

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
АТОМНАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Атомная структура и свойства твердых тел	Код модуля 1129778
Образовательная программа Физика	Код ОП 03.03.02/01.02
Траектория образовательной программы (ТОП) Физика	ТОП 2. «Физика конденсированного состояния»
Направление подготовки Физика	Код направления и уровня подготовки 03.03.02
Уровень подготовки Бакалавриат	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014 № 937

Екатеринбург, 2016

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпис ь
1	Васьковский Владимир Олегович	доктор физ.-мат. наук, профессор	Заведующий кафедрой	Магнетизма и магнитных наноматериалов	

Руководитель модуля

В.О. Васьковский

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук УрФУ

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 5 от 18.04.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Атомная структура и свойства твердых тел

1.1. Объем модуля, з.е. - 9

1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль включает ряд дисциплин, каждая из которых даёт конкретные знания по кристаллической структуре твёрдых («Теория и методы структурного анализа»), по типичным точечным, линейным, поверхностным и объёмным нарушениям регулярности кристаллической решётки («Дефекты атомного строения»), по закономерностям формирования магнитного состояния и функциональных свойств магнитоупорядоченных твёрдых тел («Физика процессов перемангничивания», «Магнитная доменная структура»). В совокупности эти дисциплины демонстрируют фундаментальную связь строения и физических, в частности, магнитных свойств вещества в конденсированном состоянии.

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) Дефекты атомного строения	7	9	42		51	39	Э, 18	108	3
2.	(ВС) Магнитная доменная структура	7	9	42		51	17	3,4	72	2
3.	(ВС) Теория и методы структурного анализа	8	8	40		48	20	3,4	72	2
4.	(ВС) Физика процессов перемангничивания	6	9	42		51	17	3,4	72	2
Всего на освоение модуля			35	166	0	201	93	30	324	9

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	нет
3.2.	Кореквизиты	нет

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

1.1. 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; ОПК1 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке); 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;
	РО-О2 «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; 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;

	РО-ТОП 2 Способность осуществлять научные исследования в области физики магнитных явлений и конденсированных сред.	<p>ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);</p> <p>ДПК6 - владеть основными технологическими приёмами регулирования свойств магнитных материалов;</p> <p>ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.</p>
--	--	---

4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ОК-7	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-8	ПК-1	ПК-3	ПК-4	ПК-5	ДПК-5	ДПК-6	ДПК-7
1	(ВС) Дефекты атомного строения	*	*	*			*				*		*
2	(ВС) Магнитная доменная структура	*						*			*	*	
3	(ВС) Теория и методы структурного анализа	*				*			*	*	*		*
4	(ВС) Физика процессов перемангничивания	*			*	*	*		*	*	*	*	

5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ не предусмотрено

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
ФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Атомная структура и свойства твердых тел	Код модуля 1129778
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	Васьковский Владимир Олегович	доктор физ.-мат. наук, профессор	Заведующи й кафедрой	Магнетиз ма и магнитны х наномате риалов	

Руководитель проектной группы модуля

В.О. Васьковский

Рекомендовано учебно-методическим советом ИЕН
Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 5 от 18.04.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1.ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Физика процессов намагничивания»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Изменение намагниченности объектов под действием внешнего магнитного поля обозначают терминами «намагничивание» и «перемагничивание». Характер и количественные параметры этих процессов во многом определяют возможности практического применения магнетиков. Намагничивание, то есть изменение намагниченности в монотонно увеличивающемся поле, и перемагничивание, то есть изменение намагниченности в циклически варьирующемся поле, весьма многофакторные процессы. В рамках курса «Физика процессов намагничивания» изучаются закономерности их квазистатического протекания. В частности, рассматриваются следующие вопросы. Физические характеристики магнетиков. Намагничивание монокристаллов: монокристаллы гексагональной и кубической симметрии, магнитоодноосные пластина и эллипсоид, изотропный ферритмагнетик, магнитоодноосный антиферромагнетик, зонный метамагнетик, слабоанизотропный антиферромагнетик. Техническое намагничивание путем вращения намагниченности: закон Релея, начальная восприимчивость поликристаллических образцов, закон приближения к насыщению в поликристаллических и аморфных магнетиках. Техническое намагничивание путем смещения доменных границ: уравнение Кондорского, начальная восприимчивость в моделях напряжений, гибкой доменной стенки, включений. Магнитный гистерезис: петля гистерезиса Релея, диаграмма Преайзаха и её детализация в методиках Хенкеля и FORC, модели неоднородного перемагничивания бесконечного цилиндра, парадокс Брауна, необратимое смещение доменных границ в моделях напряжений и включений.

1.2. Язык реализации программы – русский.

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

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;

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;

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;

ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);

ДПК6 - владеть основными технологическими приёмами регулирования свойств магнитных материалов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: содержание основных феноменологических теорий намагничивания и перемагничивания монокристаллов с различным характером магнитного упорядочения, типом магнитной анизотропии, размерами и формой образцов, а также магнитоупорядоченных объектов с дефектной структурой

Уметь: решать задачи по количественному аналитическому описанию процессов намагничивания и перемагничивания.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности): основными принципами и методиками моделирования реальных процессов квазистатического намагничивания и перемагничивания.

