

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

СОГЛАСОВАНО
ДИРЕКЦИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ С.Т. Князев
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Физические явления в конденсированных средах	Код модуля 1129776
Образовательная программа: Физика	Код ОП 03.03.02 /01.02
Траектория образовательной программы (ТОП)	ТОП-2 Физика конденсированного состояния
Направление подготовки: Физика	Код направления и уровня подготовки: 03.03.02
Уровень подготовки: бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014г. № 937

Екатеринбург, 2016

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должност ь	Кафедра	Подпись
1	Москвин Александр Сергеевич	Доктор физико- математических наук	Профессор	теоретической физики	

Руководитель модуля

А.С.Москвин

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Физические явления в конденсированных средах**

1.1. Объем модуля 10 з.е.

1.2. Аннотация содержания модуля

Дисциплины, входящие в состав модуля, призваны дать студентам начальные знания принципов, основных представлений, моделей и результатов теории твердого тела, обучить студентов активному владению основными понятиями теории кристаллических решеток, теории колебаний решеток, термодинамики и кинетики фононной системы. Теория твёрдого тела излагается как совокупность последовательно связанных друг с другом задач квантовой механики и статистической физики электронно-ионной системы. Для рассмотрения используются основные базовые модели кристаллической решетки и электронной системы. В процессе освоения материала курса студенты знакомятся с широким кругом литературы по изучаемым разделам теории твердого тела и обучаются навыкам углубления получаемых знаний. Дисциплина «Симметрия в физике» показывает, почему наличие симметрии приводит к многочисленным упрощениям физической картины как в классической, так и в квантовой теории. Первая половина курса посвящена изучению математического аппарата, служащего для описания симметрии – теории конечных и непрерывных групп, во второй половине рассматриваются приложения теории симметрии к решению некоторых задач квантовой механики и физики конденсированного состояния. Проект по модулю представляет собой оригинальную задачу из теории конденсированных сред, для решения которой необходимо применить знания, полученные в процессе изучения дисциплин модуля.

2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1.	(ВВ) Введение в физику конденсированного состояния	5	17	34	51	53	Зачет, 4	108	3	
2.	(ВВ) Основы магнетизма конденсированного состояния	6	34		34	68	58	Экзамен, 18	144	4
3.	(ВВ) Симметрия в физике	6	9	25	34	56	Экзамен, 18	108	3	
Всего на освоение модуля			60	59	34	153	167	40	360	10

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	Пререквизит – Введение в физику конденсированного состояния Постреквизиты – Симметрия в физике; Основы магнетизма конденсированного состояния
3.2.	Кореквизиты	Симметрия в физике; Основы магнетизма конденсированного состояния

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения - РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
03.03.02/ 01.02	РО-01: Способность осуществлять научно-исследовательскую деятельность	ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию; ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; ОПК8 - способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности; ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин; ПК2 - способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;
	РО-02: Способность осуществлять научно-инновационную деятельность	ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию; ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; ОПК8 - способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности; ОПК9 - способность получать организационно-управленческие навыки при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей; ПК3 - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований; ПК4 - способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин; ПК5 - способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований; ДОПК3 - способность разрабатывать оптимальные методы исследований на данном предприятии; ДОПК4 - владеть навыками разработки инновационных решений в научных учреждениях и на промышленных предприятиях; ДПК1 - способность оценивать эффективность разработанных технологий.
	РО-03:	ОК6 - способность работать в коллективе, толерантно воспринимая

Способность осуществлять организационно-управленческую деятельность	<p>социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия;</p> <p>ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;</p> <p>ОК9 - способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций;</p> <p>ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</p> <p>ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;</p> <p>ОПК5 - способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией;</p> <p>ОПК6 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;</p> <p>ОПК7 - способность использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка;</p> <p>ОПК8 - способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности;</p> <p>ПК6 - способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований;</p> <p>ПК7 - способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме;</p> <p>ДОПК4 - владеть навыками разработки инновационных решений в научных учреждениях и на промышленных предприятиях;</p> <p>ДПК1 - способность оценивать эффективность разработанных технологий.</p>
РО-ТОП 2: Способность осуществлять научные исследования в области физики магнитных явлений и конденсированных сред	<p>ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);</p> <p>ДПК6 - владеть основными технологическими приемами регулирования свойств магнитных материалов;</p> <p>ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.</p>

4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ОК-6	ОК-7	ОК-9	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-5	ОПК-6	ОПК-7	ОПК-8	ОПК-9	ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-4	ПК-5	ПК-6	ПК-7	ДОПК-3	ДОПК-4	ДПК-1	ДПК-5	ДПК-6	ДПК-7	
1	(ВВ) Введение в физику конденсированного состояния		x		x	x						x													x
2	(ВВ) Основы магнетизма конденсированного состояния		x			x						x		x	x										x

5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент 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.	Студент 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.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент 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	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю – не предусмотрен.

5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю

Исследование фазовых превращений в титанате лития методом конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния.

Исследование деформационного поведения малогабаритных образцов магматических горных пород под действием сжимающих и растягивающих нагрузок.

Термоэлектрические свойства графита и смесей графита с оксидом циркония при высоких давлениях.

