

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

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
(П.В.Середин)
03.05.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Рентгендифракционный анализ наноматериалов и наноструктур

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика наносистем

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: _____

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Голощاپов Дмитрий Леонидович, кандидат физико-математических наук,
доцент

7. ~~Инициатива~~ Рекомендовано факультета ВГУ от 30.05.25 г. протокол №5

8. Учебный год: 2025–2026

Семестр: первый

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование у обучающихся современных представлений о методиках экспериментального исследования параметров технологической операций и характеристик функциональных материалов и наноматериалов с использованием наиболее распространённых рентгендифракционных методов анализа вещества;

освоение методик и принципов рентгендифракционных методов анализа применяемых для исследования и измерений и контроля функциональных параметров материалов и наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить принципы рентгендифракционного анализа наноматериалов и наноструктур и особенности дифракции рентгеновских лучей на монокристаллических, поликристаллических и нанодисперсных веществах.
- ознакомить учащихся с наиболее распространёнными дифракционными методами анализа характеристик материалов и способов контроля параметров наноматериалов и наноструктур;
- сформировать навыки экспериментальных исследований параметров наноматериалов и наноструктур с использованием средств и методов рентгеновской дифракции;
- изучить средства и методы измерений параметров материалов и наноструктур на основе дифракционной картины и их связь с основными физическими свойствами изделий электроники и наноэлектроники.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Рентгендифракционный анализ наноматериалов и наноструктур» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1, Дисциплины Б1_В_03.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.006 Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем

– А/02.7 Контроль параметров технологической операции

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	ПК-2.2	Проводит анализ и определяет причины отклонения параметров	Знать: основные методики анализа параметров и характеристик материалов и уметь определять причины отклонения параметров
				Уметь: Выбирать, обосновывать и реализовывать экспериментально основные методики анализа

				параметров и характеристик материалов для выявления причины отклонения параметров Владеть: практическими навыками по методикам экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и уметь определять причины отклонения параметров
ПК-3	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.1	Осуществляет поэтапный контроль технологических и электрофизических параметров изготавливаемого изделия и его тестирования	Знать: средства и методы измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования Уметь: Выбирать средства и методы измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования Владеть: навыками средств и методов измерений для контроля технологических параметров изделия на основе наноматериалов и способов его тестирования
		ПК-3.3	Анализирует полученные результаты и при необходимости корректирует и оптимизирует режимы технологических операций на производстве	Знать: основные методы анализа результатов измерений и связанных с ними параметров материалов и режимов технологических операций для установления оптимизации параметров технологических операций Уметь: использовать на практике основные методы измерений и связанных с ними параметров материалов и режимов технологических операций для установления оптимизации параметров технологических операций Владеть: практическими навыками анализа результатов измерений и связанных с ними параметров материалов и режимов технологических операций для установления оптимизации параметров технологических операций

Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		74	74
в том числе:	лекции	44	44
	практические	30	30
	лабораторные		
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		34	34
Форма промежуточной аттестации – экзамен		36	36
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Рентгеновское излучение и его свойства. Теория рассеяния рентгеновского излучения	Рентгеновское излучение и его свойства. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Поглощение рентгеновского излучения веществом. Основы теории рассеяния рентгеновских лучей кристаллом. Условия Лауэ. Дифракция как отражение от атомных плоскостей – уравнение Вульфа-Брэгга. Структурная амплитуда. Амплитуда рассеяния рентгеновских лучей кристаллом. Приближения структурного анализа без оценки интенсивности. Обратное пространство и дифракция рентгеновских лучей в кристаллах
1.2	Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах	Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах. Интерференционная функция Лауэ. Теория интенсивности дифракционных максимумов. Интерпретация дифракционных картин с помощью представлений об обратной решетке и сферы Эвальда. Методы получения и регистрации дифракционных картин. Структурный фактор погасания. Температурный фактор. Геометрический фактор. Фактор повторяемости. Фактор поглощения. Интегральная интенсивность дифракционного максимума для поликристалла. Статистика интенсивности рентгеновского излучения.
1.3	Основные методы рентгеновского дифракционного анализа.	Основные методы рентгеновского дифракционного анализа. Метод Лауэ, метод Дебая-Шерера, метод вращения монокристалла. Высокора разрешающая дифрактометрия. Энергодисперсионная дифрактометрия. Рентгенография поликристаллов. Определение оптимального размера кристаллитов для получения максимально информативных рентгенограмм.
1.4	Аппаратура для рентгеновской дифрактометрии.	Аппаратура для рентгеновской дифрактометрии. Источники рентгеновского излучения. Коллиматоры и монохроматоры рентгеновского излучения. Детекторы рентгеновского излучения. Рентгеновские дифрактометры.
1.5	Фазовый анализ.	Качественный и количественный рентгеновский фазовый