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	51	51	51
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	42	42	42
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	17	7.65	17
6.	Промежуточная аттестация - зачет	4	0.25	3, 4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	72	58.90	72
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	2	2	2

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Основные физические характеристики магнетиков, определяющие качественные и количественные параметры процессов намагничивания и перемагничивания.
P2	Намагничивание монокристаллов	<p>Кривые намагничивания неограниченных монокристаллов гексагональной и кубической симметрии вдоль основных кристаллографических направлений. Намагничивание пластины одноосного магнетика путём смещения доменных границ. Кривые намагничивания эллипсоидального магнитоодноосного образца при учёте вращения намагничённости и смещения доменных границ.</p> <p>Изотропный двухподрешёточный ферримагнетик: кривая намагничивания; магнитные фазовые переходы, индуцированные магнитным полем; фазовая Т-Н диаграмма. Кривая намагничивания трёхподрешёточного ферримагнетика.</p> <p>Магнитоодноосный антиферромагнетик: кривые намагничивания вдоль и перпендикулярно оси лёгкого намагничивания (ОЛН). Характер намагничивания вдоль ОЛН в зависимости от соотношения величин обменного взаимодействия и магнитной анизотропии. Метамагнетики. Зонные магнетики в сильном магнитном поле.</p>
P3	Намагничивание	Основные характеристики процесса намагничивания. Эмпирический закон Релея. Статистический подход к анализу

	реальных магнетиков	<p>распределения магнитных фаз: начальная восприимчивость, магнитная текстура.</p> <p>Намагничивание путём вращения намагниченности в слабых полях: начальная восприимчивость в поликристаллических образцах с различным характером магнитной анизотропии.</p> <p>Намагничивание в сильных магнитных полях: закон приближения к насыщению для одноосных и многоосных магнетиков. Закон приближения к насыщению в аморфных магнетиках.</p> <p>Намагничивание путём смещения доменных границ. Уравнение энергетического баланса Кондорского. Различные модели начальной восприимчивости: напряжений, гибкой доменной стенки, включений. Элементы статистической теории начальной восприимчивости.</p>
P4	Магнитный гистерезис	<p>Формальное описание магнитного гистерезиса. Петля гистерезиса Релея. Необратимое вращение вектора намагниченности в одноосном и многоосных кристаллах.</p> <p>Микромагнитный подход к описанию процесса перемагничивания. Модели неоднородного перемагничивания бесконечного цилиндра: "закручивание", "изгиб".</p> <p>Необратимое смещение доменных границ. Коэрцитивная сила в моделях напряжений, включений. Тонкие доменные границы. Элементы статистической теории коэрцитивной силы.</p>
P5	Моделирование процессов перемагничивания	<p>Модель Стонера-Вольфарта: закладываемые предположения, достоинства и недостатки. Аналитический анализ формы петли гистерезиса. Астроида.</p> <p>Компьютерное моделирование магнитного гистерезиса на основе модели Стонера-Вольфарта. Методы Монте-Карло. Обменное и магнитостатическое взаимодействия между частицами. Периодические граничные условия. Учет термических флуктуаций намагниченности. Анализ экспериментальных данных на основе графиков Хенкеля и кривых δM.</p> <p>Классическая модель Прейзаха. Описание магнитного гистерезиса, используя диаграмму Прейзаха. Определение функции распределения $\rho(H_\alpha, H_\beta)$ методом построений FORC. Обобщения модели Прейзаха: учет среднего поля и обратимых процессов перемагничивания.</p>

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Очная форма обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторный практикум *не предусмотрено*

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
Р2	1-2	Влияние кристаллической магнитной анизотропии и формы образцов на кривые намагничивания ферромагнетиков.	4
	3-4	Намагничивание многоподрешёточных магнетиков	4
	5-6	Метамагнетизм локализованных и зонных магнетиков	4
Р3	7-8	Намагничивание поликристаллических материалов в слабых и сильных магнитных полях за счёт вращения намагниченности. Начальная магнитная восприимчивость, обусловленная смещением доменных границ в образцах с регулярной дефектной структурой.	4
Р4	9-10	Микромагнитное описание процесса неоднородного перемагничивания бесконечного цилиндра.	4
Р5	11-16	Компьютерное моделирование в среде MATLAB петли магнитного гистерезиса ансамбля частиц, перемагничивающихся по типу Стонера-Вольфарта. Анализ влияния обменного взаимодействия на гистерезисные магнитные свойства, сравнение с расчетами в рамках теории среднего поля.	12
	17-21	Моделирование петель магнитного гистерезиса в рамках модели Прейзаха. FORC диаграммы.	10
Всего:			42

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Домашняя работа 1

1. Намагничивание магнитотрёхосного неограниченного монокристалла вдоль основных кристаллографических направлений.
2. Намагничивание пластины одноосного магнетика вдоль ОЛН (ОЛН перпендикулярна плоскости пластины).
3. Намагничивание изотропного двухподрешёточного ферромагнетика.
4. Намагничивание одноосного антиферромагнетика параллельно ОЛН.
5. Намагничивание одноосного антиферромагнетика перпендикулярно ОЛН.

Домашняя работа 2

1. Классический закон приближения к насыщению для образцов, состоящих из магнитоодноосных кристаллитов.
2. Начальная восприимчивость в многоосных поликристаллических образцах.
3. Уравнение Кондорского.
4. Модели начальной магнитной восприимчивости, обусловленной смещением доменных границ в реальных магнетиках.
5. Начальная магнитная восприимчивость в теории напряжений.

Домашняя работа 3

1. Однородное перемагничивание магнитоодноосного монокристалла.
 2. Неоднородное перемагничивание бесконечного цилиндра.
 3. Влияние структурных дефектов на перемагничивание, осуществляемое путём вращения намагниченности.
 4. Методики кривых Хенкеля и «кривых размагничивания первого порядка» (FORC).
 5. Магнитный гистерезис, обусловленный смещением доменных границ.
-
- 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. **Примерный перечень тем расчетных работ (программ. продуктов)** – *не предусмотрено*
 - 4.3.5. **Примерный перечень тем расчетно-графических работ** – *не предусмотрено*
 - 4.3.6. **Примерная тематика курсового проекта (работы)** – *не предусмотрено*
 - 4.3.7. **Примерный перечень тем контрольных работ** – *не предусмотрено*
 - 4.3.8. **Примерная тематика коллоквиумов**
 1. Феноменологическое описание процессов намагничивания в монокристаллах.
 2. Магнитный гистерезис и его феноменологическое описание.