6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания проектной группы модуля	Дата заседания проектной группы модуля	Всего листов в документе	Подпись руководителя проектной группы модуля

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ МАГНЕТИЗМА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль Физические явления в конденсированных средах	Код модуля 1129776
Образовательная программа Физика	Код ОП 03.03.02 /01.02
Направление подготовки: Физика	Код направления и уровня подготовки: 03.03.02
Уровень подготовки: бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014г. № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Барташевич Михаил Иванович	д.ф.-м.н., с.н.с.	профессор	магнетизма и магнитных наноматериалов	

Руководитель модуля

А.С.Москвин

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Основы магнетизма конденсированного состояния

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Данная дисциплина входит в состав модуля «Магнитные явления в конденсированных средах» включает развёрнутое изучение основных явлений, которые наблюдаются в магнетиках при приложении магнитного поля, изменении температуры и давления, а также приобрести навыки в определении основных фундаментальных магнитных характеристик и их использования. В курсе «Основы магнетизма конденсированного состояния» рассматриваются следующие вопросы. Основные этапы развития учения о магнетизме. Основные свойства магнетиков. Классификация магнитных веществ. Коллинеарное и неколлинеарное состояние магнитоупорядоченных объектов. Основы термодинамики магнетиков. Основные представления термодинамической теории магнитных превращений. Энергия магнетика во внешнем и собственном размагничивающем магнитных полях. Магнитные свойства электронной оболочки атомов. Диамагнетизм. Парамагнетизм атомов и металлов. Теория Ланжевена. Ферромагнетизм. Теория молекулярного поля. Квантовая природа магнетизма. Обменные взаимодействия, обменная энергия. Обменный интеграл, обменный параметр. Анизотропия магнитных свойств. Энергия магнитокристаллической анизотропии. Константы анизотропии. Природа магнитокристаллической анизотропии. Магнитострикция. Спонтанная магнитострикция. Линейная магнитострикция при намагничивании. Природа магнитострикции. Магнитоупругая энергия. Наведенная магнитная анизотропия. Доменная структура ферромагнетиков. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля. Однодоменность, суперпарамагнетизм. Методы наблюдения доменной структуры. Доменная структура манитоодноосных и многоосных ферромагнетиков. Процессы намагничивания. Магнитный гистерезис. Процессы смещения доменных границ и вращения вектора намагниченности. Физические механизмы коэрцитивной силы. Временные эффекты. Аморфные магнитные материалы. Спиновое стекло. Неколлинеарные магнитные структуры в аморфных магнетиках. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках. Магнетизм наночастиц.

1.2. Язык реализации программы – русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК3 - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

ПК4 - способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин;

ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: природу и классическое математическое описание основных магнитных явлений в магнитоупорядоченных и немагнитоупорядоченных веществах.

Уметь: применять полученные знания для рассмотрения магнитных свойств различных магнитных материалов; проводить расчет магнитных характеристик.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности): основными способами описания фундаментальных магнитных характеристик основных классов магнетиков.

1.4. Объем дисциплины

для очной формы обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	6
1.	Аудиторные занятия	68	68	68
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы	34	34	34
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	58	10.20	58
6.	Промежуточная аттестация	18	2.33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	144	80.53	144
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	4		4

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ для очной формы обучения

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Введение	Основные этапы развития учения о магнетизме. Физика магнитных явлений на Урале.
Р2	Основные свойства магнетиков. Классификация магнитных веществ.	Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики. Работа внешнего поля на изменение намагниченности. Размагничивающее поле и размагничивающий фактор. Основные особенности ферромагнетиков. Антиферромагнетики. Ферромагнетики.
Р3	Основы термодинамики магнетиков.	Энергия магнетика во внешнем и собственном размагничивающем магнитных полях. Основные термодинамические соотношения. Магнитокалорический эффект. Фазовые переходы I и II рода. Вычисление магнитного момента тела.
Р4	Магнитные свойства электронной оболочки атомов.	Состояние электрона в атоме. Атомный магнетизм. Заполнение электронных оболочек 3d-переходных металлов.
Р5	Диамагнетизм и парамагнетизм.	Диамагнетизм свободной оболочки атомов. Диа- и парамагнетизм электронов проводимости. Парамагнетизм

		свободных электронов.
Р6	Ферромагнетизм.	Теория молекулярного поля, классический и квантовый случай. Основные представления о природе магнетизма, природа молекулярного поля. Модель прямого обменного взаимодействия Гейзенберга. Модель косвенного обменного взаимодействия. Модель коллективизированных электронов. Основные типы энергии ферромагнетиков: обменная, магнитокристаллическая, магнитоупругая. Кривые намагничивания монокристаллов. Магнитострикция. Природа магнитной анизотропии и магнитострикции.
Р7	Доменная структура ферромагнетиков.	Причина разбиения на домены. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля. Однодоменность. Суперпарамагнетизм. Доменная структура магнитоодноосных и многоосных ферромагнетиков. Методы наблюдения доменной структуры.
Р8	Процессы намагничивания.	Магнитный гистерезис. Обратимые и необратимые процессы смещения доменной границы. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности. Гистерезис, связанный с задержкой образования и роста зародышей перемагничивания. Закон приближения к насыщению. Зависимость намагниченности от времени. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
Р9	Аморфные магнитные материалы.	Спиновое стекло. Неколлинеарные магнитные структуры аморфных магнетиков. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках. Магнетизм наночастиц.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины очная форма обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1-2	Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики. Работа внешнего поля на изменение намагниченности. Размагничивающее поле и размагничивающий фактор. Основные особенности ферромагнетиков. Антиферромагнетики. Ферромагнетики.	4
P3	3-4	Энергия магнетика во внешнем и собственном размагничивающем магнитных полях. Основные термодинамические соотношения. Магнитокалорический эффект. Фазовые переходы I и II рода. Вычисление магнитного момента тела.	4
P4	5-6	Состояние электрона в атоме. Атомный магнетизм. Заполнение электронных оболочек 3d-переходных металлов.	4
P5	7-8	Диамагнетизм свободной оболочки атомов. Диа- и парамагнетизм электронов проводимости. Парамагнетизм свободных электронов.	4
P6	9-10	Теория молекулярного поля, классический и квантовый случай. Основные представления о природе магнетизма, природа молекулярного поля. Модель прямого обменного взаимодействия Гейзенберга. Модель косвенного обменного взаимодействия. Модель коллективизированных электронов. Основные типы энергии ферромагнетиков: обменная, магнитокристаллическая, магнитоупругая. Кривые намагничивания монокристаллов. Магнитострикция. Природа магнитной анизотропии и магнитострикции.	4
P7	11-12	Причина разбиения на домены. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля. Однодоменность. Суперпарамагнетизм. Доменная структура магнитоодноосных и многоосных ферромагнетиков. Методы наблюдения доменной структуры.	4
P8	13-14	Магнитный гистерезис. Обратимые и необратимые процессы смещения доменной границы. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности. Гистерезис, связанный с задержкой образования и роста зародышей перемагничивания. Закон приближения к насыщению. Зависимость намагниченности от времени. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.	4
P9	15-17	Спиновое стекло. Неколлинеарные магнитные структуры аморфных магнетиках. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках. Магнетизм наночастиц.	6
Всего:			34

