

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем
Академик РАН


В.М. Иевлев
подпись, расшифровка подписи

16.05.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Спецпрактикум "Методы диагностики материалов"

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**
04.04.02 – Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализации:** Химия, физика и механика новых функциональных материалов и наноматериалов
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
Материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:**
Сербин Олег Викторович, к.ф.-м.н., доц.
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,
протокол № 10-03 от 27.03.2025
- 8. Учебный год:** 2025 / 2026 **Семестр(-ы):** 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель дисциплины – практическое освоение физико-химических методов исследования материалов, необходимых для НИР студентов и выполнения магистерской диссертации. Студенты получают необходимые сведения о наиболее распространенных методах исследования, овладевают навыками самостоятельной работы на конкретных приборах, реализующих физико-химические методы анализа, методологическими особенностями проведения анализа объектов на этих приборах

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

блок Б1, часть, формируемая участниками образовательных отношений.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)	ПК-3.1	Способен использовать знания о составе, структуре и свойствах материалов для решения задач материаловедения	знать: основные методы диагностики и анализа материалов уметь: эффективно их использовать для решения конкретных задач физики и химии твердого тела владеть: современными методами обработки результатов измерений
		ПК-3.2	Владеет основными методами синтеза и анализа веществ	знать устройство и принцип работы наиболее часто используемого аналитического оборудования уметь правильно выбирать режимы его использования, настраивать и калибровать прибор для конкретной решаемой задачи владеть методами пробоподготовки наиболее часто используемых объектов исследования

ПК-2	Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации или доклада	ПК-2.1	Анализирует результаты исследования с использованием современных методов обработки данных	знать современные достижения в области проведения исследований уметь обосновывать актуальность и новизну проводимых исследований владеть современными методами поиска, анализа и накопления информации
		ПК-2.2.	Умеет оформлять результаты в виде отчета и научной публикации и выступать с научным докладом	знать виды представления научных результатов и устных выступлений; понимать общее содержание научных текстов по физике, химии и механике материалов уметь подбирать литературу по теме, переводить и реферировать специальную литературу в области материаловедения, готовить научные доклады и презентации на базе освоенной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах владеть навыками обсуждения собственной темы исследования, создания научного текста по интересующим темам; адаптации текста для целевой аудитории.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

12.1 Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			1 семестр	2 семестр	...
Контактная работа		38		38	
в том числе:	лекции				
	практические				
	лабораторные	38		38	

	курсовая работа			
Самостоятельная работа	106		106	
Промежуточная аттестация (для экзамена)				
Итого:	144		144	

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лабораторные занятия			
1.1	Рентгеновская дифрактометрия	1. Устройство рентгеновского дифрактометра, основы пробоподготовки. 2. Предварительная обработка рентгеновских дифрактограмм. Профильный анализ 3. База дифракционных стандартов PDF-2. Качественный фазовый анализ смеси нескольких соединений. Полуколичественный анализ по методу корундовых чисел. 4. Погрешности дифракционного эксперимента и методы их минимизации. Индицирование дифрактограммы соединения, кристаллизующегося в кубической сингонии. Уточнение параметра кристаллической решетки экстраполяционными функциями, а также с помощью численных алгоритмов (программы TREOR, Dicvol)	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8473
1.2	Просвечивающая электронная микроскопия	1. Устройство современного просвечивающего электронного микроскопа, основы пробоподготовки. 2. Определение постоянной прибора. Индицирование электронограмм. 3. Светлопольный и темнопольный анализ. Определение размера кристаллитов. 4. Определение вектора Бюргерса винтовой дислокации. Определение плотности дислокаций	
1.3	Оже-электронная спектроскопия	1. Устройство и принцип работы экспериментальной установки. 2. Качественный и количественный анализ поверхности материала	
1.4	Динамическое наноиндентирование	1. Метод инструментального индентирования. Условия проведения эксперимента. Измерительные схемы приборов. 2. Подготовка к работе прибора и образцов, калибровка зонда с индентором. 3. Индентирование тестовых образцов (стандартный образец, типичный объемный материал). Измерение твердости по методу Оливера и Фарра..	

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Рентгеновская	-	-	9	27	36

	дифрактометрия					
2	Просвечивающая электронная микроскопия	-	-	9	27	36
3	Оже-электронная спектроскопия	-	-	10	26	36
4	Динамическое наноиндентирование	-	-	10	26	36
	Итого:			38	106	144

13.3 Междисциплинарные связи с другими дисциплинами:

№ п/п	Наименование дисциплин учебного плана, с которым организована взаимосвязь дисциплины рабочей программы	№ № разделов дисциплины рабочей программы, связанных с указанными дисциплинами
1	Современная неорганическая химия	1-9
2	Фундаментальные проблемы материаловедения	1-9

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие формы работы:

Лабораторные работы.. Самостоятельная работа с использованием ЭУМК
<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8473>

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

основная литература:

№ п/п	Источник
1	Русаков А.А. Рентгенография металлов: Учебник для вузов. М.: Атомиздат, 1977. 480 с.
2	Электронная микроскопия тонких кристаллов / П. Хирш, А. Хови, Р. Николсон и др. ; пер. с англ.; под ред. Л.М. Утевского .— М. : Мир, 1968 .— 574 с
3	Кораблев В.В. Электронная Оже-спектроскопия : Учебное пособие к курсу лекций по физической электронике / В.В. Кораблев ; Ленинградский политехн. ин-т им. М.И. Калинина .— Л. : ЛПИ, 1973 .— 62 с.
4.	Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : Учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Приклад. математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; Пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова .— М. : ТЕХНОСФЕРА, 2004 .— 377 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Васильев Д.М. Дифракционные методы исследования структур: Учебное пособие для вузов по специальности "Физ.-хим. методы исследования процессов и материалов" и "Физика металлов" / Д.М. Васильев .— 2-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Изд-во СПбГТУ, 1998 .— 501,[1]с
6	Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. Springer, 2009, 741 p.
7	Карлсон Т.А. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия. М. Мир, 1982, 286 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	«Университетская библиотека online»
2.	http://www.elibrary.ru – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Миркин Л. И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин ; Под. ред. Я. С. Уманского .— М. : Физматлит, 1961 .— 864 с
2	Таблицы физических величин : Справочник / под ред. И.К. Кикоина .— М. : Атомиздат, 1976 .— 1005,[1] с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8473>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук. Лаборатория химического практикума: вытяжной шкаф, газ, вода, сушильный шкаф, муфельная печь, аналитические весы EP-214C, теххимические весы, химические реактивы.

Рентгеновский дифрактометр ARL X`TRA, просвечивающий электронный микроскоп Libra 120, наноиндентер NanoHardnessTester, оже-электронный спектрометр с анализатором DESA-100

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Рентгеновская дифрактометрия	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос
2.	Просвечивающая электронная микроскопия	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос
3	Оже-электронная спектроскопия	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ПК-3.1, ПК-3.2	
4	Динамическое наноиндентирование	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				КИМ

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету.

1. Принципы работы и устройство рентгеновского дифрактометра.
2. Параметры дифракционного максимума.
3. Предварительная обработка дифрактограмм. Основы профильного анализа
4. База дифракционных стандартов ICDD PDF-2. Структура карточки
5. Качественный фазовый анализ. Метод Ханавальта
6. Индексирование дифрактограмм
7. Требования предъявляемые к образцам, исследуемым методом ПЭМ
8. Устройство просвечивающего электронного микроскопа и режимы его работы.
9. Светлопольный и темновольный анализ.
10. Качественный и количественный элементный анализ поверхности методом ОЭС.
11. Основы наноиндентирования. Метод Оливера и Фарра.

Знание основных методов получения простых и сложных наноматериалов как основных функциональных материалов современной техники, аппаратным оформлением

соответствующих процессов, примерами получения материалов, а также достоинствами, недостатками и возможностями каждого метода.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом метода диагностики материалов, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач с использованием метода	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом метода диагностики материалов, способен обосновать его выбор для решения конкретной задачи, допускает отдельные ошибки при ответе.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен описать основные закономерности процесса лежащего в основе метода, не умеет устанавливать связь между формируемыми компетенциями и содержанием занятия.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно

20.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса и тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

ПК-2 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации или доклада

Перечень заданий для оценки сформированности компетенции:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Какой метод диагностики материалов лучше всего подходит для определения фазового состава материалов?

а) просвечивающая электронная микроскопия, б) рентгеновская дифрактометрия, в) оже-электронная спектроскопия

2. Какой из методов элементного анализа более предпочтителен для определения следовых концентраций элементов?

а) рентгеновский микроанализ, б) оже-электронная спектроскопия, в) рентгенфлюоресцентный анализ

3. Какой метод анализа позволяет напрямую наблюдать дефекты кристаллической структуры материалов?

а) оптическая микроскопия, б) просвечивающая электронная микроскопия, в) растровая электронная микроскопия

4. Какой из перечисленных методов диагностики материалов подходит для исследования морфологии поверхности?

а) рентгеновская дифракция, б) оже-электронная спектроскопия, в) растровая электронная микроскопия

ПК-3 Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)

Перечень заданий для оценки сформированности компетенции:

1) задания с коротким ответом:

1) При 278 К железо (Fe) кристаллизуется в ОЦК-структуру с параметром решетки 0,2866 нм. Определите плотность железа в г/см³.

Ответ: 7,88 г/см³

2) При измерении рентгеновской дифрактограммы хлорида калия на CuK_α излучении ($\lambda=0,1542$ нм) было получено 12 рефлексов с углом 2θ : (24.48, 28.35, 40.50, 47.92, 50.18, 58.66, 66.39, 73.54, 87.68, 94.58, 101.51, и 108.65.) Определить параметр кристаллической решетки хлорида калия, учитывая что тип кристаллической решетки – кубическая типа NaCl.

Ответ записать в нанометрах

Ответ: 0,6295 нм.

3) Определить длину волны Де Бройля электронов в просвечивающем электронном микроскопе при ускоряющем напряжении 100 кВ в нерелятивистском приближении. Ответ выразить в ангстремах.

Ответ: 0,037 Å

4) Рассчитать ненулевой структурный фактор ГЦК решетки, если атомный фактор рассеяния равен f .

Ответ: $16 f^2$

5) Определить угол между плоскостями (111) и (422) в кубическом кристалле.

Ответ: $19,47^\circ$

6) Интенсивность излучения прошедшего через образец толщиной x уменьшилась в три раза. Во сколько раз уменьшится интенсивность излучения в образце толщиной $2x$.

Ответ: в 9 раз.

7) Используя закон Вегарда рассчитать параметр кристаллической решетки твердого раствора Pd-Cu(60%). Параметры для металлов равны $a=3.8902$ (Pd), $a=3.6250$ (Cu) Å соответственно.

Ответ: $a=3,7311$ Å

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;

- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).