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
1-5				+							

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. Е.С.Боровик, В.В. Ерёменко, А.С. Мильнер. Лекции по магнетизму. М.:Физматлит. 2005. 510 с.
2. В.А.Боков. Физика магнетиков.Санкт-Петербург.: Невский диалект. 2002. 271 с.
3. С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма. - Магнитные характеристики и практические применения. М.:Мир,1987.
4. B.D.Cullity, C.D.Graham. Introduction to magnetic materials. Piscataway (USA).:IEEE Press. 2009.
5. С.В. Иванов, П.С. Мартышко. Избранные главы физики: Магнетизм, магнитный резонанс, фазовые переходы. Курс лекций. 2012, 208 с

9.1.2.Дополнительная литература

1. Иверонова В.И., Ревкевич Г.П. Теория рассеяния рентгеновских лучей. М., 1978.
2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М., 1982.
3. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М., 1977.
4. Изюмов Ю.А., Найш В.К., Озеров Р.П. Магнитная нейтронография. М., 1980.
5. Гинье А. Рентгенография кристаллов. М., 1961.
6. Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. М., 1961.

9.2. Методическое пособие Электронный вариант лекций.

Не используются

9.3. Программное обеспечение

Microsoft office, пакет MATLAB

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы-

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

9.5. Электронные образовательные ресурсы –

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Имеются аудитории, оснащенные мультимедийной техникой 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 – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях □	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	6, 1-17	30
Активность на занятиях	6, 1-17	10
Домашняя работа 1	4	20
Коллоквиум 1	17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	6, 1-17	30
Активность на занятиях	6, 1-17	10
Домашняя работа 2	7	10
Домашняя работа 3	15	10
Коллоквиум 2	9	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: - не предусмотрено		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 6	1.0

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

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

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

НТК не используется

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных – 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 тем контрольных работ – не предусмотрено.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Основные физические характеристики магнетиков, влияющие на процессы намагничивания и перемагничивания.
2. Критические поля необратимого смещения доменных границ в моделях напряжений и включений.
3. Парадокс коэрцитивной силы Брауна.
4. Неоднородное перемагничивание бесконечного цилиндра.
5. Перемагничивание неограниченного магнитоодноосного магнетика вдоль ОЛН. Зависимость коэрцитивной силы и поля скачка от угла между ОЛН и внешним полем.
8. Общая характеристика процесса намагничивания реальных объектов. Закон Релея.
9. Необратимое смещение доменных границ с позиции теории Кондорского. Коэрцитивная сила в модели изгиба доменной стенки.
10. Намагничивание магнитоодноосного многодоменного эллипсоида. Вычисление параметров n , θ , характеризующих намагниченность образца в магнитном поле.
11. Кривые намагничивания магнитоодноосного многодоменного эллипсоида вдоль ОЛН, перпендикулярно ОЛН и в произвольном направлении. Магнитное состояние образца характеризовать параметрами n , $\sin\theta$, которые имеют заданное аналитическое описание.
12. Петля гистерезиса Релея. Диаграмма Преайзаха.
13. Анализ поведения подрешёточных намагниченностей изотропного ферромагнетика в магнитном поле.
14. Начальная магнитная восприимчивость в теории включений.
15. Качественный анализ кривой намагничивания трёхподрешёточного изотропного ферромагнетика типа $R_3Fe_5O_{12}$.
16. Начальная восприимчивость, обусловленная процессами вращения в одноосном, трёхосном кристаллах и поликристаллических образцах.
17. Магнитные фазовые переходы, индуцируемые магнитным полем. Фазовые $T-H$ диаграммы изотропного ферромагнетика с различным характером зависимости $M_s(T)$.
18. Закон приближения к насыщению для образцов, состоящих из кристаллитов кубической симметрии.
19. Кривые намагничивания антиферромагнетика вдоль ОЛН.
20. Закон приближения к насыщению для образцов, состоящих из магнитоодноосных кристаллитов.
21. Кривая намагничивания одноосного антиферромагнетика перпендикулярно ОЛН.
22. Постановка задачи о законе приближения к насыщению в аморфном магнетике. Эффективное магнитное поле.
23. Влияние величин обменного взаимодействия и магнитной анизотропии на характер намагничивания одноосного антиферромагнетика вдоль ОЛН.
24. Анализ закона приближения к насыщению в аморфном магнетике на основе соответствующих аналитических выражений.
25. Характеристика зонных метамагнетиков.
26. Уравнение Кондорского. Определение теорий напряжений и включений.

8.3.6. Перечень примерных вопросов для экзамена – не предусмотрено

8.3.7. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации – не предусмотрено.

8.3.8. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля – не предусмотрено.

8.3.9. Интернет-тренажеры – не предусмотрено.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАГНИТНАЯ ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Атомная структура и свойства твердых тел	Код модуля 1129778
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	Иванов Владимир Елизарович	кандидат физ.-мат. наук,	Ст.научн.сотр	Отдел магнетизма тв. тел	
2	Болячкин Антон Сергеевич	-	Ассистент	Магнетизма и магнитных наноматериалов	

Руководитель проектной группы модуля

В.О. Васьковский

Рекомендовано учебно-методическим советом ИЕН

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 5 от 18.04.2016 г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1.ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Магнитная доменная структура»

1.5. Аннотация содержания дисциплины

В рамках дисциплины «Магнитная доменная структура» рассматриваются основные эмпирические закономерности в поведении магнитных доменов и доменных границ при различных условиях, а также проводится их анализ в рамках микромагнитной теории.

С этой целью студенты знакомятся с основными положениями феноменологической микромагнитной теории, технологией и результатами её применения для исследования квазистационарных и динамических свойств современных магнитных материалов, в частности, их магнитной доменной структуры. Исходя из выражений для свободной энергии и общих уравнений равновесия и движения вектора намагниченности, формулируется микромагнитная задача. Приводятся и анализируются ее аналитические решения для ряда практически важных случаев. Демонстрируются различные методы и алгоритмы ее численного решения на примерах специализированных программ: *mutax3* и *Nmag*. Значительное место отводится рассмотрению современных экспериментальных методик изучения магнитной доменной структуры различных сред.

1.6. Язык реализации программы – русский.

1.7. Планируемые результаты освоения дисциплины

Результатом освоения дисциплины является формирование у студента следующих компетенций: ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

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

ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);

ДПК6 - владеть основными технологическими приёмами регулирования свойств магнитных материалов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные закономерности формирования магнитной доменной структуры; базовые элементы физико-математического аппарата и численных методов микромагнитной теории, использующейся для ее анализа.

