

**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 « 21 » 05 2024г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 21 » 05 2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.07.01 Методы исследования твердых тел

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

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2024

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	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/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 3 курсе в 5 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-3.	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p>ПК-3.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования.</p> <p>ПК-3.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы.</p> <p>ПК-3.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физических процесс уравнений.</p>	<p>Знать: Анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</p> <p>Владеть: При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения</p>
ПК-4	Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и разработок	<p>ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-4.2. Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для электронно-микроскопического анализа</p> <p>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-4. Работать с электронным микроскопом ЭМ-125</p> <p>Владеть: Методиками подготовки объектов для металлографического и</p>

			электронно-микроскопического анализа. Владеть инструментальными методами исследования структуры металлов и сплавов.
ПК-5.	Способен проводить работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	<p>ПК-5.1. Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок.</p> <p>ПК-5.2. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений в соответствующей области знаний.</p>	<p>Владеть:</p> <p>технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов;</p> <p>Знать:</p> <p>сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования.</p>
ПК-6.	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований	<p>ПК-6.1. Обладает мотивацией к проектной деятельности, обладает способностями, необходимыми для самообразования и профессионального роста.</p> <p>ПК-6.2. Обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программы.</p>	<p>Владеть:</p> <p>технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные</p>

		ПК-6.3. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений. ПК-6.4. Знает принципы организации работы в коллективе проектировщиков.	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,	68 ч
в том числе: Лекции	36 ч
Практических занятий	
Лабораторных занятий	32 ч
Самостоятельная работа студентов	76
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 успеваемости (по неделям семестра)							
			Контактная работа					Самостоятельная работа				Форма промежуточной аттестации (по семестрам)							
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол.н. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект) др.	
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			+		+			

[illegible]

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	Электроннография															
10.1	Особенности дифракции электронов в кристаллах.	5	2	1		1	3		3		+					
10.2	Вывод основной формулы электроннографии	5	3	2		1	2		2				+	+		
10.3	Симметрия и индентировка 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		68	36		32	76		76							

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 индизировка 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 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

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	Работа в	Доклад по теме:	2;3;4	2

	электронно-микроскопическое контраста	библиотеке, работа в лаборатории	«Теория электронно-микроскопического контраста»		
--	---------------------------------------	----------------------------------	---	--	--

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-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
2	Коллоквиум	Линейные дефекты – дислокации.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
3	Коллоквиум	Упругие свойства дислокаций	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
4	Коллоквиум	Понятия макро- и микроструктуры	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
5	Коллоквиум	Теория дифракции коротковолнового излучения на кристаллах.	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
6	Коллоквиум	Интенсивность дифракционных лучей	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
7	Коллоквиум	Электроннография	ПК-3, 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 индентификация.
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 ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
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 «Информιο»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
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 «Консультант»
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

Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 117) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя - 1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 28шт.; скамья-56 шт
--	---

<p>Лаборатория «Методы исследования твердых тел» (№201) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е</p>	<p>Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. ДТА – анализ, ЛКТ -8. Определение теплоемкостей и объемной проводимости полимеров. Установка для определения электрической прочности диэлектриков. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса альфа диэлектрических потерь. Определение показателя преломления и его инкременты растворов полимеров. Маятник – копер для исследования прочности полимеров. ДИП-определение релаксационных потерь в полимерах.</p>
---	--

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., ст. преподаватель кафедры «Физика» А.М. Евлоев

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 10 от « 20 » мая 2024 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 9 от « 22 » мая 2024 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой