



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика фазовых переходов и критических явлений

Кафедра Магнетизма и физики фазовых переходов
Физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 «ФИЗИКА»

Профиль подготовки:
Фундаментальная физика

Уровень высшего образования – бакалавр

Форма обучения – очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала 2017 год

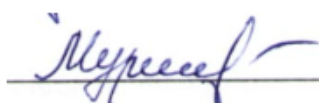
Рабочая программа дисциплины «Физика фазовых переходов и критических явлений» составлена в 2016 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – Физика (уровень: бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: кафедра Магнетизма и физики фазовых переходов Муртазаев А.К., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры МиФФП от «29» марта 2017 г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Камиллов И.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017 г., протокол № 7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017 г.  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Физика фазовых переходов и критических явлений входит в *вариативную* часть образовательной программы *бакалавриата* по направлению 03.03.02 «Физика»

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Магнетизма и ФФП.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с с фазовыми переходами и критическими явлениями, с равновесными и динамическими свойствами конденсированных сред и углубления знаний, полученных при чтении общих курсов физики.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных - ОК-7.

Общепрофессиональных: ОПК-2, ОПК-3, профессиональных: ПК-1, ПК-2, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – *контрольная работа, коллоквиум.* И промежуточный контроль в форме - *дифференцированного зачета.*

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий – 114 часа.

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекц ии		Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации			
7	144	32		32			84	Дифф. зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика фазовых переходов и критических явлений» являются: ознакомления студентов с современными представлениями о фазовых переходах и критических явлениях, с равновесными и динамическими свойствами конденсированных сред и углубления знаний, полученных при чтении общих курсов физики.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физика фазовых переходов и критических явлений» в структуре ООП ВО находится в цикле профессиональной программы *бакалавриата* по направлению 03.03.02 – Физика.

Для освоения дисциплины необходимо знать: основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики; дифференциальное и интегральное исчисления; гармонический анализ; дифференциальные уравнения; численные методы; функции комплексного переменного; элементы функционального анализа; вероятность и статистику; случайные процессы; статистическое оценивание и проверку гипотез; статистические методы обработки экспериментальных данных; математические методы в физике; разделы курса общей физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, волновая оптика. Понятие информации; программные средства организации информационных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; языки программирования; базы данных; локальные и глобальные сети ЭВМ; методы защиты информации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7 ОПК-2	способность к самоорганизации и самообразованию	Знать: базовые теоретические знания в области общей физики, алгебры, высшей математики, физики фазовых переходов и критических явлений Уметь: использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Физика» Владеть: методами количественного формулирования и решения задач в физике фазовых переходов и критических явлений.
	способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	

ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; • излагать и критически анализировать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по фазовым переходам.
ПК-1	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома; • умениями использования научной и учебной литературы; • устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; • навыками решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;
ПК-2	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	
ПК-5	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 64 академических часов. СРС – 80 часов

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Всего часов по учебному плану	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторн ые занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Общие сведения о фазовых переходах									
1	Введение.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона- Клаузиуса и Эренфеста.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Фазовые переходы типа порядок- беспорядок и порядок-порядок.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
4	Феноменологически е описания фазовых переходов. Теория Ландау, и ее недостатки	9		2	2			5	Коллоквиум
Итого по модулю 1:		36		8	8			20	
Модуль 2. Классическое представление о фазовых переходах									
1	Критические флуктуации. Корреляционная функция.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Теория Орштейна- Цернике. Критерий Гинзбурга	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
4	Законы подобия и уравнение состояния.	9		2	2			5	Коллоквиум
Итого по модулю 1:		36		8	8			20	

Модуль 3 Современное представление о фазовых переходах									
1	Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга)..	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Теория ренормализационной группы и ϵ -разложения. Коррекция к скейлингу и кроссоверные явления.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
4	Мультикритические явления.	9		2	2			5	Коллоквиум
Итого по модулю 3:		36		8	8			20	
Модуль 4. Динамические и критические явления									
1	Концентрационные фазовые переходы и теория протекания. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобиия и классы универсальности.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Экспериментальные методы исследования равновесных свойств.	9		2	2			5	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
4	Экспериментальные исследования динамических свойств.	9		2	2			5	Коллоквиум
Итого по модулю 4:		36		8	8			20	Диф. Зачет

ИТОГО:	14 4	32	32			80	
--------	---------	----	----	--	--	----	--

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Общие сведения о фазовых переходах

Тема 1. Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста.

Фаза - макроскопическая физически однородная часть вещества, отделенная от остальных частей того же вещества границами раздела. Примерами фаз могут служить твердое, жидкое, газообразное состояние вещества, алмаз, графит для углерода, ферромагнитное, антиферромагнитное, парамагнитное состояние для различных магнетиков, сверхпроводящее и нормальное состояние для проводников, α , β , γ - модификации железа с различной кристаллической структурой.

Переход вещества из одной фазы в другую является фазовым переходом. Классификация фазовых переходов впервые была предложена Эренфестом. Принято различать фазовые переходы первого рода и фазовые переходы второго рода. Его идея о порядке фазового перехода основывается на разложении величины изменения химического потенциала $\Delta\mu = \Delta\mu(T + dT, p + dp)$ в ряд Тейлора по степеням dt и dp . При фазовых переходах первого рода производные химических потенциалов двух фаз не равны друг другу, вследствие чего при фазовом переходе происходит скачкообразное изменение первых производных термодинамического потенциала. В точке фазового перехода I рода скачкообразно меняется также энтропия, внутренняя энергия и объем. Переход I рода сопровождается выделением или поглощением теплоты перехода

При фазовых переходах второго рода химические потенциалы двух фаз и их первые производные равны друг другу, а производные более высоких порядков различаются. Следовательно, в точке фазового перехода II рода непрерывны не только термодинамический потенциал, но и его первые производные по температуре или давлению (энтропия и объем), тогда как вторые производные терпят разрыв (изменяются скачком). Скачкообразно изменяются и величины, выражающиеся через вторые производные: теплоемкость при постоянном давлении, коэффициент объемного расширения и сжимаемость. Эти величины могут претерпевать скачок и при фазовых переходах первого рода.

Поскольку при фазовых переходах II рода энтропия меняется непрерывно, то отсутствует теплота перехода. Особенность фазовых переходов II рода состоит в невозможности перегрева или переохлаждения фаз: каждая фаза существует только в своем температурном интервале.

Тема 2. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок.

Фазовые переходы типа порядок-беспорядок это фазовые переходы, которые развиваются путем изменения строения и свойств исходной фазы

без образования новых дополнительных фаз. Примерами таких переходов могут служить структурные фазовые переходы в кристаллах.

Огромное число кристаллов может существовать в нескольких кристаллических фазах. Как правило, такие фазы оказываются устойчивыми в определенном интервале температур и давлений, а переход из одной фазы в другую сопровождается значительными, порой скачкообразными, изменениями объема и энтропии кристалла. При этом происходят смещения различных структурных элементов на расстояния порядка размера элементарной ячейки и никаких ограничений на изменение симметрии кристалла не накладывается.

Температурный гистерезис фазового перехода, т.е. различие между температурами перехода при охлаждении и нагревании кристалла, может достигать сотен градусов и свидетельствует о возможности возникновения сравнительно устойчивых метастабильных состояний: одна из кристаллических фаз может существовать в области температур и давлений, где более устойчивой является другая фаза. Температурный гистерезис зависит от скорости изменения температуры. Структурные фазовые переходы такого типа называют переходами I рода.

В случае, когда эти искажения происходят непрерывным образом имеет место фазовый переход II рода; существенно, что в этом случае состояние кристалла изменяется непрерывно, плавно. Если в точке фазового перехода I рода положения атомов изменяются скачком, то вблизи фазового перехода II рода искажение структуры и каждой элементарной ячейки может быть сколь угодно малым. Фазовые переходы II рода не имеют температурного гистерезиса, не сопровождаются скачкообразным изменением объема и энтропии, а группы симметрии фаз обладают "преемственностью": с понижением температуры искажение кристаллической структуры в точке фазового перехода приводит к тому, что кристалл теряет некоторые элементы симметрии более упорядоченной (обычно, высокотемпературной) фазы.

Тема 3. Феноменологические описания фазовых переходов. Теория Ландау, и ее недостатки

Феноменологический подход в описании структурных фазовых переходов неизменно ассоциируется с теорией Ландау фазовых переходов второго рода. Действительно, именно в работах Л.Д. Ландау, рассматривавших только переходы второго рода, были сформулированы основные понятия и принципы, как оказалось, более общего феноменологического метода анализа фазовых переходов, которые позволили позже построить полную теорию явления, включающую и переходы первого рода. Теория Ландау является именно феноменологической – она не ставит своей целью установить наличие фазового перехода в какой-либо системе, напротив, экспериментально установленный факт фазового перехода служит отправной точкой теории. Целью же феноменологической теории Ландау является согласованное,

основанное на соображениях симметрии описание изменений микроскопических характеристик кристалла при переходе (пространственной симметрии, кристаллической структуры, фононных спектров и т.п.) и измеренных аномалий в поведении макроскопических величин (тепловых, электрических, упругих, оптических и т.д.). Более того, уже в первых работах, использовавших феноменологический подход, было показано, что поведение некоторых измеряемых характеристик кристаллов не зависит от микроскопических особенностей механизмов фазовых переходов, а определяется исключительно средней симметрией кристалла и тем, как эта симметрия изменяется при переходе.

Теория фазовых переходов II рода Ландау – общая теория, основанная на представлении о связи фазового перехода 2-го рода с изменением внутренней симметрии физической системы. Внутреннюю симметрию удобно характеризовать параметром дальнего порядка. Для ферромагнетика существует векторный параметр порядка - спонтанная намагниченность. Для сверхпроводника существует комплексный параметр порядка, которую можно интерпретировать как волновую функцию куперовских пар. При переходе в более симметричную фазу этот параметр исчезает.

Статистическая теория, которая свободную энергию ферромагнетика вычисляет в приближении самосогласованного поля, воспроизводит результаты термодинамической теории Ландау и дает оценки термодинамических параметров. В частности, из статистической теории следует, что температура Кюри по порядку величины равна энергии обменного взаимодействия электронов на соседних атомах.

Модуль 2. Классическое представление о фазовых переходах

Тема 4. Критические флуктуации. Корреляционная функция.

Вблизи критической точки корреляционная функция $g(r)$ убывает лишь на очень больших расстояниях размер может быть много больше размера одной цепи (имеющего порядок a вблизи 0-точки). В очень хорошем приближении можно представить $g(r)$ в классической форме Орнштейна – Цернике.

Флуктуационные эффекты характеризуются значениями корреляционной функции плотности и корреляционного радиуса флуктуаций, определяемого расстоянием, на котором корреляция существенно уменьшается. В области критической точки радиус корреляции значительно больше радиуса действия межмолекулярных сил, а флуктуации плотности в непосредственной близости к критической точке достигают значения самой плотности. Из этого складывается следующее представление о состоянии вещества в непосредственной близости к критической точке. Около критической точки вещество подобно газу, который состоит из отдельных групп (кластеров) молекул, напоминающих микроскопические капли жидкости, размер которых быстро возрастает с приближением к критической точке.