Уметь: применять полученные знания для анализа микромагнитных и доменных структур реальных ферро- и ферримагнитных объектов.

Владеть: основными способами наблюдения доменной структуры и доменных границ в магнитоупорядоченных средах и элементах магнитоэлектроники; навыками микромагнитных расчетов с использованием программ *mutax3* и *Nmag*.

1.8. 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.)*	8
1.	Аудиторные занятия	51	51	51
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	42	42	42

4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	17	7.65	17
6.	Промежуточная аттестация - зачет	4	0.25	3, 4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	72	58.90	72
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	2	2	2

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Базовые понятия: намагниченность, магнитная восприимчивость, доменная структура и др. Причины существования доменов, связь между доменной структурой и свойствами ферромагнитного кристалла. Практическое использование доменных структур. Задача микромагнитной теории.
P2	Магнитная доменная структура	Методы изучения доменной структуры и их сравнение. Экспериментальные методы изучения доменной структуры. Проблема магнитостатики. Модели доменной структуры Киттеля, Ландау-Лифшица, Малека-Камберского, Кой-Энца.
P3	Модели доменной структуры	Обзор видов доменной структуры на различных кристаллографических плоскостях, влияние толщины. Влияние внешних воздействий: температуры, механических напряжений, магнитной предыстории на доменную структуру магнитных кристаллов. Изменение доменной структуры при действии внешнего поля. Доменная структура тонких пленок, ее фазовая диаграмма.
P4	Доменные границы в ферро- и ферримагнетиках	Доменные границы в многоосных кристаллах. Влияние внешнего поля на структуру и энергию доменных границ. Внутренняя структура доменных границ в пластинах и пленках с перпендикулярной анизотропией. Изменение внутренней структуры доменных границ при изменении толщины пленок. Особые типы доменных границ. Узкие доменные границы. Линейные доменные границы. Динамика доменной структуры.
P5	Точные решения микромагнитных уравнений	Основные вклады в свободную энергию магнетиков: энергия обменного взаимодействия, энергия магнитокристаллической анизотропии, магнитостатическая энергия, магнитоупругая энергия, энергия Зеемана. Внутреннее эффективное поле. Микромагнитные уравнения Брауна, их линеаризация. Доменные стенки Блоха и Нееля, их параметры. Критическое поле перемагничивания, парадокс Брауна. Критический размер однодоменности.
P6	Методы конечных разностей и конечных	Численные решения микромагнитных уравнений для двумерных и трехмерных распределений намагниченности; моделирование статических и динамических процессов перемагничивания. Расчет микромагнитных задач с применением программ mumax^3 и Nmag .

	элементов	
--	-----------	--

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Очная форма обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.2. Лабораторный практикум *не предусмотрено*

4.3. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1-5	Магнитная доменная структура	10
P3	6-10	Модели доменной структуры	10
P4	11-14	Доменные границы в ферро- и ферримагнетиках	7
P5	14-17	Точные решения микромагнитных уравнений	6
P6	17-21	Методы конечных разностей и конечных элементов	9

Всего: 42

4.4. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.9. Примерный перечень тем домашних работ – *не предусмотрено*

4.3.10. Примерный перечень тем графических работ – *не предусмотрено*

4.3.11. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ) - *не предусмотрено*

4.3.12. Примерный перечень тем расчетных работ (программ. продуктов) – *не предусмотрено*

4.3.13. Примерный перечень тем расчетно-графических работ - *не предусмотрено*

4.3.14. Примерная тематика курсового проекта (работы) – *не предусмотрено*

4.3.15. Примерный перечень тем контрольных работ – *не предусмотрено*

4.3.16. Примерная тематика коллоквиумов

Теоретические основы микромагнетики и микромагнитных вычислений

7. 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
1-6				+							

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

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

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Боровик, Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. — [3-е изд., перераб. и доп.]. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 512 с.
2. Hubert, Alex. Magnetic domains : The analysis of magnetic microstructures / A. Hubert, R. Schafer .— Berlin ; Heidelberg : Springer, 2000 .— 696 p.
3. Handbook of magnetism and advanced magnetic materials / eds.-in-chief Helmut Kronmuller, Stuart Parkin. – Chichester : John Wiley & Sons, Ltd., 2007 . – Vol. 2: Micromagnetism. – 2007. – XXVII, p. 703-1191.
4. Skomski, Ralph. Simple models of magnetism / Ralph Skomski. – Oxford : Oxford University Press, 2012. – 349 p.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Кандаурова, Г.С. Доменная структура магнетиков. Основные вопросы микромагнетики : Учеб. пособие / Г. С. Кандаурова . – Свердловск : УрГУ, 1986 . – 137 с.
2. Боков, В.А. Физика магнетиков : учеб. пособие для вузов / В. А. Боков ; физико-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН . – СПб. : ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН : Невский Диалект : БХВ-Петербург, 2002 . – 272 с.
3. Aharoni, Amikam. Introduction to the theory of ferromagnetism / Amikam Aharoni. – Oxford : Oxford University Press, 2000. – 336 p.
4. Prohl, Andreas. Computational Micromagnetism (Advances in Numerical Mathematics) / Andreas Prohl. – Stuttgart/Leipzig/Weisbaden : B. G. Teubner Verlag, 2001. – 304 p.

5. Kronmuller, Helmut. Micromagnetism and the microstructure of ferromagnetic solids / Helmut Kronmuller, Manfred Fahnle. – Cambridge : Cambridge University Press, 2009. – 452 p.
6. Fischbacher T., Franchin M., Bordignon G., Fangohr H. A Systematic Approach to Multiphysics Extensions of Finite-Element-Based Micromagnetic Simulations: Nmag // IEEE Transactions on Magnetics. – 2007. – V. 43, № 6. – P. 2896-2898.
7. Vansteenkiste A., Van de Wiele B. MuMax: A new high-performance micromagnetic simulation tool // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2011. – V. 323. – P. 2585-2591.

9.2. Методические разработки – не используются

9.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Office: Word, PowerPoint;
2. Mumax³;
3. Nmag.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы-

1. SCOPUS;
2. Web of Science;
3. eLIBRARY.

9.5. Электронные образовательные ресурсы – не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Имеются аудитории, оснащенные мультимедийной техникой 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 – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	7, 1-17	20
Академическая активность	7, 1-17	10
Коллоквиум	10	70
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	7, 1 – 16	50
Академическая активность	1-16	10
Перевод англоязычной литературы	10-14	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
3. Лабораторные занятия: - не предусмотрено		
коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 7	1.0

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

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: 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,	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности,

	безответственное отношение к учебе, порученному делу	позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	--	--	---

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

НТК не используется

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных – 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 тем контрольных работ – не предусмотрено.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Движение ДГ в диэлектриках и проводящих средах.
2. Модель ДС с замкнутым магнитным потоком Ландау- Лифшица для одноосного кристалла
3. Свободная энергия магнетика: обменный и магнитоупругий вклады.
4. Методы наблюдения ДС, способы улучшения изображения.
5. Свободная энергия магнетиков: магнитокристаллическая анизотропия и магнитостатика.
6. Обзор видов ДС на различных кристаллографических плоскостях, влияние толщины.
7. Расчет распределения намагниченности в доменной границе Блоха, ширина ДГ, энергия ДГ, интегральный магнитный момент ДГ
8. Изменение в магнитном поле полосовой доменной структуры. Теория Кой-Энца. Влияние коэрцитивной силы.
9. Расчет ширины доменов для трехосного кристалла (Fe) в модели с замкнутым магнитным потоком.
10. Доменные границы в пленках с перпендикулярной анизотропией. Горизонтальные блоховские линии. Вертикальные блоховские линии. Блоховские точки.
11. Модели ДС массивных одноосных кристаллов Гудинафа, Гудинафа-Шимчак. Зависимость вида ДС от толщины.
12. Влияние внешних воздействий: температуры, механических напряжений, магнитной предыстории на доменную структуру магнитных кристаллов.
13. Доменная структура при уменьшении толщины, модель Малека-Камберского, зависимость $d(L)$ в широком интервале изменений толщин и намагниченности насыщения.
14. Метод Лоренцевской электронной микроскопии.
15. Модель Киттеля с открытыми полюсами. Расчет магнитостатической энергии и ширины доменов.
16. Доменные границы Нееля и Блоха в зависимости от толщины магнитных пленок.
17. Критическое поле перемагничивания, парадокс Брауна.
18. Влияние магнитного поля на доменные границы Блоха и Нееля. Объяснение ориентации доменных границ в магнитном поле, ориентированном перпендикулярно оси легкого намагничивания.
19. Изменение вида и размера доменов в ферромагнитных пластинах и пленках при изменении намагниченности насыщения. Спиновая переориентация при изменении температуры. Спиновая переориентация при влиянии механических деформаций.
20. Микромагнитные уравнения Брауна. Методы конечных элементов и разностей.
21. Феноменологическое уравнение движения доменной границы.
22. Приближение к однодоменности. Критические размеры однодоменности и абсолютной однодоменности. Фазовая диаграмма магнитной структуры частиц. (Зависимость типа от размеров и фактора качества).
23. Диаграмма зависимости вида доменной структуры от толщины и фактора качества.
24. Динамическое уравнение Ландау-Лифшица движения магнитного момента. Механизм движения блоховской доменной границы в магнитном поле.
25. Закон приближения намагниченности к насыщению.
26. Доменные границы в многоосных кристаллах типа Fe. Узкие доменные границы в сверханизотропных кристаллах.

8.3.6. Перечень примерных вопросов для экзамена – не предусмотрено

8.3.7. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации – не предусмотрено.

8.3.8. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля – не предусмотрено.

8.3.9. Интернет-тренажеры – не предусмотрено.

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

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Атомная структура и свойства твердых тел	Код модуля 1129778
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	Горбунов Владимир Анатольевич	Кандидат физико- математических наук	доцент	физики конденси- рованного состояния	

Руководитель проектной группы модуля

В.О. Васьковский

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 «Теория и методы структурного анализа»

1.9. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Теория и методы структурного анализа» входит в модуль «Физика» и является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов.

Цели и задачи дисциплины – формирование у студентов фундаментальных представлений о кинематической и динамической теории рассеяния рентгеновских лучей совершенными кристаллами, основных положениях теории дифракции на несовершенных кристаллах, методах исследования структуры кристаллов, умение решать задачи с использованием основных законов рентгено-электроно и нейтронографии.

1.10. Язык реализации программы – русский.

1.11. Планируемые результаты освоения дисциплины

Результатом освоения дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК8 - способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности;

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;

ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);

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

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основы динамической теории рассеяния рентгеновских лучей совершенными кристаллами, основные положения теории дифракции на несовершенных кристаллах, методы исследования структуры кристаллов, основные положения электронографии и нейтронографии.

Уметь: правильно выбирать методы исследования особенностей кристаллической структуры различных материалов для решения задач структурного анализа.

Демонстрировать навыки и опыт деятельности: опыт использования дифракционных методов для исследования кристаллических структур.

1.12. 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.)*	8
1.	Аудиторные занятия	48	48	48
2.	Лекции	8	8	8
3.	Практические занятия	40	40	40
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	40	7.20	40

6.	Промежуточная аттестация - зачет	4	0.25	3, 4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	72	55.45	72
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	2	2	2

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Рассеяние малыми кристаллами.	Рассеяние малыми кристаллами. Интегральное отражение. Факторы интенсивности: Лоренца, повторяемости, абсорбционный, Дебая - Уоллера. Отражающая способность грани большого кристалла.
2	Два этапа рентгеноструктурного анализа (РСА).	Первый этап РСА. Методы исследования монокристаллов. Геометрия интерференционной картины в методе Лауэ. Зональные кривые. Закономерность расположения пятен на лауэграммах. Форма лауэвских пятен. Астеризм. Определение ориентировок монокристаллов по лауэграммам и эпиграммам. Сетки Закса. Сводная стереографическая проекция и ее анализ. Определение сингонии кристалла. Индицирование лауэграмм. Симметрия лауэграмм, определение лауэвского класса. Достоинства и недостатки метода Лауэ. Рентгеногонометрические методы. Принцип рентгеновского гониометра. Метод фотографирования обратной решетки. Методы исследования поликристаллов. Геометрия интерференционной картины в методе Дебая. Выбор излучения и фильтра. Методы прецизионного определения параметров кристаллической решетки. Индицирование рентгенограмм кристаллов различных сингоний (графические и аналитические методы). Второй этап РСА. Проблема начальных фаз в структурном анализе. Общая схема второго этапа анализа структуры. Метод межатомной функции. Статистический метод определения начальных фаз. Метод минимизации структурного функционала. Автоматизация рентгеноструктурных расчетов. Структура и организация работы с компьютерной базой данных PDF-2. Точность определения кристаллических структур. Задачи рентгеноструктурного анализа в современной физике и химии.
3	Основы динамической теории рассеяния рентгеновских лучей.	Динамическая теория Дарвина. Амплитуда волны, отраженной плоской атомной сеткой. Учет преломления лучей в теории Дарвина. Уравнение Вульфа - Брэггов с поправкой на преломление. Эффект многократных отражений. Первичная и вторичная экстинкции. Интегральное отражение от грани большого кристалла. Основные положения динамической теории Эвальда - Лауэ. Некоторые экспериментальные следствия из динамической теории. Явление Бормана. Основные положения динамической теории Эвальда - Лауэ. Топографические методы исследования почти совершенных кристаллов.
4	Основные положения теории рассеяния электронов	Рассеяние электронов на атомах (кинематическое приближение). Решение волнового уравнения. Атомные факторы рассеяния электронов. Связь атомных факторов рассеяния электронов и

	рафии	рентгеновских лучей. Геометрия электронографической дифракционной картины. Основная формула электронографии. Типы электронограмм. Факторы, влияющие на образование точечных электронограмм. Определение типа и размеров элементарной ячейки по точечным электронограммам, определение пространственной группы. Электронограммы от текстурованных образцов. Электронограмма поликристаллов.
5	Основные положения нейтронографии	Особенности взаимодействия нейтронов с веществом. Рассеяние нейтронов отдельными атомами. Потенциальное и резонансное рассеяние, формула Брейта - Вигнера. Рассеяние на ядрах со спином. Спинорная и изотопическая некогерентность. Рассеяние на связанных ядрах. Дифракция нейтронов на моно- и поликристаллах. Примеры нейтронографического определения кристаллической структуры: исследование структуры водородосодержащих соединений; соединений, состоящих из элементов с близкими атомными номерами; соединений, включающих элементы с сильно различающимися порядковыми номерами; исследование систем, состоящих из изотопов одного и того же элемента. Магнитное рассеяние нейтронов. Парамагнитное рассеяние нейтронов. Спин-орбитальное взаимодействие. Исследование магнитных структур.

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Очная форма обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.3. Лабораторный практикум *не предусмотрено*

4.4. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	1	Интегральное отражение. Факторы интенсивности.	2
2	2-10	Отражающая способность грани большого кристалла.	18
3	11-18	Расчет множителя Дебая - Уоллера.	16
4	19	Сводная стереографическая проекция и ее анализ.	2
5	20	Учет преломления лучей в теории Дарвина.	2

Всего: 40

4.5. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.17. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

4.3.18. Примерный перечень тем графических работ – *не предусмотрено*

4.3.19. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)- *не предусмотрено*

4.3.20. Примерный перечень тем расчетных работ (программ. продуктов) – *не предусмотрено*

4.3.21. Примерный перечень тем расчетно-графических работ – *не предусмотрено*

4.3.22. Примерная тематика курсового проекта (работы) – *не предусмотрено*

4.3.23. Примерный перечень тем контрольных работ – *не предусмотрено*

4.3.24. Примерная тематика коллоквиумов

Коллоквиум №1. Вопросы:

- Определение сингонии кристалла. Индексирование лауэграмм. Симметрия лауэграмм, определение лауэвского класса. Достоинства и недостатки метода Лауэ. Рентгеногонометрические методы. Принцип рентгеновского гониометра.
- Геометрия интерференционной картины в методе Дебая. Выбор излучения и фильтра. Методы прецизионного определения параметров кристаллической решетки. Индексирование рентгенограмм кристаллов

Коллоквиум №2. Вопросы:

- Типы электронограмм. Факторы, влияющие на образование точечных электронограмм. Определение типа и размеров элементарной ячейки по точечным электронограммам, определение пространственной группы. Электронограммы от текстурованных образцов. Электронограмма поликристаллов

9. 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 (указать, какие)
1-5				+								

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

9. 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. [Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля](#) *DJVVU* М.: Техносфера, 2004 г.

2. Игнатович, В.К. Нейтронная оптика / В.К. Игнатович. - Москва : Физматлит, 2006. - 336 с. - ISBN 5-9221-0722-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76684>.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Иверонова В.И., Ревкевич Г.П. Теория рассеяния рентгеновских лучей. М., 1978.

2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М., 1982.

3. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М., 1977.

4. Изюмов Ю.А., Найш В.К., Озеров Р.П. Магнитная нейтронография. М., 1980.

5. Гинье А. Рентгенография кристаллов. М., 1961.

6. Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. М., 1961.

9.2. Методическое пособие Электронный вариант лекций.

1. Программа дисциплины. Список вопросов к экзамену.

2. Презентации по разделам дисциплины.

3. Крушатина Н.А. Применение методов электронографии к определению атомной структуры кристаллов. Свердловск, 1985.

4. Серикова В.П. Применение методов нейтронографии для исследования атомной и магнитной структуры кристаллов. Свердловск, 1984.

9.3. Программное обеспечение

не используется

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы-

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

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

Электронная библиотека УрФУ oras.urfu.ru

9.5. Электронные образовательные ресурсы –

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Имеются аудитории, оснащенные мультимедийной техникой 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 –

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,6		
Текущая аттестация на лекциях □	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	8, 1-8	60
Коллоквиум 1	8,3	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	8, 1 – 8	50
Коллоквиум 2	8, 7	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям –		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0		
3. Лабораторные занятия: - не предусмотрено		
коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 8	1.0

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

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: 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,	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность,

		проявляет активность.	трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	--	-----------------------	---

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

НТК не используется

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных – 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 тем контрольных работ – не предусмотрено.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Факторы интенсивности дифрагированных лучей.
2. Методы исследования монокристаллов. Метод вращения.
3. Методы прецизионного определения параметров кристаллической решетки.
4. Индексирование рентгенограмм кристаллов различных сингоний (графические и аналитические методы).
5. Проблема начальных фаз в структурном анализе.
6. Общая схема второго этапа анализа структуры.
7. Отражающая способность грани большого кристалла.
8. Достоинства и недостатки метода Лауэ.
 1. Методы исследования поликристаллов. Геометрия интерференционной картины в методе Дебая. Выбор излучения и фильтра.
 2. Индексирование лауэграмм. Симметрия лауэграмм, определение лауэвского класса.
 3. Задачи рентгеноструктурного анализа в современной физике и химии.
 4. Динамическая теория Дарвина.
 5. Учет преломления лучей в теории Дарвина.
 6. Эффект многократных отражений. Первичная экстинкция.
 7. Основные положения динамической теории Эвальда -Лауэ.
 8. Топографические методы исследования.
 9. Связь атомных факторов рассеяния электронов и рентгеновских лучей.
 10. Геометрия электронографической дифракционной картины. Основная формула электронографии.
 11. Типы электронограмм. Факторы, влияющие на образование точечных электронограмм.
 12. Основные положения нейтронографии.
 13. Примеры нейтронографического определения кристаллической структуры.

8.3.6. Перечень примерных вопросов для экзамена – не предусмотрено

8.3.7. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации – не предусмотрено.

8.3.8. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля – не предусмотрено.

8.3.9. Интернет-тренажеры – не предусмотрено.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДЕФЕКТЫ АТОМНОГО СТРОЕНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль Атомная структура и свойства твердых тел	Код модуля 1129778
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	Плещев Владимир Георгиевич	Канд. физ-мат. наук, доцент	доцент	физики конденси рованного состояния	

Руководитель модуля

В.О. Васьковский

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 Дефекты атомного строения

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Дефекты атомного строения» является составной частью модуля «Атомная структура и свойства твердых тел». Задачей дисциплины является формирование современных представлений о реальной атомной структуре кристаллических тел и ее роли в формировании практически важных свойств материалов различного назначения. Ее успешное освоение строится на основе ранее полученных знаний в курсах «Общей физики».

Наряду с изложением теоретического материала, данная дисциплина предусматривает самостоятельное решение задач по соответствующим разделам курса, что способствует более глубокому усвоению учебного материала. Для текущего контроля знаний используются тестовые задания.

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;

ОПК1 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);

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;

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

ДПК5 - способность применять на практике знания теории и современных вычислительных методов в различных областях физики (физика атомов и молекул, физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений);

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

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: определения идеального и реального кристаллов основные типы структурных дефектов в кристаллах, физические механизмы образования структурных дефектов.

Уметь: применять знания о кристаллическом строении материалов для установления характеристик структурных дефектов различной размерности;

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности): владение методами расчета концентрации структурных дефектов; методами прогнозирования поведения структурных дефектов в зависимости от природы материала.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	7
1.	Аудиторные занятия	51	51	51

2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	42	42	42
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	39	7.65	39
6.	Промежуточная аттестация -	18	2.33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	60.98	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для очной формы обучения

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р.1.	Введение	Идеальный и реальный кристаллы. Дальний и ближний порядок. Симметрия кристаллических структур. Кристаллические сингонии и решетки Браве. Понятие о дефектах кристаллической решетки. Классификация структурных дефектов.
Р.2.	Точечные дефекты в кристаллах	Типы точечных дефектов. Механизмы и Энергия образования точечных дефектов. Термодинамика кристаллов с точечными дефектами. Равновесные концентрации точечных дефектов. Взаимодействие точечных дефектов между собой и с атомами примеси. Образование неравновесных точечных дефектов при закалке и облучении. Дефекты в нестехиометрических соединениях. Экспериментальное определение энергии образования и концентрации точечных дефектов. Отжиг точечных дефектов.
Р.3.	Линейные дефекты	Понятие о дислокациях. Основные типы дислокаций в кристаллах и их характеристики. Вектор Бюргера, его определение и свойства. Поля напряжений и энергии образования краевых и винтовых дислокаций. Сила, действующая на дислокацию в поле напряжений. Смешанные дислокации. Взаимодействие дислокаций между собой и с точечными дефектами. Полные и частичные дислокации в твердых телах с различной кристаллической структурой. Дислокационные реакции. Энергетический критерий дислокационных реакций. Механизмы образования дислокаций при росте кристаллов и при пластической деформации. Источник Франка - Рида.
Р.4.	Поверхностные дефекты	Дефекты упаковки в кристаллах. Энергия и протяженность дефектов упаковки. Границы зерен. Кристаллографическое описание межзеренных границ. Границы наклона и границы кручения. Малоугловые и большеугловые границы. Дислокационная модель строения малоугловых границ. Энергия границ зерен.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

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

Для очной формы обучения

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Лабораторные работы *не предусмотрено*

6.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P1	1-3	Жидкое и кристаллическое состояние конденсированных систем. Термодинамический аспект изменения агрегатного состояния. Энергетический баланс гомогенного и гетерогенного зарождения кристаллов	6
P2	4-10	Термодинамический анализ вклада точечных структурных дефектов различного типа в конфигурационную и колебательную энтропию кристаллов. Оценка равновесных концентраций точечных дефектов.	13
P3	10-16	Построения контуров Бюргерса для винтовых и краевых дислокаций. Определение направления и величины вектора Бюргерса. Геометрические и термодинамические условия осуществления дислокационных превращений.	13
P4	17-21	Основные характеристики межзеренных границ. Межфазные границы. Определение углов разориентировки кристаллитов при малоугловых границах.	10
Всего:			42

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Домашняя работа №1. Определение равновесной концентрации точечных дефектов при различных условиях

Домашняя работа №2. Определение энергии упругого поля дислокаций

Домашняя работа №3. Анализ механизмов возникновения частичных дислокаций в кристаллах.

