

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Нальгиева М. А.
от « 27 » 04 2026 г.

_____/ Мальсагов М.Х.
от « 28 » 04 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.09.02 Методы исследования твердых тел

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Направленность

Микроэлектроника

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

г. Магас, 2026

Цели освоения дисциплины

Все реальные кристаллы содержат разнообразные дефекты структуры, которые в значительной степени будут определять их физические свойства. Дефекты кристаллического строения играют большую роль в образовании и росте кристаллов, многие типы несовершенств возникают в кристаллах в процессе их роста, в результате термической обработки, деформации, облучения. Именно поэтому в последнее время методам исследования реального строения кристаллов, изучению природы дефектов, характеру их распределения и установлению связи между реальным строением и физическими свойствами кристаллов уделяется большое внимание. Несомненно, что специалисты, работающие в области физики твердого тела, должны хорошо разбираться в вопросах реального строения кристаллов и владеть современными методами исследования дефектов.

Учебные задачи курса

Задача данного курса состоит в приобретении студентами знаний по вопросам теории несовершенств в кристаллах, пониманию их роли в физических процессах, происходящих в кристаллах при различных физических воздействиях. Студенты должны понимать влияние дефектов на физические свойства кристаллов. Задачей курса является знание современных методов исследования структуры в кристаллах, теоретических положений, на которых базируются эти методы исследования.

В результате изучения данного курса и выполнения лабораторного практикума, студенты должны уметь сопоставлять различные методы исследования, их возможности, область применения, особенности и т.д., должны освоить соответствующую аппаратуру, приобрести экспериментальные навыки работы.

В соответствии с требованиями к специалистам данной специальности, студент - выпускник должен быстро освоиться как специалист в области кристаллографии реальной структуры кристаллов, быть способным внедрять в производство новые методы исследования, участвовать в организации и создании лабораторий такого профиля. После изучения курса студенты должны знать:

1. основные типы дефектов в кристаллах и их свойства.
2. описание идеальной и реальной структуры твердых тел.
3. Методы исследования структуры твердых тел.

Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326)
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	A/01.6	6
				Воспитательная деятельность	A/02.6	6
				Развивающая деятельность	A/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
01 Образование	Педагогический	Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО	Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО
06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	Научно-исследовательский	Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем	Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных

			областях и сферах цифровой экономики
--	--	--	--------------------------------------

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Методы исследования твердых тел» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Для освоения дисциплины «Методы исследования твердых тел» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: Общая физика (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, атомная и ядерная физика); разделы теоретической физики: теоретическая механика, электродинамика основные положения квантовой механики, термодинамику и статистическую физику, физическую кинетику, структуру и прочность полимерных материалов, композиционные материалы; сведения из математического анализа, т.е. умение дифференцирования, интегрирования, методы решения дифференциальных уравнений обыкновенных и в частных производных, теория вероятности, математическая статистика, аналитическая геометрия, высшая алгебра.

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Методы исследования твердых тел» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Методы исследования твердых тел»	Семестр
Б1.О.04.01	Мат.анализ	1,2,3
Б1.О.04.02	Аналитическая геометрия и линейная алгебра	1,2
Б1.О.04.04	Диф.уравнения	3
Б1.О.04.06	Теория вероятности и математическая статистика	5
Б1.О.07	Общая физика	1,2,3,4,5
Б.1.О.16	Теоретическая механика. Механика сплошных сред	4,5

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Методы исследования твердых тел » с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Методы исследования твердых тел »	Семестр
Б.1.О.17	Квантовая теория	7
Б.1.В.10	Статистическая физика	7

Таблица 2.3.

Связь дисциплины «Методы исследования твердых тел » со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Методы исследования твердых тел»	Семестр
Б1.О.07.06	Физика атомного ядра и элементарных частиц	6
Б1.В.07	Физика конденсированного состояния	6

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих обще профессиональных и профессиональных компетенций:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ПК-4	ПК-4 способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований	ПК-4.1. Владеть практическими навыками планирования физических исследований, в том числе – в составе небольших научных коллективов ПК-4.2. Уметь использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований. ПК-4.3. Уметь осуществлять выбор наиболее оптимальных форм организации и планирования физических исследований. ПК-4.4. Знать, понимать и корректно излагать (формулировать) профессиональные задачи в своей области научно-исследовательской деятельности в соответствии с профессиональными профилями	Знать: Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для электронно-микроскопического анализа Уметь: Проводить металлографический анализ металлов и сплавов. Проводить измерения микротвердости. Проводить пробоподготовку объектов для электронно-микроскопического анализа. Работать с вакуумными установками ВУП-4 и ВУП- Работать с электронным микроскопом ЭМ-125 Владеть: Методиками подготовки объектов для металлографического и электронно-микроскопического анализа. Владеть инструментальными методами исследования структуры металлов и сплавов.
ПК-5.	ПК-5 способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме	ПК-5.1. Владеть первичными навыками разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний и др.) ПК-5.2. Владеть навыками написания научно-технических отчетов, обзоров, докладов и статей	Владеть: технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций; Уметь: осуществлять теоретическое

		ПК-5.3. Уметь осуществлять первичное документирование результатов научно-исследовательской работы (на уровне оформления протоколов лабораторных работ). ПК-5.4. Уметь самостоятельно обрабатывать и представлять результаты научно-исследовательских работ по утвержденным формам. ПК-5.5. Уметь производить сбор и анализ библиографических источников информации. ПК-5.6. Знать требования к составлению и оформлению научных отчетов, пояснительных записок, методику разработки научно-исследовательской статьи	моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; Знать: сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования.
ПК-6.	ПК-6 готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	ПК-6.1. Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. ПК-6.2 применять полученные знания в области различных разделов физики для получения новых знаний в области нанотехнологий. ПК-6.3 Уметь использовать возможности современных методов физических исследований для решения сложных экспериментальных и теоретических физических задач в области нанотехнологий. ПК-6.4 Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	Владеть: технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций; Уметь: осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; Знать: сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования

4. Структура и содержание дисциплины «Методы исследования твердых тел»

4.1. Структура дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Курс	3
Семестр	5
Всего учебных часов трудоемкости	144ч
Всего аудиторных часов,	106 ч
в том числе:	
Лекции	54 ч
Практических занятий	
Лабораторных занятий	52
Самостоятельная работа студентов	38
Форма контроля	Зачет с оценкой

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля и успеваемости (по неделям семестра)							Форма промежуточной аттестации (по семестрам)		
			Контактная работа				Самостоятель- ная работа			Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект) др.			
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы								
1.	Дефекты кристаллического строения и физические свойства кристаллов.																		
1.1.	Классификация дефектов.	5	2	1		1		2			2	+							
1.2.	Плотность и энергия образования точечных	5	2	1		1		2			2		+		+				
1.3	1.3 Способы создания неравновесного состояния:	5	2	1		1		2			2	+	+						
2.	Линейные дефекты – дислокации.																		
2.1	Предпосылки появления теории дислокаций	5	2	1		1		3			3		+						
2.2	Описание краевой и винтовой дислокации с использованием вектора Бюргерса.	5	2	1		1		3			3	+		+		+			
2.3	Движение дислокаций.	5	2	1		1		2			2		+	+					
2.4	Определение поверхности скольжения.	5	2	1		1		3			3	+			+				
3	Упругие свойства дислокаций																		
3.1	Компоненты напряжения – тензор напряжений	5	4	2		2		2			2	+		+					

3.2	Правило Франка.	5	2	1		1	3			3			+	+			
4	Двумерные поверхностные дефекты в кристаллах																
4.1	Дефекты упаковки и двойниковые границы.	5	2	1		1	2			2			+				
5	Понятия макро- и микроструктуры																
5.1	Различные кристаллические состояния, характеризующиеся разной степенью кристаллического совершенства	5	3	2		1	3			3	+		+		+		
5.2	Пределы пространственного разрешения при исследовании структуры материалов	5	2	1		1	3			3			+		+		
6	Микроскопические методы исследования микроструктуры																
6.1	Метод избирательного травления	5	2	1		1	3			3			+		+		
7	Дифракционные методы исследования структуры вещества.																
7.1	Сравнительные характеристики рентгеновского, электронографического и нейтронографического методов исследования.	5	4	2		2	3			3	+				+		
8	Теория дифракции коротковолнового излучения на кристаллах.																
8.1	Геометрическая теория дифракции на кристалле.	5	2	1		1	3			3	+		+				
8.2	Интерференционная функция и ее анализ	5	2	1		1	2			2		+			+		
8.3	Представление о дифракции на кристалле как отражения от атомных плоскостей	5	3	2		1	3			3		+			+		
9	Интенсивность дифракционных лучей																
9.1	Кинематическая теория рассеяния на атоме, атомная амплитуда и ее вычисление	5	2	1		1	3			3		+		+			
9.2	Структурная амплитуда.	5	2	1		1	2			2			+				
10	Электронография																
10.1	Особенности дифракции электронов в кристаллах.	5	2	1		1	3			3		+					
10.2	Вывод основной формулы электронографии	5	3	2		1	2			2				+	+		
10.3	Симметрия и индигировка точечных электронограмм.	5	2	1		1	2			2			+	+			
11	Рентгенография кристаллических образований.																
11.1	Рентгеновский фазовый анализ	5	2	1		1	2			2		+			+		
11.2	Рентгеноанализ твердых растворов	5	2	1		1	3			3	+			+			

11.3	Дифракция на кристаллах малых размеров	5	2	1		1		2			2		+		+		
12	Электронно-микроскопический метод исследования																
12.1	Теория электронно-микроскопического контраста	5	3	2		1		3			3	+		+			
12.2	Микродифракция и ее применение	5	2	1		1		2			2		+				+
12.3	Кинематическая теория контраста на несовершенных кристаллах	5	2	1		1		3			3			+	+		
13	Методы дифракционной микрорентгенографии, их классификация																
13.1	Методы, основанные на использовании прошедшего пучка	5	2	1		1		3			3		+		+		
13.2	Трансмиссионный метод Берга-Баррета	5	2	1		1		2			2			+			+
	Всего			54		52		38			38						

4.2. Содержание дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

1. Дефекты кристаллического строения и физические свойства кристаллов.

1.1 Классификация дефектов. Точечные, простые дефекты. Простые дефекты, комплексы точечных дефектов.

1.2 Плотность и энергия образования точечных дефектов в кристаллах. Точечные дефекты в термодинамическом равновесии и неравновесном состоянии.

1.3 Способы создания неравновесного состояния: пластическая деформация, закалка, облучение. Точечные дефекты в ионных кристаллах и в кристаллах полупроводников

2. Линейные дефекты – дислокации.

2.1 Предпосылки появления теории дислокаций (модели образования дислокаций), контур и вектор Бюргерса. Инвариантность вектора Бюргерса.

2.2 Описание краевой и винтовой дислокации с использованием вектора Бюргерса. Правило знаков. Полные и частичные дислокации.

2.3 Движение дислокаций. Консервативное движение (скольжение) дислокаций и неконсервативное (переползание).

2.4 Определение поверхности скольжения. Призматическая дислокация. Связь скольжения с пластической деформацией. Поперечное скольжение. Скорость движения дислокаций.

3. Упругие свойства дислокаций.

3.1 Компоненты напряжения – тензор напряжений. Поле напряжений винтовой и краевой дислокаций. Упругая энергия дислокаций.

3.2 Правило Франка. Сила, действующая на дислокацию. Линейное напряжение дислокаций.

4. Двумерные поверхностные дефекты в кристаллах.

4.1 Дефекты упаковки и двойниковые границы. Границы зерен – малоугловые и большеугловые. Энергия границ и их подвижность.

5. Понятия макро- и микроструктуры.

5.1 Различные кристаллические состояния, характеризующиеся разной степенью кристаллического совершенства: монокристалл, мозаичный монокристалл, ориентированный поликристалл – текстура, поликристалл.

5.2 Пределы пространственного разрешения при исследовании структуры материалов и классификация методов исследования по этому параметру.

6. Микроскопические методы исследования микроструктуры (оптическая микроскопия, ультрафиолетовая и инфракрасная).

6.1 Метод избирательного травления, метод декорирования – методы изучения дефектов в кристаллах. Электронно-микроскопический метод исследования (дифракционная микроскопия).

7. Дифракционные методы исследования структуры вещества.

7.1 Сравнительные характеристики рентгеновского, электронографического и нейтронографического методов исследования. Их возможности, достоинства и недостатки.

8. Теория дифракции коротковолнового излучения на кристаллах.

8.1 Геометрическая теория дифракции на кристалле. Дифракция на одномерном периодическом ряде из рассеивающих центров.

8.2 Интерференционная функция и ее анализ. Интерференция на трехмерной решетке. Уравнения Лауэ и их геометрический смысл.

8.3 Представление о дифракции на кристалле как отражения от атомных плоскостей. Формула Вульфа-Брегга и ее связь с уравнениями Лауэ.

9. Интенсивность дифракционных лучей.

9.1 Кинематическая теория рассеяния на атоме, атомная амплитуда и ее вычисление. Рассеяние элементарной ячейкой кристалла.

9.2

Структурная амплитуда. Симметрия дифракционной картины. Закон Фриделя.

10. Электронография.

10.1 Особенности дифракции электронов в кристаллах. Геометрическая теория электронограмм.

10.2 Вывод основной формулы электронографии. Типы электронограмм. Описание их с помощью обратной решетки.

10.3 Симметрия и индентификация точечных электронограмм. Электронограммы с Кикучи-линиями, их применение.

11. Рентгенография кристаллических образований.

11.1 Рентгеновский фазовый анализ (количественный и качественный). Методы внутреннего эталона и гомологических пар.

11.2 Рентгеноанализ твердых растворов. Закон Вегарда. Определение границ растворимости. Упорядоченные твердые растворы (сверхструктуры). Распад пересыщенных твердых растворов. Рентгенография напряженного состояния.

11.3 Дифракция на кристаллах малых размеров. Ширина и профиль интерференционных линий от поликристаллического порошка. Формула Селякова-Шеррера.

12. Электронно-микроскопический метод исследования.

12.1 Теория электронно-микроскопического контраста. Методы электронной микроскопии: трансмиссионные (на просвет), метод прямого разрешения, метод Муара, метод дифракционного контраста.

12.2 Микродифракция и ее применение. Кинематическая теория дифракционного контраста на совершенных кристаллах. Метод амплитудно-фазовых диаграмм.

12.3

Кинематическая теория контраста на несовершенных кристаллах. Определение направления вектора Бюргерса. Уравнение динамической теории Хови-Уэлана.

13. Методы дифракционной микрорентгенографии, их классификация. 13.1 Методы, основанные на использовании прошедшего пучка

13.2 Трансмиссионный метод Берга-Баррета. Метод аномального прохождения – метод Бормана.

5. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследования твердых тел» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используются мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;

- практические занятия проводятся с использованием наглядных приборов, компьютерных классов (компьютерное моделирование);

- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Предпосылки появления теории дислокаций	Работа в библиотеке	Подготовить доклад по теме «Предпосылки появления теории дислокаций»	3; 4	2
2	Правило Франка.	Работа в библиотеке.	Подготовить доклад по теме «Правило Франка»	3; 4	2
3	Рентгеновский фазовый анализ	Работа в библиотеке	Подготовить доклад по теме «Рентгеновский фазовый анализ»	1,2;3	2
4	Теория электронно-микроскопического контраста	Работа в библиотеке, работа в лаборатории	Доклад по теме: «Теория электронно-микроскопического контраста»	2;3;4	2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление

Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным занятиям:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа с конспектом лекции;

- подготовка вопросов для самостоятельного изучения

2. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;
- заполнение рабочей тетради;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на практическом занятии;

3. Подготовка к лабораторным занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;
- формирование отчета о выполнении лабораторного занятия;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению по результатам лабораторного занятия;

4. Подготовка к промежуточной аттестации:

- повторение всего учебного материала дисциплины
- аналитическая обработка текста;

5. Прочие виды работ:

научно-исследовательская работа (научная статья, доклад, реферат).

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум	Дефекты кристаллического строения и физические свойства кристаллов.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
2	Коллоквиум	Линейные дефекты – дислокации.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
3	Коллоквиум	Упругие свойства дислокаций	ПК-4, ПК-5, ПК-6
4	Коллоквиум	Понятия макро- и микроструктуры	ПК-4, ПК-5, ПК-6
5	Коллоквиум	Теория дифракции коротковолнового излучения на кристаллах.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
6	Коллоквиум	Интенсивность дифракционных лучей	ПК-4, ПК-5, ПК-6
7	Коллоквиум	Электроннография	ПК-4, ПК-5, ПК-6

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине Методы исследования твердых тел».

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ.

1. Точечные дефекты: простые и их комплексы. Точечные дефекты в термодинамическом равновесии. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Способы создания неравновесного состояния точечных дефектов.

2. Предпосылки появления теории дислокаций. Экспериментальное наблюдение дислокаций.

3. Линейные дефекты – дислокации.

4. Контур и вектор Бюргерса. Описание краевой и винтовой дислокаций с использованием вектора Бюргерса.

5. Консервативное движение (скольжение) дислокаций. Определение поверхности скольжения. Призматическая дислокаций. Связь скольжения с пластической деформацией. Наиболее важные системы скольжения в ГЦК кристаллах.
6. Переползание дислокаций. Механизм образования призматических дислокационных петель и геликоидальных дислокаций.
7. Особенности дислокаций в ионных кристаллах.
8. Тетраэдр Томпсона. Его применение для описания дислокаций и дислокационных реакций.
9. Упругие свойства дислокаций. Поле напряжений и упругая энергия краевой дислокации.
10. Поле напряжений и упругая энергия винтовая дислокации.
11. Упругая энергия смешанной дислокации. Правило Франка.
12. Сила, действующая на дислокацию. Линейное натяжение дислокаций.
13. Взаимодействие взаимно параллельных краевых дислокаций. Образование малоугловых дислокационных границ.
14. Взаимодействие параллельных и взаимно перпендикулярных винтовых дислокаций.
15. Малоугловые (мозаичные) дислокационные границы. Модель Бюргерса. Определение угла разориентации блоков мозаики. Роль мозаичности образца в образовании точечных электронограмм.
16. Взаимодействие дислокаций со свободной поверхностью.
17. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
18. Образование дислокаций.
19. Метод избирательного травления для изучения дислокационной структуры кристаллов.
20. Ход лучей в электронном микроскопе и электронографе. Возможности этих приборов для структурных исследований. Микродифракция, ее применение.
21. Дифракционные методы исследования кристаллов. Особенности дифракции электронов в кристаллах по сравнению с рентгеновским методом.
22. Типы электронограмм. Точечные электронограммы. Симметрия точечных электронограмм, их расшифровка, применение.
23. Метод Дебая в рентгенографии.
24. Электронограмма от поликристалла, расшифровка и применение.
25. Метод Лауэ в рентгенографии.
26. Получение электронограмм от текстурированного образца и их индиферирование.
27. Дифракция на кристаллах и обратная решетка.
28. Структурная амплитуда, структурный фактор. Интегральный закон погасания для простейших структур.
29. Учет размеров и внешней формы кристалла (при рассмотрении дифракционных явлений в кристалле).
30. Основная формула электронографии, ее применение.
31. Метод реплик в электронной микроскопии, его применение.
32. Длина волны электронов. Определение длины волны по электронограмме. Разрешающая способность электронно-микроскопического метода исследования.
33. Электронограммы с Кикучи-линиями, их применение.
34. Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии. Изображение совершенного кристалла.
35. Классификация прямых методов исследования в электронной микроскопии, их применение и возможности.
36. Наблюдение и исследование дислокаций в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).
37. Наблюдение дефектов упаковки в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).

38. Метод двухкристального спектрометра. Анализ профиля интегральной интенсивности для оценки размеров кристаллов.
39. Интенсивности дифракционных максимумов. Множители интенсивности.
40. Условия видимости дефектов кристаллического строения в методе Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии в методе дифракционного контраста (Э.М.).
41. Дифракция по Вульфу-Брэггу. Вывод формулы Вульфа-Брэгга из интерпретации дифракции с применением обратной решетки.
42. Пластические и хрупкие материалы.
43. Частичные и полные дислокации.
44. Какие частичные дислокации могут быть в плотноупакованных структурах.
45. Дефекты упаковки вычитания, сложения, двойниковые границы.
46. Малоугловые дифракционные границы.
47. Дислокации несоответствия.
48. Закон погасания для простейших структур кубической системы.
49. Интерпретация геометрии различных типов электронограмм с применением обратной решетки.
50. Понятие толщённых и изгибных контуров экстинкции.
51. В решении каких материаловедческих задач могут быть использованы дифракционные методы исследования.

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

7.1. Учебная литература

1. Кудрявцева Р.В. «Дефекты в кристаллах, их геометрия и свойства», учебное пособие.
2. Шаскольская М.П. «Кристаллография», М.В.Ш., 1976, (темы 1, 2, 4, 8).
3. Орлов А.Н. «Введение в теорию дефектов в кристаллах», учебное пособие, М.В.Ш., 1983, (темы 1 – 7).
4. Вайнштейн Б.К. «Структурная электронография», М., изд. АН СССР, 1956, (тема 10).
5. Амелинкс С. «Методы прямого наблюдения дислокаций», Мир, М., 1968 (темы 10, 11).

Дополнительная:

1. Фридель Ж. «Дислокации», М., Мир, 1967.
2. Ван-Бюрен Д. Дефекты в кристаллах», И.Л., 1967.
3. Утевский Л.М. «Дифракционная электронная микроскопия в металловедении», Металлургия, 1973.
4. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев,. Кристаллография рентгенография и электронная микроскопия, Москва «Металлургия», 1982..
5. Л. Фельдман, Д. Майер, Основы анализа поверхности и тонких плёнок, Москва «Мир», 1989.
6. Д.Бриггс, М.П.Сих., Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Москва, «Мир» 1987.

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты	http://www.edu.ru

ЕГЭ, ГИА	
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Гарант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Аудитория № 303. 386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Ауд. №303. Площадь 71. 6м ²	Специализированная учебная мебель для обучающихся и преподавателя; технические средства обучения (компьютерная техника, доска, мультимедийное оборудование: интерактивная доска, проектор); доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет; учебно-методические материалы.
Для лабораторных занятий. Аудитория №201 386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Ауд. №201. Площадь 71.2 м ²	Специализированная учебная мебель для обучающихся и преподавателя; технические средства обучения (ноутбук, доска); обеспечен доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет; учебно-методические материалы. Комплект учебно-лабораторного оборудования «Методы исследования твердых тел»
Для самостоятельной работы обучающихся. Аудитория № 116 386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Ауд. №116. Площадь 36,2 м ²	Рабочие места для обучающихся, технические средства обучения (ноутбук, доска), доступ к сети Интернет, учебно-методические материалы, электронные образовательные ресурсы.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Методы исследования твердых тел»
(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы исследования твердых тел» включает все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать освоение обучающимися профессиональных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.02_ Физика (квалификация «Бакалавр») и рабочей программой дисциплины «Методы исследования твердых тел».

Назначение фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследования твердых тел» на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). ФОС является составной частью рабочей программы дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследования твердых тел» включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС);
- качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

1. Цели освоения дисциплины

Все реальные кристаллы содержат разнообразные дефекты структуры, которые в значительной степени будут определять их физические свойства. Дефекты кристаллического строения играют большую роль в образовании и росте кристаллов, многие типы несовершенств возникают в кристаллах в процессе их роста, в результате термической обработки, деформации, облучения. Именно поэтому в последнее время методам исследования реального строения кристаллов, изучению природы дефектов, характеру их распределения и установлению связи между реальным строением и физическими свойствами кристаллов уделяется большое внимание. Несомненно, что специалисты, работающие в области физики твердого тела, должны хорошо разбираться в вопросах реального строения кристаллов и владеть современными методами исследования дефектов.

1.1 Учебные задачи курса

Задача данного курса состоит в приобретении студентами знаний по вопросам теории несовершенств в кристаллах, пониманию их роли в физических процессах, происходящих в кристаллах при различных физических воздействиях. Студенты должны понимать влияние дефектов на физические свойства кристаллов. Задачей курса является знание современных методов исследования структуры в кристаллах, теоретических положений, на которых базируются эти методы исследования.

В результате изучения данного курса и выполнения лабораторного практикума, студенты должны уметь сопоставлять различные методы исследования, их возможности, область применения, особенности и т.д., должны освоить соответствующую аппаратуру, приобрести экспериментальные навыки работы.

В соответствии с требованиями к специалистам данной специальности, студент - выпускник должен быстро освоиться как специалист в области кристаллографии реальной структуры кристаллов, быть способным внедрять в производство новые методы исследования, участвовать в организации и создании лабораторий такого профиля. После изучения курса студенты должны знать:

1. основные типы дефектов в кристаллах и их свойства.
2. описание идеальной и реальной структуры твердых тел.
3. Методы исследования структуры твердых тел.

Разделы фонда оценочных средств

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины
2. Образовательные технологии
3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследования твердых тел»
4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена
5. Вопросы для подготовки к промежуточному контролю
6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины

Результатом изучения дисциплины методы исследования твердых тел является освоение выпускником следующих компетенций: ПК-4, П-5, ПК-6

2. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследования твердых тел» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используется мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;
- практические занятия проводятся с использованием наглядных приборов, компьютерных классов (компьютерное моделирование);
- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов

3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследования твердых тел»

По дисциплине «Методы исследования твердых тел» проводятся два вида занятий: лекции, практические занятия. На лекциях излагается в основном теоретический материал, на практических занятиях кратко разбирается теория и решаются задачи.

На лекциях следует записывать основные утверждения и формулы, пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины, а все рассуждения и пояснения лектора нужно внимательно слушать и постараться запомнить. Конспект лекций следует дополнить в соответствии с «Вопросами к экзамену» самостоятельно, пользуясь учебным пособием.

Вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Усвоению большого количества явлений и описывающих их величин и законов способствует одинаковый подход к их рассмотрению.

На **практических занятиях** студенты под руководством преподавателя решают задачи по наиболее важным темам курса. Для выполнения учебного плана студент самостоятельно должен решить определенное количество типовых задач в соответствии со своим вариантом домашнего задания. Для самостоятельного решения задач прежде, чем приступить к решению задач, нужно изучить (повторить) теоретический материал по теме задачи, разобрать примеры решения задач на эту тему. Практические занятия ориентированы на изучение наиболее важных физических явлений, приобретение элементарных навыков экспериментирования, овладение техникой измерений и грамотную обработку результатов измерений.

4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
31-33 У1-У5 Н1-Н3	Обучающийся не знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, допускает существенные ошибки	«3» (удовлетв.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
		Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки основных физических явлений и основных законов физики, наблюдаются нарушения	Обучающийся знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в

		логической последовательности в изложении границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях		важнейших практических приложениях, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.
--	--	---	--	--

Темы рефератов

1. Компьютеризация измерительной аппаратуры.
2. Технология обработки экспериментальных данных средствами электронных таблиц.
3. Современные программные продукты в химии.
4. Анимация экспериментальных и рассчитанных закономерностей.
5. Физико-химическая диагностика наночастиц. Принципы морфологической характеристики наночастиц.
6. Методы исследования низкоразмерных частиц и наноматериалов.
7. Изучения фазового состава наноразмерных структур с использованием электрохимических методов анализа.
8. Дифракционные методы исследования реальной структуры материалов.
9. Анализ и интерпретация ИК и КР спектров.
10. Рентгеноспектральный микроанализ.
11. Анализ поверхности и поверхностных слоев твердых тел.
12. Ядерный квадрупольный резонанс.
13. Масс-спектрометрия вторичных ионов для изучения и локального элементного анализа состава поверхности твердого тела.
14. Микроволновая спектроскопия.
15. Особенности взаимодействия рентгеновских лучей с веществом.
16. Кинематическая теория контраста.
17. Методы записи, расшифровки и оценки термограмм.
18. Эффект Холла и его измерение.

5. Вопросы для подготовки к промежуточному контролю

52. Точечные дефекты: простые и их комплексы. Точечные дефекты в термодинамическом равновесии. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Энергия образования точечных дефектов и их равновесная концентрация. Способы создания неравновесного состояния точечных дефектов.
53. Предпосылки появления теории дислокаций. Экспериментальное наблюдение дислокаций.
54. Линейные дефекты – дислокации.
55. Контур и вектор Бюргерса. Описание краевой и винтовой дислокаций с использованием вектора Бюргерса.
56. Консервативное движение (скольжение) дислокаций. Определение поверхности скольжения. Призматическая дислокаций. Связь скольжения с пластической деформацией. Наиболее важные системы скольжения в ГЦК кристаллах.
57. Переползание дислокаций. Механизм образования призматических дислокационных петель и геликоидальных дислокаций.
58. Особенности дислокаций в ионных кристаллах.
59. Тетраэдр Томпсона. Его применение для описания дислокаций и дислокационных реакций.

60. Упругие свойства дислокаций. Поле напряжений и упругая энергия краевой дислокации.
61. Поле напряжений и упругая энергия винтовой дислокации.
62. Упругая энергия смешанной дислокации. Правило Франка.
63. Сила, действующая на дислокацию. Линейное натяжение дислокаций.
64. Взаимодействие взаимно параллельных краевых дислокаций. Образование малоугловых дислокационных границ.
65. Взаимодействие параллельных и взаимно перпендикулярных винтовых дислокаций.
66. Малоугловые (мозаичные) дислокационные границы. Модель Бюргерса. Определение угла разориентации блоков мозаики. Роль мозаичности образца в образовании точечных электронограмм.
67. Взаимодействие дислокаций со свободной поверхностью.
68. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
69. Образование дислокаций.
70. Метод избирательного травления для изучения дислокационной структуры кристаллов.
71. Ход лучей в электронном микроскопе и электронографе. Возможности этих приборов для структурных исследований. Микродифракция, ее применение.
72. Дифракционные методы исследования кристаллов. Особенности дифракции электронов в кристаллах по сравнению с рентгеновским методом.
73. Типы электронограмм. Точечные электронограммы. Симметрия точечных электронограмм, их расшифровка, применение.
74. Метод Дебая в рентгенографии.
75. Электронограмма от поликристалла, расшифровка и применение.
76. Метод Лауэ в рентгенографии.
77. Получение электронограмм от текстурированного образца и их индентификация.
78. Дифракция на кристаллах и обратная решетка.
79. Структурная амплитуда, структурный фактор. Интегральный закон погасания для простейших структур.
80. Учет размеров и внешней формы кристалла (при рассмотрении дифракционных явлений в кристалле).
81. Основная формула электронографии, ее применение.
82. Метод реплик в электронной микроскопии, его применение.
83. Длина волны электронов. Определение длины волны по электронограмме. Разрешающая способность электронно-микроскопического метода исследования.
84. Электронограммы с Кикучи-линиями, их применение.
85. Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии. Изображение совершенного кристалла.
86. Классификация прямых методов исследования в электронной микроскопии, их применение и возможности.
87. Наблюдение и исследование дислокаций в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).
88. Наблюдение дефектов упаковки в электронной микроскопии (метод дифракционного контраста).
89. Метод двухкристального спектрометра. Анализ профиля интегральной интенсивности для оценки размеров кристаллов.
90. Интенсивности дифракционных максимумов. Множители интенсивности.
91. Условия видимости дефектов кристаллического строения в методе Метод дифракционного контраста в электронной микроскопии в методе дифракционного контраста (Э.М.).
92. Дифракция по Вульфу-Брэггу. Вывод формулы Вульфа-Брэгга из интерпретации дифракции с применением обратной решетки.
93. Пластические и хрупкие материалы.
94. Частичные и полные дислокации.
95. Какие частичные дислокации могут быть в плотноупакованных структурах.

96. Дефекты упаковки вычитания, сложения, двойниковые границы.
97. Малоугловые дифракционные границы.
98. Дислокации несоответствия.
99. Закон погасания для простейших структур кубической системы.
100. Интерпретация геометрии различных типов электронограмм с применением обратной решетки.
101. Понятие толщенных и изгибных контуров экстинкции.
102. В решении каких материаловедческих задач могут быть использованы дифракционные методы исследования.

Тесты, контрольные работы

а) типовые задания (темы)

Набор тестовых заданий и заданий контрольных работ является обязательным компонентом учебно-методического комплекса по модулю «Физикохимические методы исследования материалов» дисциплины «Методы исследования твердых тел», отражает структуру курса и включает вопросы по всем разделам дисциплины. Выполнение контрольных заданий способствует закреплению и углублению теоретических знаний, полученных студентом в ходе самостоятельной работы над материалом курса, например:

