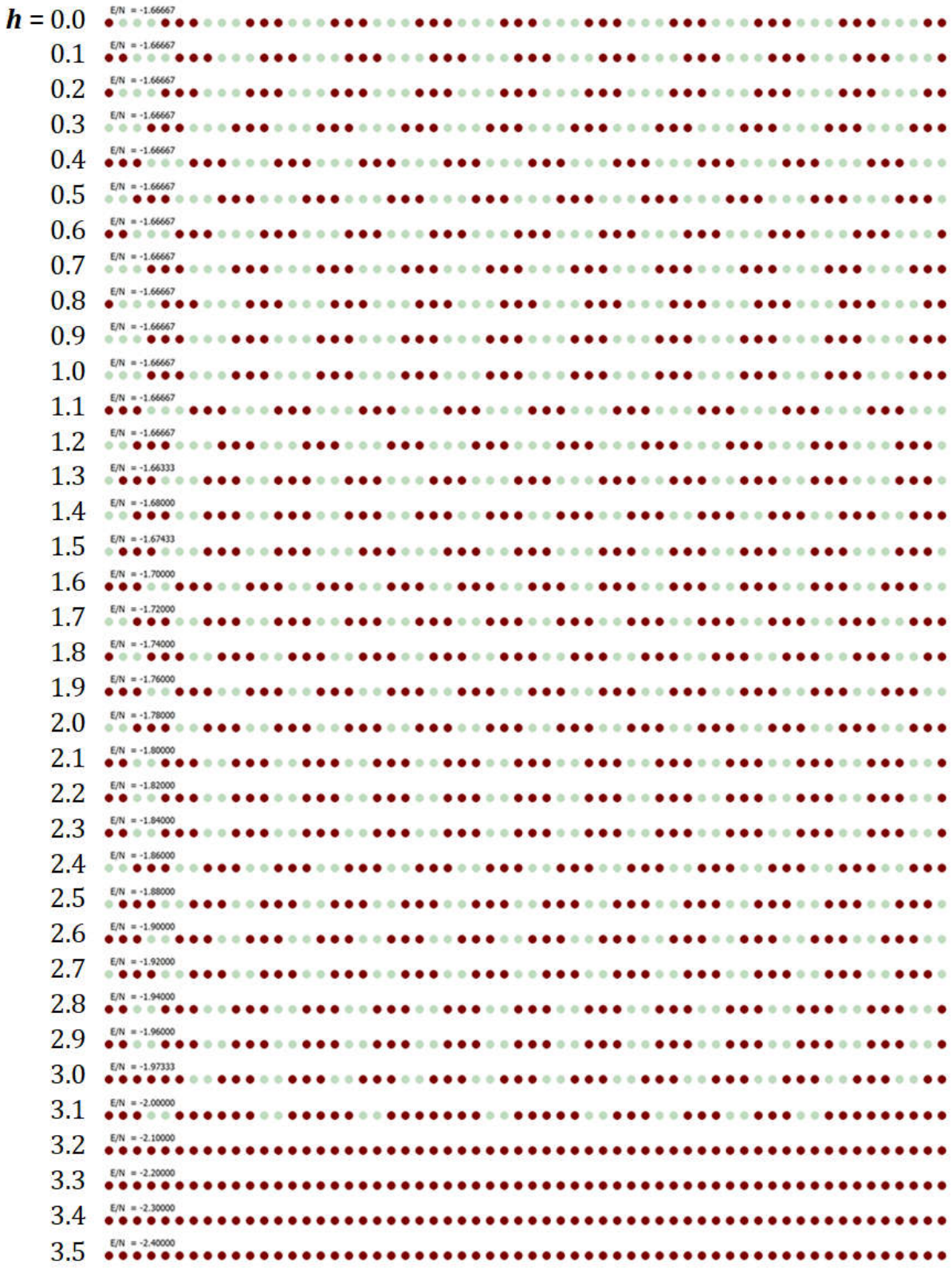


Рис. 2.7. Структуры основного состояния при $T = 0.05$ и различных значениях поля h.

На рисунках 2.8-2.11 приведены температурные зависимости различных термодинамических параметров системы в отсутствии магнитного поля. На рсиунке 2.8. приведена температурная зависимость внутренней энергии системы ***E***.