4.2. Практические занятия

Не предусмотрено

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Домашняя работа №1. Темы:

1. Классификация магнетиков. Характеристики кривой намагничивания и петли гистерезиса.
2. Коллинеарная и неколлинеарная магнитная структура. Учет размагничивающего поля.
3. Энергия магнетиков помещенного в магнитное поле. Собственная магнитостатическая энергия.
4. Основные представления термодинамической теории магнитных превращений.

Домашняя работа №2. Темы:

5. Заполнение электронных оболочек атомов. Особенности электронной структуры переходных металлов.
6. Диамагнетизм электронной оболочки атомов. Диамагнетизм металлов.
7. Парамагнетизм Паули. Парамагнетизм электронов проводимости.
8. Теория Ланджевена.

Домашняя работа №3. Темы:

9. Теория молекулярного поля Вейсса.
10. Природа молекулярного поля Вейсса. Виды обменной связи. Обменное взаимодействие и критерий магнетизма.
11. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
12. Магнетизм наночастиц.

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Коллоквиум №1. Вопросы:

1. Обменная энергия. Обменный интеграл.
2. Магнитная анизотропия. Кривые намагничивания монокристаллов.
3. Магнитострикция. Спонтанная магнитострикция. Линейная магнитострикция при намагничивании. Природа магнитострикции.
4. Магнитоупругая энергия. Наведенная магнитная анизотропия.
5. Доменная структура ферромагнетиков. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля.

Коллоквиум №2. Вопросы:

6. Однодоменность, суперпарамагнетизм.
7. Процессы намагничивания. Магнитный гистерезис. Обратимые и необратимые процессы смещения ДГ.
8. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности.

9. Гистерезис, обусловленный задержкой образования и роста зародышей перемангничивания. Закон приближения к насыщению.
10. Зависимость намагниченности от времени. Обменная (однонаправленная) анизотропия.
11. Спиновое стекло. Аморфный магнетизм. Виды магнитного упорядочения у аморфных сплавов.
12. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
13. Магнетизм наночастиц.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента
P1- P9				+							

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2).

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Боровик Е.С, Еременко В.В.,Мильнер А.С. Лекции по магнетизму,М.:Физматлит, 2005, 510 с.
2. Мейлихов Е.З. Магнетизм. Основы теории. Изд. Интеллект, 2014, 184 с.
3. Иванов С.В., Мартышко П.С. Избранные главы физики: Магнетизм, магнитный резонанс, фазовые переходы. Курс лекций. М.: Издательство ЛКИ, 2012, 208 с.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Боков В.А., Физика магнетиков, С-Петербург, 2002 г, 272 с.
2. Ивановский В.И., Черникова А.А.. Физика магнитных явлений. М.: МГУ, 1981.
3. Мишин Д.Д.. Процессы намагничивания и перемангничивания в магнетиках. Калинин. КГУ. 1973.

4. Белов К.П., Звездин А.К., Кадомцева А.М., Левитин Р.З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках, М.: Наука, 1979, 320 с.
5. Никитин С.А., Магнитные свойства редкоземельных металлов и их сплавов, Москва: “Изд-во МГУ”, 1989, 248 с.
6. Тикадзуми.С. Физика ферромагнетизма, т. 1. Магнитные свойства вещества, М.:Мир, 1983.
7. Тикадзуми.С. Физика ферромагнетизма, т. 2. Магнитные характеристики и практическое применение, М.:Мир, 1987.
8. Buschow K.H.J., F.R.de Boer, Physics of Magnetism and Magnetic Materials, Kluwer Academic Publishers, 2004, 191 p.
9. Magnetic Phase Transitions. Ed. M. Ausloos, R. J . Elliott.— Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1983. — VII, 269 p.
10. Белов К.П., Редкоземельные магнетики и их применение, Москва: “Наука”, 1980, 240 с.
11. Franse J.J.M., Radwanski R.J., Magnetic properties of binary rare-earth 3d-transition metal intermetallic compounds, in: Handbook of Magnetic Materials, ed. K.H.J.Buschow, Elsevier Science B.V., 1993, v.7, p. 307.
12. Fukamichi K., Itinerant-Electron Metamagnetism, in: Handbook of Advanced Magnetic Materials, v. 2, Springer, Tsinghua University Press, 2006, p. 310 – 371.

9.2.Методические разработки

Не используются

9.3.Программное обеспечение

Microsoft office

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

В качестве источников информации могут использоваться Интернет-ресурсы, публикации в периодической научно-технической литературе.

