

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Х.И. Амирханова  
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

УТВЕРЖДАЮ



И.о. директора

А.К. Муртазаев

« 30 » июня 2015 г.

Одобрена Ученым советом ФГБУН ИФ ДНЦ РАН

Протокол № 6 от « 30 » июня 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины Б1.В.ДВ.2.

**ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И КРИТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

**Уровень образования**

Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

**Направление подготовки**

03.06.01 Физика и астрономия

**Квалификация (степень) выпускника:**

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Трудоемкость в академических часах	72 часов, в т.ч. Лекции – 12 ч., Лабораторные занятия – 6 ч., Самостоятельная работа – 54 ч., Зачет
Трудоемкость в зачетных единицах	2 ЗЕТ

Махачкала 2015

Рабочая программа по дисциплине «**Физика фазовых переходов и критических явлений**» составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия, утвержденным приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 867.

Разработчики программы:

Д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, профессор, Муртазаев А.К.



К.ф.-м.н., Хизриев К.Ш.



## Оглавление

	Стр
1. Аннотация рабочей программы дисциплины _____	4
2. Цели освоения дисциплины: _____	4
3. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры _____	5
4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) _____	5
5. Объем, структура и содержание дисциплины _____	6
6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). _____	8
7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине _____	13
8. Виды самостоятельной работы _____	13
9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине _____	14
10. Типовые контрольные задания или иные материалы _____	17
11. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций _____	17
12. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины _____	18
13. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. _____	18
14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины _____	19
15. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине _____	19
16. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине _____	20
17. Иные сведения и (или) материалы _____	20

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Физика фазовых переходов и критических явлений входит в (базовую, *вариативную*, *вариативную по выбору*) часть образовательной программы аспирантуры по направлению «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 –18 часов.

Курс	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
2	72	12	6				54	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 ООП аспирантуры:

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

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	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в физике конденсированного состояния	<b>знать:</b> - основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике конденсированного состояния; - физические методы исследования и описания конденсированного состояния вещества; <b>уметь:</b> - использовать аппарат высшей математики при описании фундаментальных свойств конденсированных веществ; - применять законы естественных наук в теоретических и экспериментальных исследованиях конденсированных веществ; <b>владеть:</b> - навыками применения базовых знаний в области математики и естественных наук в определенной области физики конденсированного состояния;
ПК-2	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности	<b>знать:</b> - преимущества и недостатки присутствующих методов исследования физических свойств твердых тел; - требования к параметрам твердотельных веществ при их практическом применении;

		<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять поиск твердотельных материалов с оптимальными для практического использования параметрами;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретическими и экспериментальными методами определения физических характеристик твердотельных веществ;</li> </ul>
<b>ПК-3</b>	способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- готовить сообщения на научно-практической конференции с широким спектром тематики;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обсуждения проблемных работ из периодической научной печати;</li> <li>- методами сбора информации из различных источников для подготовки к семинару, докладу на конференции.</li> </ul>
<b>ПК-4</b>	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные технологии, применяемые при моделировании физических свойств твердотельных материалов;</li> <li>- базы данных для твердотельных материалов;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с информацией в области физики конденсированного состояния из различных источников: отечественной и зарубежной периодической литературой, монографий и учебников, электронных ресурсов Интернет;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения.</li> </ul>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 18 академических часов. СРС – 54 часов

#### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Всего часов по учебному плану	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
			Неделя семестра	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		

<b>Модуль 1. Общие сведения о фазовых переходах</b>									
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 (скейлинг). Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.	1		2				10	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест
<b>Итого по модулю 1:</b>				<b>6</b>		<b>2</b>		<b>28</b>	
<b>Модуль 2. Классическое представление о фазовых переходах</b>									
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	1		2				8	Опросы, представление докладов, участие в дискуссиях, тест. Коллоквиум.

взаимодействующих мод. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.								
<b>Итого по модулю 2:</b>			<b>6</b>		<b>4</b>		<b>26</b>	
<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>		<b>6</b>		<b>54</b>	

### 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,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - 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 смещения. В этой теории раствор вблизи критической точки смещения (в однофазной области на диаграмме смещения) 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 (перколяции 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 к-ром 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. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

В курсе запланировано на самостоятельную работу аспирантов 54 часа. Самостоятельная работа аспирантов является одним из видов учебных занятий, выполняется по заданию преподавателя индивидуально и без его непосредственного участия. Целью самостоятельной работы аспирантов является самостоятельное выполнение практической работы, систематизация и закрепление полученных знаний и практических умений, углубление и расширение знаний, приобретение навыков самостоятельной работы с литературой, развитие способностей к самосовершенствованию. И как итог - сдача кандидатского экзамена.

### ***5.1. Виды самостоятельной работы***

- Работа на лекциях.
- Поисковая работа в Internet.
- Написание рефератов
- Подготовка к кандидатскому экзамену.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	наименование оценочного средства
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).	ПК-1	Доклад-презентация и

	Неравенства между критическими индексами. Законы подобия и уравнение состояния.	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	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	Доклад-презентация и его обсуждение, ответы на контрольные вопросы

		ПК-3 Уметь: 1 Владеть: 1,2 ПК-4 Знать: 1,2 Уметь: 1 Владеть: 1	
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. Феноменологическое 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



## **6.2 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.

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

#### **Критерии оценки знаний на экзамене**

*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;

## **7. 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  $\epsilon$ -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.**

10. Федеральний портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
12. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).

13. 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.
14. Российский портал «Открытого образования»  
<http://www.openet.edu.ru>
15. Сайт образовательных ресурсов  
Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
16. Информационные ресурсы научной библиотеки  
Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу  
Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
17. Федеральный центр образовательного законодательства.  
<http://www.lexed.ru>
18. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)
1. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия

### **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**

7. Использование программного обеспечения ПК.
8. Применения парка персональных компьютеров.
9. Использование сетевых информационных технологий глобальной (Internet) и локальной (Ethernet) сетей, включая web-технологии.

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

Дисплейный класс магистерской и аспирантской подготовки ИФ ДНЦ РАН, научные лаборатории Института физики.

## **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:

10. создание диалогического пространства в организации учебного процесса аспиранта;
11. использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
12. 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:

13. развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, научной коммуникации;  
повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы аспирантов;
14. 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:

15. на установленном занятии даются информационные материалы по курсу, рекомендации по написанию рефератов и презентаций к ним;
16. предлагаемые темы рефератов согласовываются с научным руководителем аспиранта, с тем, чтобы увязать тему реферата с темой диссертации;
17. 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 контролирующие 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.

**Лист регистрации изменений**

Номер измене- ния	Номер пункта (подпункта)			Дата внесения изменения	Изменение	Подпись ответственно- го за внесение изменений
	Изме- нен- ного	Но- вого	Изъ- ято- го			