	Изучение диаграмм состояний. Дифракция рентгеновского излучения на наноматериалах и нанокристаллах.	анализ. Определение средних размеров кристаллитов в образце. Изучение диаграмм состояний. Дифракция рентгеновского излучения на наноматериалах, наноструктурах, кристаллах с малыми размерами. Соотношение Шеррера для расчёта величины кристаллов. Экспериментальное изучение ширины и профиля рефлексов. Расчёт функции распределения размеров частиц в порошке. Малоугловая дифракция. Малоугловые камеры и дифрактометры. Средства и методики измерений параметров материалов и наноструктур и их связь с основными механическими и некоторыми физическими свойствами
1.6	Определение внутренних напряжений кристаллитов в наноматериалах	Определение внутренних напряжений и величины кристаллитов в материалах методами рентгеновской дифрактометрии. Изучение внутренних напряжений по профилю и сдвигу линий. Рентгеновские методы исследования микродеформаций
1.7	Анализ текстур методами рентгеновской дифрактометрии	Изучение текстур – характера преимущественной ориентации кристаллитов. Классификация текстур. Представление текстур. Принципы построения и анализа прямых и обратных полюсных фигур.
1.8	Анализ дефектов наноматериалов и наноструктур	Анализ субструктуры по профилю линий. Гармонический анализ профиля рентгеновской линии (ГАПРЛ). Анализ субструктуры по профилю линии по профилю линии без расчета коэффициентов Фурье. Анализ дислокаций по ширине и профилю рентгеновских линий. Рентгеновский анализ дефектов упаковки в ГЦК, ОЦК и ГК-структурах.
1.9	Анализ эпитаксиальных слоёв и составов твёрдого раствора	Рентгеновские методы анализа эпитаксиальных слоёв и составов твёрдого раствора. Классификация дефектов эпитаксиальных слоёв и их способов наблюдения
1.10	Методы рентгеновской топографии	Рентгеновская топография применительно к материалам нанoeлектроники. Метод Ланга. Метод Бормана. Анализ дислокаций. Вид и тип дефектов наблюдаемых на топограммах. Установки для получения топограмм.
1.11	Биологическое действие рентгеновского излучения	Место рентгеновского излучения в ряду радиоактивных излучений. Основные физические величины дозиметрии. Рентгеновское излучение. Правила работы с рентгеновскими установками
2. Практические занятия		
2.1	Рентгеновское излучение и его свойства. Теория рассеяния рентгеновского излучения	Практическое занятие №1. Определение элементов симметрии, сингонии и категории кристаллов Практическое занятие №2. Решение кристаллографических задач на сетке Вульфа Практическое занятие №3. Установка кристаллов. Определение символов (индексов) граней кристаллов Практическое занятие №4. Определение типов пространственной решетки и ее элементов
2.2	Основные методы рентгеновского дифракционного анализа.	Практическое занятие №5. Анализ элементного состава твердых тел рентгенофлуоресцентным методом.
2.3	Фазовый анализ. Изучение диаграмм состояний. Дифракция рентгеновского излучения на наноматериалах и	Практическое занятие №6. Анализ фазового состава твердых тел рентгенодифрактометрическим методом.