9.5.Электронные образовательные ресурсы

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Аудитория, оборудованная доской и мультимедийной техникой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	6, 1-17	30
Академическая активность	6, 1-17	10
Домашняя работа 1	6, 1-17	10
Домашняя работа 2	6, 1-17	10
Коллоквиум 1	6, 1-17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	6, 1-17	30
Академическая активность	6, 1-17	10
Домашняя работа 3	6, 1-17	10
Коллоквиум 2	6, 1-17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрены		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта
Не предусмотрены

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 6	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к рабочей программе дисциплины

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
к рабочей программе дисциплины

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент 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.	Студент 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.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач,	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое

	требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

НТК не проводится

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Классификация магнетиков Характеристики кривой намагничивания и петли гистерезиса.
2. Работа внешнего поля на изменение намагниченности. Размагничивающее поле и размагничивающий фактор. Расчет размагничивающего фактора.
3. Основные особенности ферромагнетиков. Антиферро- и ферримагнетики.
4. Энергия магнетика во внешнем и собственном размагничивающем поле.
5. Основные представления термодинамической теории магнитных превращений. Магнетокалорический эффект.
6. Заполнение электронных оболочек атомов. Особенности электронной структуры переходных металлов.
7. Диамагнетизм электронной оболочки атомов. Диамагнетизм металлов.
8. Парамагнетизм Паули. Парамагнетизм электронов проводимости.
9. Парамагнетизм свободных атомов – теория Ланжевена.
10. Теория молекулярного поля Вейса.
11. Природа молекулярного поля Вейса. Виды обменной связи. Обменное взаимодействие и критерий магнетизма.
12. Обменная энергия. Обменный интеграл.
13. Магнитная анизотропия. Кривые намагничивания монокристаллов.
14. Энергия анизотропии для кристаллов разной симметрии. Природа магнитной анизотропии.

15. Магнитострикция. Спонтанная магнитострикция. Линейная магнитострикция при намагничивании. Природа магнитострикции.
16. Магнитоупругая энергия. Наведенная магнитная анизотропия.
17. Доменная структура ферромагнетиков. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля.
18. Однодоменность, суперпарамагнетизм.
19. Методы наблюдения доменной структуры. Доменная структура манитоодноосных и многоосных ферромагнетиков.
20. Процессы намагничивания. Магнитный гистерезис. Обратимые и необратимые процессы смещения ДГ.
21. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности.
22. Гистерезис обусловленный задержкой образования и роста зародышей перемагничивания. Закон приближения к насыщению.
23. Зависимость намагниченности от времени. Обменная (однонаправленная) анизотропия.
24. Спиновое стекло. Аморфный магнетизм. Виды магнитного упорядочения у аморфных сплавов.
25. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
26. Магнетизм наночастиц.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются

8.3.9. Перечень примерных вопросов для коллоквиумов

1. Обменная энергия. Обменный интеграл.
2. Магнитная анизотропия. Кривые намагничивания монокристаллов.
3. Магнитострикция. Спонтанная магнитострикция. Линейная магнитострикция при намагничивании. Природа магнитострикции.
4. Магнитоупругая энергия. Наведенная магнитная анизотропия.
5. Доменная структура ферромагнетиков. Доменная граница, ее структура, энергия, ширина. Границы Блоха и Нееля.
6. Однодоменность, суперпарамагнетизм.
7. Процессы намагничивания. Магнитный гистерезис. Обратимые и необратимые процессы смещения ДГ.
8. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности.
9. Гистерезис обусловленный задержкой образования и роста зародышей перемагничивания. Закон приближения к насыщению.
10. Зависимость намагниченности от времени. Обменная (однонаправленная) анизотропия.
11. Спиновое стекло. Аморфный магнетизм. Виды магнитного упорядочения у аморфных сплавов.
12. Индуцируемые магнитным полем спин-ориентационные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
13. Магнетизм наночастиц.

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль Физические явления в конденсированных средах	Код модуля 1129776
Образовательная программа Физика	Код ОП 03.03.02 /01.02
Направление подготовки: Физика	Код направления и уровня подготовки: 03.03.02
Уровень подготовки: бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014г. № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Баранов Николай Викторович	Доктор физ.-мат. наук, профессор.	Зав. кафедрой	Физики конденсированного состояния	

Руководитель модуля

А.С. Москвин

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Введение в физику конденсированного состояния

1.2. Аннотация содержания дисциплины

Физические явления и процессы, протекающие в конденсированных веществах, являются фундаментальной основой для создания новых материалов и разработки устройств на их основе. Целью дисциплины является формирование представлений об основных типах химических связей в конденсированных средах, о структуре твердых тел и динамике решетки, о тепловых и электрических свойствах твердых тел. Дисциплина "Введение в физику конденсированного состояния" входит в модуль «физика конденсированного состояния» траектории ТОП-2 направления «физика». Преподавание данной дисциплины строится на основе ранее полученных знаний в курсах «Физика», «Механика сплошных сред» и служит базой для изучения таких дисциплин как «Квантовая теория».

1.2. Язык реализации программы – русский язык

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;

ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные типы химических связей и взаимодействий в твердых телах, основные типы твердых тел, основные модели для описания поведения механических, тепловых и электрических тепловых свойств. Знать закономерности поведения физических свойств твердых тел при различных условиях.

Уметь: использовать математические, физические (феноменологические) модели для описания поведения твердых тел и материалов различного назначения при различных условиях, а также владеть навыками численной оценки величин, характеризующих основные свойства твердых тел, а также навыками в интерпретации и прогнозировании свойств материалов, для постановки и проведения экспериментальных исследований.

Владеть навыками исследовательской деятельности в области физики твердых тел и физического материаловедения, в подготовке образцов, выборе методик, проведении экспериментальных исследований, в моделировании поведения твердых тел, в обработке результатов измерений и их интерпретации.