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

1. Основные типы структурных дефектов и их размерная характеристика. Условия применимости линейной теории упругости к описанию полей напряжений .

2. Векторы Бюргерса дислокаций их свойства. Изменения колебательной и конфигурационной энтропии кристалла при образовании точечных дефектов;

3. Способы создания избыточной (неравновесной) концентрации точечных дефектов. Частичные дислокации в кристаллах и дефекты упаковки.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
Раздел 1			*		*							
Раздел 2				*								
Раздел 3				*	*							
Раздел 4			*	*	*							

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. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для вузов. Изд.МИСИС. 2003, 480 с.
2. Новиков И. И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллического строения металлов.М., Металлургия. 1990 .
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., 2000.
4. Гуревич А.Г. Физика твердого тела. СПб. БХВ.2004.
5. Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>.
6. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1978. - Т. 1. - 391 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483337>
7. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - Москва : Мир, 1979. - Т. 2. - 419 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483336>

9.1.2.Дополнительная литература

1. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах.М., ВШ.1983

1. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в металлах. М.: Мир. 1974.
2. Лейман К. Взаимодействие излучений с твердым телом и образование элементарных дефектов. М.: Атомиздат. 1979.
3. Келли Б. Радиационные повреждения твердых тел. М.: Мир. 1970.
4. Штремель М.А. Прочность сплавов: Дефекты решетки. М., 1982 .
5. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. Гусева. - Москва : Наука, 1978. - 788 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361>

9.2. Методические разработки

1. Плещев В.Г. Дефекты атомного строения кристаллов. Учеб. пособие, гриф УМО. Екатеринбург, 1997.
2. Плещев В.Г. Презентации по материалам дисциплины
3. Плещев В.Г. Тесты для текущего контроля знаний.
4. Плещев В.Г. Основы радиационной физики твердого тела. Екатеринбург, УрГУ. 1992.

9.3. Программное обеспечение

не используются

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Справочные руководства:

1. Энергии образования и миграции дефектов
2. Упругие константы различных материалов.

9.5. Электронные образовательные ресурсы

не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Имеются аудитории, оснащенные мультимедийной техникой.

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 – 0.4		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Миниконтрольные</i>	7 сем, 6, 12 нед.	50
<i>Коллоквиумы по разделам 1, 3, 4</i>	7 сем, 4, 10, 14 нед	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.6		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Решение задач на занятиях</i>	7 сем, 1-17 нед.	70
<i>Посещение практич. занятий</i>	7 сем, 1-17 нед.	30
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрены		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 7	1.0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
к рабочей программе дисциплины

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
К рабочей программе дисциплины

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

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

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

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач,	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое

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

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

НТК не используется

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

1. Условия образования равновесных точечных дефектов
2. Образование дефектов при действии облучения.
3. Дефекты в нестехиометрических соединениях.
4. Определение вектора Бюргерса для дислокаций разного типа.
5. Механизм размножения дислокаций Франка-Рида.

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Оценить энергию образования вакансии в металле, если их равновесная концентрация при $T=927\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 10^{-5} .
2. Оценить средние расстояния между равновесными вакансиями в алюминии при температурах $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $627\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. В опытах по параллельному измерению длины образца и параметра решетки стержня из алюминия концентрация вакансий при $655\text{ }^{\circ}\text{C}$ оказалась равной $4.9 \cdot 10^{-4}$, а при $620\text{ }^{\circ}\text{C}$ она была равна $3.7 \cdot 10^{-4}$. Определить энтропию и энергию образования вакансий.
4. Алюминиевый образец массой 10 г закален от температуры, близкой к температуре плавления, до комнатной. С течением времени такой образец приходит в равновесное состояние. Изменится ли температура образца, если все это время он находится в адиабатических условиях и если изменится, то насколько?
5. Найти зависимость глубины повреждения L от первичной энергии частиц E_0 , считая, что все столкновения являются упругими. Оценить глубину повреждения кристалла алюминия при бомбардировке протонами с $E_0 = 1\text{ МэВ}$, считая, что длина свободного пробега частиц составляет 10^{-3} см .
6. Найти радиус ядра винтовой дислокации в никеле, если отклонение от закона Гука возникает при деформации, превышающей 5%.
7. Определить протяженность дефекта упаковки в серебре, ограниченного частичными дислокациями Шокли, образовавшимися в результате диссоциации полной дислокации с вектором Бюргерса $b = a/2[011]$

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. Механизмы образования точечных дефектов в равновесных условиях. Равновесная концентрация точечных дефектов.
 2. Классификация структурных дефектов в кристаллах.
 3. Комплексы точечных дефектов.
 4. Источники и стоки дефектов.
 5. Способы определения концентрации и энергии образования точечных дефектов.
 6. Образование точечных дефектов при закалке и облучении.
 7. Каскадные процессы смещения атомов при облучении. Пороговая энергия смещения.
 8. Точечные дефекты в фазах переменного состава
 9. Точечные дефекты в ионных кристаллах. Эффективные заряды дефектов.
 10. Дислокации в кристаллах. Основные типы дислокаций. Плотность дислокаций.
 11. Поля напряжений краевых и винтовых дислокаций.
 12. Энергия образования дислокаций.
 13. Силы, действующие на дислокацию в поле напряжений.
 14. Вектор Бюргера дислокаций и его определение и свойства.
 15. Взаимодействие дислокаций между собой.
 16. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
 17. Полные и частичные дислокации в кристаллах.
 18. Сравнительная характеристика частичных дислокаций Шокли и Франка..
 19. Механизмы образования дислокаций в кристаллах. Источник Франка-Рида
 20. Дефекты упаковки в кристаллах с ГЦК и ГПУ структурой.
 21. Границы зерен. Основные типы границ.
- 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***