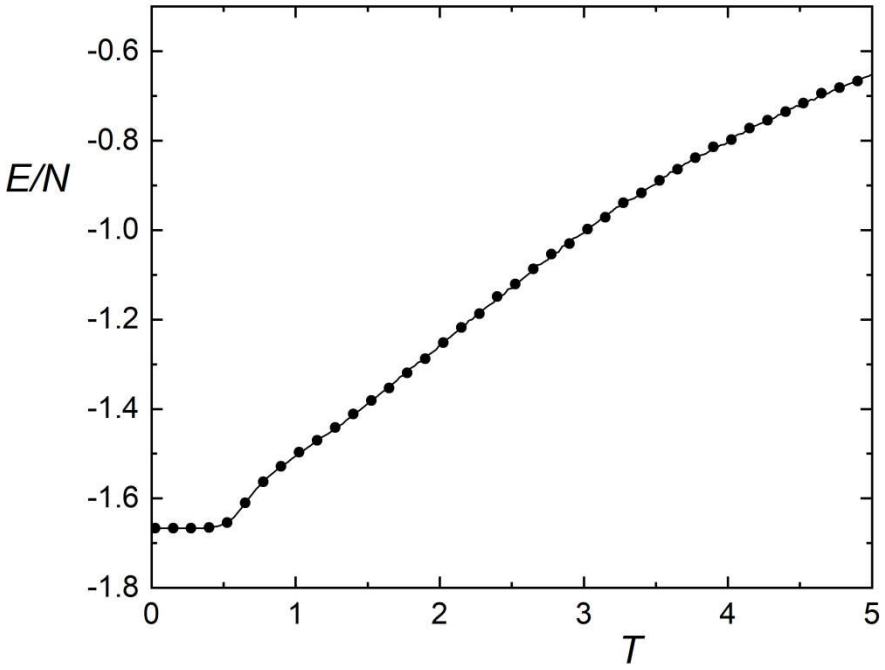


Рис. 2.8. Зависимость внутренней энергии ***E*** от температуры.

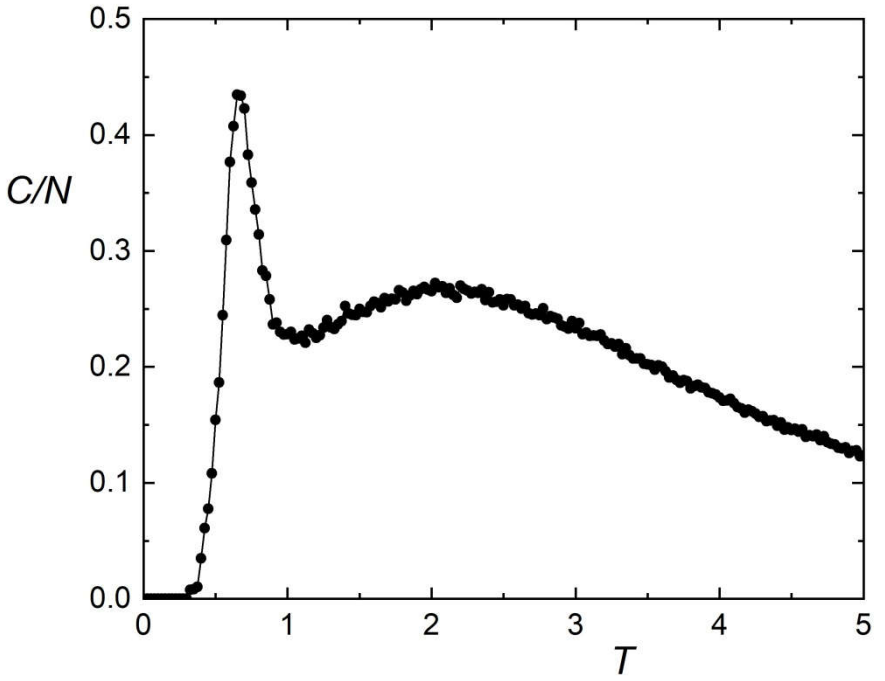


Рис. 2.9. Зависимость теплоемкости ***m*** от температуры.

На рисунке 2.9 приведена зависимость теплоемкости от температуры. Как видно из рисунка, наблюдается один острый максимум теплоемкости и второй полгий пик при более высоких температурах.

Природа такого странного поведения теплоемкости станет ясна после просмотра рисунка 2.10, на котором изображена намагниченность одной из 6 шести подрешетек системы. При низких температурах спины в каждой из подрешетекупорядочены одинаково, вследствие чнго намагниченность подрешетки равна 1/6. С ростом температуры в точке первого максимума теплоемкости происходит разрушение порядка спинов внутри подрешетки. Далее с повышнием температуры происходит дальнейшее разрушение порядка вследствие тепловых флуктуаций. Такая же картина подтверждается и графиком 2.11, на которм изображена

