

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
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Экспериментальные методы в физике	Код модуля 1140158
Образовательная программа Физика	Код ОП 03.03.02/01.02
Траектория образовательной программы	ТОП 1 Физика кинетических явлений
Направление подготовки Физика	Код направления и уровня подготовки 03.03.02
Уровень подготовки бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 7 августа 2014 г. N 937

Екатеринбург, 2016

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Бабушкин Алексей Николаевич	д.ф.м.н., профессор	зав. кафедрой	Физики низких температур	

Руководитель модуля

А.Н. Бабушкин

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 Экспериментальные методы в физике

1.1. Объем модуля 10 з.е.

1.2. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины «Приборы и техника физического эксперимента», «Введение в структурный анализ» и «Резонансные методы исследований», формирующие у студентов общие представления о приборах и методах. Дисциплина «Приборы и техника физического эксперимента» даёт знания, необходимые для подготовки и проведения экспериментов. Основными разделами дисциплины являются: термометрия, измерение давления и вакуума, электроизмерительная техника, определение веса и массы, основы цифровой измерительной техники. Дисциплина «Введение в структурный анализ» посвящена ознакомлению студентов с современным состоянием экспериментальных методов исследований структуры конденсированного состояния вещества. Даются основные представления о способах описания кристаллической структуры, понятие обратной решетки, особенности применения резонансных и дифракционных методов для исследования структуры моно- и поликристаллов и аморфных сред. Дисциплина «Резонансные методы в физике» рассматривает физические основы методов ЭПР, ЯМР, ДЭЯР и принципы их использования для исследования структуры материалов. Модуль предусматривает защиту курсовой работы.

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.	(ВС) Приборы и техника физического эксперимента	5	17	34	0	51	53	Зачет, 4 час	108	3
2.	(ВС) Введение в структурный анализ	6	9	25	0	34	56	Экзамен, 18 час	108	3
3.	(ВС) Резонансные методы в физике	6	34	0	34	68	58	Экзамен, 18 час	144	4
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	Приборы и техника физического эксперимента Введение в структурный анализ Резонансные методы в физике
3.2.	Кореквизиты	Введение в структурный анализ Резонансные методы в физике

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-О1 «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; 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; ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию; ОК9 - способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; 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; ОПК5 - способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией; 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; ОПК7 - способность использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка; ОПК8 - способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности; ПК6 - способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований; ПК7 - способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме; ДОПК4 - владеть навыками разработки инновационных решений в научных учреждениях и на промышленных предприятиях;</p>
РО-ТОП 1: Способность осуществлять научные исследования процессов переноса и релаксации в материальных средах.	<p>ДПК2 - способность применять на практике теоретические знания и экспериментальные методы физических исследований в области физики и техники низкотемпературного эксперимента, физики неравновесных процессов в газе, жидкости и твердом теле; ДПК3 - способность применять резонансные методы (метод электронного парамагнитного резонанса, ядерного магнитного резонанса) для исследования физических свойств материалов; ДПК4 - владеть основами экспериментальных методов теплофизических и электромагнитных измерений.</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-2	ДПК-3	ДПК-4
1	(ВС) Приборы и техника физического эксперимента		*			*	*	*		*		*		*	*	*								*
2	(ВС) Введение в структурный анализ		*							*		*		*		*						*		*
3	(ВС) Резонансные		*		*	*				*	*	*		*	*	*	*						*	

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

5.3.2.2. Перечень примерных тем проектов по модулю:

- Влияние внешних воздействий на электрические свойства перовскитоподобных фаз

- высокого давления
- Применение метода импульсного теплофизического контроля для определения влаги в энергетических и компрессорных маслах
 - 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.
 - Экспериментальное и теоретическое исследование роста изолированного домена в сегнетоэлектрике.

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

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
ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль: Экспериментальные методы в физике	Код модуля 1140158
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: 07.08.2014 № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Каверин Алексей Михайлович	к.ф.-м.н.	доцент	Общей и молекулярной физики	

Руководитель модуля

А.Н. Бабушкин

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 «Приборы и техника физического эксперимента»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Приборы и техника физического эксперимента» предполагает дать студентам базовые знания, необходимые для подготовки и проведения экспериментов в областях физики. Основными разделами дисциплины являются: необходимые сведения из метрологии (введение), термометрия, измерение давления и вакуума, электроизмерительная техника, определение веса и массы, основы цифровой измерительной техники.

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;

ОПК5 - способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией;

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;

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;

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;

ДПК4 - владеть основами экспериментальных методов теплофизических и электромагнитных измерений.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

Основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин.

Основные системотехнические решения при создании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, приборов, устройств, механизмов и машин на их основе.

Базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие правила и методы наладки, настройки и эксплуатации технологического и контрольно-измерительного оборудования.

Уметь:

Применять математические методы, физические, химические и биологические законы для решения практических задач.

Применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Самостоятельно и в составе научно-производственного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении физических исследований. Использовать возможности современных методов физических исследований для решения физических задач.

Творчески и критически осмысливать физическую информацию для решения научно-исследовательских задач в сфере профессиональной деятельности.

Самостоятельно обрабатывать и представлять результаты научно-исследовательских работ по утвержденным формам.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

Навыками критического восприятия информации.

Навыками практического применения законов физики, химии, биологии и экологии.

Методами обработки и оценки погрешности результатов измерений.

Методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Навыками расчета основных параметров материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.

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.)*	5
1.	Аудиторные занятия	51	51	51
2.	Лекции	17	17	17
3.	Практические занятия	34	34	34
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	53	7.65	53
6.	Промежуточная аттестация	3,4	0.25	3,4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	58.9	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код разделов и тем	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Необходимые сведения из метрологии	

P1.T1	Общие сведения об измерениях	Понятия: физическая величина, измерение, значение, размер. Истинное, измеренное и действительное значения.
P1.T2	Средства измерения	мера, прибор, преобразователь, принадлежности, установка, система.
P1.T3	Характеристики измерительных приборов	измерительный механизм и отсчетное приспособление, градуировка, диапазоны показаний и измерений, длина и цена деления шкалы, отсчет, показание, чувствительность.
P1.T4	Погрешности измерений	абсолютная, относительная, приведенная. Класс точности измерительного прибора (основной случай).
P1.T5	Классификация измерительных приборов	5.1. По принципу действия. 5.2. По назначению: эталонные, образцовые и рабочие. 5.3. По виду показаний: аналоговые, цифровые. 5.4. По способу образования показаний: показывающие, самопишущие, приборы с наводкой. 5.5. По способу определения значения измеряемой величины: непосредственной оценки, компарирующие. 5.6. Остальные признаки классификации.
P1.T6		Точность отсчета измеряемой величины по прибору.
P1.T7		Поверка измерительных приборов.
P2	Температурные и электрические измерения	
P2.T1	Температура как физическая величина.	Температурные шкалы.
P2.T2	Жидкостные стеклянные термометры.	Принцип действия, устройство, поправки к показаниям. Термометрические жидкости и стекла. Разновидности жидкостных стеклянных термометров.
P2.T3	Дилатометрические, биметаллические и манометрические термометры.	Принцип действия, устройство, преимущества и недостатки, области применения.
P2.T4	Термопары.	4.1. Нормальный термоэлектрод, термоэлектрические материалы и требования к ним. 4.2. Классификация и типы термопар. 4.3. Устройство и конструктивные формы термопар (простейшая, лабораторная, дифференциальная, термобатарея). 4.4. Изготовление и изоляция спаев, термоэлектродов, и подводящих проводов.
P2.T5	Измерение термоэдс.	5.1. Измерение термоэдс милливольтметром. 5.2. Компенсационный метод измерения термоэдс. 5.3. Элементы потенциметрической схемы: нормальный элемент, нуль-гальванометр, реохорд, источник питания, сопротивления. 5.4. Чувствительность потенциметров. 5.5. Устройство и типы потенциметров.
P2.T6	Термометры сопротивления.	6.1. Материалы для термометров сопротивления и требования к ним. 6.2. Устройство термометров сопротивления. Подводящие провода, защитная арматура. 6.3. Типы термометров сопротивления, их достоинства и

		недостатки.
P2.T7	Методы измерения сопротивления.	7.1. Потенциометрический. 7.2. Мостовые: уравновешенный мост, неуравновешенный мост, мост с переходным контактом в диагонали, трехпроводная схема подключения термометра сопротивления. Чувствительность мостовых схем. 7.3. Источники ошибок и способы их устранения при измерении температуры термометрами сопротивления.
P2.T8	Полупроводниковые термометры сопротивления.	Материалы, устройство, типы, преимущества и недостатки, области использования
P2.T9	Пирометры излучения.	9.1. Яркостные или оптические пирометры. Оптическая и электрическая схемы, порядок работы. 9.2. Радиационные пирометры.
P3	Измерения давления и вакуума	
P3.T1	Давление как физическая величина.	Единицы измерения давления.
P3.T2		Классификация средств измерения давления.
P3.T3		Жидкостные манометры.
P3.T4	Пружинные манометры.	4.1. Манометры с трубчатой пружиной. Принцип действия, устройство, типы, порядок работы, погрешности и поправки. 4.2. Геликоидальные, мембранные и сильфонные манометры.
P3.T5	Поршневые манометры.	Принцип действия, устройство, порядок работы, поправки к показаниям.
P3.T6	Электрические и цифровые манометры	пьезоэлектрические, сопротивления, емкостные.
P3.T7	Измерения вакуума.	Классификация вакуумметров.
P3.T8		Жидкостные вакуумметры.
P3.T9	Компрессионные вакуумметры.	Принцип действия, устройство, порядок работы, два метода измерения давления, достоинства и недостатки.
P3.T10		Деформационные вакуумметры
P3.T11	Тепловые вакуумметры.	11.1. Вакуумметры сопротивления. 11.2. Термопарные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы.
P3.T12	Ионизационные вакуумметры.	12.1. Электронные ионизационные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы. 12.2. Ионизационно-термопарные вакуумметры. 12.3. Магнитные электроразрядные вакуумметры. 12.4. Радиоизотопные вакуумметры.
P4	Измерения веса и массы	
P4.T1	Вес и масса как физические величины.	Единицы измерения веса и массы.
P4.T2	Весы и гири.	2.1. Общее определение и возможные классификации. 2.2. Лабораторные весы: аналитические, технические, специальные.

		2.3. Гири. Классификация и типы
P4.T3		Простое и точное взвешивание.
P4.T4	Факторы, ограничивающие точность взвешивания	значение ускорения свободного падения, архимедова сила, инструментальные погрешности весов, дефекты и погрешности в гирях.
P4.T5	Методы и способы взвешивания	непосредственной оценки, сравнения с мерой, противопоставления (прямое противопоставление и способ Гаусса), замещения (способ Бордо и способ Менделеева).
P5	Краткий обзор средств измерения времени, линейных и угловых размеров, уровня, состава веществ и характеристик потока жидкости или газа	
P5.T1		Краткий обзор средств измерения времени, линейных и угловых размеров, уровня, состава веществ и характеристик потока жидкости или газа
P6	Цифровая измерительная техника	
P6.T1	Два способа представления информации.	Преимущества и недостатки цифрового способа
P6.T2	Основные понятия и определения	код числа, дискретизация, квантование, цифровое кодирование, аналого-цифровое преобразование.
P6.T3		Структурная схема и общий отличительный признак цифрового измерительного устройства (ЦИУ).
P6.T4		Виды кодов, применяемые в ЦИУ: натуральный двоичный, прямой код со знаком, двоично-десятичные коды.
P6.T5		Пять методов преобразования непрерывных величин в код.
P6.T6		Элементная база ЦИУ.
P6.T7	Основные функциональные узлы ЦИУ.	7.1. Триггер: определение, диаграмма счетчика импульсов. 7.2. Дешифратор. 7.3. Операционные усилители. 7.4. Сравняющее устройство: математическое описание, структурная схема, технические характеристики. 7.5. Коммутационные элементы (ключи): аналоговые и логические. 7.6. Цифроаналоговые преобразователи: определение, назначение, принципиальная схема.
P6.T8	Цифровые отсчетные устройства (ЦОУ).	8.1. Составные части ЦОУ: регистр, преобразователь кода, цифровой индикатор. 8.2. Виды цифровых индикаторов: газоразрядные, электролюминесцентные, жидкокристаллические, вакуумные накальные.
P6.T9	Основные технические характеристики ЦИУ	измеряемые величины и диапазоны измерения. разрешающая способность (дискретность, чувствительность, квант), точность, быстродействие, входные сопротивление и ток, помехоустойчивость (виды помех и способы борьбы с ними), надежность.
P6.T10		Классификация ЦИУ. ЦИУ прямого и уравновешивающего преобразования.

Р6.Т11	Основные виды цифровых приборов.	11.1. Приборы частотно-временной группы. 11.2. Вольтметры. 11.3. Цифровые мосты. 11.4. Аналого-цифровые преобразователи. 11.5. Другие приборы.
Р6.Т12		Перспективы развития ЦИУ.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Для очной формы обучения

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.4. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.5. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P1	1, 2	Необходимые сведения из метрологии	4
P2	3, 4	Температурные и электрические измерения	4
P2	5, 6	Температурные и электрические измерения	4
P2	7, 8	Температурные и электрические измерения	4
P3	9, 10	Измерения давления и вакуума	4
P3	11, 12	Измерения давления и вакуума	4
P4	13, 14	Измерения веса и массы	4
P5	15	Краткий обзор средств измерения времени, линейных и угловых размеров, уровня, состава веществ и характеристик потока жидкости или газа	2
P6	16, 17	Цифровая измерительная техника	4

Всего: 34

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.4. Примерный перечень тем домашних работ

1. Выбор приборов и составление схемы заданных температурных измерений.
2. Измерения давления. Расчет давления в системе по заданным параметрам окружающей среды и отсчету по образцовому манометру.

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

4.3.5. 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

Не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ 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 (поиск информации в интернете)
P1.				*								
P2.				*	*							
P3.				*								
P4.				*								
P5.				*								
P6.				*								

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. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника. /п/р Кима К.К. – С-Пб.: Питер, 2011.
2. В.А.Кузнецов, Г.В.Ялунина. Общая метрология. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. 272 с..
3. Г. М.Иванова, Н.Д.Кузнецов, В.С.Чистяков. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 460 с.
4. Лепявко, А.П. Цифровые средства измерений давления и температуры : учебное пособие / А.П. Лепявко ; Академия стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : АСМС, 2009. - 100 с. - ISBN 978-5-93088-087-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135781>

9.1.2.Дополнительная литература

1. В.Ю.Кончаловский. Цифровые измерительные устройства. М.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.
2. В.М.Шляндин. Цифровые измерительные устройства. М.: Высшая школа, 1981. 336 с.
3. Романова, Л.А. Метрологические основы поверки и калибровки средств электрических измерений : учебное пособие / Л.А. Романова ; Академия стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : АСМС, 2014. - 84 с. : ил.,

табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-93088-153-0 ; То же [Электронный ресурс].

- URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275595>

4. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. С.Ф. Боев. - 3-е изд., испр. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. - (Мир радиоэлектроники). - ISBN 978-5-94836-329-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>

9.2.Методические разработки

не используются

9.3.Программное обеспечение

не используется

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Электронные ресурсы образовательного портала edu.ru.

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Зональная научная библиотека УрФУ lib.urfu.ru

9.5.Электронные образовательные ресурсы

не используется

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

В распоряжении имеется демонстрационное оборудование и мультимедийный проектор для сопровождения лекций.

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 – к лек. = 0,5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций (n=17)	5, 1-17	20
Мини-контрольные по теме лекций	5, 1-17	40
Дополнительные баллы (активность)	1-17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.=0,4		
Промежуточная аттестация по лекциям– Зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.=0,6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. =0,5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий (n=17)	5, 1-17	20
Выполнение индивидуальной домашней самостоятельной работы №1	5, 9-11	20
Выполнение индивидуальной домашней самостоятельной работы №2	5, 13-15	20
Дополнительные баллы (активность)	1-17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.= 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 5	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

Не предусмотрено

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

1. Расчет погрешности измерений по заданным техническим характеристикам прибора.
2. Преобразование непрерывных величин в код методом пространственного кодирования. Преобразование заданной величины.

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

Раздел 1. Введение. Необходимые сведения из метрологии.

1. Общие сведения об измерениях. Понятия: физическая величина, измерение, значение, размер. Истинное, измеренное и действительное значения.
2. Средства измерения: мера, прибор, преобразователь, принадлежности, установка, система.
3. Характеристики измерительных приборов: измерительный механизм и отсчетное приспособление, градуировка, диапазоны показаний и измерений, длина и цена деления шкалы, отсчет, показание, чувствительность.
4. Погрешности измерений: абсолютная, относительная, приведенная. Класс точности измерительного прибора (основной случай).
5. Классификация измерительных приборов:
 - 5.1. По принципу действия.
 - 5.2. По назначению: эталонные, образцовые и рабочие.
 - 5.3. По виду показаний: аналоговые, цифровые.
 - 5.4. По способу образования показаний: показывающие, самопишущие, приборы с наводкой.
 - 5.5. По способу определения значения измеряемой величины: непосредственной оценки, компарирующие.
 - 5.6. Остальные признаки классификации.
6. Точность отсчета измеряемой величины по прибору.
7. Поверка измерительных приборов.

