

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ НАНО- И БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



С.Б. Вениг

2019 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы структурного и фазового анализа в материаловедении

Направление подготовки бакалавриата

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки бакалавриата

"Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов"

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов,
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Сердобинцев Алексей Александрович		30.08.19
Председатель НМК	Михайлов Александр Иванович		30.08.19
Заведующий кафедрой	Вениг Сергей Борисович		30.08.19
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний в области современных методов определения структуры материалов с помощью различных видов излучений; навыков выбора и применения данных методов на практике, умений проведения анализа полученных результатов и их описания.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний об основных методах определения структуры и фазового состава материалов, их применении для характеристики и диагностики материалов и структур на практике;
- изучение сущности физических явлений, лежащих в основе данных методов исследования;
- формирование владений методами и навыками экспериментального исследования структуры и свойств материалов;
- создание у студентов заинтересованности в непрерывном расширении кругозора и углублении знаний в области методов исследований.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» изучается студентами очной формы обучения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилю «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов», в течение 8 учебного семестра и является обязательной дисциплиной вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)». Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные знания по дисциплинам «Ядерная физика, физика атома и конденсированного состояния», «Основы кристаллографии и минералогии», «Деградация материалов под действием высокоэнергетических излучений и частиц» и подготавливает студентов к выполнению преддипломной практики и написанию выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» формируются следующие компетенции:

ПК-4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ

(материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;

ПК-5 готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации;

ПК-6 способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать современные методы структурного и фазового анализа, физические процессы, лежащие в их основе, а также условия применимости данных методов;
- уметь проводить описание и анализ экспериментальных результатов;
- владеть навыками выбора и применения данных методов на практике.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов), в том числе 60 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий: лекций – 12, практических занятий — 24, лабораторных – 24), 84 академических часа самостоятельной работы обучающихся и 36 часов на контроль. Формой отчетности является экзамен. Выполнение курсовых работ не предусмотрено.

Таблица 1 — Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
				Лек	Лаб.	Пр.	СРС	
1	Введение	8	1-2	2	4	4	4	
2	Кристаллография		3-4	2	4	4	20	Выборочный опрос. Отчет по результатам лабораторной работы.
3	Виды излучений для анализа структуры и фазового состава		5-6	2	4	4	20	Выборочный опрос. Отчет по результатам лабораторной работы.

4	Рентгеноструктурный анализ		7-10	4	8	8	20	Выборочный опрос. Отчет по результатам лабораторной работы.
5	Дифракция электронов		11-12	2	4	4	20	Выборочный опрос. Отчет по результатам лабораторной работы. Итоговая контрольная работа
Итого:				12	24	24	84	Экзамен (36)

Содержание дисциплины

1. Введение

Понятия макро- и микроструктуры. Их связь со свойствами материала. Анизотропия. Понятие текстуры.

2. Кристаллография

Сингонии. Кристаллографические системы координат. Матрица поворота. Идеальная ориентация. Углы Эйлера. Стереографические и гномонические проекции. Прямые и обратные полюсные фигуры.

3 Виды излучения для анализа структуры и фазового состава

Виды излучений и их характеристики (энергия, длина волны, глубина проникновения, коэффициент атомного рассеяния). Взаимодействие электронов, нейтронов и рентгеновского излучения с веществом. Источники излучений.

4. Рентгеноструктурный анализ

Опыт Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга. Обратная решетка. Построение Эвальда для монокристаллов. Построение Эвальда для поликристаллов и схемы вращения монокристаллов. Метод Дебая-Шеррера. Расчет структурного коэффициента. Качественный анализ дифрактограмм. Расчет и анализ аксиальной текстуры. Расчет и анализ ограниченной текстуры.

5. Дифракция электронов

Построение Эвальда для монокристаллов с использованием электронного излучения. Образование линий Кикучи. Метод каналирования электронов. Метод дифракции отраженных электронов.

Примерный перечень лабораторных работ:

- Определение кристаллической структуры материалов методом рентгеновской дифракции.
- Определение текстуры материалов методом рентгеновской дифракции.
- Определение кристаллической структуры материалов с помощью дифракции отраженных электронов.

Примерная тематика практических занятий (семинаров)

1. Кристаллографические системы координат. Их преобразование.
2. Матрица ориентации. Идеальная ориентация. Углы Эйлера.
3. Гномонические и стереографические проекции.
4. Прямые и обратные полюсные фигуры.
5. Построение Эвальда.
6. Расчет структурного коэффициента.
7. Качественный анализ дифрактограмм.
8. Количественный анализ дифрактограмм.
9. Расчет аксиальной текстуры.
10. Расчет ограниченной текстуры.
11. Определение ориентации кристалла из картин дифракции канирующих электронов.
12. Определение ориентации кристалла из картин дифракции отраженных электронов.

Примечание:

Темы для семинарских занятий выбираются и конкретизируются преподавателем, ведущим семинары, по согласованию с преподавателем, читающим лекции.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» используются следующие образовательные технологии:

- лекционные занятия;
- практические занятия;
- лабораторные занятия;
- самостоятельная внеаудиторная работа.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области структурного и фазового анализа материалов. Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;

- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине в рамках практических занятий и выполнения лабораторных работ.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении части лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор. На лекционных занятиях проводятся выборочные опросы по пройденному материалу.

