Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра физики и методики преподавания физики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.4.1 Кристаллография, рентгенография и микроскопия»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки)

Физика наноматериалов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.Э.4.1 Кристаллография, рентгенография и микроскопия*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра физики и методики преподавания физики
наименование кафедры

протокол № 7 от "20" февраля 2025г.

Заведующий кафедрой
Кафедра физики и методики преподавания физики А.Г. Четверикова
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Зав.кафедрой А.Г. Четверикова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика Т.М. Чмерева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Четверикова А.Г., 2025
© ОГУ, 2025

2

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью изучения курса «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия» студентами является: 1) формирование современного мировоззрения о структуре, связях и взаимодействии микромира и макромира; 2) фундаментальная подготовка студентов в области исследования макро -, микро- и тонкой структуры материалов, которая является основной в формировании их свойств, а также в области применения современных физических методов контроля качества материалов и деталей.

Задачи:

– научиться определять основные задачи, основные методы и методики исследования структуры и элементного состава наноматериалов и изделий на их основе, разновидности кристаллов и минералов,

– иметь представление о современном уровне развития и достижениях последних лет в области кристаллографии, рентгенографии и электронной микроскопии.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.25 Радиоэлектроника*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен применять на практике профессиональные знания и умения в сфере производства, внедрения и эксплуатации электронных приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК*-1-В-1 Знает фундаментальные основы специализированных знаний в области радиоэлектроники, телекоммуникационных систем и антенных комплексов ПК*-1-В-2 Владеет специализированными знаниями в области физики и смежных естественнонаучных дисциплин	**Знать:** Знает фундаментальные основы специализированных знаний в электронной микроскопии и рентгеновского оборудования **Уметь:** применять на практике профессиональные знания и умения в сфере эксплуатации приборов и систем различного назначения, полученные при освоении профильных физических дисциплин **Владеть:**

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		Владеет специализированными знаниями в области физики конденсированных сред
ПК*-2 Способен проводить научные исследования в избранной экспериментальной или теоретической области с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК*-2-В-1 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности ПК*-2-В-2 Умеет решать профессиональные задачи с применением современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта ПК*-2-В-3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных данных	**Знать:** Основы кристаллографии физики формирования электронных потоков, процессов, протекающих в твердом теле при его взаимодействии с из лучением, основные методы исследований, используемые в электрон ной микроскопии и рентгенографии **Уметь:** Уметь анализировать стандартные электронномикроскопиче ские изоб ражения объектов и рентгенограммы **Владеть:** Практическими навыками работы со стандартными дифракционными картинами и электронномикроскопиче скими изображениями объектов

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**36,25**	**36,25**
Лекции (Л)	22	22
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*	**107,75**	**107,75**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	8 семестр	всего
- изучение разделов курса в системе электронного обучения; *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к коллоквиумам;* *- подготовка к рубежному контролю*		
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Кристаллохимия, кристаллография	26	4	4		18
2.	Общие представления о методах исследования структуры материалов	24	4	2		18
3.	Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов	22	2	2		18
4.	Взаимодействие электронов с веществом	24	4	2		18
5.	Конструкция электронного микроскопа	24	4	2		18
6.	Спектрометрия в просвечивающей электронной микроскопии	24	4	2		18
7.	Итого:	144	22	14		108
	Всего:	144	22	14		108

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ 1 Кристаллохимия, кристаллография *Типы связей в твердых телах. Атомные и ионные радиусы. Пространственная решетка, элементарная ячейка. Решетки Бравэ, параметры элементарной ячейки: тип, период, базис. Координационные числа, плотность упаковки. Полиморфизм и изоморфизм кристаллов.*

№ 2 Общие представления о методах исследования структуры материалов *Основной набор физических методов как единая система, позволяющая измерить или вычислить большинство из известных свойств, характеристик и параметров твердых тел: основные знания и навыки, приобретаемые студентами; физические явления, лежащие в основе методов; принципиальные и реальные возможности различных методов; особенности методик, требования к исследуемым образцам и используемой аппаратуре (приборам)*

№ 3 Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов *Методы неподвижного и вращающегося кристалла. Представление методов в обратном пространстве. Области применения методов. Методы рентгеноструктурного анализа поликристаллов. Метод Дебая. Представление метода в обратном пространстве. Техника получения рентгенограмм. Рентгеновские камеры и дифрактометры. Индицирование рентгенограмм поликристаллов аналитическим и графическим методами*

№ 4 Взаимодействие электронов с веществом *Рассеяние электронов. Генерация вторичных электронов. Медленные и быстрые вторичные электроны. Оже- электроны. Генерация электронно-дырочных пар и катодолюминесценция. Генерация плазмонов и фононов.*