	нанокристаллах.	
--	-----------------	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	Всего
1	Рентгеновское излучение и его свойства. Теория рассеяния рентгеновского излучения	4	18			10	32
2	Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах	4				2	6
3	Основные методы рентгеновского дифракционного анализа.	4	4			4	12
4	Аппаратура для рентгеновской дифрактометрии.	4				2	6
5	Фазовый анализ. Изучение диаграмм состояний. Дифракция рентгеновского излучения на наноматериалах и нанокристаллах.	6	8			4	18
6	Определение внутренних напряжений кристаллитов в наноматериалах	4				2	6
7	Анализ текстур методами рентгеновской дифрактометрии	4				2	6
8	Анализ дефектов наноматериалов и наноструктур	4				2	6
9	Анализ эпитаксиальных слоёв и составов твёрдого раствора	4				2	6
10	Методы рентгеновской топографии	4				2	6
11	Биологическое действие рентгеновского излучения	2				2	4
	Итого:	44	30			34	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Рентгендифракционный анализ наноматериалов и наноструктур» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Рентгendifракционный анализ наноматериалов и наноструктур» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение практических работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Рентгendifракционный анализ наноматериалов и наноструктур» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 34 часов
подготовку к экзамену	– 36 часов
итого	– 70 часов

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Анисович А.Г. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения / А.Г. Анисович. — Минск: Белорусская наука, 2017. — 207 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106683
2.	Панова Т.В. Практическое применение методов рентгеноструктурного анализа: практикум / Т.В. Панова Издательство Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2018. — 104 с. ISBN 978-5-7779-2217-5 Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110890
3.	Илюшин А.С. Дифракционный Структурный Анализ: в 2 частях. / Илюшин А.С., Орешко А.П. - Издательство Юрайт; - 2017. — Часть 1 – 2017 327 с.
4.	Илюшин А.С., Орешко А.П. Дифракционный Структурный Анализ: в 2 частях. / Илюшин А.С., Орешко А.П. - Издательство Юрайт; - 2020. — Часть 2 – 2020 - 299 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Горбунов В.А., Селезнева Н. В., Надольский А. Л. Учебно-методический комплекс дисциплины "Рентгеновские методы исследования наноструктур" [Электронный ресурс]. Федер. агентство по образованию, Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, ИОНЦ "Нанотехнологии и перспективные материалы"— Екатеринбург, 2008. Постоянная ссылка: https://elar.urfu.ru/handle/10995/1547
6.	Рентгеновский фазовый анализ [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2009. — 16 с..
7.	Диденко, И.С. Кристаллофизика. Симметрия кристаллических многогранников. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.С. Диденко, В.В. Гераськин. — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2011. — 76 с
8.	Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения Издательство "Физматлит" 2007 – 240 с.- ISBN 978-5-9221-0783-9,— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59459
9.	Жданов, Герман Степанович. Дифракционный и резонансный структурный анализ : Рентгено -, электроно -, нейтроно-мессбауэрография и мессбаэровская спектроскопия: учебное пособие для вузов / Г. С. Жданов, А. С. Илюшин, С. В. Никитина ; од общ. ред. Г. С. Жданова .— М. : Наука, 1980 .— 254 с
10.	Белов, Н.П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.П. Белов, О.К. Покопцева, А.Д. Яськов. — Электрон. дан. — Спб.: НИУ ИТМО (Санкт-

	Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2009. — 46 с.
11.	Розин, К.М. Кристаллофизика. Учебное пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.М. Розин, В.С. Петраков. — Электрон. дан. — М.: МИСИС, 2006. — 248 с.
12.	Фетисов, Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — М: Физматлит, 2007. — 672 с.
13.	Современные методы структурного анализа в материаловедении: учебное пособие [Электронный ресурс] / С.Н. Кульков, С.П. Буюкова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).— Томск: Изд-во ТПУ, 2011. Схема доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m49.pdf
14.	Мильвидский А.М. Методы исследования структур кристаллов. Фазовый анализ и прецизионные измерения параметра решетки / А.М. Мильвидский Издательство "МИСИС" 2005, 21с. , — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/117169

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

№ п/п	Ресурс
15.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
16.	http://www.moodle.vsu.ru
17.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
18.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
19.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
20.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
21.	Методические указания к лабораторному практикуму по курсу "Рентгенография металлов" : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост.: И.Е. Занин, В.В. Чернышев .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 .— 18 с. : ил. — Библиогр.: с.18 .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-78.pdf >.
22.	Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов : учебное пособие для вузов : [в 3 ч.]. Ч. 1 / [С.Ю. Турищев и др.] ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 41 с. : ил. — Авт. указ. на обл. и обороте тит. л. — Библиогр.: с.39-41 .— ISBN 978-5-9273-2268-8.
23.	Анищик, В.М. Дифракционный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Анищик, В.В. Понарядов, В.В. Углов. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2011. — 216 с.

