



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



«Утверждаю»
Директор по научной работе и
инновациям
Н.А. Ашурбеков
2020 г.

Рабочая программа дисциплины

«Физика фазовых переходов и критических явлений»

основной образовательной программы подготовки аспиранта по
направлению

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации
(аспирантура)

Квалификация (степень) выпускника:

«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала 2020

Рабочая программа по дисциплине «Физика фазовых переходов и явлений» составлена в 2020 году на основании ФГОС ВО по направлению подготовки научно-педагогических кадров по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь» утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 867;

Составитель рабочей программы
Чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор  Муртазаев А.К.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета физического факультета протокол №6 от «28» февраля 2020 г.

/Председатель ученого совета
физ. фак-та  Курбанисмаилов В.С.

«28» февраля 2020г.

Согласовано:
начальник Управления
аспирантуры и докторантуры  Э.Т. Рамазанова
«26» марта 2020г.

Содержание

	Стр.
Аннотация рабочей программы дисциплины	4
1 Цели освоения дисциплины	5
2 Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры	5
3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	5
4 Объем, структура и содержание дисциплины	7
5 Образовательные технологии	13
6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов	14
7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	16
8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	24
9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	25
10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	25
11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	26
12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	27
13 Иные сведения и (или) материалы	28

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Физика фазовых переходов и критических явлений входит в (*базовую, вариативную, вариативную по выбору*) часть образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

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

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *профессиональных*: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

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 - *зачета.*

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Курс	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе								
	Контактная работа обучающихся с преподавателем								
	Все го	из них							
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
2	72	12		6			56	зачет	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика фазовых переходов и критических явлений» являются: ознакомление аспирантов 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 ОПОП аспирантуры:

Дисциплина «Физика фазовых переходов и критических явлений» входит в вариативную часть образовательной программы аспирантуры по направлению 03.06.01 Физика и астрономия.

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) .

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенций и ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ПК-1	способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ (ПК-1);	Знать: <ul style="list-style-type: none">• основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике плазмы и твердотельной электронике;• Основные языки программирования и программные продукты, используемые при моделировании физических процессов; Уметь: <ul style="list-style-type: none">• использовать аппарат высшей математики при описании физических свойств объектов физической электроники;• использовать программные продукты при разработке физических моделей объектов физики;

		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами численного моделирования на языках программирования. <p>Приемами создания динамических моделей и презентаций с использованием программных продуктов.</p>
ПК-2	<p>способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов и обработке и интерпретации полученных результатов</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Требования к точности, устойчивости и алгоритмической сложности основных методов численного анализа. • Нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР. • Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. • Готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной сфере научной деятельности. • Представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес сообществу. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами планирования, подготовки проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направлению физика и астрономия. - Навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение НИР и проектных работ по направлению физика магнитных явлений.
ПК-3	<p>способностью применять методы и алгоритмы, в том числе параметрические и комбинаторные, решения изобретательских задач, выбирать оптимальное (рациональное) решение из множества возможных вариантов.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • о методах и алгоритмах решения изобретательских задач; • о параметрических и комбинаторных методах решения изобретательских задач. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать оптимальное решение изобретательских задач, используя современные методы и алгоритмы.
ПК-4	<p>способностью обосновывать принятое техническое решение, оценивать возможные</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -Способы реализации и программирования методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений

	последствия его внедрения	<p>и их систем</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Работать с интегрированными средами разработки и программирования; • Работать с информацией в области численного моделирования с использованием различных источников, включая учебную литературу материалы научных периодических изданий, фонды алгоритмов и программ <p>Владеть:</p> <p>Методами анализа результатов численного моделирования с использованием специализированного программного обеспечения</p>
--	---------------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 18 академических часов. СРС – 56 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	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Общие сведения о фазовых переходах									
1	Введение. Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок.	1		2				10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Критические флуктуации. Корреляционная функция. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга.	1		2	2			8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Теория подобия	1		2				10	Опросы,

	(скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.								представление докладов, участие в дискуссиях, тест
	Итого по модулю 1:			6	2			28	
	Модуль 2. Классическое представление о фазовых переходах								
1	Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга). Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности.	1		2	2			10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
2	Концентрационные фазовые переходы и теория протекания. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.	1		2	2			8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
3	Динамика критических флуктуаций. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.	1		2				8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.
	Итого по модулю 2:			6	4			26	
	ИТОГО			12	6			54	

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.

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 накладываемся.

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 2. Критические флуктуации. Корреляционная функция. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга

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 Орштейна – 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.

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 Орнштейна-Цернике. Позднее Орнштейн 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 3. 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.

Модуль 2. Тема 4. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга). Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности

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 5. 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 периодич. 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 электрич. 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 6. 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 ($RbMnFs$), в работе Коллинса, Минкевича, Натанса, Пэсселла и Ши-ране для ферромагнитного металлического железа и в работе Минкевича, Коллинса, Натанса и Ширане для ферромагнитного никеля.]

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины

«Методы обработки информации» и формирует необходимые компетенции;
решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов

6. Учебно – методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

На самостоятельную работу аспирантов в курсе «Физика фазорвых переходов и критических явлений» отведено 48 часов, что составляет 75% общего объема.

Самостоятельная работа – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа аспирантов, выполняемая в аудиторное и внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия; это процесс активного, целенаправленного приобретения и (или) закрепления обучающимся новых знаний и умений по конкретной дисциплине (модулю). Самостоятельная работа аспирантов является одним из видов учебных занятий и должна сопровождаться контролем и оценкой ее результатов.

Целью самостоятельной работы аспирантов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Основными видами самостоятельной работы являются аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа.

Для реализации самостоятельной работы каждого аспиранта необходимо обеспечить

- методическими рекомендациями;
- информационными ресурсами (учебными пособиями, индивидуальными заданиями, обучающими программами и т.д.);
- временными ресурсами;
- консультациями преподавателей;
- возможностью публичного обсуждения теоретических или практических результатов, полученных обучающимся самостоятельно (на конференциях, олимпиадах, конкурсах).

С целью эффективного планирования самостоятельной работы рекомендуется:

- обеспечить доступ аспирантов к календарным планам (выпискам из них в части регламентации самостоятельной работы и контрольных точек текущего контроля) и программам по дисциплинам (модулям);
- использовать при планировании самостоятельной работы график текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) учебного года.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы аспиранта

является оценка сформированности компетенций на основе:

- уровня освоения обучающимся учебного материала;
- умений аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованности и четкости изложения ответа;
- оформления материала в соответствии с требованиями.

Для методического обеспечения самостоятельной работы аспирантов преподавателю рекомендуется:

- определить перечень форм и видов аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов, цели и задачи каждого из них, сроки выполнения и формы контроля;
- разработать методические указания для аспирантов по самостоятельной работе, содержащие целевую установку и мотивационную характеристику изучаемых тем, списки основной и дополнительной литературы для изучения всех тем дисциплины (модуля), теоретические вопросы и вопросы для самоподготовки, усвоив которые аспирант может выполнять целевые виды деятельности (предлагаемые на практических, семинарских, лабораторных занятиях заданий), алгоритмы целевой деятельности аспирантов при выполнении полученных заданий на практических занятиях и др.

Виды самостоятельной работы

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с литературой - изучение обязательной и дополнительной литературы;
- подготовка научных докладов по отдельным разделам дисциплины;
- подготовка к практическим работам (семинарам), лабораторным работам, зачету.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
1.	Вводное занятие	ПК-1 Знать: 2 Уметь: 2 ПК-2 Знать: 1 Уметь: 2 ПК-3 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1	Ответы на контрольные вопросы.
2.	Классификация фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
3.	Критические флуктуации. Корреляционная функция. Теория Орштейна-Цернике. Критерий Гинзбурга.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
4.	Теория подобия (скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение. ответы на контрольные вопросы
5.	Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
6.	Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы

7.	Концентрационные фазовые переходы и теория протекания.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть:	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
8.	Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
9.	Динамика критических флуктуаций. Феноменологические описание и теория взаимодействующих мод.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы
10.	Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.	ПК-1 Знать: 1,2 Уметь: 1,2 Владеть: 1 ПК-2 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1 ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы

4.1. 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
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике плазмы и твердотельной электронике; Основные языки программирования и программные продукты, используемые при моделировании физических процессов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> использовать аппарат высшей математики при описании физических свойств объектов физической электроники; использовать программные продукты при разработке физических моделей объектов физики; 	<ul style="list-style-type: none"> Устный опрос, письменный опрос

	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами численного моделирования на языках программирования. • Приемами создания динамических моделей и презентаций с использованием программных продуктов. 	
ПК-2	<p>Знать:</p> <p>Требования к точности, устойчивости и алгоритмической сложности основных методов численного анализа.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР. • Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. • Готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной сфере научной деятельности. • Представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес сообществу. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами планирования, подготовки проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направлению физика и астрономия. <p>Навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение НИР и проектных работ по направлению физика магнитных явлений.</p>	Круглый стол
ПК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • о методах и алгоритмах решения изобретательских задач; • о параметрических и комбинаторных методах решения изобретательских задач. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать оптимальное решение изобретательских задач, используя современные методы и алгоритмы. 	Разноуровневые задачи

ПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> Способы реализации и программирования методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> Работать с интегрированными средами разработки и программирования; Работать с информацией в области численного моделирования с использованием различных источников, включая учебную литературу материалы научных периодических изданий, фонды алгоритмов и программ <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> Методами анализа результатов численного моделирования с использованием специализированного программного обеспечения 	Мини-конференция
------	---	------------------

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ПК-1 - способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Базовые знания компьютерных технологий -основ профессиональной деятельности; грамотно пользоваться профессиональным и терминами; применять информационно-коммуникационные технологии с учетом основных	Способен применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции,	Демонстрирует умение решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационн	Демонстрирует умение собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

	требований информационной безопасности.	сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ.	ых технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	
Базовый	Умение применять знания в области информационных технологий при решении профессиональных задач. Современные информационные технологии, методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств информационных технологий	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий	способностью эффективно применять базовые математические знания и информационные технологии при решении проектно-технических и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий	способностью применять на практике международные и профессиональные стандарты информационных технологий, современные парадигмы и методологии, инструментальные и вычислительные средства. Способностью разрабатывать, оценивать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов информационных технологий,

ПК-2 - способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов и обработке и интерпретации полученных результатов

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и	Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы,	Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной	Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов

	представления результатов измерений (в том числе диссертационной работы)	методами обработки и представления результатов измерений (в том числе диссертационной работы)	работы, методов обработки и представления результатов измерений (в том числе диссертационной работы)	выполненной работы, применять методы обработки и представления результатов измерений
Базовый	Способность самостоятельно успешно и систематически применять методы планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных, формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций	Участвует в планировании, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных, формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций	Демонстрирует умение применять методы планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных, формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций	Способен самостоятельно успешно и систематически применять методы планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения экспериментальных данных, формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций

ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность применять методы и алгоритмы, в том числе параметрические и комбинаторные, решения изобретательских задач, выбирать оптимальное (рациональное) решение из множества возможных вариантов».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Навыки применения методов и алгоритмов решения изобретательских задач.	Имеет общее представление о тех методах и алгоритмах решения изобретательских задач по вопросам, относящимся к квантовой теории.	Может составить программу численного расчета некоторых задач квантовой теории, в том числе релятивистской.	Свободно владеет теми методами и алгоритмами решения задач изобретательского характера и использует при этом совершенно неизвестные методы расчета.

Базовый	Представление о методах и алгоритмах решения изобретательских задач.	Ознакомлен с некоторыми методами и алгоритмами решения изобретательских задач.	Может использовать алгоритмы и программы численного анализа изобретательских задач.	Использует программы для численного анализа полученных результатов решения изобретательских задач.
Продвинутый	Понимание необходимости знания методов и алгоритмов решения изобретательских задач.	Знает о необходимости применения различных методов решения изобретательских задач.	Ознакомлен с методами квантовой теории поля, необходимыми для выполнения задания по задаче изобретательского характера.	Может использовать и использует некоторые методы и алгоритмы решения задач квантовой статистики, необходимые для научной деятельности.

ПК-4 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР
Базовый	ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-

		подготовки	подготовки	исследовательских и проектных работ по направленности подготовки
--	--	------------	------------	--

Схема оценки уровня формирования компетенции

ПК-1 - способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно – исследовательских задач

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знания современного состояния науки в области фундаментальных и прикладных наук	Фрагментарное представление о современном состоянии науки в области фундаментальной и прикладной науки	Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные проблемы, представления о современном состоянии науки в области фундаментальной и прикладной наук.	Показывает сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области фундаментальной и прикладной наук.
Базовый	Умение представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях	Демонстрирует навыки использования методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Показывает умение в целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в	Демонстрирует успешное, но не содержащее отдельные проблемы использования методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных

			рецензируемых научных изданиях	изданиях
--	--	--	--------------------------------	----------

ПК-2 - способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать: нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР
Базовый	УМЕТЬ: готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области фундаментальной и прикладной наук	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям

ПК-3 - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	ЗНАТЬ: требования к содержанию и правила	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и	Общие представления о требованиях к содержанию и	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы

	оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта
Базовый	УМЕТЬ: представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес- сообществу	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационно й работы) академическому и бизнес- сообществу

ПК-4 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	ВЛАДЕТЬ: методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (научной специальности)	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР
Базовый	ВЛАДЕТЬ: навыками составления и подачи конкурсных заявок на	Фрагментарное применение навыков составления и подачи	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы

	выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки	применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки
--	--	---	--	---

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы

Примерные темы рефератов по разделам дисциплины.

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.

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.

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

Фонд оценочных средств для проведения Критерии оценки знаний на экзамене

Критерии оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций:

- умение аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- полнота выполненных исследований в соответствии с заданием;
- обоснованность и чёткость изложения ответа;
- оформление отчётного материала в соответствии с требованиями;
- творческий подход к выполнению заданий;
- уровень владения новыми технологиями, способность критического отношения к информации;
- уровень ответственности за своё обучение и самоорганизацию познавательной деятельности.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение домашних заданий – 25 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

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

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

Оценка «отлично» на экзамене ставится при: правильном, полном и логично построенном ответе; умении оперировать специальными терминами; использовании в ответе дополнительного материала.

Оценка «хорошо» на экзамене ставится при: правильном, полном и логично построенном ответе; умении оперировать специальными терминами; использовании в ответе дополнительный материал.

Но в ответе: имеются негрубые ошибки или неточности; делаются не вполне законченные выводы или обобщения.

Оценка «удовлетворительно» ставится при: схематичном неполном ответе; неумении оперировать специальными терминами или их незнании;

ответе с одной грубой ошибкой;

Оценка «неудовлетворительно» ставится при: ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками; неумении оперировать специальной терминологией;

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. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>

- Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
 3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
 4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
 5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
 6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
 8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
 9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
 10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
 11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
 13. **Springer**. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
 14. **SCOPUS** <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по **31.12.2017г.**
 15. **Web of Science** - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г.

подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г.

16. «**Pro Quest Dissertation Theses Global**» (**PQDT Global**). - база данных зарубежных –диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по **31.12.2017г.**
17. **Sage** - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № **Sage/73** от **09.01.2017** <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
18. **American Chemical Society**. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № **ACS/73** от **09.01.2017** г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
19. **Science** (академическому журналу **The American Association for the Advancement of Science (AAAS)**) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Данная дисциплина призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации. Поэтому огромное внимание уделяется самостоятельной работе и оформлению ее в виде соответствующего реферата. Их тематика тесно связана с направлениями НИР, по которым ведется научная работа аспирантов. Предлагаемые темы рефератов согласовываются с научным руководителем аспиранта, с тем, чтобы увязать тему реферата с темой диссертации

Реферат должен содержать следующие обязательные разделы:

- а) литературный обзор с оформленным списком источников;
- б) четкая постановка задачи или проблемы и пути ее решения;
- в) историю исследования;
- г) современное состояние проблемы.

По содержанию реферата должна быть

- а) подготовлена презентация для публичной защиты;
- б) подготовлены вопросы к аудитории по представленному материалу для выяснения усвоения основных положений доклада.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- Информационные технологии (ИТ) сбора информации из внешних источников;
- ИТ обработки текстовой информации посредством пакета прикладных программ Microsoft Office;
- ИТ обработки графической информации посредством пакета прикладных программ Microsoft Office;
- ИТ создания анимированной графики;
- ИТ интеграции текстовой и визуальной информации в мультимедийный проект;
- Информационно-поисковые технологии, включающие семантический, документальный, фактографический, полнотекстовый поиск в электронных и традиционных библиотеках, на Web-сайтах, персональных Web-страницах, поиск по метаданным.

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

Материально – техническая база кафедры Магнетизма и физики фазовых переходов и Института физики ДНЦ РАН, которая осуществляет подготовку по направлению 01.04.11 «Физика магнитных явлений», позволяет готовить аспирантов, отвечающих требованиям ФГОС.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.

- компьютерный класс ИФ, интегрированный в Интернет;
- Мультимедийное оборудование;
- Мультимедийные материалы;

Программное обеспечение

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Программа «Origin 8.0» (Microcalc corp.) демо-версия

13. Иные сведения и (или) материалы

Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При реализации различных видов учебной работы (лекции, самостоятельная работа) используются следующие образовательные технологии:

Лекционная система обучения;

Информационно-коммуникационные технологии;

Исследовательские методы в обучении;

Проблемное обучение.

Предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

8. создание диалогического пространства в организации учебного процесса аспиранта;
9. использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
10. формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспирантов;

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижения важнейших образовательных целей:

11. развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, научной коммуникации;
- повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы аспирантов;
12. стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения физики конденсированного состояния в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане.

Тематика аудиторных лекционных занятий тесно связана с направлениями НИР ИФ, по которым ведется научная работа аспирантов.

Формы проведения индивидуальной и самостоятельной работы:

13. на установленном занятии даются информационные материалы по курсу, рекомендации по написанию рефератов и презентаций к ним;
14. предлагаемые темы рефератов согласовываются с научным руководителем аспиранта, с тем, чтобы увязать тему реферата с темой диссертации;
15. аспиранты посещают постоянно действующий семинар кафедры теоретической и общей физики, где слушают доклады и сами выступают с сообщениями по своим рефератам и разделам диссертации.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Института физики (<http://www.dagphys.ru/>) Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым аспиранты имеют свободный доступ.

В рамках практических занятий используется умение аспирантов 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 аспиранты закрепляют навыки, 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.

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 аспирантов.

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 аспиранта, позволяющая аспирантам 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.