4.4. Объем дисциплины

	Виды учебной работы	Объем дисциплины	Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
--	---------------------	------------------	---

№ п/п		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	Семестр 5
1.	Аудиторные занятия	51	51	51
2.	Лекции	17	17	17
3.	Практические занятия	34	34	34
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	53	7.65	53
6.	Промежуточная аттестация -зачет	4	0.25	3,4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	58.90	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3	2	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Общая характеристика конденсированного состояния.	Общая характеристика конденсированного состояния. Классификация и основные типы конденсированных сред (жидкости, аморфные системы, кристаллические тела, квазикристаллы, твердотельные системы, созданные с помощью нанотехнологий).
P2	Межатомные взаимодействия и основные типы связей в конденсированных средах.	Энергетические характеристики химической активности атомов (потенциал ионизации, энергия химического сродства, электроотрицательность) и способы их оценки. Общая характеристика сил межатомного взаимодействия. Классификация типов связей в твердых телах. Ионные, ковалентные и молекулярные кристаллы, металлы. Твердые тела с водородной связью. Энергия связи атомов и ее оценка для различных типов связей. Постоянная Маделунга. Цикл Борна - Габера.
P3	Структура кристаллов и пространственная решетка.	Геометрические характеристики кристаллической решетки. Элементарная ячейка. Базис. Элементы симметрии кристаллической структуры. Основные типы кристаллических решеток. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца. Индексы Миллера. Обратная решетка.

P4	Динамические характеристики кристаллической решетки и тепловые свойства твердых тел.	Нормальные колебания в линейной одномерной цепочке атомов с базисом. Фононы. Число мод и плотность состояний фононов. Обобщение результатов на случай трехмерных кристаллов с базисом. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Модели теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Теплоемкость металлов. Учет вклада свободных электронов. Тепловое расширение кристаллов. Анггармонизм колебаний атомов. Решеточная теплопроводность. Температурная зависимость теплопроводности.
P5	Электрические свойства твердых тел.	
P5.T1	Общая характеристика твердых тел по электрическим свойствам.	Классификация твердых тел по величине электропроводности. Модель электронного газа Друде. Электропроводность, закон Ома, эффект Холла, термоЭДС. Закон Видемана - Франца. Недостатки модели Друде. Модель электронного газа Зоммерфельда. Магнитная восприимчивость электронного газа.
P5.T2	Основы зонной теории кристаллических твердых тел.	Металлы. Полупроводники. Диэлектрики.
P5.T3	Электрические свойства металлов.	Основные свойства металлов. Температурная зависимость электросопротивления. Правило Матиссена.
P5.T4	Полупроводники.	Полупроводники. Зонная структура. Электроны и дырки. Донорные и акцепторные уровни. Проводимость полупроводников.
P5.T5	Электрические свойства диэлектрических кристаллов.	Классификация диэлектриков (пироэлектрики, пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики) и их основные электрические свойства.

6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.2. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы обучения

7. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.3. Лабораторные работы - не предусмотрено

4.4. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1-2	Энергия химической связи атомов и ее оценка для различных типов связей. Постоянная Маделунга. Цикл Борна - Габера.	4
P3	3-4	Кристаллические структуры простых веществ. Нахождение индексов Миллера кристаллографических плоскостей и направлений. Основные методы исследования структуры кристаллов.	4
P4	5-9	Методы исследования динамических характеристик кристаллической решетки и тепловых свойств твердых тел. Определение характеристической температуры из экспериментальных данных по теплоемкости и из измерений скорости распространения упругих волн	10
P5	10-13	Электропроводность металлов в модели Друде и Зоммерфельда. Оценка характеристик электронного газа (энергия, скорость и температура Ферми) в модели Зоммерфельда. Эффекты Холла и Зеебека.	8
P5	14-17	Методы исследования электрических свойств твердых тел. Определение основных параметров полупроводников (концентрации носителей заряда, подвижности, энергии активации, ширины запрещенной зоны).	8
Всего:			34

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.4. Примерный перечень тем домашних работ - не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем графических работ - не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ) не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов - не предусмотрено

4.3.9. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов) - не предусмотрено

4.3.10. Примерный перечень тем расчетно-графических работ - не предусмотрено

4.3.11. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ) не предусмотрено

4.3.12. Примерная тематика контрольных работ

1. Динамические характеристики кристаллической решетки
2. Электрические свойства твердых тел

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов - не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1-P5				+	+							

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Гуревич А.Г. Физика твердого тела. СПб. БХВ. 2004
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф., Физика твердого тела, М.: Высш. шк., 2000.
3. Делоне Н.Б. Основы физики конденсированного вещества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 236 с.
4. Лекции по физике твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.Р. Гаспарян, Р.А. Гаспарян, Ю.А. Машков, М.С. Маслакова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. — Санкт-Петербург, 2014.
5. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] : учебное пособие /Г. И. Епифанов. Изд-во: Лань 2011

9.1.2.Дополнительная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.
2. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М., 1988.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М., 1979.
4. Фельц А., Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела, М.: Мир, 1986.
5. Займан Дж. Электроны и фононы, М: ИЛ, 1962, 488 стр.
6. Маделунг О.Физика твердого тела,, М.: Наука, 1985,184 стр.
7. Вонсовский С.В., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. 1983 год. 336 стр.
8. Задачи по физике твёрдого тела. Под ред. Г.Дж. Голдсмида. М.: Наука, 1976. 476 стр.

9.2.Методические разработки

Не используются

9.3.Программное обеспечение

Не используются

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

Электронная библиотека УрФУ oras.urfu.ru

9.5.Электронные образовательные ресурсы

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Мультимедийная аудитория, доска, Проектор Sanyo PLC– xu70 (SVGA.1500 ansi), ноутбук HP ts640.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Мини-опрос по темам лекций	5, 1-17	50
Выполнение контрольных работ	5, 12. 16	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Подготовка к практическим занятиям</i>	5, 1-17	51
<i>Выполнение мини- контрольных работ</i>	5, 1-17	49
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта – не предусмотрены

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 5	1

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент 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.	Студент 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.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент 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	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

НТК не проводится

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

1. Вычислить значение энергии кристаллической решетки NaCl, если постоянная, характеризующая потенциал сил отталкивания, $n=9.4$, а константа Маделунга $\alpha = 1.75$.
2. Сделать оценку температуры Дебая для золота, если серебро, обладающее такой же кристаллической структурой (гцк), имеет температуру Дебая $\theta_D = 225$ К. При оценке учитывать только разность молярных масс. ($M_{Au} = 196,96$ г/моль, $M_{Ag} = 107,07$ г/моль).
3. Определить дебаевскую частоту и температуру Дебая для железа, если скорость звука в железе $v_{zv} = 4910$ м/сек. Плотность железа $7,87$ Г/см³, а молярная масса $55,847$ Г/моль.
4. Теплоемкость алмаза при температуре 20 К составляет 2.417 мДж/(моль К). Оценить его температуру Дебая, считая условие $T < 0.1\theta_D$ выполненным.
5. Температура Дебая у германия равна 374 К. Какова его молярная теплоемкость при температуре $T = 20$ К?
6. Определить энергию Ферми для натрия ($M_{Na} = 22.9897$ г/моль; плотность = 0.968 г/см³).
7. Определить скорость Ферми для цезия ($M_{Cs} = 132.91$ г/моль; плотность = $1,904$ г/см³).
8. Определить температуру Ферми для лития ($M_{Li} = 6.941$ г/моль; плотность = 0.535 г/см³).
9. В одновалентных металлах число свободных электронов в единице объема примерно равно числу атомов в том же объеме. Вычислить плотность свободных электронов в серебре и меди при 20° С, если плотности серебра и меди при этой температуре будут $10.4 \cdot 10^3$ и $8.9 \cdot 10^3$ г/м³ соответственно.
10. Изобразить графически частотную зависимость реальной части диэлектрической проницаемости диэлектрика. Указать, с чем связаны изменения этой зависимости с повышением частоты.

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Оценить энергию для следующих трех видов сил межатомного взаимодействия:
 - а) гравитационного (взять самые тяжелые атомы, расположенные друг от друга на $r=3$ А);
 - б) магнитного (атомы рассматривать как элементарные магнитные диполи с магнитным моментом, равным магнетону Бора и удаленные друг от друга на $r=3$ А);
 - в) электростатического (взять два элементарных заряда на расстоянии $r=3$ А).
2. Энергия частицы в поле другой частицы в зависимости от расстояния r между центрами этих частиц определяется формулой $U(r) = -\alpha / r - \beta / r^3$, где α и β - константы. Найти значение $r = r_0$, при котором эти две частицы образуют стабильное соединение и показать, что для стабильного соединения двух таких частиц энергия притяжения в 8 раз больше энергии отталкивания.
3. Определить скорость звука в алмазе, зная, что характеристическая (дебаевская) температура для него равна 1860 К, а расстояние между ближайшими соседними атомами (длина связи) равно 1.54 А.

4. Вычислить электронную теплоемкость для меди при $T = 2$ К и $T = 1000$ К и сравнить ее с теплоемкостью решетки при тех же температурах. Для меди взять $\Theta_D = 316$ К, $\gamma = 7.28 \cdot 10^{-4}$ Дж/мольК².
5. В медном проводнике с площадью поперечного сечения 0.2 см² идет ток силой 1 А. Найти среднюю скорость дрейфа электронов.
6. Электропроводность меди равна $6 \cdot 10^7$ (Ом м)⁻¹. Определить время релаксации электрона, считая, что каждый атом меди в твердом состоянии отдает в зону проводимости по одному валентному электрону.
7. Вычислить константу Холла для меди, если плотность меди равна $8.9 \cdot 10^3$ кг/м³.
8. Построить две первые зоны Бриллюэна для двумерной прямоугольной решетки с межатомными расстояниями a и b (для случая, когда $a = 3b$).

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Классификация и основные типы твердых тел.
2. Энергетические характеристики химической активности атомов и способы их оценки.
3. Классификация типов связи в твердых телах. Ковалентная связь.
4. Ионные и ионно-ковалентные связи.
5. Взаимодействие Ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы.
6. Структура кристаллов и пространственная решетка. Элементарная ячейка. Базис.
7. Элементы симметрии кристаллической структуры. Сингонии. Решетки Браве.
8. Колебания одноатомной и двухатомной цепочек. Оптические и акустические ветви колебаний
9. Фононы. Число мод и плотность состояний фононов.
10. Модели теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая.
11. Тепловое расширение кристаллов.
12. Теплопроводность диэлектриков. Роль процессов переброта.
13. Общая характеристика твердых тел по электрическим свойствам.
14. Электропроводность и эффект Холла в модели Друде
15. ТермоЭДС и теплопроводность электронного газа в модели Друде.
16. Модель электронного газа Зоммерфельда. Теплоемкость электронного газа.
17. Зонная структура твердых тел. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
18. Электросопротивление металлов. Правило Матиссена.
19. Полупроводники. Зонная структура. Проводимость собственных полупроводников.
20. Диэлектрики. Основные механизмы поляризации диэлектриков.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена *не предусмотрено*

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

не используются.

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 СИММЕТРИЯ В ФИЗИКЕ**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль Физические явления в конденсированных средах	Код модуля 1129776
Образовательная программа Физика	Код ОП 03.03.02 /01.02
Направление подготовки: Физика	Код направления и уровня подготовки: 03.03.02
Уровень подготовки: бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014г. № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Бострем Ирина Геннадьевна	К.ф.-м.н. Доцент	Доцент	Кафедра теоретиче ской физики	

Руководитель модуля

А.С. Москвин

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Симметрия в физике

1.3. Аннотация содержания дисциплины

Симметричный анализ дает возможность простого и единообразного подхода к большому числу задач физики твердого тела, в которых особенно важны свойства трансляционной и вращательной симметрии кристаллической решетки. Задачи и проблемы, возникающие в физике твердого тела, рассматриваются в первой дисциплине модуля – «Теория твердого тела». Точный математический язык для описания свойств симметрии дает аппарат теории групп. С помощью понятий теории групп можно классифицировать состояния сложной системы, вывести связанные с симметриями законы сохранения. Использование методов теории групп существенно снижает вычислительную сложность решаемых в теории твердого тела задач.

Изложение дисциплины начинается с краткого введения в теорию групп. Затем рассматриваются вопросы применения теории симметрии к квантово-механическим расчетам, теория кристаллического поля, качественное решение задач теории возмущений, эффекты проявления трансляционной симметрии кристалла в электронных спектрах и в других физических свойствах кристаллов.

1.2. Язык реализации программы - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;

ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: Теоретические основы, основные понятия, законы и модели теории групп.

Уметь: анализировать симметрию физического и математического объекта: оценивать перспективы применения методов теории симметрии для упрощения численного решения или возможности получения качественного решения задач физики твердого тела.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности): методами использования симметрии физического или математического объекта для оптимизации решения различных задач физики твердого тела.

1.4. Объем дисциплины

Для очной формы обучения

	Виды учебной работы	Объем дисциплины	Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)

№ п/п		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	34	34	34
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	25	25	25
4.	Лабораторные работы			
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	56	5.10	56
6.	Промежуточная аттестация	18	2.33	Э,18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	41.43	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ для очной формы обучения

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Элементы абстрактной теории групп	Понятие симметрии. Симметрия и теория групп. Элементы абстрактной теории конечных групп. Представления групп. Непрерывные группы
P2	Применение методов теории симметрии в задачах квантовой механики	Классификация по симметрии собственных значений и собственных функций. Теорема Вигнера. Матричные элементы операторов и правила отбора. Симметрия и законы сохранения. Применение теории групп к качественному решению задач стационарной теории возмущений. Спин и двузначные представления.
P3	Молекулярные колебания	Симметризованные координаты. Нормальные координаты. Классификация нормальных колебаний.
P4	Симметрия объектов конечных размеров. Точечные группы	Перечисление точечных групп. Кристаллографические точечные группы.
P5	Симметрия кристаллов.	Трансляционные свойства кристаллов. Группа трансляций и ее представления. Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Качественное рассмотрение пространственных групп.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.3. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Для очной формы обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на Проведение занятия (час.)
P1	1	Определение группы симметрии физического объекта. Построение таблицы умножения, разбиение на классы	2
P1	2	Действия с неприводимыми представлениями конечной группы, приведение представления.	2
P1	3	Теория углового момента. Коэффициенты Клебша-Гордана группы вращений	2
P1	4	Контрольная работа	2
P2	5-7	Атом кристаллическом поле. Эффекты Зеемана и Штарка	6
P3	8-9	Классификация нормальных колебаний молекул	4
P4	10	Атом в кристаллическом поле	2
P5	11-13	Зона Бриллюэна для простейших решеток.	5
Всего:			25

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

- А) Построить группу, перемножая следующие элементы: а) поворот на угол π вокруг оси z ; б) отражение в плоскости $xу$. Показать, что такая группа состоит из 4 элементов, найти классы сопряженных элементов. Записать группу в виде прямого произведения.
 - Б) Найти представления группы C_4 , на которые будут разлагаться неприводимые представления группы D_4 , при сведении последней к подгруппе C_4 .
 - В) Определить качественную картину расщепления энергетического уровня Γ_5^+ системы с группой симметрии O_h ($m3m$) при наложении постоянного однородного электрического поля напряженности E , направленного параллельно оси третьего порядка.
- Вывести правила отбора для оптических электродипольных переходов между энергетическими уровнями квантовой системы с группой симметрии D_3 (32), характеризуемыми неприводимыми представлениями этой группы.
- Образовать базисные функции неприводимых представлений Γ_1 и Γ_3 группы D_3 (32), исходя их функции $\psi_0=x^2$.
- Классифицировать нормальные колебания молекулы аммиака NH_3 .
- Изобразите зону Бриллюэна для плоской квадратной решетки в двух измерениях. имеющей группу симметрии C_{4v} . отметьте в ней шесть видов особых точек, в которых малая группа вектора k нетривиальна. Какова малая группа в каждой из этих точек?

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

1.А) Разложить по неприводимым представлениям группы $O(432)$ прямые произведения неприводимых представлений этой группы $\Gamma_4 \times \Gamma_5$ и $\Gamma_5 \times \Gamma_5$.

1.Б) Построить группу, состоящую из собственных вращений плоского квадрата. Построить таблицу умножения, разбить на классы. Построить таблицу характеров неприводимых представлений.

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1-P5				*	*							

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Нокс, Роберт. Симметрия в твердом теле / Р. Нокс, Голд Альберт ; Пер. с англ. под ред. В. Л. Бонч-Бруевича .— М. : Наука, 1970 .— 424 с. — Библиогр. в конце ст. — 1-99 .— 26-00 .— 20-00.

2. Эллиот, Джеймс. Симметрия в физике = Symmetry in physics : В 2 т.: Пер. с англ. Т. 1. Основные принципы и простые приложения / Д. Эллиот, П. Добер ; Под ред. И. С. Желудева, Д. А. Славнова .— М. : Мир, 1983 .— 364 с. : ил. — Парал. загл. на англ. — Библиогр. в конце глав. — 1-50 .— 5300-00 .— 23-00 .— 20-00.9.1.2.

3. Эллиот, Джеймс. Симметрия в физике : В 2 т. Т. 2. Дальнейшие приложения / Д. Эллиот, П. Добер ; Пер. с англ. под ред. И. С. Желудева, Д. А. Славнова .— М. : Мир, 1983 .— 416 с. :

ил. — 1-70 .— 6000-00 .— 23-00 .— 20-00.

4. Артамонов, Вячеслав Александрович. Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. ВПО 020900 "Химия, физика и механика материалов" / В. А. Артамонов, Ю. Л. Словохотов .— Москва : Академия, 2005 .— 512 с. : ил. ; 22 см .— (Высшее профессиональное образование) .— Предм. указ.: с. 504-507. — Библиогр.: с. 498-503 (127 назв.). — Рекомендовано в качестве учебного пособия .— ISBN 5-7695-2137-6.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика : учебное пособие для студентов физических специальностей вузов : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007- .— (Теоретическая физика ; т.1) .Т. 5, ч. 1: Статистическая физика .— 6-е изд., стер. — 2013 .— 617 с. : ил. — Библиогр. в примеч.: .— Предм. указ.: с. 615-616 .— ISBN 978-5-9221-1510-0.

2. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 6-е изд., испр. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008 .— 800 с. : ил. — Рек. М-вом образования РФ .— ISBN 978-5-9221-0530-9.

3. Хамермеш, Мортон. Теория групп и ее применение к физическим проблемам / М. Хамермеш; пер. с англ. Ю. А. Данилова.— Изд. 2-е, стер. — Москва: УРСС, 2002.— 588 с. : ил. ; 20 см .— Пер. изд.: Group theory and its application to physical problems / М. Hamermesh. - 1964. — Библиогр.: с. 579-582 .— без грифа .— ISBN 5-354-00102-1.

4. Займан, Дж. М. Принципы теории твердого тела: Пер. со 2-го англ. изд. / Дж. М. Займан ; Под ред. В. Л. Бонч-Бруевича .— М. : Мир, 1974 .— 472 с. : ил. — Библиогр.: с. 455-464 .— 2-21 .— 7845-00 .— 8000-00 .— 38-00.

9.2.Методические разработки

1. Найш, Валентин Евстигнеевич. Теория симметрии кристаллов : учебное пособие / В. Е. Найш ; Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького .— Свердловск : УрГУ, 1986 .— 44 с. : ил.

9.3.Программное обеспечение

Не используется

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

Электронная библиотека УрФУ opac.urfu.ru

9.5.Электронные образовательные ресурсы

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Имеется аудитория, оснащённая мультимедийной техникой и доской.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий –0.6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	VI,1-17	10
<i>Мини-контрольная работа по теме «Элементы теории групп»</i>	VI,7	30
<i>Мини-контрольная работа по теме «Симметрия в квантовой механике»</i>	VI,11	30
<i>Мини-контрольная работа по теме «Симметрия в кристаллических твердых телах»</i>	VI,15	30
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям –0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям –Экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий –0.4		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение практических занятий</i>	VI,1-17	20
<i>Контрольная работа</i>	VI,8	40
<i>Выполнение домашних заданий</i>	VI,2-17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям–1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрена		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 6	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к рабочей программе дисциплины

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
к рабочей программе дисциплины

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент 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.	Студент 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.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует

	решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

– НТК не проводится

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

1. Дать определение группы.
2. Дать определение представления. Какое представление называется неприводимым?
3. Какая группа называется группой Ли?
4. Дать определение инфинитезимального оператора.
5. Сформулировать теорему Вигнера.
6. Перечислить типы точечных групп.

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Разложить по неприводимым представлениям группы $O(432)$ прямые произведения неприводимых представлений этой группы $\Gamma_{4x}\Gamma_5$ и $\Gamma_{5x}\Gamma_5$.
2. Определить качественно картину расщепления термина 3F в кристаллическом поле кубической симметрии.

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

Билет 1

1. Конечные группы: подгруппа, изоморфные группы, прямое произведение групп, лемма о перечислении элементов.
2. Прямое произведение неприводимых представлений группы вращений.

Билет 2

1. Сопряженные элементы и классы, геометрические признаки сопряженности, классы прямого произведения групп, инвариантная подгруппа (нормальные делитель).
2. Инфинитезимальные операторы непрерывной группы.

Билет 3

1. Представление группы. Матрица и базис представления, эквивалентность представлений. Теорема Машке (без доказательства). Характер элемента. Характер представления.
2. Непрерывные группы. Группы Ли. Примеры.

Билет 4

1. Прямое произведение и сумма представлений.
2. Группа двумерных вращений.

Билет 5

1. Приводимые и неприводимые представления групп. Разложение приводимого представления по неприводимым. Критерий неприводимости.
2. Инфинитезимальные операторы группы трехмерных вращений. Коммутаторы ИО, структурные константы группы $O^+(3)$.

Билет 6

1. Регулярное представление группы.
2. Неприводимые представления группы трехмерных вращений

Билет 7

1. Приводимые и неприводимые представления групп. Леммы Шура (без доказательства). Соотношение ортогональности для матриц и характеров неприводимых представлений.
2. Сферические гармоники как базисы неприводимых представлений группы трехмерных вращений.

Билет 8

1. Второе соотношение ортогональности для характеров неприводимых представлений. Число неприводимых представлений конечной группы.
2. Характеры неприводимых представлений группы трехмерных вращений.

Билет 9

1. Операторы проекций и построение базисных функций неприводимых представлений
2. Коэффициенты Клебша-Гордана и коэффициенты Вигнера группы трехмерных вращений.

Билет 10

1. Прямое произведение групп. Его классы и неприводимые представления.
2. Неприводимые тензорные операторы группы вращений.

Билет 11

1. Прямое произведение представлений. Коэффициенты Клебша-Гордана.
2. Двухзначные неприводимые представления группы вращений и спин.

Билет 12

1. Построение таблицы характеров неприводимых представлений для конечной группы.
2. Двойные точечные группы.

Билет 13

1. Классификация точечных групп.
2. Теорема Вигнера-Эккарта для группы трехмерных вращений. Расчет приведенных матричных элементов.

Билет 14

1. Задача на собственные значения и представления группы симметрии оператора. Теорема Вигнера (без доказательства).
2. Инфинитезимальные операторы группы трехмерных вращений. Коммутаторы ИО, структурные константы группы $O^+(3)$.

Билет 15

1. Применение теоремы Вигнера для качественного решения задач стационарной теории возмущений.
2. Неприводимые представления группы трехмерных вращений

Билет 16

1. Неприводимые тензорные операторы точечной группы. Теорема Вигнера-Эккарта-Костера.
2. $6j$ -символы группы вращений.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются