

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
Кружаев В.В.
«__» _____ 2015 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Код ОП	Направление	Направленность (профиль) программы аспирантуры	Квалификация
03.06.01	Физика и астрономия	Теоретическая физика	Исследователь. Преподаватель-исследователь

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2015

Программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	А.С. Москвин	д.ф.-м.н., профессор	Зав. кафедрой	теоретической физики	

Рекомендовано Учебно-методическими советами Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета ИЕН

Е.С. Буянова

Протокол № 36 от 20.03.2015 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования

Шифр направления	Название направления/направленности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВПО	
		Дата	Номер приказа
03.06.01	Физика и астрономия/ теоретическая физика	от 30.07.2014 г., изменения № 464 от 30.04.2015 г.	867

1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины «Теоретическая физика» является приобретение основных профессиональных компетенций в ходе углубленного изучения основных современных методов теоретической физики, модельных теорий различных физических свойств, прежде всего, конденсированных и сильнокоррелированных сред.

1.2. Место дисциплины в структуре учебной деятельности и основной образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая физика» относится к разделу Б.1 вариативной части ОП направления аспирантуры и направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

универсальные компетенции:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

общепрофессиональные компетенции:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- профессиональные компетенции:

научно-исследовательская деятельность:

- способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор методов и средств решения задач исследования (ПК-1);
- готовностью использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах в области теоретической физики (ПК-3).

2. СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Наименования дисциплины	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплины						
		Аудиторные занятия час.				Самост. работа час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего час/з.е
		Всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы			
Теоретическая физика	6	4	4			104	Экзамен, 6 семестр	108/3
Всего на освоение		4	4			104		108/3

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Объем и содержание дисциплины

№ п/п	Тема, раздел	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
1	Введение. История и актуальные проблемы теоретической физики. Теория конденсированного состояния. Сильнокоррелированные системы.	2	
2	Теоретико-групповые методы. Симметрия и законы сохранения. Группы симметрии. Теорема Вигнера. Метод неприводимых тензорных операторов группы вращения. Теорема Вигнера-Эккарта. Основы графической техники Юциса-Левинсона. Точечные группы. Метод неприводимых тензорных операторов группы куба. Пространственные группы кристаллов. Неприводимые представления. Группы магнитной симметрии.	10	
3	Теория фазовых переходов и критических явлений. Элементы термодинамического описания конденсированных сред. Обобщенные восприимчивости. Спонтанное нарушение симметрии, квазисредние и аномальные функции Грина. Теория Ландау фазовых переходов второго рода, параметры порядка, флуктуации, функциональное интегрирование. Критические индексы и скейлинг. Ренормализационная группа Вильсона. Эпсилон- и 1/n-разложение для критических индексов. Симметрия кристаллов и фазовые переходы. Критерии Лифшица. Ориентационные фазовые переходы. Особенности поведения восприимчивостей при фазовых переходах.	8	

4	<p>Элементы квантовой статистической механики. Статистический оператор и термодинамические функции. Статистические операторы комплексов частиц. Теорема Вика-Блоха-де Доминисиса. Вырождение состояний и квазисредние. Методы квантовой теории поля при $T=0$. Функции Грина, физический смысл, аналитические свойства. Основные принципы диаграммной техники, правила построения диаграмм для различных видов взаимодействий. Уравнение Дайсона, вершинная часть, многочастичные функции Грина, энергия основного состояния. Диаграммная техника при конечных температурах. Температурные (мацубаровские) функции Грина, связь с временными функциями Грина. Диаграммная техника для различных видов взаимодействия. Термодинамический потенциал. Основы техники Келдыша. Двухвременные функции Грина. Запаздывающие, опережающие и причинные функции Грина. Спектральные представления и правила сумм. Цепочки уравнений движения и методы расщепления. Реакция системы на внешнее воздействие, формулы Кубо.</p>	12	
5	<p>Многоэлектронные атомы в кристаллах. Классификация состояний свободного атома. Электростатические взаимодействия. Спин-орбитальное взаимодействие. Теория кристаллического поля (КП). Многоэлектронные конфигурации в схеме сильного кубического КП. Высоко- и низкоспиновые состояния ионов с незаполненной 3d-оболочкой. Схема среднего КП. Кристаллические ^{2S+1}G термы. Схема слабого КП. Метод эквивалентных операторов Стивенса. Теория одноионной магнитной анизотропии редкоземельных ионов и ионов группы железа. Сверхтонкие взаимодействия. Взаимодействие атомов в кристаллах. Обменные и обменно-релятивистские взаимодействия. Спиновые модели Гейзенберга, Изинга, Дзялошинского-Мория. Негейзенберговские спин-гамильтонианы.</p>	12	
6	<p>Электронная теория металлов. Основы теории ферми-жидкости. Феноменологическая формулировка Ландау. Доказательство основных соотношений теории ферми-жидкости методом функций Грина. Кулоновские системы и экранировка, приближения малой и большой плотности. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в металле. Электропроводность металлов. Рассеяние электронов в металлах примесями, фононами, электронами. Температурные зависимости электропроводности и электронной теплопроводности. Правило Матиссена. Эффект Кондо. Влияние топологии поверхности Ферми на электропроводность металла. Формула Лифшица. Электронные свойства металлов в магнитном поле. Уровни Ландау. Осцилляция магнитной восприимчивости. Эффекты Эйнштейна – де Гааза и Шубникова. Циклотронный резонанс. Продольное магнетосопротивление. Сильные и слабые магнитные поля. Влияние топологии поверхности Ферми на электропроводность металлов в магнитном поле. Гальваномагнитные эффекты. Поперечное магнетосопротивление. Магнитоосцилляционные эффекты. Классический и квантовый эффекты Холла.</p>	10	

7	<p>Методы зонной теории кристаллов. Гамильтониан системы электронов и ионов. Приближения модели. Адиабатическое приближение. Метод Хартри-Фока. Приближение сильной и слабой связи. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Методы расчета зонной структуры, метод присоединенных плоских волн. Псевдопотенциалы. Поверхности Ферми d и f металлов. Теория функционала электронной плотности (DFT). Приближения LDA, LSDA, LDA+U. Теория динамического среднего поля.</p>	8	
8	<p>Колебания решеток, фононы. Симметрия кристаллов и классификация фононных мод. Акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов. Элементы кинетики и термодинамики газа фононов при низких температурах. Кинетическое уравнение Больцмана для газа фононов. Приближение времени релаксации. Нормальные процессы и процессы переброса. Фононный газ в идеальном диэлектрике. Второй звук, условия его возникновения. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Фононная теплоемкость и теплопроводность. Спектроскопия фононов. Квантовые кристаллы. Условие устойчивости кристаллического состояния. Параметр де Бюра. Квантовая диффузия. Вакансионные примесоны. Модель жестких ионов и оболочечная модель кристалла. Электронно-колебательные взаимодействия. Гамильтониан. Электрон-решеточная релаксация. Теория эффектов экранировки. Теория эффекта Яна-Теллера. Поляроны. Орбитальное упорядочение. Кооперативное ян-теллеровское упорядочение.</p>	10	
9	<p>Теория сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток. Термодинамика фазового перехода из нормального состояния в сверхпроводящее. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Квантование потока. Длина когерентности. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Два рода сверхпроводников. Вихри Абрикосова. Теория эффекта Джозефсона. Микроскопическая теория стационарного тока Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Метод туннельного гамильтониана. Электродинамика слабой сверхпроводимости. Квантовая интерференция. Нелинейное волновое уравнение. Взаимодействие электронов через виртуальные фононы, куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Метод u-v-преобразования Боголюбова. Уравнения Горькова. Энергетическая щель. Температура сверхпроводящего перехода. Модели экситонной сверхпроводимости Литтла и Гинзбурга. Основные модельные теории высокотемпературной сверхпроводимости.</p>	10	
10	<p>Избранные вопросы теории низкоразмерных систем. Двумерные электронные системы. Кристаллизация Вигнера. Топология двумерных систем. Спиновые 2D модели. Топологические дефекты. Вихри, скирмионы. Теория Березинского-Костерлитца-Таулесса. 1D и 2D модель Изинга. Квантовые магнетики. Магнитные фрустрации. Несоизмеримые структуры. Спиральные системы, гелимагнетики.</p>	8	
11	<p>Элементы теории неупорядоченных систем.</p>	8	

	Классификация неупорядоченных систем. Элементарные возбуждения в неупорядоченных средах. Методы описания. Плотность состояний. Основные представления о локализации Андерсона, скэйлинговая теория. Общие характеристики спектра элементарных возбуждений в неупорядоченных средах. Флуктуационные границы спектра. Структура спектра вблизи флуктуационных границ. Границы подвижности. Электроны в поле случайных примесей, лестничное приближение, квантовые и кулоновские поправки. Фононы в неупорядоченных системах. Экситоны в неупорядоченных системах. Спиновые стекла. Модель Эдвардса-Андерсона. Теория Паризи.		
12	Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем. s-d-модель Шубина-Вонсовского. Модель Боголюбова-Левдина. Модель Андерсона. Модель Хаббарда. Приближения среднего поля (+RPA). Приближение Хартри-Фока. Решение простейших реализаций моделей Андерсона и Хаббарда в приближении Хартри-Фока. Метод Монте-Карло. Классический и квантовый варианты. Примеры решения задач теории сильнокоррелированных систем. Квантовые магнетики. Спиновые гамильтонианы, локализованная и коллективизированная модель. Представления спиновых операторов операторами вторичного квантования. Теорема Вика для спиновых операторов и основы диаграммной техники. Метод молекулярного поля, спиновые волны. Модель Хаббарда, сильно-коррелированные системы, переход Мотта. Псевдоспиновый формализм в сильнокоррелированных системах.	10	
	ИТОГО	108	3

3.2. Распределение объема учебного времени дисциплины по темам и видам работ

№ пп	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины з/е/час					
		Аудиторные занятия				Самостоят. работа	Всего по разделам и темам
		всего	в т.ч. лекции	В т.ч. семинар/практ. занятия	В т.ч. лаб. раб		
1	Введение	2	2				2
2	Теоретико-групповые методы					10	10
3	Теория фазовых переходов и критических явлений					8	8
4	Элементы квантовой статистической механики					12	12

5	Многоэлектронные атомы в кристаллах					12	12
6	Электронная теория металлов					10	10
7	Методы зонной теории кристаллов					8	8
8	Колебания решеток, фононы					10	10
9	Теория сверхпроводимости					10	10
10	Избранные вопросы теории низкоразмерных систем					8	8
11	Элементы теории неупорядоченных систем					8	8
12	Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем	2	2			8	10
Итого по дисциплине		4	4			104	108

3.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Теоретико-групповые методы. Симметрия и законы сохранения. Группы симметрии. Теорема Вигнера. Метод неприводимых тензорных операторов группы вращения. Теорема Вигнера-Эккарта. Основы графической техники Юциса-Левинсона. Точечные группы. Метод неприводимых тензорных операторов группы куба. Пространственные группы кристаллов. Неприводимые представления. Группы магнитной симметрии.	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	10	
Теория фазовых переходов и критических явлений. Элементы термодинамического описания конденсированных сред. Обобщенные восприимчивости. Спонтанное нарушение симметрии, квазисредние и аномальные функции Грина. Теория Ландау фазовых переходов второго рода, параметры по-	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	

<p>рядка, флуктуации, функциональное интегрирование. Критические индексы и скейлинг. Ренормализационная группа Вильсона. Эпсилон- и $1/n$-разложение для критических индексов. Симметрия кристаллов и фазовые переходы. Критерии Лифшица. Ориентационные фазовые переходы. Особенности поведения восприимчивостей при фазовых переходах.</p>			
<p>Элементы квантовой статистической механики. Статистический оператор и термодинамические функции. Статистические операторы комплексов частиц. Теорема Вика-Блоха-де Доминисиса. Вырождение состояний и квазисредние. Методы квантовой теории поля при $T=0$. Функции Грина, физический смысл, аналитические свойства. Основные принципы диаграммной техники, правила построения диаграмм для различных видов взаимодействий. Уравнение Дайсона, вершинная часть, многочастичные функции Грина, энергия основного состояния. Диаграммная техника при конечных температурах. Температурные (мацубаровские) функции Грина, связь с временными функциями Грина. Диаграммная техника для различных видов взаимодействия. Термодинамический потенциал. Основы техники Келдыша. Двухвременные функции Грина. Запаздывающие, опережающие и причинные функции Грина. Спектральные представления и правила сумм. Цепочки уравнений движения и методы расщепления. Реакция системы на внешнее воздействие, формулы Кубо.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	12	
<p>Многоэлектронные атомы в кристаллах. Классификация состояний свободного атома. Электростатические взаимодействия. Спин-орбитальное взаимодействие. Теория кристаллического поля (КП). Многоэлектронные конфигурации в схеме сильного кубического КП. Высоко- и низкоспиновые состояния ионов с незаполненной $3d$-оболочкой. Схема среднего КП. Кристаллические $^{2S+1}\Gamma$ термы. Схема слабого КП. Метод эквивалентных операторов Стивенса. Теория одноионной магнитной анизотропии редкоземельных ионов и ионов группы железа. Сверхтон-</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	12	

<p>кие взаимодействия. Взаимодействие атомов в кристаллах. Обменные и обменно-релятивистские взаимодействия. Спиновые модели Гейзенберга, Изинга, Дзялошинского-Мория. Негейзенберговские спин-гамильтонианы.</p>			
<p>Электронная теория металлов. Основы теории ферми-жидкости. Феноменологическая формулировка Ландау. Доказательство основных соотношений теории ферми-жидкости методом функций Грина. Кулоновские системы и экранировка, приближения малой и большой плотности. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов в металле. Электропроводность металлов. Рассеяние электронов в металлах примесями, фононами, электронами. Температурные зависимости электропроводности и электронной теплопроводности. Правило Матиссена. Эффект Кондо. Влияние топологии поверхности Ферми на электропроводность металла. Формула Лифшица. Электронные свойства металлов в магнитном поле. Уровни Ландау. Осцилляция магнитной восприимчивости. Эффекты Эйнштейна – де Гааза и Шубникова. Циклотронный резонанс. Продольное магнетосопротивление. Сильные и слабые магнитные поля. Влияние топологии поверхности Ферми на электропроводность металлов в магнитном поле. Гальваномагнитные эффекты. Поперечное магнетосопротивление. Магнитоосцилляционные эффекты. Классический и квантовый эффекты Холла.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	10	
<p>Методы зонной теории кристаллов. Гамильтониан системы электронов и ионов. Приближения модели. Адиабатическое приближение. Метод Хартри-Фока. Приближение сильной и слабой связи. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Методы расчета зонной структуры, метод присоединенных плоских волн. Псевдопотенциалы. Поверхности Ферми d и f металлов. Теория функционала электронной плотности (DFT). Приближения LDA, LSDA, LDA+U. Теория динамического среднего поля.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	8	

<p>Колебания решеток, фононы. Симметрия кристаллов и классификация фононных мод. Акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов. Элементы кинетики и термодинамики газа фононов при низких температурах. Кинетическое уравнение Больцмана для газа фононов. Приближение времени релаксации. Нормальные процессы и процессы переброса. Фононный газ в идеальном диэлектрике. Второй звук, условия его возникновения. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Фононная теплоемкость и теплопроводность. Спектроскопия фононов. Квантовые кристаллы. Условие устойчивости кристаллического состояния. Параметр де Бюра. Квантовая диффузия. Вакансии. Примесоны. Модель жестких ионов и оболочечная модель кристалла. Электронно-колебательные взаимодействия. Гамильтониан. Электрон-решеточная релаксация. Теория эффектов экранировки. Теория эффекта Яна-Теллера. Поляроны. Орбитальное упорядочение. Кооперативное ян-теллеровское упорядочение.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	<p>10</p>	
<p>Теория сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток. Термодинамика фазового перехода из нормального состояния в сверхпроводящее. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Квантование потока. Длина когерентности. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Два рода сверхпроводников. Вихри Абрикосова. Теория эффекта Джозефсона. Микроскопическая теория стационарного тока Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Метод туннельного гамильтониана. Электродинамика слабой сверхпроводимости. Квантовая интерференция. Нелинейное волновое уравнение. Взаимодействие электронов через виртуальные фононы, куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Метод $u-v$-преобразования Боголюбова. Уравнения Горькова. Энергетическая щель. Температура сверхпроводящего перехода. Модели экситонной сверхпроводимости Литтла и Гинзбурга. Основные модельные теории</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	<p>10</p>	

высокотемпературной сверхпроводимости.			
<p>Избранные вопросы теории низкоразмерных систем. Двумерные электронные системы. Кристаллизация Вигнера. Топология двумерных систем. Спиновые 2D модели. Топологические дефекты. Вихри, скирмионы. Теория Березинского-Костерлитца-Таулесса. 1D и 2D модель Изинга. Квантовые магнетики. Магнитные фрустрации. Несоизмеримые структуры. Спин-спиральные системы, гелимагнетики.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	8	
<p>Элементы теории неупорядоченных систем. Классификация неупорядоченных систем. Элементарные возбуждения в неупорядоченных средах. Методы описания. Плотность состояний. Основные представления о локализации Андерсона, скэйлинговая теория. Общие характеристики спектра элементарных возбуждений в неупорядоченных средах. Флуктуационные границы спектра. Структура спектра вблизи флуктуационных границ. Границы подвижности. Электроны в поле случайных примесей, лестничное приближение, квантовые и кулоновские поправки. Фононы в неупорядоченных системах. Экситоны в неупорядоченных системах. Спиновые стекла. Модель Эдвардса-Андерсона. Теория Паризи.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	8	
<p>Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем. s-d-модель Шубина-Вонсовского. Модель Боголюбова-Левдина. Модель Андерсона. Модель Хаббарда. Приближения среднего поля (+RPA). Приближение Хартри-Фока. Решение простейших реализаций моделей Андерсона и Хаббарда в приближении Хартри-Фока. Метод Монте-Карло. Классический и квантовый варианты. Примеры решения задач теории сильнокоррелированных систем. Квантовые магнетики. Спиновые гамильтонианы, локализованная и коллективизированная модель. Представления спиновых операторов операторами вторичного квантования. Тео-</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	8	

рема Вика для спиновых операторов и основы диаграммной техники. Метод молекулярного поля, спиновые волны. Модель Хаббарда, сильно-коррелированные системы, переход Мотта. Псевдоспиновый формализм в сильнокоррелированных системах.			
ИТОГО		104	

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению ОП обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, про-	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлечен-

		являет активность.	ность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	--	--------------------	--

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень вопросов к экзамену

1. **Элементы квантовой статистической механики.** Статистический оператор и термодинамические функции. Статистические операторы комплексов частиц. Теорема Вика-Блоха-де Доминисиса. Вырождение состояний и квазисредние.
2. **Методы квантовой теории поля при $T=0$.** Функции Грина, физический смысл, аналитические свойства. Основные принципы диаграммной техники, правила построения диаграмм для различных видов взаимодействий. Уравнение Дайсона, вершинная часть, многочастичные функции Грина, энергия основного состояния.
3. **Диаграммная техника при конечных температурах.** Температурные (мацубаровские) функции Грина, связь с временными функциями Грина. Диаграммная техника для различных видов взаимодействия. Термодинамический потенциал. Основы техники Келдыша.
4. **Двухвременные функции Грина.** Запаздывающие, опережающие и причинные функции Грина. Спектральные представления и правила сумм. Цепочки уравнений движения и методы расщепления. Реакция системы на внешнее воздействие, формулы Кубо.
5. **Основы теории ферми-жидкости.** Феноменологическая формулировка Ландау. Доказательство основных соотношений теории ферми-жидкости методом функций Грина. Кулоновские системы и экранировка, приближения малой и большой плотности.
6. **Система взаимодействующих бозонов.** Основные представления о сверхтекучести. Метод u - v -преобразования Боголюбова в применении к Бозе-газу. Основы диаграммной техники Беляева.
7. **Теория сверхпроводимости.** Куперовская неустойчивость, модель БКШ. Метод u - v -преобразования Боголюбова. Уравнения Горькова. Термодинамика сверхпроводников. Уравнения Гинзбурга-Ландау, два рода сверхпроводников. Эффект Джозефсона.
8. **Элементы квантовой теории магнетизма.** Спиновые гамильтонианы, локализованная и коллективизированная модель. Представления спиновых операторов операторами вторичного квантования. Теорема Вика для спиновых операторов и основы диаграммной техники. Метод молекулярного поля, спиновые волны. Модель Хаббарда, сильно-коррелированные системы, переход Мотта.
9. **Теория фазовых переходов и критических явлений.** Спонтанное нарушение симметрии, квазисредние и аномальные функции Грина. Теория Ландау, флуктуации, функциональное интегрирование. Критические индексы и скейлинг. Ренормализационная группа Вильсона. Эпсилон- и $1/n$ -разложение для критических индексов.
10. **Основные представления современной теории неупорядоченных систем.** Электроны в поле случайных примесей, лестничное приближение, квантовые и кулоновские поправки. Основные представления о локализации Андерсона, скейлинговая теория. Метод реплик и элементарные представления о спиновых стеклах.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Рекомендуемая литература

6.1.1 Основная литература

1. Ю.А. Изюмов, В.И. Анисимов. Электронная структура соединений с сильными корреляциями. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009.
2. Садовский М.В. Диаграмматика. Лекции по избранным задачам теории конденсированного состояния. Изд. 2-е. М.-Ижевск. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
3. А.А. Абрикосов, Л.П. Горьков, И.Е. Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике. "Физматгиз", М. 1962.
4. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика, часть 2. "Наука", М. 178.
5. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Физическая кинетика. "Наука", М. 1979. Гл. X.
6. Д.Н. Зубарев. Неравновесная статистическая механика. "Наука", М. 1971.
7. Д.Н. Зубарев. УФН 71, 71 (1960).
8. Н.Н. Боголюбов. Квазисредние в задачах статистической механики. 1960. (Избранные труды. т.3, "Наукова думка", 1971 или в сборнике "Статистическая физика и квантовая теория поля", под ред. Н.Н.Боголюбова,"Наука", М. 1973).
9. С.В. Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма. "Наука", М. 1965.
10. Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин. Статистическая механика магнито-упорядоченных систем. "Наука", М. 1987. Гл.1.
11. Д.И. Хомский. ФММ 29, 31 (1970).
12. Ш. Ма. Современная теория критических явлений. "Мир", М. 1980.
13. P.A. Lee, T.V. Ramakrishnan. Disordered Electronic Systems. Rev.Mod.Phys. 57, No.2, 287 (1985).
14. В.С. Доценко. УФН 163, No.6, 1 (1993).
15. Левитов Л.С., Шитов А.В. Функции Грина. Задачи и решения. М., Физматлит, 2003.
16. Handbook of Magnetism and advanced magnetic materials, Volume I: Fundamentals and Theory, Eds. H. Kronmüller and S. Parkin, Wiley, 2007. 700 p.
17. Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин, Базовые модели в квантовой теории магнетизма, Екатеринбург: УрО РАН, 2002.
18. Бальхаузен К., Введение в теорию поля лигандов, М., Мир, 1964.
19. Берсукер И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений, Л., «Химия», 1976. - 352 с.
20. Крэкнелл А., Уонг К. Поверхность Ферми. М. Атомиздат 1978г. 350с.
21. Шенберг Д. (Shoenberg). Магнитные осцилляции в металлах. Мир. 1986. 679 с.

6.1.2 Дополнительная литература

1. Р. Маттук. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел. "Мир", М. 1969
2. R.D. Mattuck. D. Johansson. Adv.Phys. 17, 509 (1968).
3. В.Л. Бонч-Бруевич. С.В. Тябликов. Метод функций Грина в статистической механике. "Физматгиз", М. 1961.
4. Д.А. Киржниц. Полевые методы теории многих частиц. "Атомиздат", 1963.
5. Дж. Шриффер. Теория сверхпроводимости. "Наука", 1970.
6. П. Де Жен. Сверхпроводимость металлов и сплавов. "Мир", М. 1968. Гл. IV-VIII.
7. Р. Уайт. Квантовая теория магнетизма. "Мир", М. 1985. Гл. 3-8.
8. Р. Уайт. Т. Джебелл. Дальний порядок в твердых телах. "Мир", М. 1982. Гл. 1-7.
9. А.А. Абрикосов. Введение в теорию металлов. "Наука", М. 1987.
10. Н.Ф. Мотт. Переходы металл-изолятор. "Наука", М. 1979. Гл. 1-4.
11. С.В.Вонсовский. Магнетизм. М.:Наука, 1971, 1032 с.

12. Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. Том 1,2, Мир, М., 1973.
13. А.С. Москвин, Ю.Д. Панов, Атомы в кристаллах, Екатеринбург, УрГУ, 1998.
14. A.S. Moskvina, Spin and Pseudospin Models: Hamiltonians, Topological Excitations, The Physics of Metals and Metallography (ФММ), Vol. 95, Suppl. 1, 2003, p. 41.
15. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электроны и фононы в металлах. М.: Изд-во МГУ, 1990.
16. Марг Н., Паринелло М. Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях. М.: Мир, 1986.
17. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел. М.: Мир, 1981.
18. Найш В. Е. Теория симметрии кристаллов. Учебное пособие. Екатеринбург, Изд. ИФМ, 1998.-43 с.
19. Маттис Д. Теория магнетизма, М., Мир, 1967.
20. Д. А. Варшалович, А. Н. Москалев, В. Х. Херсонский. Квантовая теория углового момента. Л., 1975.
21. Р. Нокс, А. Голд. Симметрия в твердом теле. М., 1970.
22. И. И. Собельман. Введение в теорию атомных спектров. М., 1963.
23. Ю. Е. Перлин, Б. С. Цукерблат. Эффекты электронно-колебательного взаимодействия в оптических спектрах примесных парамагнитных ионов. Кишнев, 1974.
24. С. В. Вонсовский и др. Теория кристаллического поля и оптические спектры примесных ионов с незаполненной d-оболочкой. М., 1969.
25. А. Брус, Р. Каули. Структурные фазовые переходы. М., 1984.

6.2. Электронные образовательные ресурсы

Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>

Каталоги библиотеки <http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>

Электронный каталог <http://library.urfu.ru/resources/ec/>

Ресурсы <http://library.urfu.ru/resources>

Поиск <http://library.urfu.ru/search>

6.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

Электронные ресурсы Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.scifinder.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://reaxys.org>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.