1. Перечислите известные Вам методы анализа функциональных материалов.
2. Сформулируйте основной закон светопоглощения, перечислите причины отклонения от него.
3. Нарисуйте блок-схемы атомно-абсорбционных и эмиссионных спектрометров.
4. Перечислите основные стадии рентгеноспектрального анализа.
5. В чем заключаются преимущества рентгенофлуоресцентного анализа по сравнению с обычным атомно-эмиссионным методом?
6. Что представляют собой три основные системы рентгеновского микрозондового анализатора?
7. Поверхности каких материалов можно анализировать с помощью РФЭС?
8. Почему количественный анализ поверхности твердого тела в основном проводят расчетными методами?
9. Назовите основные методы регистрации масс-спектра и обработки данных анализа.
10. Расшифруйте данные, полученные при атомно-эмиссионном спектральном анализе.
11. Расшифруйте данные, полученные при элементном анализе материалов рентгенофлуоресцентным методом.
12. Рассчитайте параметры кристаллической решетки на основе анализа дифракционных углов по данным рентгенограмм.
13. В некоторых промышленных ЭПР спектрометрах используется микроволновое 8 мм излучение. Какое магнитное поле необходимо в этом случае, чтобы ввести электронный спин в резонанс?
14. Медь кристаллизуется в ГЦК решетку со стороной 361 пм. Предскажите вид дифракционной картины ее порошка при использовании рентгеновских лучей с длиной волны 154 пм.
15. Оцените размеры предложенных кристаллитов по уширению дифракционных линий в рентгеновских лучах.
16. На основании полученных экспериментальных данных, определите содержание заданных элементов в исследуемых образцах (использование метода калибровочного графика).
17. Нарисуйте оптическую схему квантометра и объясните, как используется этот прибор для анализа материалов.
18. Интерпретируйте экспериментальный спектр ЯМР, снятый на частоте 60 МГц. Какие изменения произойдут, если спектр будет снят на 300 МГц?
19. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

20. Как рассчитывают удельную поверхность ультрадисперсных порошков металлов по данным растровой электронной микроскопии?
21. В чем состоит различие электропроводности проводников, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории?
22. Физические основы эффекта Холла и его измерение.
23. Магнитострикция материалов и методы ее измерения.
24. Виды люминесценции в зависимости от способа возбуждения.
25. Основные характеристики люминесценции. Интерпретация спектров люминесценции.
26. Магнитные свойства низкоразмерных частиц металлов.
27. Суперпарамагнетики.
28. Гигантское магнитосопротивление, отрицательное магнитосопротивление.

б) критерии оценивания компетенций (результатов)

- по пятибалльной системе.

в) описание шкалы оценивания

- оценка «отлично» ставится при выполнении, не менее чем 98% заданий;
- оценка «хорошо» ставится при выполнении, не менее чем 80% заданий;
- оценка «удовлетворительно» ставится при выполнении, не менее чем 60% заданий;
- оценка «неудовлетворительно» ставится при неправильном ответе более, чем на 50% вопросов теста или невыполнении более, чем 50% заданий.

6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

(Описывается организация каждого вида самостоятельной работы студентов, используемого при изучении данной дисциплины).

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление

Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным занятиям:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа с конспектом лекции;
- подготовка вопросов для самостоятельного изучения

2. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;
- заполнение рабочей тетради;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на практическом занятии;

3. Подготовка к промежуточной аттестации:

- повторение всего учебного материала дисциплины
- аналитическая обработка текста;

4. Прочие виды работ:

научно-исследовательская работа (научная статья, доклад, реферат).

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»

6. Кудрявцева Р.В. «Дефекты в кристаллах, их геометрия и свойства», учебное пособие.
7. Шаскольская М.П. «Кристаллография», М.В.Ш., 1976, (темы 1, 2, 4, 8).
8. Орлов А.Н. «Введение в теорию дефектов в кристаллах», учебное пособие, М.В.Ш., 1983, (темы 1 – 7).

9. Вайнштейн Б.К. «Структурная электронография», М., изд. АН СССР, 1956, (тема 10).
10. Амелинкс С. «Методы прямого наблюдения дислокаций», Мир, М., 1968 (темы 10, 11).

Дополнительная:

7. Фридель Ж. «Дислокации», М., Мир, 1967.
8. Ван-Бюрен Д. Дефекты в кристаллах», И.Л., 1967.
9. Утевский Л.М. «Дифракционная электронная микроскопия в металловедении», Металлургия, 1973.
10. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев,. Кристаллография рентгенография и электронная микроскопия, Москва «Металлургия», 1982..
11. Л. Фельдман, Д. Майер, Основы анализа поверхности и тонких плёнок, Москва «Мир», 1989.
12. Д.Бриггс, М.П.Сих., Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Москва, «Мир» 1987.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.bruker.com/ru/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/single-crystal-x-ray-diffraction.html>
2. <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=689837>
3. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2309ФОТОЭЛЕКТОННАЯ

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования твердых тел» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 г. № 891.

Программу составил: к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 11 от «27» апреля 2026 года.

Программа одобрена Учебно-методической комиссией физико-математического факультета
Протокол № 6 от «28» апреля 2026 года.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой
2026-2027уг	Протокол №11 от 27.04.26г.	Прописаны индикаторы достижения компетенций (знать, уметь, владеть). Фонд оценочных средств указан как приложение	