№ 5 Конструкция электронного микроскопа *Оптическая схема и принцип действия. Техника электронной микроскопии. Методы приготовления объектов исследования. Электронография. Принципы дифракции быстрых электронов. Принципы метода рентгеноспектрального микроанализатора. Устройство рентгеноспектрального микроанализатора. Волновой и энерго-дисперсионный детекторы. Характеристики и возможности микрорентгеноспектрального анализа. Техника применения рентгеноспектрального*

микроанализатора. Качественный анализ химического состава в точке, по направлению, по площади. Локальность и чувствительность метода. Количественный анализ химического состава. Возможности и точность количественного анализа

№ 6 Спектрометрия в просвечивающей электронной микроскопии *Рентгеновская спектрометрия (XEDS). Спектрометры рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы (ППД) рентгеновского излучения (РИ). Артефакты XEDS. Пространственное разрешение в XEDS. Спектрометрия потерь энергии электронов (EELS). Пик нулевых потерь. Малые потери электронов. Область больших потерь. Принципы растровой электронной микроскопии. Конструкция растрового электронного микроскопа. Приготовление образцов. Формирование контраста во вторичных и отраженных электронах. Топографический и композиционный контрасты*

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1-2	1	Кристаллохимия, кристаллография	4
3	2	Общие представления о методах исследования структуры материалов	2
4	3	Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов	2
5	4	Взаимодействие электронов с веществом	2
6	5	Конструкция электронного микроскопа	2
7	6	Спектрометрия в просвечивающей электронной микроскопии	2
		Итого	14

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Лабораторные методы исследования минерального сырья. Физико-химические методы исследования [Текст] : [учеб. пособие] / П. В. Панкратьев, Г. А. Пономарева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. - 178 с. - Библиогр.: с. 173. - ISBN 978-5-7410-0846-1.

2. Кристаллофизика [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 03.04.02 Физика и 04.04.01 Химия / В. Л. Бердинский, О. Н. Каныгина, А. Г. Четверикова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 8.51 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2016. - 104 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/32849_20170113.pdf - ISBN 978-5-7410-1619-0..

5.2 Дополнительная литература

1. Атомно-силовая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях [Текст] : [учеб. пособие] / С. Н. Плескова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 184 с. : ил. - Библиогр.: с. 173-183. - ISBN 978-5-91559-108-9

2. Рентгенографический и электронно-оптический анализ [Текст] : учеб. пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев.- 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСиС, 2002. - 360 с. - Прил.: с. 259-356. - Библиогр.: с. 357-358. - ISBN 5-87623-096-0.

3.Основы электронномикроскопических методов биологического исследования [Текст] : учебно-методическое пособие / О. А. Вежеева, В. Г. Сергеев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Удмурт. гос. ун-т", Ин-т

естест. наук, Каф. анатомии и физиологии человека и животных. - Ижевск : Удмуртский университет, 2015. - 112 с. : ил. - Библиогр.: с. 105-109. - ISBN 978-5-4312-0379-4.

4. Элементы структурной кристаллографии [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям по курсу физика твердого тела / Л. В. Шашкова, В. К. Шашкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. общ. физики. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.18 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2007. - 25 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 5.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/1457_20110815.pdf

5. Дефекты в кристаллах, дислокации [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 Химия / О. Н. Каныгина, Л. Н. Гусловская; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. химии. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.59 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 34 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/86108_20181212.pdf

6. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев.- 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2009. - 415 с. - Библиогр. в конце гл. - Имен. указ.: с. 406-407. - Предм. указ.: с. 408-414. - ISBN 978-5-9221-0582-8

7.Оборудование и методика подготовки образцов для электронной микроскопии [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе / С. И. Богодухов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. технологии строит. пр-ва. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.37 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2014. - 17 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0.- - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/32849_20170113.pdf - ISBN 978-5-7410-1619-0.

5.3 Периодические издания

1. Физика металлов и металловедение: журнал. 71022. - Москва : Российская академия наук. - 2016. - Т. 117, N 1-12.. - 2024. - Т. 125, N 1-4

2. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки : журнал. – Пенза : Пензенский государственный университет, 2009. – 2021.

5.4 Интернет-ресурсы

1. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: www.nanometer.ru
2. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: http://nanodigest.ru/
3. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: http://nano-info.ru/ 4. Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]: http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС[1]
2. Пакет офисных приложений LibreOffice[2]
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная

[1] Для Рабочих станций в редакции «Стандартная»

2 Включает в себя текстовый процессор для всех видов документов Writer, табличный процессор Calc, программу для создания презентаций Impress, векторный графический редактор для создания блок-схем и диаграмм Draw, редактор формул Math, компонент, предназначенный для создания баз данных Base.

правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe.

5. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

6. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.