Раздел 2. Температурные и электрические измерения.

1. Температура как физическая величина. Температурные шкалы.
2. Жидкостные стеклянные термометры. Принцип действия, устройство, поправки к показаниям. Термометрические жидкости и стекла. Разновидности жидкостных стеклянных термометров.
3. Дилатометрические, биметаллические и манометрические термометры. Принцип действия, устройство, преимущества и недостатки, области применения.
4. Термопары.
 - 4.1. Нормальный термоэлектрод, термоэлектрические материалы и требования к ним.
 - 4.2. Классификация и типы термопар.
 - 4.3. Устройство и конструктивные формы термопар (простейшая, лабораторная, дифференциальная, термобатарей).
 - 4.4. Изготовление и изоляция спаев, термоэлектродов, и подводящих проводов.
5. Измерение термоэдс.
 - 5.1. Измерение термоэдс милливольтметром.
 - 5.2. Компенсационный метод измерения термоэдс.
 - 5.3. Элементы потенциметрической схемы: нормальный элемент, нуль-гальванометр, реохорд, источник питания, сопротивления.
 - 5.4. Чувствительность потенциметров.
 - 5.5. Устройство и типы потенциметров.
6. Термометры сопротивления.
 - 6.1. Материалы для термометров сопротивления и требования к ним.
 - 6.2. Устройство термометров сопротивления. Подводящие провода, защитная арматура.
 - 6.3. Типы термометров сопротивления, их достоинства и недостатки.
7. Методы измерения сопротивления.
 - 7.1. Потенциметрический.
 - 7.2. Мостовые: уравновешенный мост, неуравновешенный мост, мост с переходным контактом в диагонали, трехпроводная схема подключения термометра сопротивления. Чувствительность мостовых схем.
 - 7.3. Источники ошибок и способы их устранения при измерении температуры термометрами сопротивления.
8. Полупроводниковые термометры сопротивления. Материалы, устройство, типы, преимущества и недостатки, области использования.
9. Пирометры излучения.
 - 9.1. Яркостные или оптические пирометры. Оптическая и электрическая схемы, порядок работы.
 - 9.2. Радиационные пирометры.

Раздел 3. Измерения давления и вакуума.

1. Давление как физическая величина. Единицы измерения давления.
2. Классификация средств измерения давления.
3. Жидкостные манометры.
4. Пружинные манометры.
 - 4.1. Манометры с трубчатой пружиной. Принцип действия, устройство, типы, порядок работы, погрешности и поправки.
 - 4.2. Геликоидальные, мембранные и сильфонные манометры.
5. Поршневые манометры. Принцип действия, устройство, порядок работы, поправки к показаниям.
6. Электрические и цифровые манометры (пьезоэлектрические, сопротивления, емкостные).
7. Измерения вакуума. Классификация вакуумметров
8. Жидкостные вакуумметры.
9. Компрессионные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы, два

метода измерения давления, достоинства и недостатки.

10. Деформационные вакуумметры.

11. Тепловые вакуумметры.

11.1. Вакуумметры сопротивления.

11.2. Термопарные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы.

12. Ионизационные вакуумметры.

12.1. Электронные ионизационные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы.

12.2. Ионизационно-термопарные вакуумметры.

12.3. Магнитные электроразрядные вакуумметры.

12.4. Радиоизотопные вакуумметры.

Раздел 4. Измерения веса и массы.

1. Вес и масса как физические величины. Единицы измерения веса и массы.

2. Весы и гири.

2.1. Общее определение и возможные классификации.

2.2. Лабораторные весы: аналитические, технические, специальные.

2.3. Гири. Классификация и типы.

3. Простое и точное взвешивание.

4. Факторы, ограничивающие точность взвешивания: значение ускорения свободного падения, архимедова сила, инструментальные погрешности весов, дефекты и погрешности в гирях.

5. Методы и способы взвешивания: непосредственной оценки, сравнения с мерой, противопоставления (прямое противопоставление и способ Гаусса), замещения (способ Бордо и способ Менделеева).

Раздел 5. Краткий обзор средств измерения времени, линейных и угловых размеров, уровня, состава веществ и характеристик потока жидкости или газа.

Раздел 6. Цифровая измерительная техника.

1. Два способа представления информации. Преимущества и недостатки цифрового способа.

2. Основные понятия и определения: код числа, дискретизация, квантование, цифровое кодирование, аналого-цифровое преобразование.

3. Структурная схема и общий отличительный признак цифрового измерительного устройства (ЦИУ).

4. Виды кодов, применяемые в ЦИУ: натуральный двоичный, прямой код со знаком, двоично-десятичные коды.

5. Пять методов преобразования непрерывных величин в код.

6. Элементная база ЦИУ.

7. Основные функциональные узлы ЦИУ.

7.1. Триггер: определение, диаграмма счетчика импульсов.

7.2. Дешифратор.

7.3. Операционные усилители.

7.4. Сравняющее устройство: математическое описание, структурная схема, технические характеристики.

7.5. Коммутационные элементы (ключи): аналоговые и логические.

7.6. Цифроаналоговые преобразователи: определение, назначение, принципиальная схема.

8. Цифровые отсчетные устройства (ЦОУ).

8.1. Составные части ЦОУ: регистр, преобразователь кода, цифровой индикатор.

8.2. Виды цифровых индикаторов: газоразрядные, электролюминесцентные, жидкокристаллические, вакуумные накаливаемые.

9. Основные технические характеристики ЦИУ: измеряемые величины и диапазоны измерения. разрешающая способность (дискретность, чувствительность, квант), точность, быстродействие, входное сопротивление и ток, помехоустойчивость (виды помех и способы

борьбы с ними), надежность.

10. Классификация ЦИУ. ЦИУ прямого и уравнивающего преобразования.

11. Основные виды цифровых приборов.

11.1. Приборы частотно-временной группы.

11.2. Вольтметры.

11.3. Цифровые мосты.

11.4. Аналого-цифровые преобразователи.

11.5. Другие приборы.

12. Перспективы развития ЦИУ.

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

8.3.9. Иные оценочные средства

Не предусмотрены

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

РЕЗОНАНСНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль: Экспериментальные методы в физике	Код модуля 1140158
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: 07.08.2014 № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Легких Николай Владимирович	кандидат физ.- мат. наук, доцент	Доцент	Компьютер ной физики	

Руководитель модуля

А.Н. Бабушкин

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 «Резонансные методы в физике»

1.2. Аннотация содержания дисциплины

Рассматриваются основные методы радиоспектроскопии – электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР), ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), их особенности и применения в научно-исследовательской практике. Вводится понятие спин-гамильтониана, на основе которого анализируются примеры его использования для описания спектров магнитного резонанса. Анализируется влияние внешних воздействий на спектры и энергетическую структуру парамагнитных центров в кристаллах.

а. 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;

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;

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;

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

ПК6 - способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований;

ДПК3 - способность применять резонансные методы (метод электронного парамагнитного резонанса, ядерного магнитного резонанса) для исследования физических свойств материалов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: физические основы методов радиоспектроскопии.

Уметь: применять полученные знания для решения практических задач, постановки, проведения и интерпретации физического эксперимента при исследовании спектров парамагнитного резонанса.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности): методами описания спектров и получать на их основе физические характеристики исследуемых объектов.

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	10.2	58
6.	Промежуточная аттестация	Э, 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

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Радиоспектроскопия как система методов исследования парамагнитных спектров вещества	Введение. Радиоспектроскопия как система методов исследования парамагнитных спектров вещества. Основные методы радиоспектроскопии – электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР), ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР).
2	Парамагнитные центры в кристаллах.	Парамагнитные центры в кристаллах. Теория кристаллического поля. Расщепление d и f-термов ионов переходных групп в поле кубической симметрии.
3	Спектр ЭПР и обобщенный спиновый гамильтониан.	Спектр ЭПР и спиновый гамильтониан. Вывод спинового гамильтониана для орбитально невырожденного основного состояния. Спиновый гамильтониан в случае вырожденного основного состояния. Ионы в S-состоянии. Обобщенный спиновый гамильтониан.
4	Экспериментальные методы определения констант спинового гамильтониана. Расчет	Экспериментальные методы определения констант спинового гамильтониана. Расчет спектров ЭПР в приближении «сильного магнитного поля». Угловая зависимость спектра ЭПР.

	спектров ЭПР.	
5	ЭПР и структурные фазовые переходы.	ЭПР и структурные фазовые переходы в сегнетоэлектрических кристаллах.
6	Применение ЭПР в химии.	Применение ЭПР в химии. Спектр ЭПР органических радикалов. Сверхтонкая структура ароматических свободных радикалов. Применение ЭПР для изучения делокализации спиновой плотности неспаренного электрона в ароматических соединениях.
7	ЯМР высокого разрешения.	ЯМР высокого разрешения. Химический сдвиг. Протонные химические сдвиги (теория).
8	Ядерный квадрупольный резонанс	Ядерный квадрупольный резонанс. Спиновый гамильтониан и спектр ЯКР. Спектр ЯКР в магнитном поле (случай аксиальной симметрии градиента кристаллического поля).
9	ДЭЯР	Двойной электронно-ядерный резонанс (ДЭЯР). Экспериментальное наблюдение спектров ДЭЯР. Применение ДЭЯР для изучения сверхтонких взаимодействий в кристаллах.
10	ЭПЭ в парамагнитном резонансе.	Электро-полевой эффект (ЭПЭ) в парамагнитном резонансе. Применение ЭПЭ для изучения ориентационной кинетики парамагнитных дипольных комплексов в кристаллах.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Для очной формы обучения

5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
1	1-2	Электронный парамагнитный резонанс	4
2	3-4	Оптическая ориентация спинов	3
3	4-5	Расщепление термов парамагнитных ионов в поле кубической симметрии	3
4	6-7	Вывод спинового гамильтониана для иона хрома в рубине	3
5	7-8	Расчет спиновой плотности методом Хюккеля в ион-радикале антрацена	3
6	9-10	Описание спектра ЯМР высокого разрешения этанола	4
7	11-12	Химический сдвиг для ионов в парамагнитном состоянии	4
8	13-14	Ядерный квадрупольный резонанс; спектр в магнитном поле.	3
9	14-16	Применение электрополевого эффекта в ЭПР для описания кинетики ионов в кристалле	4
10	16-17	Расчет влияния внешнего электрического поля на ЭПР ионов хрома в рубине	3
Всего:			34

4.2. Практические занятия

не предусмотрено

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Изучение спектров ЭПР, характерных для обнаружения фазовых переходов

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

не предусмотрено

6. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы	Активные методы обучения	Дистанционные
-------------------	--------------------------	---------------

дисциплины							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)
1-10				*	*							

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

Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. -М.: Мир, 1981.

Альтшулер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс элементов промежуточных групп. -М.: Наука, 1972.

Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. -т.1, М.: Мир, 1972.

9.1.2.Дополнительная литература

Каныгина, О.Н. Физические методы исследования веществ / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, В.Л. Бердинский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Кафедра общей физики. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 141 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330539>

Фомин, Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие / Д.В. Фомин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 186 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-2829-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074>

9.2.Методические разработки

не используются

9.3.Программное обеспечение

не используются

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека УрФУ lib.urfu.ru

9.5.Электронные образовательные ресурсы

не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийной техникой.
2. Спектрометр ЭПР
3. Установка по исследованию оптической ориентации спинов

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 – 0.7		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	VI, 1 - 17	50
<i>Мини- опрос по темам лекций</i>	VI, 1 - 17	50
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 -не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.3		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	VI, 1 - 17	50
<i>Домашняя работа</i>	VI, 1 - 17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - 1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям– не предусмотрено		

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
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 применяется

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. Радиоспектроскопические методы исследования парамагнитных спектров в конденсированных средах. Физические основы методов, их особенности и сферы применения.
2. Парамагнитные центры в кристаллическом поле. Расщепление уровней энергии ионов переходных групп в полях кубической и тетрагональной симметрии.
3. Условная зависимость спектров ЭПР. Расчет спектров в приближении «сильного магнитного поля».
4. Поведение спектров ЭПР при структурных фазовых переходах.
5. Спектр ЭПР органических радикалов. Сверхтонкая структура спектров ЭПР ароматических свободных радикалов.
6. Применение ЭПР для изучения делокализации спиновой плотности неспаренного электрона в ароматических соединениях.
7. Химический сдвиг. Теория протонных химических сдвигов.
8. Спектр ядерного квадрупольного резонанса в магнитном поле (случай аксиальной симметрии).
9. Применение метода двойного электронно-ядерного резонанса для изучения сверхтонких взаимодействий в кристаллах.
10. Электро-полевой эффект в парамагнитном резонансе и его применение для изучения ориентационной кинетики парамагнитных дипольных комплексов в кристаллах.

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль: Экспериментальные методы в физике	Код модуля 1140158
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: 07.08.2014 № 937

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Бабушкин А.Н.	Д.ф.м.н., профессор	Зав. кафедрой	Физики низких температур	

Руководитель модуля

А.Н. Бабушкин

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 структурный анализ

1.3. Аннотация содержания дисциплины

В структуре модуля дисциплина является вводной, формирующей основы представлений о структуре материалов и наиболее распространенных методах ее изучения.

Дисциплина посвящена ознакомлению студентов с современным состоянием экспериментальных методов исследования структуры конденсированного состояния вещества. Даются основные представления о способах описания кристаллической структуры, понятие обратной решетки, особенности применения резонансных и дифракционных методов для исследования структуры моно и поликристаллов и аморфных сред. Основная часть курса посвящена дифракционным методам исследования, основанным на рассеянии рентгеновских лучей, электронных и нейтронных пучков.

Кроме того, разделы курса посвящены основам гамма-резонансной спектроскопии, методам, связанным с изучением тонкого края рентгеновского поглощения, основам использования синхротронного излучения для исследования структуры, основным понятиям ядерного, магнитного и электронного парамагнитного резонансов.

Дисциплина опирается на модули «Введение в специальность» и «Общая физика»,

1.2. Язык реализации программы – русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения является формирование у студента следующих компетенций:

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

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;

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

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

ДПК2 - способность применять на практике теоретические знания и экспериментальные методы физических исследований в области физики и техники низкотемпературного эксперимента, физики неравновесных процессов в газе, жидкости и твердом теле;

ДПК4 - владеть основами экспериментальных методов теплофизических и электромагнитных измерений.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные представления о способах описания кристаллической структуры, понятие обратной решетки, особенности применения резонансных и дифракционных методов для исследования структуры моно и поликристаллов и аморфных сред.

Уметь: ставить и решать задачи экспериментальных исследований и работать со специальной научной литературой и применять теоретические знания к интерпретации результатов экспериментальных исследований.

Демонстрировать навыки и опыт деятельности:

- описания кристаллической структуры, прямой и обратной решеток,

- применения резонансных и дифракционных методов для исследования структуры моно и поликристаллов и аморфных сред;

- анализа дифракционных спектров;

- применения результатов анализа дифракционных спектров для идентификации структурных особенностей материалов.

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	34	34	34
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	25	25	25
4.	Лабораторные работы	0	0	0
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

7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
1	Введение	Что такое «структура»? Необходимость применения универсальных методов к исследованию структуры веществ разной природы. Изменение структуры вещества при изменении температуры и давления. Современные методы исследования структуры вещества. Дифракционные методы. Резонансные методы. Современные источники излучения для исследования структуры конденсированного состояния. Основные этапы развития представлений о структуре вещества и методов структурного анализа.
2	Основная задача структурного анализа.	Дифракция плоских волн на объекте. Кинематическое приближение. Дифракционный структурный анализ как преобразование Фурье. Фазовая проблема. Понятие о прямых методах структурного анализа
3	Основные представления о симметрии кристаллов.	Решетка Бравэ. Примитивная ячейка. (ячейка Вигнера — Зейтца). Элементарная ячейка кристалла. Элементы симметрии кристаллов. Кристаллографические сингонии. Понятие группы симметрии. Точечные группы симметрии. Пространственные группы симметрии.
4	Фурье-образ кристалла.	Пространство объекта и обратное пространство (пространство Фурье). Связь между прямым и обратным пространствами. Влияние симметрии функции на ее Фурье-образ. Фурье-образ неоднородного (состоящего из разных частей) объекта. Фурье-образы атомного ядра, электронной плотности атома, элементарной ячейки кристалла, решетки Бравэ. Фурье-образы конечной и бесконечной линейных цепочек, состоящих из материальных точек. Влияние дефектов кристаллической

		решетки на дифракционную картину. Интенсивность дифракционных линий при рассеянии излучения конечными и бесконечными кристаллами. Интерференционная функция пространственной кристаллической решетки. Геометрия дифракционной картины монокристаллов. Уравнения Лауэ. Формула Вульфа — Брэгга. Дифракционная картина поликристалла.
5	Фурье-образы кристаллов со сложными элементарными ячейками.	Законы погасания. Использование законов погасания при интерпретации рентгенограмм. Законы гомологии. Интенсивность дифракционной картины. Влияние поглощения на интенсивность рассеяния излучения монокристаллами при разной ориентации источника излучения, образца и приемника рассеянного излучения (Лауэ и Брэгга). Влияние статических и динамических искажений кристаллической решетки на интенсивность дифракционной картины.
6	Методы и аппаратура дифракционных структурных исследований.	Основные методы дифракционного структурного анализа — рентгенографический, нейтронографический и электроннографический. Рассеяние электромагнитного излучения свободными и валентными электронами. Сечение рассеяния. Сравнительный анализ различных методов структурного анализа. Классификация экспериментальных методов. Метод Лауэ. Метод вращения монокристалла. Метод Дебая-Шерера. Особенности применения дифракционных методов при высоких и низких температурах, высоких давлениях. Особенности автоматизации экспериментальных исследований.
7	Основные представления о ядерном гамма резонансе.	Эффект Мессбауэра. Механизмы взаимодействия гамма-квантов с веществом. Фотоэлектрический эффект. Внутренняя конверсия. Неупругие процессы. Резонансное поглощение гамма-квантов веществом. Ядерная гамма- резонансная спектроскопия (ЯГР). Эффект Доплера и ЯГР. Требования к источникам и поглотителям гамма-квантов. Применение ЯГР к исследованиям структуры вещества. Спектры резонансного поглощения в случаях изомерного (химического) сдвига энергетических уровней ядра, взаимодействия квадрупольного момента ядра с градиентом кристаллического электрического поля на ядре, взаимодействия магнитного момента ядра с кристаллическим магнитным полем на ядре. Применение ЯГР в биологии, археологии и др..
8	Основные представления о резонансных методах исследования структуры вещества.	Ядерный магнитный резонанс. Ядерный квадрупольный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Области применения. Требования к исследуемым веществам.
9	Синхротронное излучение.	Источники синхротронного излучения. Спектральные характеристики синхротронного излучения. Применение синхротронного излучения для исследования структуры вещества. Тонкая структура рентгеновских спектров поглощения. Изучение ближнего порядка в аморфных материалах и жидкостях. EXAFS - метод (extended X-ray absorption fine structure). Экспериментальные особенности.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

9. 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.)
1	1	Введение	0
2	2	Основная задача структурного анализа.	4
3	3	Основные представления о симметрии кристаллов.	4
4	4	Фурье-образ кристалла.	3
5	5	Фурье-образы кристаллов со сложными элементарными ячейками.	2
6	6	Методы и аппаратура дифракционных структурных исследований.	4
7	7	Основные представления о ядерном гамма резонансе.	4
8	8	Основные представления о резонансных методах исследования структуры вещества.	3
9	9	Синхротронное излучение.	1

Всего: 25

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Основы теории симметрии кристаллов. Сингонии. Символы узлов, направлений, плоскостей в кристаллическом пространстве. Точечные группы симметрии. Пространственные группы симметрии. Обозначения групп симметрии кристаллов. Символы Шенфлиса. Международные символы.
2. Законы погасания. Анализ дифракционных спектров с использованием законов погасания.

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

Не предусмотрено

10. 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
1. Введение							=				
2. Основная задача структурного анализа.							=				
3. Основные представления о симметрии кристаллов.				=	=		=				
4. Фурье-образ кристалла.				=			=				
5. Фурье-образы кристаллов со сложными элементарными ячейками.				=	=		=				
6. Методы и аппаратура дифракционных структурных исследований.				=	=		=				
7. Основные представления о ядерном гамма резонансе.				=	=		=				
8. Основные представления о резонансных методах исследования структуры вещества.				=			=				
9. Синхротронное излучение.							=				

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. Бабушкин А.Н. Введение в структурный анализ. Изд. УрГУ, 2002, 110 с. (рек.УМО)
2. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высш.школа, 1984.
3. Жданов Г.С., Ильюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ. М.: Наука, 1980.
4. Найш В.Е. Теория симметрии кристаллов. Свердловск: УрГУ, 1986.
5. Крамер-Агеев Е.А., Лавренчик В.Н., Самосадный В.Т., Протасов В.П. Экспериментальные методы нейтронных исследований. М.: Энергоатомиздат, 1990.

9.1.2. Дополнительная литература

1. Ищенко, А.А. Дифракция электронов: структура и динамика свободных молекул и конденсированного состояния вещества / А.А. Ищенко, Г.В. Гиричев, Ю.И. Тарасов. - Москва : Физматлит, 2012. - 615 с. : ил., схем., табл. - ISBN 978-5-9221-1447-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275474>
2. Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро, и наноэлектроники : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов ; под общ. ред. А.А. Барыбина. - Москва : Физматлит, 2011. - 783 с. : ил., схем., табл. - ISBN 978-5-9221-1321-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643>

9.2.Методические разработки

Не используются

9.3.Программное обеспечение

Не используется

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Открытая база данных по кристаллографии. <http://www.crystallography.net/>

9.5. Электронные образовательные ресурсы

А.Н.Бабушкин. Введение в структурный анализ.

https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/2819

Кристаллография для начинающих. <http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/index-en.html>

Crystallography & Struc. Biol. c/ Serrano 119 E-28006 Madrid (Spain)

Учебник по кристаллической структуре. <http://www.aprendelo.com/rec/crystal-structure-tutorials.html>

Symmetry and Space Group Tutorial by Jerry P. Jasinski and Bruce M. Foxman

<http://people.brandeis.edu/~foxman1/teaching/indexpr.html>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Оборудование кафедры физики низких температур Института естественных наук УрФУ

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 – 2

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 лекций (8)	6, 1-5	16
Мини опросы по темам лекций	6	84
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
Посещение практических /семинарских занятий (9)	6	18
Домашняя работа	6, 14	82
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрены		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы
не предусмотрена

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. Какова основная задача структурного анализа.
2. Что такое пространственная группа симметрии
3. Что такое точечная группа симметрии
4. Какие элементы симметрии вам известны.
5. Что входит в понятие «группа симметрии»
6. Какие сингонии вам известны.
7. Как длина излучения влияет на разрешающую способность дифракционных методов анализа структуры.
8. Как на дифракционную картину объекта влияют его составные части.
9. Система обозначений в кристаллическом пространстве. Индексы Миллера.
10. Почему для исследования водородосодержащих материалов нет смысла применять рентгеноструктурный анализ.

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

1. Симметрия кристаллов

- 1.1. В кристалле имеется ось симметрии шестого порядка. К ней добавлены параллельная плоскость симметрии шестого порядка и центр симметрии. Определить набор элементов симметрии.
- 1.2. В кристалле имеется инверсионная ось третьего порядка. К ней добавлена параллельная плоскость m . Определить набор элементов симметрии и точечную группу.
- 1.3. В кристалле имеется одна ось симметрии четвертого порядка и плоскости симметрии, перпендикулярные и параллельные этой оси. Определить набор элементов симметрии, точечную группу и сингонию кристалла.

- 1.4. В кристалле имеется одна ось симметрии шестого порядка и перпендикулярная ей плоскость симметрии. Определить набор элементов симметрии, точечную группу и сингонию кристалла.
- 1.5. Определить точечную группу фигуры, состоящей из восьми одинаковых шаров. Рассмотреть случаи, когда шары расположены в вершинах куба и в вершинах тетрагональной призмы.
- 1.6. Изобразить на проекции расположение элементов симметрии в следующих точечных группах: $2/m$, mmm , 32 , 3^- , 3^-m , 422 , 42^-m , $4/mmm$. Записать символы Шенфлиса для этих точечных групп.
- 1.7. Изобразить на проекции расположение элементов симметрии в точечных группах: D_2 , C_{2v} , C_{3v} , S_4 , C_{4h} , D_{2d} , T_h , O , I . Записать символы этих групп в международной классификации.
- 1.8. Какова симметрия молекулы CO и линейной молекулы CO₂.
- 1.9. Какова симметрия плоской квадратной молекулы XeF₄ и линейной молекулы XeF₂.
- 1.11. Пренебрегая несущественными деталями, разбейте прописные буквы латинского алфавита по группам симметрии.
- 1.12. Пренебрегая несущественными деталями, разбейте римские числа от I до X по группам симметрии.
- 1.13. Пренебрегая несущественными деталями, разбейте арабские числа от 0 до 50 по группам симметрии.

2. Узлы, направления, плоскости в кристаллической решетке

- 2.1. Найти расстояния между кристаллическими плоскостями с индексами Миллера (310) для кубической, тетрагональной и ромбоэдрической решеток.
- 2.2. Триклинная решетка кианита Al₂O₃ x SiO₂ имеет параметры кристаллической решетки $a = 0.709$ нм, $b = 0.772$ нм, $c = 0.556$ нм, $\alpha = 90^\circ 55'$, $\beta = 101^\circ 2'$, $\gamma = 105^\circ 44'$. Определить расстояние между кристаллическими плоскостями (102).
- 2.3. Определить расстояния между плоскостями {100}, {110} и {111} в кубической, тетрагональной и ромбоэдрической системах.
- 2.4. Кристалл галлия имеет тетрагональную кристаллическую решетку с параметрами $a = 0.450$ нм, $b = 0.764$ нм. Найти углы между плоскостями (111) и (102) и межплоскостные расстояния для семейств {111} и {102}.
- 2.5. Определить условие перпендикулярности плоскостей $\{h_1k_1l_1\}$ и $\{h_2k_2l_2\}$ в кубической, ромбической и тетрагональной сингониях.
- 2.6. Найти индексы плоскостей, проходящих через узловы точки кристаллической решетки с координатами (9, 10, 30). Параметры решетки $a = 3$, $b = 5$, $c = 6$.
- 2.7. Положение плоскостей в гексагональной системе определяется с использованием четырех индексов. Найти индекс i для плоскостей (100), (010), (110), (211) в гексагональной системе.
- 2.8. Зная постоянную решетки a , вычислить межплоскостные расстояния d_{100} , d_{110} , d_{111} и их отношение для простой, объемноцентрированной и гранецентрированной кубических решеток.
- 2.9. Определить отношение периодов идентичности (расстояния между соседними одинаковыми атомами вдоль определенного направления в кристаллической решетке) вдоль направлений [100], [110] и [111] для простой, объемноцентрированной и гранецентрированной кубических решеток.
- 2.10. Записать координаты всех узлов решетки типа алмаза. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку?
- 2.11. Записать координаты всех узлов решетки типа каменной соли. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку?

- 2.12. Вычислить объем элементарной ячейки триаминхлорида четырехвалентной платины. Параметры кристаллической решетки: $a = 1.113$ нм, $b = 0.983$ нм, $c = 0.817$ нм, $\alpha = 95^\circ 95'$, $\beta = 95^\circ 40'$, $\gamma = 96^\circ 58'$.
- 2.13. Найти число элементарных ячеек в кубическом сантиметре магния. Параметры решетки $a = 0.320$ нм, $c = 0.820$ нм. Система гексагональная.
- 2.14. Определить структуру элементарной ячейки вольфрама, принадлежащего к кубической системе с осями симметрии четвертого порядка, если известно, что межплоскостное расстояние для системы плоскостей (100) $d_1 = 0.158$ нм, а для плоскостей (110) $d_2 = 0.223$ нм.

3. Число формульных единиц в ячейке. Плотность кристаллов

- 3.1. Вычислить периоды идентичности (расстояния между соседними одинаковыми атомами вдоль определенного направления в кристаллической решетке) вдоль направлений [111] и [011] в решетке кристалла AgBr. Плотность 6500 кг/м³. Решетка типа NaCl.
- 3.2. Кратчайшее межатомное расстояние в одной из модификаций стронция составляет 0.418 нм (структурный тип α - железа). Определить плотность кристаллов.
- 3.3. Плотность кристаллов AgBr 6500 кг/м³. Структурный тип каменной соли. Определить расстояния между кристаллографическими плоскостями d_{100} , d_{110} и d_{111} .
- 3.4. Найти отношение плотности алмаза и графита, если параметр кубической ячейки алмаза 0.356 нм, а параметры гексагональной решетки графита $a = 0.246$ нм, $c = 0.670$ нм.
- 3.5. Параметр кубической ячейки сфалерита ZnS равен 0.541 нм. Найти плотность кристаллов.
- 3.6. В кубических кристаллах CsCl расстояние Cs — Cl равно 0.346 нм. Определить плотность кристаллов. Структурный тип каменной соли.
- 3.7. Определить плотность кубических кристаллов SrCl₂ (структурный тип флюорита), если расстояние Sr — Cl составляет 0.302 нм.
- 3.8. Параметры гексагональной ячейки кристаллов MnBi $a = 0.426$ нм, $c = 0.612$ нм (структурный тип NiAs). Определить плотность кристаллов.
- 3.9. Кристаллы хлорида ртути имеют плотность 5440 кг/м³. Установить, является этот хлорид каломелью Hg₂Cl₂ или сулемой HgCl₂. Параметры тетрагональной ячейки каломели $a = 0.447$ нм, $c = 1.089$ нм (число формульных единиц в элементарной ячейке $Z = 2$). Параметры ромбоэдрической ячейки сулемы $a = 0.596$ нм, $b = 1.274$ нм, $c = 0.432$ нм ($Z = 2$).
- 3.10. Кубическая модификация HgS имеет параметр ячейки 0.584 нм. Число формульных единиц в элементарной ячейке $Z = 3$. Гексагональная модификация имеет параметры $a = 0.416$ нм, $c = 0.954$ нм ($Z = 3$). К какой модификации относятся кристаллы HgS с плотностью 7730 кг/м³.
- 3.11. Параметры ромбоэдрической ячейки одной из селитр $a = 0.513$ нм, $b = 0.917$ нм, $c = 0.645$ нм. Плотность 2109 кг/м³. Определить какая это селитра — чилийская (KNO₃), индийская (NaNO₃) или английская (NH₄NO₃).
- 3.12. Параметры моноклинной ячейки галогенида меди $a = 0.685$ нм, $b = 0.670$ нм, $c = 0.330$ нм, $\gamma = 121^\circ$. Плотность 3440 кг/м³. Определить формулу галогенида.
- 3.13. Кристаллы бромзамещенного бензола имеют состав C₃H_{3-x}Br_x. Найти x , если плотность кристаллов 2260 кг/м³, параметры моноклинной ячейки $a = 1.546$ нм, $b = 0.580$ нм, $c = 0.411$ нм, $\gamma = 112.5^\circ$, число формульных единиц $Z = 2$.
- 3.14. Параметры моноклинной ячейки галогенида меди $a = 0.718$ нм, $b = 0.714$ нм, $c = 0.346$ нм, $\gamma = 121^\circ 15'$, число формульных единиц $Z = 2$. Плотность кристаллов 4890 кг/м³. Определить формулу галогенида.
- 3.15. Параметры моноклинной ячейки гидрата сульфата магния MgSO₄·xH₂O: $a = 1$ нм, $b = 2.43$ нм, $c = 0.720$ нм, $\gamma = 98^\circ 6'$, число формульных единиц $Z = 8$. Плотность кристаллов 1750 кг/м³. Найти количество молекул воды x в формульной единице.

- 3.16. Параметры моноклинной решетки гидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$: $a = 1.047$ нм, $b = 0.628$ нм, $c = 1.515$ нм, $\gamma = 99^\circ$. Число формульных единиц $Z = 8$. Плотность кристаллов 2320 кг/м^3 . Найти количество молекул воды x в формульной единице.
- 3.17. Параметры ромбоэдрической кристаллической ячейки гидрата сульфата цинка $\text{ZnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$: $a = 1.185$ нм, $b = 1.209$ нм, $c = 0.683$ нм, число формульных единиц $Z = 4$. Плотность 1970 кг/м^3 . Найти количество молекул воды x в формульной единице.
- 3.18. Параметры тетрагональной ячейки гидрата сульфата бериллия $\text{BeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$: $a = 0.802$ нм, $b = 1.075$ нм, число формульных единиц $Z = 4$. Плотность кристалла 1713 кг/м^3 . Найти количество молекул воды x в формульной единице.
- 3.19. Параметры гексагональной ячейки гидрата хлорида кальция $\text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$: $a = 0.786$ нм, $c = 0.391$ нм, число формульных единиц $Z = 1$. Плотность кристалла 1720 кг/м^3 . Найти количество молекул воды x в формульной единице.
- 3.20. Параметр кубической ячейки алюмокалиевых квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ равен 1.213 нм. Число формульных единиц в элементарной ячейке $Z = 4$. Плотность 1750 кг/м^3 . Найти количество молекул воды x в формульной единице.
- 3.21. Плотность кристаллов алмаза 3510 кг/м^3 . Найти параметр кубической кристаллической ячейки и кратчайшее межатомное расстояние C—C.
- 3.22. Плотность кристаллов кремния 2230 кг/м^3 . Структурный тип алмаза. Найти параметр кубической кристаллической ячейки и кратчайшее межатомное расстояние Si—Si.
- 3.23. Плотность кристаллов германия 5330 кг/м^3 . Структурный тип алмаза. Найти параметр кубической кристаллической ячейки и кратчайшее межатомное расстояние Ge—Ge.
- 3.24. Вычислить расстояние Be — Te в структуре BeTe (структурный тип сфалерита). Плотность кристаллов 5590 кг/м^3 .
- 3.25. Найти параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние Na—Cl в кристаллах поваренной соли.
- 3.26. Найти параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние K—Cl в кристаллах KCl. Структурный тип каменной соли.
- 3.27. Найти параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние Na—Br в кристаллах NaBr. Структурный тип каменной соли.
- 3.28. Найти параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние K—Br в кристаллах KBr. Структурный тип каменной соли.
- 3.29. Найти параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние Na—I в кристаллах NaI. Структурный тип каменной соли.
- 3.30. Плотность кубических кристаллов Cu_3Au 1220 кг/м^3 . Определить параметр кристаллической ячейки и кратчайшее расстояние Cu—Au.
- 3.31. Медь имеет гранецентрированную кубическую элементарную кристаллическую ячейку. Оценить объем элементарной ячейки и атомный радиус ионов меди для этой структуры.
- 3.32. Золото имеет гранецентрированную кубическую элементарную кристаллическую ячейку. Оценить объем элементарной ячейки и атомный радиус ионов золота для этой структуры.
- 3.33. Молибден имеет объемно-центрированную кубическую элементарную кристаллическую ячейку. Оценить объем элементарной ячейки и атомный радиус ионов молибдена для этой структуры.
- 3.34. α —железо при температурах ниже 1193 K имеет объемно-центрированную кристаллическую структуру ($a = 0.286$ нм). При нагревании выше 1193 K α —железо переходит в γ —модификацию с гранецентрированной кубической структурой ($a = 0.356$ нм). Оценить изменение плотности железа при таком переходе. Как изменится объем, приходящийся на один ион железа?
- 3.35. Кристаллы цинка имеют гексагональную плотноупакованную структуру ($a = 0.266$ нм, $c = 0.495$ нм). Оценить плотность цинка и кратчайшее расстояние Zn—Zn.

4. Координация атомов. Кристаллохимические радиусы

- 4.1. В ячейке, имеющей форму куба, располагаются атом А (координаты $\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$) и атом В (в точке с координатами $\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4}$). Определить координационное число и координационный многогранник этих атомов. К какому структурному типу относится данный кристалл.
- 4.2. Атомы А располагаются в вершинах кубической ячейки, атом В - в ее центре, атомы С - в центрах ее граней. Найти координационные числа и координационные многогранники всех атомов. К какому структурному типу относится данный кристалл.
- 4.3. Определить характер структуры, в которой атомы располагаются в узлах ромбоэдрической примитивной решетки, если 1) $a:b:c = 1:2:3$; 2) $a:b:c = 1:1:3$; 3) $a = b = c$.
- 4.4. Элементарная ячейка кристалла АВ имеет форму куба. Ионы А располагаются в вершинах ячейки. Рассмотреть зависимость координационного числа и характера структуры от расположения ионов В.
- 4.6. Параметр кристаллической решетки сфалерита ZnS равен 0.541 нм. Найти ионный радиус иона Zn (химическая связь — ковалентная). Оценить плотность кристалла.
- 4.7. Натрий кристаллизуется в двух модификациях (структурные типы Cu и α — Fe). Параметр одной из них равен 0.428 нм. Определить, какая это модификация. Оценить ее плотность.
- 4.8. Вычислить плотность двух модификаций стронция. Одна из них изоструктурна магнию, другая — α — железу.
- 4.9. Оценить плотность двух модификаций циркония. Одна из них изоструктурна магнию, другая — α — железу.
- 4.10. Плотность образца железа 7980 кг/м³. Определить, является этот образец α —Fe или γ —Fe (структурный тип меди), или их смесью 1:1.
- 4.11. Плотность образца титана 4500 кг/м³. Определить, является этот образец α —Ti (структурный тип Mg) или β —Ti (структурный тип α —Fe), или их смесью 1:1.
- 4.12. Вычислить плотность кристаллов алмаза и лонсдейлита. Структура последнего аналогична структуре вюртцита (ZnS) все атомы считать одинаковыми, получится расположение, в точности соответствующее структуре лонсдейлита (гексагонального алмаза).
- 4.13. Плотность изоструктурных кристаллов меди и золота 8960 кг/м³ и 19300 кг/м³ соответственно. Оценить кристаллохимические (металлические) радиусы атомов меди и золота.
- 4.14. Плотность кремния (структурный тип алмаза) 2230 кг/м³. Оценить кристаллохимический (ковалентный) радиус атома кремния.

5. Обратная решетка

- 5.1. Доказать, что вектор обратной решетки \mathbf{g} кристалла удовлетворяет уравнению $\mathbf{g} \cdot \mathbf{l} = 2\pi n$, (n - целое число, \mathbf{l} - вектор прямой решетки), которое при заданном значении n определяет кристаллическую плоскость, перпендикулярную вектору \mathbf{g} и находящуюся на расстоянии $2\pi n/g$ от начала координат
- 5.2. Найти расстояние между соседними кристаллическими плоскостями, перпендикулярными вектору обратной решетки \mathbf{g} .
- 5.3. Найти связь между объемами параллелепипедов, построенными на базисных векторах прямой и обратной решеток.
- 5.4. Показать, что решетка, обратная простой кубической решетке, есть простая кубическая решетка. Вычислить постоянную обратной решетки и объем первой зоны Бриллюэна (*примитивной ячейки обратной решетки*).
- 5.5. Показать, что
- решетка, обратная объемноцентрированной кубической решетке, является гранецентрированной кубической;
 - решетка, обратная гранецентрированной кубической решетке, является объемноцентрированной.
- 5.6. Построить первую зону Бриллюэна для:
- линейной одномерной решетки, с параметром a ;
 - двумерной квадратной решетки с параметром a ;

- в) двумерной косоугольной решетки с основными векторами $\mathbf{a}=(2, 0)$, $\mathbf{b}=(1, 2)$.
- 5.7. Показать, что вектор обратной решетки \mathbf{g} перпендикулярен некоторому множеству плоскостей прямой решетки. Определить расстояние между этими плоскостями.
 - 5.8. Найти векторы обратной решетки кристалла кальцита CaCO_3 , имеющего параметры $a = 0.636 \text{ нм}$, $\alpha = 46^\circ$.
 - 5.9. Определить векторы обратной решетки магния. Параметры гексагональной элементарной ячейки $a = 0.320 \text{ нм}$, $c = 0.520 \text{ нм}$.
 - 5.10. Пусть ромбическая ячейка имеет три примитивных осевых вектора $\mathbf{a} = 50x$, $\mathbf{b} = 20y$, $\mathbf{c} = 10z$. Определить размеры и форму первой зоны Бриллюэна.
 - 5.11. Вычислить направления осей и величину осевых трансляций обратной решетки для кристалла кубической сингонии.
 - 5.12. Вычислить направления осей и величину осевых трансляций обратной решетки для кристалла гексагональной сингонии ($c/a = 1.62$).
 - 5.13. Вычислить направления осей и величину осевых трансляций обратной решетки для кристалла тетрагональной сингонии ($c/a = 0.55$).
 - 5.14. Определить индексы плоскости, в которой лежат направления $[001]$ и $[111]$ в обратной решетке кристаллов кубической, гексагональной и тетрагональной сингоний.

6. Геометрия дифракционной картины кристаллов

- 6.1. На дебаеграмме некоторого кубического кристалла, снятой с использованием излучения рентгеновской трубки с медным анодом (линия K_α , $\lambda = 0.1542 \text{ нм}$) видны линии под углами Брэгга Θ : 12.3° , 14.1° , 20.2° , 24.0° , 25.1° , 29.3° , 32.2° , 33.1° . Определить, какие кристаллические плоскости дают эти отражения (проиндексировать линии). Определить к какому типу кубических структур относится кристаллическая решетка кристалла. Найти число молекул в одной элементарной ячейке. Плотность кристалла 8310 кг/м^3 . Молекулярный вес 312.
- 6.2. Рассчитать углы Брэгга Θ , при которых будут наблюдаться линии $[101]$ и $[110]$ при рентгеновской съемке кристалла сегнетовой соли (ромбическая сингония, параметры $a = 1.1878 \text{ нм}$, $b = 1.4246 \text{ нм}$, $c = 0.6218 \text{ нм}$) с использованием медного K_α -излучения.
- 6.3. При исследовании термического расширения серебра один из дифракционных рефлексов наблюдали при температуре 300 К под углом рассеяния $80^\circ 9'$, при температуре 900 К — под углом $76^\circ 54'$. Определить коэффициент термического расширения серебра. Определить индексы Миллера кристаллической плоскости, отражение от которой наблюдали в эксперименте. Оценить изменение кратчайшего расстояния между ионами серебра, лежащими в этой плоскости. Серебро имеет гранецентрированную кубическую структуру, параметр элементарной ячейки 0.408 нм .
- 6.4. Почему при определении коэффициента термического расширения кристаллов рентгеновским методом максимально возможная точность достигается при больших углах рассеяния?
- 6.5. Параллельный пучок рентгеновского излучения с длиной волны λ падает на плоскую прямоугольную решетку с периодами трансляции a и b . Какая картина будет наблюдаться на экране, расположенном параллельно решетке? Найти направления на главные дифракционные максимумы.
- 6.6. Плоский пучок рентгеновского излучения падает на трехмерную прямоугольную простую решетку с периодами a , b и c . Найти направления на дифракционные максимумы (пучок параллелен ребру a). Для каких длин волн будут наблюдаться максимумы? (Использовать условия Лауэ).
- 6.7. Плоский пучок рентгеновского излучения падает в произвольном направлении на простую кубическую решетку с постоянной a . Для каких длин волн возможны дифракционные максимумы? (Использовать условия Лауэ).
- 6.8. Найти постоянную решетки AgBr (структурный тип каменной соли), если известно, что K_α -линия ванадия отражается от системы плоскостей (100) под углом скольжения 25.9° .

- 6.9. Установить индексы Миллера плоскостей простой, грани- и объемно-центрированных кубических решеток, отражение от которых дает первые пять линий дебаеграммы.
- 6.10. Вычислить углы дифракции 2Θ для первых пяти линий дебаеграммы, снятой на излучении с длиной волны 0.154 нм на образце: а) алюминия (решетка кубическая гранецентрированная с постоянной 0.404 нм); б) ванадия (решетка кубическая объемно-центрированная с постоянной 0.303 нм).
- 6.11. На каком излучении на рентгенограмме поликристалла будет больше рефлексов: $\text{CrK}\alpha$, $\text{CoK}\alpha$ или $\text{CuK}\alpha$ и почему?
- 6.12. Рентгенограмма алюминия получена на излучении $\text{CuK}\alpha$ и $\text{CoK}\alpha$. β -излучение отфильтровано. Сколько линий будет на каждой из рентгенограмм? Параметр решетки 0.4040 нм.
- 6.13. Какое излучение наиболее пригодно для наиболее точного измерения параметра кристаллической решетки алюминия? Параметр решетки 0.4040 нм.

7. Поглощение рентгеновских лучей веществом

- 7.1. Материалом фильтра для поглощения линии $\text{CoK}\beta$ является Fe_2O_3 . Допустим, что содержание Fe_2O_3 в фильтре 0.10 кг/м^2 . Определить процент пропускания для линии $\text{CoK}\beta$ и отношение интенсивностей α и β линий.
- 7.2. Определить минимальную толщину кристалла NaI(Tl) , необходимую для обеспечения работоспособности сцинтилляционного счетчика при работе с излучением молибдена. Плотность кристалла 3700 кг/м^3 .
- 7.3. Определить оптимальные толщины образцов меди и алюминия при съемке “на прохождение” на $\text{K}\alpha$ - излучениях меди и молибдена.
- 7.4. Определить линейный коэффициент поглощения излучения $\text{Co K}\alpha$ для сплава 30 весовых процентов меди и 70 весовых процентов алюминия. Как будет изменяться линейный коэффициент поглощения при изменении процентного содержания меди?

8. Законы погасания. Принципы гомологии

- 8.1. Какие дифракционные рефлексы исчезнут при переходе от простой кубической решетки к объемно- и гранецентрированной? Постоянные всех решеток одинаковы.

9. Нейтронограммы

- 9.1. Провести качественное сравнение рентгенограммы и нейтронограммы соединений UBe_{13} .
- 9.2. Провести качественное сравнение нейтронограмм MnO , снятых при температурах 80 и 293 К. Известно, что при 120 К в MnO происходит упорядочение спинов ионов марганца. Почему различаются периоды идентичности магнитной и рентгенографической ячеек MnO .
- 9.3. Провести качественное сравнение рентгеновской и нейтронной дифракционных картин магнетита $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

10. Эффект Мессбауэра

- 10.1. Первый резонансный спектр поглощения гамма-квантов возбужденного Ir^{191} в металлическом иридии, полученный Мессбауэром в 1958 году, приведен на рисунке. Оценить ширину линии резонансного поглощения и время жизни возбужденного состояния. Энергия гамма-квантов, испускаемых ядрами Ir^{191} , образующимися при бета распаде изотопа Os^{191} , составляет 129 кэВ. (Рис. на стр 86 задачника Иродова)
- 10.2. Проанализировать спектр поглощения гамма-квантов интерметаллическим соединением FeSi . Температура поглотителя 78 К. Источник Co^{57} .
- 10.3. Проанализировать спектр поглощения гамма-квантов ферроцианидом брома. Источник Co^{57} . Температура исследуемого образца 20 К.
- 10.4. Проанализировать спектр поглощения гамма-квантов биферроценилом. Источник Co^{57} . Температура исследуемого образца 20 К.
- 10.5. Проанализировать спектр поглощения гамма-квантов антиферромагнетиком FeF_3 . Температура исследуемого образца 4 К. Источник Co^{57} .
- 10.6. Проанализировать спектр поглощения гамма-квантов антиферромагнетиком Fe_2O_3 . Источник Co^{57} .

- 10.7. Мессбауровский спектр Fe^{57} в металлическом железе и соответствующие энергетические уровни и разрешенные переходы представлены на рисунке. Рассчитать знак и величину поля сверхтонкого расщепления на ядрах Fe^{57} , g-фактор первого возбужденного состояния и наименьшее значение времени жизни возбужденного состояния. g-фактор основного состояния равен 0.181.
- 10.8. На рисунке приведены мессбауэровские спектры поглощения гамма-квантов порошком металлического железа. Построить температурную зависимость внутреннего магнитного поля на ядрах Fe^{57} . Источник Co^{57} .
- 10.9. Оценить минимальный размер железной пылинки, при котором можно наблюдать эффект Мессбауэра с энергией перехода Fe^{57} из возбужденного состояния 14.4 кэВ и временем жизни возбужденного состояния 1 мс, если отдача пылинки приведет к доплеровскому смещению, равному собственной ширине линии резонансного поглощения.
- 10.10. Для экспериментального подтверждения выводов общей теории относительности над источником гамма-квантов помещают поглотитель и измеряют красное смещение линии резонансного поглощения гамма-квантов (возникающего вследствие изменения энергии гамма-квантов при перемещении против сил гравитации). На какой высоте H над источником надо поместить поглотитель, если используется эффект Мессбауэра на изотопе Zn^{67} . Время жизни возбужденного состояния 10^{-5} с, энергия 93 кэВ. Считать, что для достижения необходимой точности эффект смещения должен в 10 раз превышать ширину линии резонансного поглощения.
- 10.11. Свободное ядро Sn^{119} с энергией возбуждения 23.8 кэВ переходит в основное состояние, испуская гамма-квант. Ширина линии испускания $2.4 \cdot 10^{-8}$ эВ. Возможно ли резонансное поглощение такого гамма-кванта другим свободным ядром Sn^{119} , находящимся в основном состоянии, если первоначально оба ядра покоились.
- 10.12. С какой скоростью должны сближаться источник и поглотитель, состоящие из свободных ядер Ir^{191} , чтобы можно было наблюдать максимальное поглощение гамма-квантов с энергией 129 кэВ.
- 10.13. Как показал Мессбауэр, в спектре гамма-квантов, испускаемых входящими в состав кристалла возбужденными ядрами, каждая спектральная линия содержит две компоненты. Одна из них очень узкая, соответствующая переходу между ядерными уровнями. Вторая — более широкая, смещенная относительно первой. Для гамма-линии Fe^{57} , соответствующей энергии ядерного перехода 14.4 кэВ, относительный сдвиг смещенной компоненты $\Delta\lambda/\lambda = 1.35 \cdot 10^{-7}$. Показать, что эта компонента обусловлена эффектом отдачи ядер при испускании гамма-квантов.
- 10.14. Источник гамма-квантов расположен над поглотителем на высоте 20 метров. С какой скоростью и в каком направлении необходимо перемещать источник, чтобы в месте расположения поглотителя полностью скомпенсировать гравитационное изменение энергии гамма-кванта, обусловленное полем тяжести Земли?
- 10.15. Относительные значения ширины гамма-линии Мессбауэра для Fe^{57} и Zn^{67} равны соответственно $3.0 \cdot 10^{-13}$ и $5.0 \cdot 10^{-16}$. На какую высоту от поверхности Земли необходимо поднять источник (Fe^{57} или Zn^{67}), чтобы при регистрации на поверхности Земли гравитационное смещение резонансной линии поглощения гамма-квантов превосходило ширину этих линий (испускания и поглощения)

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