Тема 5. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга

Вдали от критической точки флуктуации плотности убывают по показательному закону. По мере приближения к критической точке корреляционный радиус неограниченно растет. При этом флуктуации плотности убывают значительно медленнее.

Формула Эйнштейна не годится вблизи критической точки, так как в критической точке приводит к парадоксальному результату $\Gamma = \infty$. Некорректность вызвана слишком грубым описанием флуктуаций плотности. Около критической точки нельзя отбрасывать корреляционные члены. Их учитывает теория Орштейна-Цернике. Позднее Орштейн и Цернике учли корреляции между флуктуациями в различных микроскопических элементах объема. Они предсказали угловую зависимость интенсивности света, рассеянного вблизи критической точки, и связали эту зависимость с радиусом действия межмолекулярных сил.

Тема 6. Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами

Существующая теория фазовых переходов второго рода основана на некоторых хотя и не доказанных строго, но вполне правдоподобных предположениях. Она опирается на подтверждение этих предположений эмпирическими данными, а также результатами численных расчетов. Критические индексы связаны между собой рядом точных соотношений. Часть этих соотношений является прямым следствием определения самих индексов.

Развитая в последние годы теория подобия (теория скейлинга) описывает поведение физических величин в растворе вблизи от критической точки смешения. В этой теории раствор вблизи критической точки смешения (в однофазной области на диаграмме смешения) считают (грубо говоря) состоящим из эмульсии капель одной фазы, плавающих во второй фазе, причем размер капель тем больше, чем ближе к критической точке находится раствор, а относительная разница концентрации в каплях и растворе - порядка единицы.

Тема 7. Законы подобия и уравнение состояния

Задолго до появления первых экспериментальных данных, не согласующихся с теорией Ландау, Л. Онсагер опубликовал работу, посвященную исследованию поведения намагниченности и теплоемкости двумерного ферромагнетика в нулевом внешнем поле (точно решаемая задача), результаты которой оказались в неожиданном противоречии с результатами классической теории. Исследователи, естественно, понимали, что роль крупномасштабных флуктуаций по мере приближения к критической точке должна возрастать. Уже в середине 20-х гг. была опубликована известная работа Орштейна-Цернике, на основе которой удалось объяснить многие особенности явления критической опалесценции, имеющего ярко выраженную флуктуационную природу. Флуктуационные

явления изучались в рамках феноменологического подхода в работах Сцилларда, Мандельштама, Леонтовича и др. Но сама идея об определяющей роли флуктуации для всей проблематики фазовых превращений окончательно оформилась лишь к середине 60-х гг. Это было связано в первую очередь с прогрессом в области экспериментальных исследований фазовых переходов, убедительно продемонстрировавших расхождение реального критического поведения с предсказаниями теории Ландау. Оказалось, что для пространственной размерности системы $d < 4$ взаимодействия флуктуации оказываются эффективно очень сильными и, напротив, при $d > 4$ флуктуационные эффекты не существенны, и значения критических индексов определяются теорией Ландау. В то же время обнаруженный исследователями универсальный характер поведения различных систем во флуктуационной области навел их на мысль о том, что он является следствием некоторой фундаментальной симметрии системы в критической точке и что ее выявление и исследование даст возможность определить универсальные характеристики поведения данных систем — критические индексы.

В теории критических явлений существует статический закон подобия, или приближение обобщенной однородности термодинамических функций, который включает в себя простое предположение об основном виде термодинамического потенциала. Предсказания гипотезы подобия приводят к функциональным соотношениям между показателями в критической точке, при этом число независимых показателей в этой точке оказывается ограниченным. Кроме предсказания о существовании ряда равенств, связывающих критические показатели, гипотеза подобия дает некоторую возможность предсказывать вид уравнения состояния. Предсказания статической гипотезы подобия подтверждаются множеством экспериментальных работ.

Модуль 3. Современное представление о фазовых переходах

Тема 8. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).

Модель Изинга является наиболее часто используемой, самой простой и универсальной из всех моделей магнетиков при изучении критических явлений в решеточных системах. В этой модели спины размещены на d -мерной решетке. Спиновые переменные модели могут принимать только два значения (+1 или -1), и соответствуют двум возможным ориентациям спинов (вверх или вниз).

Гамильтониан модели Изинга можно представить в следующем виде:

$$H = -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} S_i S_j - H_0 \sum_i S_i,$$

где J – параметр обменного взаимодействия между спинами, H_0 – внешнее магнитное поле, и $S_i = \pm 1$ для всех i .

Одной из наиболее интенсивно изучаемых моделей в статистической физике является модель Гейзенберга. В течение многих лет эта модель в различных размерностях интенсивно исследуется, используя различные методы, в том числе и методы Монте-Карло.

Гамильтониан модели Гейзенберга с взаимодействием между ближайшими соседями можно представить в следующем виде:

$$H = -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} (S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y + S_i^z S_j^z),$$

где J – параметр обменного взаимодействия, и $|\vec{S}_i| = 1$.

XУ-модель представляет собой случай, промежуточный между моделью Изинга и моделью Гейзенберга. Она служит для описания магнетиков со спинами, ориентированными в основном в одной плоскости.

Гамильтониан XУ-модели с взаимодействием между ближайшими соседями можно представить в следующем виде:

$$H = -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} (S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y),$$

где J – параметр обменного взаимодействия, и $|\vec{S}_i| = 1$.

Тема 9.. Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности

Тема 10. Теория ренормализационной группы и ϵ -разложения. Коррекция к скейлингу и кроссоверные явления.

Метод ренормализационной группы (также часто называемый методом ренормгруппы, методом РГ) в квантовой теории поля — итеративный метод перенормировки, в котором переход от областей с меньшей энергией к областям с большей вызван изменением масштаба рассмотрения системы.

В теоретической физике метод ренормализационной группы (также метод ренормгруппы, РГ) относится к математическому аппарату, который позволяет систематическое исследование изменений физической системы при рассмотрении системы на разных пространственных масштабах. В физике элементарных частиц он отражает зависимость законов взаимодействия от масштаба энергий, при которых физические процессы начинают меняться.

Изменение масштаба называется «масштабным преобразованием» или скейлингом. Ренормгруппа тесно связана с «масштабной инвариантностью» и «конформной инвариантностью», симметрии, в которой система выглядит одинаково на всех уровнях (так называемое самоподобие). (Тем не менее, отметим, что масштабные преобразования включены в группу конформных преобразований, в целом: последние включают дополнительные генераторы, связанные с симметрией специальных конформных преобразований).

При изменении масштаба, меняется и сила взаимодействия, как если бы менялось увеличение условного микроскопа, под которым рассматривается система. В так называемых перенормируемых теориях, система при одном масштабе, как правило, будет выглядеть составленной из

самоподобных копий, если смотреть в меньшем масштабе, с другими параметрами, описывающими компоненты системы. Компоненты, или основные переменные могут быть связаны с атомами, элементарными частицами, атомными спинами и т. д. Параметры теории описывают взаимодействие компонентов. Это может быть переменные параметры связи, от которых зависит влияние различных сил или масс. Сами компоненты системы, может оказаться, состоят из таких же компонентов, но меньшего размера.

Уравнение ренормгруппы (уравнение Каллана — Симанчика) — дифференциальное уравнение для корреляционных функций (пропагаторов), показывающее их независимость от масштаба рассмотрения. Оно имеет место, например, при рассмотрении динамики системы вблизи критической точки.

При рассмотрении систем многих частиц, например, в квантовой теории поля или в теории критического поведения и стохастической динамике, часто оказывается, что функциональный интеграл, описывающий усреднение некоторой величины по различным конфигурациям системы, расходится. Тем не менее, оказывается возможным получить различную информацию о системе при помощи различных методов регуляризации и ренормировки. Одним из широко распространенных методов является мультипликативная ренормировка. Суть этого метода в том, что функции Грина являются обобщенно-однородными функциями параметров модели. Уже из этого свойства функций Грина можно многое сказать об их поведении вблизи критических точек, например, о критических показателях, если речь идет о критическом поведении систем многих частиц, или о том, как изменяется константа связи модели при изменении энергии взаимодействия частиц, если речь идет о квантовой электродинамике. При этом, уравнение ренормгруппы позволяет перейти от прямого анализа функций Грина модели, непосредственно, к анализу параметров и наблюдаемых величин.

Тема 11. Мультикритические явления

К критическим явлениям относятся многочисленные аномалии, наблюдающиеся в фазовых переходах второго рода, например, в точке Кюри в магнетике или в критической точке системы «жидкость-пар». Эти аномалии описываются критическими индексами. В системах появляются очень сильные флуктуации с бесконечным радиусом корреляции. При этом система существенно нелинейна. Теория критических явлений была впервые построена Л. Д. Ландау. За описание критических явлений в рамках вильсоновской ренормализационной группы Кеннет Вильсон был награждён в 1982 г. Нобелевской премией. В современной физике критические явления описываются методами квантовой теории поля. Используются и нелинейные уравнения Швингера, и аппарат функциональных преобразований Лежандра, и квантово-полевая теория возмущений, и метод теоретико-полевой ренормализационной группы. При этом удаётся описать спонтанно

возникающее в критических явлениях самоподобие системы (масштабное свойство, характерное для фрактальных структур). Отметим, что этими же методами исследуются нелинейные явления в плазме, голдстоуновские сингулярности, распространение волн в критических средах.

В последнее время большое количество работ посвящено влиянию различных факторов на критическое поведение систем в критической области вблизи линии фазового перехода второго рода. Поведение термодинамических параметров в критической области принято аппроксимировать степенными функциями от температуры, показатели степени при этом получили название критических индексов. По значениям, критических индексов системы делятся на классы эквивалентности. Различные факторы, такие как дефекты структуры, упругие деформации и тому подобное, могут приводить к новым классам эквивалентности. Задача исследования классов эквивалентности актуальна в силу наличия отклонения экспериментально исследуемых систем от идеальной модели.

В ряде экспериментальных работ обнаружено отличие критических индексов, измеряемых вблизи линии фазового перехода второго рода от предсказываемых теорией критических явлений как для трехмерной модели Гейзенберга, так и для трехмерной ХУ-модели и модели. Авторы этих работ объясняют расхождения с предсказаниями теории для модели Гейзенберга необходимостью учета взаимодействия не только ближайших соседей, но и следующих за ближайшими узлов. Влияние соседей, следующих за ближайшими, может быть учтено с помощью введения взаимодействия, убывающего с расстоянием по степенному закону.

В зависимости от величины спин - орбитального взаимодействия при фазовых превращениях могут стать существенными стрикционные эффекты взаимодействия параметра порядка с упругими деформациями кристалла. Как показано в работе [3] деформационные эффекты во внешнем поле давления могут приводить к смене рода фазового перехода и появлению на фазовой диаграмме мультикритических точек. Исследование совместного влияния деформационных эффектов и конфигурационного беспорядка на возможные типы критического и трикритического поведения представляют несомненный интерес.

Свободная граница может приводить как к изменению объемных критических явлений, в силу возникновения анизотропии, так и к возникновению дополнительных линий фазовых переходов, связанных с поверхностным намагничиванием. А именно в ряде систем наблюдается поверхностное упорядочивание, происходящее при более высокой температуре, чем объемное упорядочивание, что приводит к появлению на фазовой диаграмме вещества дополнительной фазы. Как следствие, вместо линии разделяющей две фазы на фазовой диаграмме вещества наблюдается три линии переходов, пересекающиеся в трикритической точке.

Модуль 4. Динамические и критические явления

Тема 12. Концентрационные фазовые переходы и теория протекания. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.

Теория протекания (перколяционная теория, от лат. percolatio - процеживание; просачивания теория) – математическая теория, которая используется в физике для изучения процессов, происходящих в неоднородных средах со случайными свойствами, но зафиксированными в пространстве и неизменными во времени.

Возникла в 1957 в результате работ Дж. Хаммерсли (J.Hammersley). В П. т. различают решёточные задачи П. т., континуальные задачи и т. н. задачи на случайных узлах. Решёточные задачи в свою очередь делятся на т. н. задачи узлов и задачи связей между ними.

Задачи связей. Пусть связи - рёбра, соединяющие соседние узлы бесконечной периодической решётки (рис., о). Предполагается, что связи между узлами могут быть двух типов: целыми или разорванными (блокированными). Распределение целых и блокированных связей в решётке случайно; вероятность того, что данная связь является целой, равна x . Предполагается, что она не зависит от состояния соседних связей. Два узла решётки считаются связанными друг с другом, если их соединяет цепочка целых связей. Совокупность связанных друг с другом узлов наз. кластером. При малых значениях x целые связи, как правило, далеки друг от друга и доминируют кластеры из небольшого кол-ва узлов, однако с увеличением x размеры кластеров резко увеличиваются. Порогом протекания (x_c) наз. такое значение x , при котором впервые возникает кластер из бесконечного числа узлов. П. т. позволяет вычислить пороговые значения x_c , а также исследовать топологию крупномасштабных кластеров вблизи порога (см. Фракталы С). помощью П. т. можно описать электропроводность системы, состоящей из проводящих и непроводящих элементов. Напр., если предположить, что целые связи проводят электрический ток, а блокированные не проводят, то окажется, что при $x < x_c$ уд. электропроводность решётки равна 0, а при $x > x_c$ она отлична от 0.

Тема 13.. Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности

Гипотезу динамического подобия впервые сформулировали Феррел, Меньярд, Шмидт, Швабл и Шефалу-зи в связи с переходом гелия в сверхтекучее состояние. Этот подход аналогичен в некотором отношении формулировке Гальперина - Хохенберга для гипотезы статического подобия.

Хотя на основании гипотезы динамического подобия нельзя предсказать истинных значений показателей теплопроводности, из нее вытекает, что их значения одинаковы выше и ниже критической температуры.

Мы видели, что применение гипотезы динамического подобия к

случаю зависящих от времени критических явлений позволяет сделать ряд определенных выводов. Однако, как мы подчеркивали, эти выводы не исчерпывают информации, которую желательно было бы получить.

Измерения, подтвердившие гипотезу динамического подобия, можно найти в работе Ло, Корлисса, Делалалма, Хастингса, Натанса и Туччиароне для изотропного антиферромагнетика рубидиймарганцевого фторида ($RbMnF_3$), в работе Коллинса, Минкевича, Натанса, Пэсселла и Ши-ране для ферромагнитного металлического железа и в работе Минкевича, Коллинса, Натанса и Ширане для ферромагнитного никеля.]

Тема 14. Экспериментальные методы исследования равновесных свойств.

Метод ядерной магнитной релаксации. Сущность явления ЯМР состоит в резонансном поглощении электромагнитной энергии частоты веществом, помещенным в магнитное поле достаточно высокой напряженности. В однородном магнитном поле два возможных положения спина протона становятся энергетически неравноценными. Энергия расщепления пропорциональна напряженности поля H_0 и магнитному моменту ядра.

С помощью ЯМР можно исследовать также и структуру воды. Возможность исследования структуры воды методами ЯМР обусловлена наличием у молекулы воды двух ядер водорода с отличным от нуля спином. Спин ядра водорода равен

Метод наблюдения доменов аналогичен способу получения изображения силовых линий магнита, расположенного под листом бумаги, с помощью насыпаемых сверху железных опилок. Он состоит в том, что на отшлифованную поверхность ферромагнетика наносят сверху мельчайшие магнитные частицы и наблюдают в микроскоп доменную структуру. Называется этот способ методом порошковых фигур.

Магнитооптический метод наблюдения доменов с помощью магнитооптических эффектов Керра или Фарадея не требует использования промежуточной среды типа суспензии, поэтому он удобен для исследования доменов при различных температурах. Магнитооптический эффект Керра заключается в том, что при отражении падающего на намагниченный магнетик поляризованного света происходит поворот плоскости поляризации.

Метод лоренцевской электронной микроскопии. Доменную структуру тонких магнитных пленок, сквозь которые проходит электронный пучок, можно наблюдать с помощью электронного микроскопа. Электронный пучок, проходя через тонкую пленку, испытывает влияние силы Лоренца, вызванной спонтанной намагниченностью, и отклоняется в разных доменах на разные углы. В результате в фокальной плоскости проекционной электронной линзы, расположенной на некотором расстоянии от тонкой пленки, образуется изображение доменных стенок в виде черных

или светлых линий. Такой метод называют методом лоренцевской электронной микроскопии.

Рентгенографический метод, впервые предложенный Лангом, основан на наблюдении в рентгеновских лучах распределения деформаций в кристалле. Рентгеновский луч попадает на образец, за которым помещена пластина со щелью, расположенной так, чтобы сквозь нее мог пройти только луч, испытавший нормальную дифракцию; за пластиной находится пленка. Рентгеновский источник и щель остаются неподвижными, а образец и пленка перемещаются с одинаковой скоростью. Луч, испытавший дифракцию на участке, где кристалл деформирован, отклоняется от направления нормальной дифракции, поэтому он не попадает в щель и пленка незасвечивается. Таким образом, просветив рентгеновскими лучами образец по всей его площади, можно получить на пленке картину распределения в нем деформаций.

Метод интерференционной электронной микроскопии. Описанные выше методы позволяют наблюдать доменные стенки или соответствующие доменам чередующиеся светлые и темные области. Однако в последнее время появилась возможность прямого наблюдения магнитных силовых линий вне ферромагнитного образца с помощью интерференционной электронной микроскопии. Принцип этого метода заключается в следующем. Между промежуточной и проекционной линзами электронного микроскопа помещается бипризма; электронный пучок, прошедший сквозь образец, и электронный пучок, миновавший его, интерферируют, давая голограмму. Для создания электронного пучка, обладающего подходящими свойствами, используют автоэлектронную эмиссию из острого охлаждаемого вольфрамового катода. Записанная на фотопластинку голограмма освещается лазерным лучом с соответствующей длиной волны. Лазерный луч, прошедший через голограмму, интерферирует с лучом, не прошедшим через нее. С помощью этой картины можно воспроизвести реальное изображение образца.

Тема 15. Экспериментальные исследования динамических свойств.

Впервые статические и динамические аспекты внутри граничного распределения намагниченности в одноосном бесконечном ферромагнетике были рассмотрены в известной работе Ландау и Лифшица, показавшими, что доменная граница представляет собой топологически стабильную одномерную обменную спиновую пружину. Последующие многочисленные экспериментальные и теоретические работы, показали, что распределение намагниченности в границе является многомерным. ДГ состоит из участков с противоположным направлением разворота спинов, с переходной областью между ними, представляющую собой часть ДГ - блоховскую линию, в которой происходит поворот вектора M как поперек стенки, так и вдоль нее. Более детальный учет вклада всех типов магнитных взаимодействий в полную энергию ферромагнетика показал, что структура стенок может быть трехмерной с образованием скрученных участков и блоховских точек.

Особый интерес вызывают исследования влияния элементов структуры ДГ на процессы намагничивания ферромагнетика, поскольку они являются важными каналами диссипации энергии, лимитирующими скорость движения границы и определяющими ее инерционные свойства. Кроме того, теоретически и экспериментально, в недавних работах на монокристаллах ИЖГ, было показано, что на динамические свойства ДГ существенное влияние оказывают сугубо нелинейные процессы возбуждения в ней специфических пристеночных магнонов и уединенных волн солитонного типа. Благодаря достигнутым успехам в развитии методов решения нелинейных уравнений Ландау-Лившица для движения намагниченности была показана возможность формирования в идеализированной бездиссипативной среде динамических солитонов и их трансформации в топологически устойчивые доменные границы. Однако для реальных магнетиков в целом и системы спинов, формирующих ДГ, в частности, эта важная задача физики магнетизма по анализу формирования доменных границ и их субструктуры во внешних полях оставалась нерешенной. Несмотря на большое количество теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств структуры ДГ, полного понимания механизма формирования и эволюции ее элементов в условиях изменения внешней накачки в широком динамическом диапазоне достигнуто не было. Выяснение основных закономерностей кинетики преобразования структуры и элементарных актов перемагничивания ДГ и зависимости этих явлений от структуры и динамических свойств содержащихся в ней элементов в условиях различных режимов ее движения представляет фундаментальный интерес, важный с точки зрения развития физики доменных границ и спектров возбуждений в ферромагнетике. В связи с этим первостепенное значение приобретает прямое экспериментальное исследование элементарных актов перемагничивания ДГ и элементов ее структуры при последовательном изменении параметров внешней накачки.

Для экспериментального определения динамических характеристик часто **применяется осциллографический метод**. Уступая другим методам в точности измерений, осциллографический метод, погрешность которого (7-10%), выгодно отличается по трудоемкости и не имеет равных по наглядности, возможности не только измерять, но и визуально наблюдать влияние различных факторов - частоты, температуры, механических напряжений и др. - на характеристики в широких пределах их изменения.

Использование **Метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР)** основано на определении температуры, соответствующей минимальному времени спин-решеточной релаксации T_1 , перегибу на температурной зависимости времени T_2 или ширины линии АН в спектрах на частоте 104-108 Гц. Обычно для исследования молекулярного движения в полимерах используют температурную зависимость второго момента АН 2 .

Если полимер, охлажденный до очень низкой температуры, постепенно нагревать, то величина второго момента уменьшается по мере размораживания каждого вида молекулярного движения. Наиболее заметное

снижение должно наблюдаться при размораживании сегментального движения, т. е. при переходе полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние. Определение температурной области, в которой происходит значительное уменьшение величины АН22, является одним из способов идентификации области стеклования и относится в наибольшей степени к аморфным полимерам.

При действии внешнего магнитного поля ориентация спинов в среде полимера определяется поляризацией магнитных моментов ядер, тогда как тепловое движение атомов очень слабо влияет на порядок в расположении спинов. Если приложить магнитное поле к полимерной среде, а затем убрать его, то начинается спад магнитной поляризации ядер, обусловленный их тепловым движением. Явление спин-решеточной релаксации и представляет собой спонтанный спад магнитной поляризации в отсутствие внешнего поля, обусловленный тепловым движением.

Спин-решеточная релаксация наблюдается наиболее отчетливо, когда частота тепловых колебаний сравнима с частотой ЯМР. В стеклообразном состоянии время спин-решеточной релаксации T_2 не зависит от температуры. В высокоэластическом состоянии T_2 линейно возрастает с повышением температуры, и тем сильнее, чем выше молекулярная подвижность. Если измерения проводят на фиксированной частоте в достаточно широком интервале температур, то оказывается, что время спин-решеточной релаксации проходит через минимум, который для каждого релаксационного процесса наблюдается при вполне определенной температуре. Температуру, при которой происходит изменение формы линии, а также характера температурной зависимости T_2 , можно рассматривать как T_c , определяемую методом ЯМР. Из-за высокой частоты воздействия магнитного поля эта температура выше T_g , определяемой статическими методами, на 20-25°C.

Состояние полимера можно оценить и по форме линии сигнала ЯМР. В случае аморфных полимеров наличие локального поля и сильного межмолекулярного взаимодействия приводит к тому, что в стеклообразном состоянии кривая поглощения оказывается достаточно широкой. При повышении температуры и молекулярной подвижности происходит некоторое усреднение по времени локального поля и его ослабление; кривая поглощения становится более узкой. Для высокоэластического состояния характерно интенсивное молекулярное движение, и кривая поглощения становится очень узкой по сравнению со стеклообразным состоянием. Метод ЯМР широких линий условно можно рассматривать как статическую модификацию метода ЯМР.

В Методе электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) фиксируется перегиб на зависимости ширины линии в спектре ЭПР радикалов или парамагнитных зондов, введенных в полимер, от температуры. Исследования ведут на частотах 106-109 Гц с использованием стабильных радикалов, в концентрациях не более 10^{-4} моль/л. В зависимости от способа ввода радикалов различают спиновые зонды - радикалы, растворенные в полимере, и спиновые метки - радикалы, химически

связанные с макромолекулами. Считается, что зонды локализуются в аморфной фазе, а метки могут присоединяться по всей длине или по концам макромолекулы, что позволяет разделить, идентифицировать движение отдельных участков цепей.

Метод ЭПР фиксирует все виды переходов, но считается косвенным, дополняющим традиционные методы и применим при температурах не выше 180 °С, поскольку нитроксильные радикалы термически нестабильны.

Использование Хроматографии для изучения стеклования основано на изменении диффузионных характеристик полимера при переходе из стеклообразного в высокоэластическое состояние и позволяет не только фиксировать величину T_g , но и делать выводы о морфологии полимера.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Физика фазовых переходов и критических явлений» применяются следующие информационные технологии: активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках *лабораторного практикума* используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах), опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях

Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия, которые в сочетании с внеаудиторной

работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

Электронный учебник. Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по дисциплине «Физика фазовых переходов и критических явлений». Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Гипертекстовая структура позволяет обучающемуся определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы, и способ изложения материала.

Компьютерная тестирующая система. Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого, а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний студентов.

Презентация. Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

Учебно-исследовательская работа. В процессе изучения дисциплины используется данная форма практической самостоятельной работы студента, позволяющая студентам изучать научно-техническую информацию по заданной теме, моделировать процессы, проводить расчеты по разработанному алгоритму с применением ЭВМ и сертифицированного программного обеспечения, участвовать в экспериментах, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Результаты исследований представляются на научно-практических конференциях.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 40% лекционных занятий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;

- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по практическим занятиям, охватывающие базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль. Дифференциальный зачет в конце 7 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

6.1 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка реферата (до 5 страниц), презентации и доклада (10-15 минут)
4. Подготовка к экзамену

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы:

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка реферата (до 5 страниц), презентации и доклада (10-15 минут)	Прием реферата, презентации, доклада и оценка качества их исполнения на мини-конференции.	См. разделы 6.1, 6.2 и 7 данного документа
2.	Подготовка к экзамену	Промежуточная аттестация в форме экзамена.	См. разделы 6.3, 6.4 и 7 данного документа

1. Текущий контроль: Прием реферата, презентации, доклада и оценка качества их исполнения на мини-конференции.
2. Промежуточная аттестация в форме диф. зачета.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лекции, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе экзаменационного вопроса. Примерно с пятой недели семестра - в форме контроля самостоятельной работы по подготовке рефератов, содержание кото-

рых будет представлено публично на мини-конференции и сопровождается презентацией и небольшими тезисами в электронной форме. Выбор темы реферата согласуется с лектором.

Практикуется два типа тем - самостоятельное изучение конкретной проблемы или ознакомление с учебным дистанционным курсом по теме курса. Результаты самостоятельной работы играют роль допуска к экзамену.

Промежуточная аттестация:

Для допуска к зачету надлежит сделать сообщение на мини-конференции, представить презентацию и собственно текст реферата.

Дифференциальный зачет проходит в устной форме в виде ответов на билеты и, если понадобится, то на дополнительные контрольные вопросы, которые задает экзаменатор при необходимости уточнить оценку.

- Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса и демонстрацию способности самостоятельно анализировать вопросы применения и развития современных ИТ.
- Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.
- Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.
- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом курса.

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Тематика рефератов ежегодно подвергается пересмотру и обновлению соответственно появлению новых перспективных средств и методов работы с информацией. Предлагается следующий список рефератов, который может быть расширен и уточнен при обсуждении и конкретизации со студентами:

6.3. Примеры тем рефератов.

1. Фазовые переходы в магнитных материалах.
2. Модели магнитных материалов.
3. Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.
4. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).
5. Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности.
6. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.
7. Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.

6.4. Рекомендации к последовательности выполнения реферата.

А) Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:

1. Согласовать название сообщения.
2. Написать тезисы реферата по теме.
3. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
4. Подготовить презентацию по выбранной теме.
5. Сделать сообщение на мини-конференции.

Б) Ознакомление с заданным дистанционным курсом:

1. Представить основные идеи заданного курса.
2. Описать достоинства и недостатки материала, изложенного в данном курсе.
3. Написать отзыв на данный курс.
4. Сформулировать рекомендации по применению данного курса.
5. Сделать сообщение о содержании курса на мини-конференции.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-7;	Навыки: самоорганизация и самообразования	Устный опрос, письменный опрос
ОПК-2, ПК-2; ОПК-3	Умение: использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач Умение проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Письменный опрос
ПК-1 ПК-5	Знать: специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин; современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Круглый стол

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций,

описание шкал оценивания.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов**– в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-балльную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

ОК-7 (способностью к самоорганизации и самообразованию)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Уметь самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий	Ознакомлен с возможностями профессиональной эксплуатации современного оборудования и	Показывает знание примеров профессиональной эксплуатации	Демонстрирует умение применять современное оборудование и

	и использовать в практической деятельности новые знания и умения Должен обладать способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме	приборов.	и современног о обору- дования и приборов	приборы
--	---	-----------	--	---------

ПК2 (способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительн о	Хорошо	Отлично
Пороговы й	Должен обладать способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Имеет неполное Представление о способности проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Допускает Неточности в способности проводить научные исследования в избранной области экспериментальны х и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Демонстрирует четкое представление О способности проводить научные исследования в избранной области экспериментальны х и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

ПК5 способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

Уровень	Показатели (что	Оценочная шкала
---------	-----------------	-----------------

	обучающийся должен продемонстрировать)	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Должен обладать способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Ознакомлен с основными положениями жизненного цикла программ (ЖЦП) и особенностями проектной документации.	Имеет опыт работы по ТЗ в рамках практики по программированию	Показывает навыки успешной подготовки ТЗ для своей программы в рамках практики по программированию

ОПК- осознает социальную значимость своей будущей профессии, обладает мотивацией к выполнению профессиональной деятельности

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Должен осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладает мотивацией к выполнению профессиональной деятельности	Имеет неполное представление о современных методах обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Допускает Неточности в современных методах обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Демонстрирует четкое представление в современных методах обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Текущий контроль осуществляется в виде опросов (0-1) и теста (0-1-2) по окончании каждого раздела программы и коллоквиума (1-2) по окончании курса. Активное участие в предоставлении (2-3-4 балла) и обсуждении докладов (1-2), групповой работе (1-2) и успешное участие в опросах (1-2) обеспечивают накопление баллов. Удачная сдача теста, активное участие в коллоквиумах, в совокупности с нормальной текущей работой, означают автоматическое получение допуска к дифференцированному зачету. Пропуски и опоздания на занятия означают вычет соответственно 2 и 1 балла из накопленной суммы. Тем, кто не набрал достаточного количества баллов, дается дополнительное домашнее задание в виде реферата (0-1-2-3-

4-5 баллов). Оценка по итогам работы на семинарах в течение учебного года определяется суммой баллов: менее 0 баллов – оценка «2», от 1 до 9 – «3», от 10 до 14 – «4», более 14 – «5».

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1976.
2. Стэнли Г. Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973.
3. Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. -М.: Наука, 1982.
4. Ма Ш. Современная теория критических явлений. – М.: Мир, 1980.

б) дополнительная литература:

1. Вильсон К., Когут Дж. Ренормализационная группа и ϵ -разложение. – М.: Мир, 1975.
2. Физика магнитных явлений./ Под ред. Смоленского Г.А. – Ленинград: Наука, 1974.
3. Белов К.П. и др. Ориентационные фазовые переходы в редкоземельных магнетиках. – М.: Наука, 1979.
4. Изюмов Ю.А., Сыромятина В.Н. Фазовые переходы и симметрия кристаллов. – М.: Наука, 1984.
5. Александров К.С. и др. Магнитные фазовые переходы в галоидных кристаллах. – М.: Наука, 1983.
6. Квантовая теория поля и физика фазовых переходов. – Сборник статей. – М.: Мир, 1975.
7. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. – М.: Наука, 1982.
8. Уайт Р., Джебелл Т. Дальний порядок в твердых телах. – М.: Мир, 1982.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

- 1.
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fero.ru).
5. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - 25698-00.
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>

8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
10. www.affp.mics.msu.su
11. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским (практическим) занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины "Физика фазовых переходов и критических явлений".
- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя;
- лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал;
- в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы;
- в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам;
- подготовку и активную работу на лабораторных занятиях;
- подготовка к лабораторным занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Наименование лабораторий, ауд.: физический факультет, ауд. 2-32 (лекционная), 2-32 и 3-16 (лабораторная).

Основное оборудование: Мультимедийный проектор-11г.; Ноутбук acer-11г.; лабораторное оборудование по физике магнитных явлений.

-
- Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями физического практикума – 2 лаб.

- При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.
- При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.