Часть лекций происходит в форме лекции-беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

При проведении практических (семинарских) занятий в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (ноутбуком и проектором), студентами выполняются практические задания.

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся не менее 50% аудиторных часов проводятся в интерактивной форме, в диалоговом режиме, режиме дискуссий, разбора конкретных ситуаций, а также в обсуждении особенностей изучаемых методов. Перечень лабораторных работ приведен в разделе 4.

Текущий контроль самостоятельной работы осуществляется на лекционных и практических занятиях в виде выборочного опроса и на контрольной в конце семестра, а также на лабораторных занятиях. Оценочными средствами для контроля успеваемости являются вопросы для самопроверки и промежуточной аттестации в разделе 6, а также контрольные задания учебных пособий, перечень которых приведен в разделе 8.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена. Оценка выставляется на основании совокупности баллов, полученных студентами в течение семестра и за промежуточную аттестацию в виде письменной работы, содержащей ответы студента на вопросы и, при необходимости, устных ответов на дополнительные вопросы. Критерии получения баллов и оценок приведены в разделе 7.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;

- использование дистанционных образовательных технологий.

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

Самостоятельная работа студентов в объеме 84 часов по дисциплине «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям и лабораторным работам, подготовке к контрольной работе, в выполнении заданий лектора.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь при выполнении домашних заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольной работе пользоваться лекциями и рекомендованной литературой;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена;
- при подготовке к выполнению лабораторных работ изучить материал лекций и методические указания.

Вопросы и задания для самоконтроля при выполнении самостоятельной работы

1. В чем заключается различие между макро- и микроструктурой материала? Приведите примеры свойств, на которые они влияют.
2. Текстура. Аксиальная текстура. Ограниченная текстура.
3. Сингонии и кристаллографические системы координат.
4. Матрица косинусов. Ее свойства.
5. Связь матрицы ориентации с углами Эйлера.
6. Построение стереографических проекций.
7. Построение гномонических проекций.
8. Построение прямых полюсных фигур.
9. Построение обратных полюсных фигур.

10. Характеристики электронного излучения.
11. Характеристики рентгеновского излучения.
12. Взаимодействие электронного излучения с веществом.
13. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
14. Уравнение Вульфа-Брегга.
15. Обратная решетка.
16. Построение Эвальда для монокристаллов.
17. Расчет структурного коэффициента.
18. Построение Эвальда для монокристаллов с использованием электронного излучения.
19. Образование линий Кикучи.

Оценка степени освоения дисциплины осуществляется в формах текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в форме выборочного устного опроса на лекционных и практических занятиях, а также итоговой контрольной работы, вопросы для которой приведены ниже. Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена. Оценочными средствами для промежуточной аттестации в форме экзамена являются вопросы, приведенные ниже в подразделе «Вопросы для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины в форме экзамена».

Задания для контрольной работы:

Система координат кристалла повернута на угол θ относительно оси, параллельной вектору $[uvw]$, указанных в таблице 2. Найти матрицу поворота g , углы Эйлера ($\varphi_1, \Phi, \varphi_2$), идеальную ориентацию, рассчитать углы α и β , а также построить полюсную фигуру, используя сетку Вульфа.

Таблица 2 — Варианты заданий

<i>Вариант</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>w</i>	$\theta, ^\circ$	<i>Вариант</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>w</i>	$\theta, ^\circ$
1	1	1	0	30	16	1	1	1	30
2	1	1	0	45	17	1	1	1	45
3	1	1	0	60	18	1	1	1	60
4	1	0	1	30	19	-1	1	1	30
5	1	0	1	45	20	-1	1	1	45
6	1	0	1	60	21	-1	1	1	60
7	0	1	1	30	22	1	-1	1	30
8	0	1	1	45	23	1	-1	1	45
9	0	1	1	60	24	1	-1	1	60

10	-1	1	0	30	25	-1	-1	1	30
11	-1	1	0	45	26	-1	-1	1	45
12	-1	1	0	60	27	-1	-1	1	60
13	-1	0	-1	30	28	1	1	-1	30
14	-1	0	-1	45	29	1	1	-1	45
15	-1	0	-1	60	30	1	1	-1	60

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме экзамена

1. Рассчитайте разрешённые рефлексы для ОЦК и последовательность d_{hkl}/d_1 , где d_1 – значения для первого рефлекса.
2. Рассчитайте разрешённые рефлексы для ГЦК и последовательность d_{hkl}/d_1 , где d_1 – значения для первого рефлекса.
3. Рассчитайте разрешённые рефлексы для решетки типа алмаз и последовательность d_{hkl}/d_1 , где d_1 – значения для первого рефлекса.
4. Обратная решётка и её свойства. Постройте обратные решетки для ОЦК, ГЦК и ГПУ.
5. Построение стереографических и гномонических проекций. Их свойства.
6. Сингонии. Кристаллографические системы координат. Ориентация. Идеальная ориентация. Матрица косинусов.
7. Углы Эйлера и их связь с матрицей косинусов.
8. Построение прямых полюсных фигур.
9. Построение обратных полюсных фигур.
10. Сравнение видов излучений для исследования структуры материалов.
11. Источники монохроматического рентгеновского излучения.
12. Уравнение Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда для монокристаллов.
13. Построение Эвальда для поликристаллов и схемы вращения.
14. Построение Эвальда для монокристаллов с использованием электронного излучения.
15. Метод Дебая-Шеррера Качественный анализ дифрактограмм.
16. Понятие текстуры. Виды текстур. Представление текстур.
17. Построение Эвальда для поликристаллов с аксиальной текстурой.
18. Построение Эвальда для поликристаллов с ограниченной текстурой.
19. Образование линий Кикучи. Их свойства.
20. Анализ картин дифракции каналировавших электронов.
21. Метод дифракции отраженных электронов.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

8 семестр

Таблица 1 — Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
12	18	20	20	0	0	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. – от 0 до 12 баллов.

Лабораторные занятия

Посещаемость, опрос, активность, ответ на контрольные вопросы, протокол выполнения лабораторной работы за один семестр – от 0 до 18 баллов.

Практические занятия

Посещаемость, выборочные опросы, результаты контрольной работы, активность – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа

- Подготовка к лабораторным работам от 0 до 10 баллов.
- Подготовка к лекционным занятиям и контрольной работе от 0 до 10 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрено.

Промежуточная аттестация

Подготовка студента к прохождению промежуточной аттестации осуществляется в ходе лекционных, практических и лабораторных занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы студента. Во время самостоятельной подготовки студент пользуется конспектами лекций, основной и дополнительной литературой по дисциплине.

Во время аттестации студент должен дать развернутый ответ на вопросы билета. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всему изучаемому курсу. Во время ответа студент должен продемонстрировать знания

по всему изучаемому материалу. Полнота ответа определяется показателями оценивания планируемых результатов обучения (раздел 1 "Фонда оценочных средств").

При определении разброса баллов при аттестации используется следующая шкала ранжирования:

- 21-30 баллов – ответ на «отлично»,
- 11-20 баллов – ответ на «хорошо»,
- 6-10 баллов – ответ на «удовлетворительно»,
- 0-5 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» в оценку осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 — Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» в оценку

91 баллов и более	«отлично»
от 76 до 90 баллов	«хорошо»
от 60 до 75 баллов	«удовлетворительно»
меньше 60 баллов	«неудовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 6 и 12 недель обучения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Баличева, Т.Г. Физические методы исследования неорганических веществ: учеб. пособие / Т. Г. Баличева [и др.]; под ред. А. Б. Никольского. - Москва: Академия, 2006. - 442 с.
Экземпляры всего: 15
2. Анищик, В. М. Дифракционный анализ [Текст] / В. М. Анищик. - Минск: Издательство "Вышэйшая школа", 2011. - 215 с.
3. Куприянов, М. Ф. Современные методы структурного анализа веществ

[Текст]: учебник / М. Ф. Куприянов, А. Г. Рудская [и др.]. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2009. - 288 с.

б) дополнительная литература:

1. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан // Москва: Техносфера, 2004.- 384с.
Экземпляры всего: 25
2. Коваленко, И. А. Рентгеноструктурный анализ веществ [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе / Коваленко И. А. - Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2010. - 24 с.
3. Боуэн, Д. К. Высокора разрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография (High resolution X-RAY diffractometry and topography): монография / Д. К. Боуэн, Б. К. Таннер. - Санкт-Петербург : Наука, 2002. - 273 с.
Экземпляры всего: 2
4. Косенков, В. М. Рентгенография в реакторном материаловедении / В. М. Косенков; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Ульяновский государственный университет". - 2-е изд., перераб. и доп. - Ульяновск : Ульян. гос. ун-т [изд.], 2006. - 167 с.
Экземпляры всего: 2
5. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ: учеб. пособие / Г. В. Фетисов ; под ред. Л. А. Асланова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 671 с.
Экземпляры всего: 5
6. Пушаровский, Д. Ю. Рентгенография минералов: учебник / Д. Ю. Пушаровский; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : Геоинформмарк, 2000. - 295 с.
Экземпляры всего: 1

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP/Vista/7 Professional
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
5. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Методы структурного и фазового анализа в материаловедении» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками. Выполнение работ лабораторного практикума обеспечено следующим оборудованием: дифрактометром Xcalibur Gemini сканирующим электронным микроскопом Mira // LMU с детектором для регистрации дифракции отраженных электронов. Оборудование расположено в лабораториях образовательно-научного института Наноструктур и биосистем.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилем подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов».

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от «12» сентября 2016 г., протокол № 2.

Автор: доцент кафедры материаловедения,
технологии и управления качеством,

к.т.н.  И.В. Маляр.

Зав. кафедрой материаловедения,
технологии и управления качеством,

профессор, д.ф.-м.н.  С.Б. Вениг

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий,

профессор, д.ф.-м.н.  С.Б. Вениг