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ—демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, анализ данных рентгеновской дифракции и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами, проведение консультаций и посещение лабораторий рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа кафедры физики твердого тела и наноструктур, рентгеновской дифрактометрии ЦКПНО ВГУ,

рентгеновской дифрактометрии ЦКПНО ВГУ для ознакомления с практическими моментами реализации исследований и анализа устройств и установок различного функционального назначения, средств и методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур и т.п.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа кафедры физики твердого тела и наноструктур: Рентгеновский дифрактометр ДРОН – 4-07- 1 шт. Рентгеновский дифрактометр Радиан ДР-023- 1 шт.; Спектрометр универсальный рентгеновский «Реном» СУР-01 - 1 шт; лабораторная установка Leybold rontgengerat X-ray apparatus 554800 - 1 шт. Рентгеновский спектрометр-монокроматор РСМ-500 - 1 шт.; Лаборатория рентгеноструктурных исследований ЦКПНО ВГУ: рентгеновский дифрактометрEmpyrean (PANalytical) - 1 шт.;; Лаборатория рентгеновской дифрактометрии ЦКПНО ВГУ: Рентгеновский дифрактометрARL X'TRA (ThermoScientific)

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

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.	Рентгеновское излучение и его свойства. Теория рассеяния рентгеновского излучения	ПК-2	ПК-2.2	Отчёт по практической работе
2.	Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
3.	Основные методы рентгеновского дифракционного анализа.	ПК-2	ПК-2.2	Отчёт по практической работе
4.	Аппаратура для рентгеновской дифрактометрии.	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
5.	Фазовый анализ. Изучение диаграмм состояний. Дифракция рентгеновского излучения на наноматериалах и нанокристаллах.	ПК-2	ПК-2.2	Отчёт по практической работе
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
6.	Определение внутренних напряжений кристаллитов в наноматериалах	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
7.	Анализ текстур методами рентгеновской дифрактометрии	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
8.	Анализ дефектов наноматериалов и наноструктур	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
9.	Анализ эпитаксиальных слоёв и составов твёрдых растворов	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	

		ПК-3	ПК-3.3	
10.	Методы рентгеновской топографии	ПК-2	ПК-2.2	Устный опрос
		ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-3	ПК-3.3	
11	Биологическое действие рентгеновского излучения	ПК-3	ПК-3.3	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: коллоквиум.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к экзамену

1. Природа рентгеновских лучей, их преломление, дифракция.
2. Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей.
3. Спектры рентгеновских лучей, сплошные и характеристические.
4. Основной закон поглощения рентгеновских лучей.
5. Рассеяние рентгеновских лучей.

6. Ионизация под действием рентгеновских лучей.
7. Устройство и принцип работы рентгеновских трубок.
8. Устройство дифрактометра.
9. Геометрия съемки и устройство гониометра.
10. Детекторы рентгеновских лучей.
11. Уравнение дифракции Лауэ.
12. Подход Вульфа- Брэггов.
13. Обратная решетка.
14. Построение Эвальда. Геометрическая интерпретация дифракции.
15. Метод порошков.
16. Индексирование рентгенограмм, снятых по методу порошка.
17. Метод Лауэ.
18. Метод вращения кристалла.
19. Определение плотности и молекулярного веса. Определение типа твердого раствора. Определение коэффициента термического расширения.
20. Фазовый анализ и получение диаграмм состояний.
21. Рентгенографическое определение внутренних напряжений в материалах.
22. Определение величины кристаллитов.
23. Рентгенографический анализ текстур.
24. Рентгеновский анализ твердых растворов.
25. Рентгеновский анализ упорядоченных твердых растворов.
26. Рентгеновский анализ явлений, протекающих при распаде пересыщенных твердых растворов.
27. Рентгенографический анализ структурных изменений при различных процессах в материалах.
28. Рентгенографические исследования действия облучения на структуру кристаллических веществ.
29. Биологическое действие рентгеновского излучения. Естественные и искусственные источники рентгеновского излучения. Радиационная безопасность.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – коллоквиум. В приложение вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Основы структурного анализа» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Основы структурного анализа»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по

крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Основы структурного анализа» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.