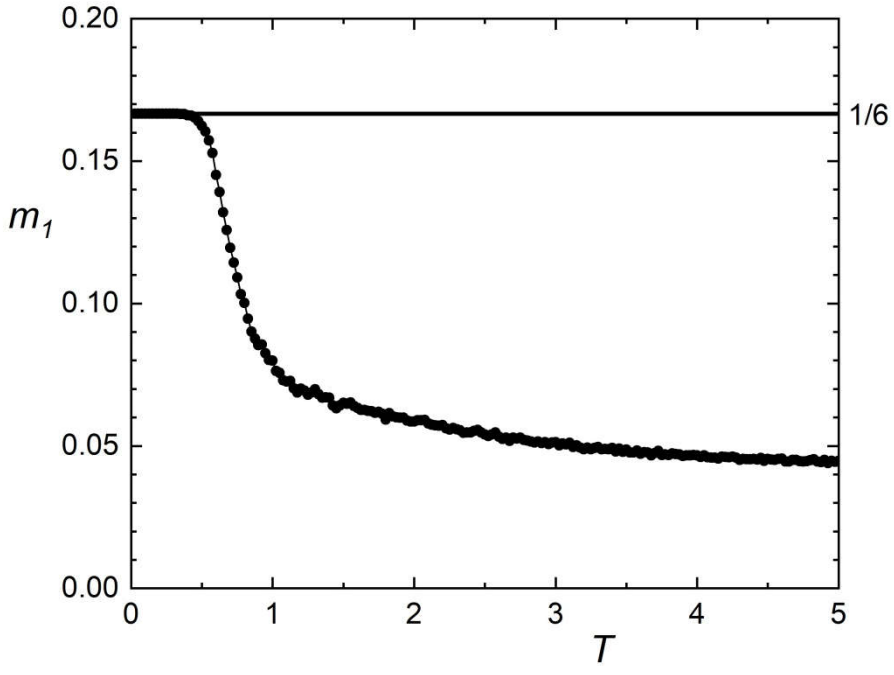


Рис. 2.10. Зависимость намагниченности подрешетки $\boldsymbol{m_1}$ от температуры.

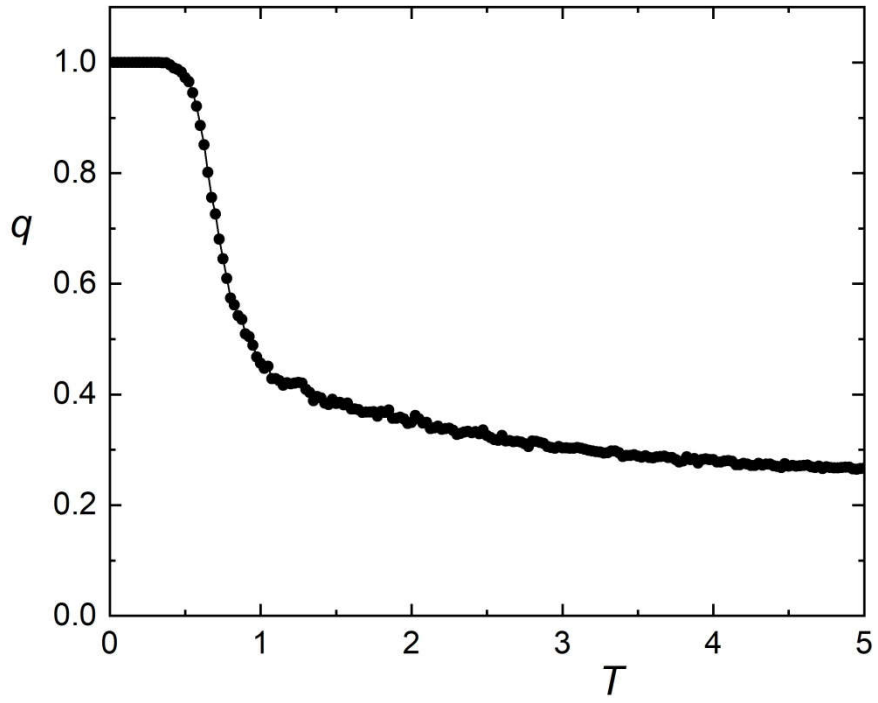


Рис. 2.11. Зависимость параметра порядка ***q*** от температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе нами представлены результаты исследовнаия одномерной модели Изинга с учетом взаимодействия между ближайшими, следующими за ближайшими и третьими соседями. Данная модель хорошо подходит для описания различных цепочечных систем.

Для проведения исследований нами была разработана программа, моделирующая цепочечные системы репличным методом.

Таким образом, на основе вышеизложенного мы можем сделать следующие выводы:

- Проведены пробные расчеты для одномерной модели Изинга методом Ванга-Ландау и репличным-обменным методом.
- Показано хорошее согласие различных методов и высокая точность полученных результатов.
- Исследованы температурные и полевые характеристики одномерной модели Изинга.
- Определены магнитные структуры основного состояния при отсутствии внешнего магнитного поля.
- Показано, как меняется магнитная структура при наложении внешнего магнитного поля.

Результаты, полученные в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы имеют важное значение для понимания физики магшнитных явлений в цепочечных системах. Они могут быть применены для описания свойств квазиодномерных магнитных материалов и предсказания их магнитных характеритсик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zarubin A.V.Kassan-Ogly F.A. Frustration and ordering in Ising chain in an external magnetic field with third-neighbor interactions // J Magn Magn Mater, 2023. V. 572: p. 170640.
2. Xie W., Xu X., Li M., et al. Intrinsic Rashba effect and anomalous valley Hall effect in one-dimensional magnetic nanoribbon // J Magn Magn Mater, 2023. V. 573: p. 170662.
3. Mohapatra J., Joshi P.Ping Liu J. Low-dimensional Hard Magnetic Materials: Synthesis, Characterization and Applications // Progress in Materials Science, 2023. p. 101143.
4. Liu S.Yu G. Fabrication, energy band engineering, and strong correlations of two-dimensional van der Waals moiré superlattices // Nano Today, 2023. V. 50: p. 101829.
5. Golafrooz Shahri S., Evazzade I., Modarresi M., et al. Magnetic phase transition in a machine trained spin model: A study of hexagonal CrN monolayer // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2023. V. 615: p. 128589.
6. Boutebdja M., Baâdji N., Beghidja C., et al. Experimental and theoretical investigation of structure-magnetic properties relationships in a new heteroleptic one-dimensional triple bridged azido/acetato/DMSO copper (II) coordination polymer // J Mol Struct, 2023. V. 1271: p. 134041.
7. Shadrin A.V.Panov Y.D. Thermodynamic features of the 1D dilute Ising model in the external magnetic field // J Magn Magn Mater, 2022. V. 546: p. 168804.
8. Ding F., Griffith K.J., Zhang C., et al. Synthesis, crystal structure, and magnetic properties of a one-dimensional chain antiferromagnet NiC2O4·2NH3 // Journal of Solid State Chemistry, 2022. V. 314: p. 123360.
9. Wang H.-S., Zhang K., Chen Y., et al. Synthesis, crystal structures and magnetic properties of a 1D chain based on trinuclear Cu subunits and a Cu4Dy2 complex // Inorganica Chimica Acta, 2021. V. 515: p. 120053.

10. Yang M., Wang W., Li B.-c., et al. Magnetic properties of an Ising ladder-like graphene nanoribbon by using Monte Carlo method // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2020. V. 539: p. 122932.
11. Panov Y.D. Local distributions of the 1D dilute Ising model // J Magn Magn Mater, 2020. V. 514: p. 167224.
12. Nomoto N., Fujihara T., Kamata N., et al. Large magnetic anisotropy in a quasi-1D ferromagnetic complex Co(sba)(H2O)2·H2O (sba = 4-sulfobenzoate) // Journal of Solid State Chemistry, 2020. V. 290: p. 121527.
13. Greiter M., Schnells V.Thomale R. The 1D Ising model and the topological phase of the Kitaev chain // Annals of Physics, 2014. V. 351: p. 1026-1033.
14. Kolezhuk A.K.Mikeska H.J. Excitation spectra of gapped 1D spin systems in strong magnetic field // J Magn Magn Mater, 2004. V. 272-276: p. 902-903.
15. Maji T.K., Laskar I.R., Mostafa G., et al. A 1D thiocyanato bridge nickel(II) system: crystal structure and magnetic property // Polyhedron, 2001. V. 20(7): p. 651-655.
16. Jurek Z.J. 1D Ising models, compound geometric distributions and selfdecomposability // Reports on Mathematical Physics, 2001. V. 47(1): p. 21-30.
17. Swendsen, R.H., Acceleration algorithms in Monte Carlo simulations in statistical physics. // International Journal of Modern Physics C, 1991. V. 2: p. 201-208.
18. Wolff, U., Collective Monte Carlo updating for spin systems. // Phys Rev Lett, 1989. V. 62(4): p. 361-364.
19. Murtazaev A.K., Ramazanov M.K., Kurbanova D.R. Magomedov M.A., Murtazaev K.Sh. Phase diagrams and ground-state structures of the antiferromagnetic materials on a body-centered cubic lattice // Materials Letters 236 (2019) P.669–671.
20. Ramazanov M.K., Murtazaev A.K., Magomedov M.A. Phase transitions in the frustrated Potts model in the magnetic field// Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2022. – V.140. – P.115226-1115226-6.