

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.09.2025 12:19:33
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b8c077a48009a078808522325



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния
Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)
Практикум по рентгеновским методам исследования материалов**

Направление подготовки (специальность)
28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль)
Нанотехнологии в материаловедении

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Челябинск 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
 - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 28.03.02 «Наноинженерия»

Направленность (профиль): Нанотехнологии в материаловедении

Дисциплина: Практикум по рентгеновским методам исследования материалов

Семестр: 7

Форма промежуточной аттестации: зачет

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках бинарной системы «зачтено/ не зачтено».

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач. УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.	Для достижения УК-1.1 знать: терминологию в области рентгеновской дифракции; Для достижения УК-1.2 уметь: проводить поиск, критический анализ и синтез информации при решении задач научно-исследовательской деятельности Для достижения УК-1.2 владеть: знаниями из области рентгеновской дифракции
ПК-2	Способен организовывать проведение комплексных исследований структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов	ПК-2.1: Знает основные взаимодополняющие методы и методики исследования структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов ПК-2.2: Умеет: анализировать имеющиеся литературные данные по новым подходам к исследованию структуры и свойств материалов; обеспечивать соблюдение технических условий на всех стадиях проведения	Для достижения ПК-2.1: знать устройство и принцип работы рентгеновских дифрактометров, принципы обработки рентгенограмм материалов; Для достижения ПК-2.2: уметь проводить рентгеноструктурные исследования наноструктурированных композиционных материалов, внедрять результаты исследований в новые технологии; Для достижения ПК-2.3: владеть



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 4	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		комплексных исследований структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов ПК-2.3: Владеет навыками работы с основной приборной базой для исследования структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов	навыками работы на рентгеновских дифрактометрах, обработки рентгеноструктурных данных.
--	--	---	--



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	<p>Для достижения УК-1.1 знать: терминологию в области рентгеновской дифракции;</p> <p>Для достижения УК-1.2 уметь: проводить поиск, критический анализ и синтез информации при решении задач научно- исследовательской деятельности</p> <p>Для достижения УК-1.2 владеть: знаниями из области рентгеновской дифракции</p> <p>Для достижения ПК-2.1: знать устройство и принцип работы рентгеновских дифрактометров, принципы обработки рентгенограмм материалов;</p> <p>Для достижения ПК-2.2: уметь проводить рентгеноструктурные исследования наноструктурированных композиционных материалов, внедрять результаты исследований в новые технологии;</p> <p>Для достижения ПК-2.3: владеть навыками работы на рентгеновских дифрактометрах, обработки</p>	<p>Раздел 1. Знакомство с рентгеновским дифрактометром</p> <p>Раздел 2. Фазовый анализ</p> <p>Раздел 3. Профильный анализ</p> <p>Раздел 4. Текстуальный анализ</p>	Письменный опрос по содержанию основных понятий, контрольные задания	Вопросы к зачету



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

рентгеноструктурных данных.			
--------------------------------	--	--	--

3.2 Содержание оценочных средств

3.2.1 База тестовых вопросов для текущего контроля

№ п/п	Содержание вопроса	Варианты ответов
1	Амплитуда рассеянной волны объемом dv на расстоянии R равна $dA = A_0[\rho(r^-)dv/R]\exp-2\pi i(H^-r^-)$. Здесь H^- :	А. Вектор рассеяния Б. Вектор трансляции В. Вектор, описывающий положение атомов в кристалле
2	Интенсивность рассеянного излучения поляризованной волны свободным электроном на расстоянии R равна $J_{\text{расс}} = J_0(e^2/mc^2)^2 \sin^2\varphi/R^2$ Здесь угол φ :	А. Угол между вектором первичной k^-_0 и рассеянной k^- волны Б. Угол между вектором E^-_0 и рассеянной k^- волны В. Угол между вектором H^-_0 и рассеянной k^- волны
3	Эффективное сечение рассеяния рентгеновских лучей электроном это	А. $du = J_{\text{расс}}ds$ Б. $U = 8/3\pi J_0(e^2/mc^2)^2$ В. $\sigma = U/J_0 = 8/3\pi(e^2/mc^2)^2$
4	В формуле атомной амплитуды рассеяния рентгеновских лучей $\Phi(H^-) = \sum_0^\infty 4\pi \rho(r^-) [\sin(2\pi Hr) / 2\pi Hr] dr$ $\rho(r^-)$ это:	А. функция электронной плотности Б. Электрический потенциал В. функция плотности
5	В формуле амплитуды рассеяния рентгеновского излучения группой атомов $\Phi(H^-) = \sum_{m=1}^M f_a(H^-) \times \exp-2\pi i(H^-r^-_m)$ М это:	А. Число атомов Б. Число электронов в группе атомов В. Число электронов и ядер в группе атомов
6	В формуле амплитуды рассеяния рентгеновского излучения идеальным кристаллом $\Phi(H^-) = F(H^-) \times D(H^-)$, где: $F(H^-) = \sum_{n=1}^M f_a(H^-) \times \exp-2\pi i(H^-r^-_n)$, $D(H^-) = \sum_{m=1}^N \exp-2\pi i(H^-r^-_m)$, m=1	А. Структурная амплитуда рассеяния Б. Амплитуда рассеяния атомом В. Интерференционная функция (сумма Лауэ)



	D(H ⁻) это:	
7	Условие погасания рефлексов для ОЦК решетки:	А. $F(H^-) = 2 f_a(H^-)$ при $h+k+l$ – четном и $F(H^-) = 0$ при $h+k+l$ – нечетном Б. $F(H^-) = 2 f_a(H^-)$ при h,k,l – четном и $F(H^-) = 0$ при h,k,l – нечетном В. $F(H^-) = 2 f_a(H^-)$ при h,k,l –либо четном либо нечетном и $F(H^-) = 0$ при h,k,l – любой другой комбинации
8	Условие погасания рефлексов для ГЦК решетки:	А. $F(H^-) = 4 f_a(H^-)$ при $h+k+l$ – четном и $F(H^-) = 0$ при $h+k+l$ – нечетном Б. $F(H^-) = 4 f_a(H^-)$ при h,k,l – четном и $F(H^-) = 0$ при h,k,l – нечетном В. $F(H^-) = 4 f_a(H^-)$ при h,k,l –либо четном либо нечетном и $F(H^-) = 0$ при h,k,l – любой другой комбинации
9	Сфера Эвальда позволяет:	А. Найти путем геометрического построения для каких узлов обратного пространства, при заданной ориентировке кристалла относительно пучка рентгеновских лучей, будет выполняться условие Вульфа – Брэгга Б. Определить объем кристалла, формирующего дифракционную картину В. Определить длину волны рентгеновского излучения
10	В формуле Селякова-Шеррера $D = k\lambda / [\beta(2\theta) \times \cos \theta]$ величина $\beta(2\theta)$ это:	А. Интегральная ширина дифракционного максимума, выраженная в градусах Б. Интегральная ширина дифракционного максимума, выраженная в радианах В. Ширина дифракционного максимума
11	Знакопеременная деформация кристалла (одновременное сжатие одной части и растяжение другой) приведут к:	А. Смещению дифракционного максимума в сторону больших углов Б. Смещению дифракционного максимума в сторону меньших углов В. Увеличению интегральной ширины дифракционного максимума
12	Тепловые колебания атомов кристалла обуславливают	А. Изменение интенсивности дифракционных максимумов Б. Изменение интегральной ширины дифракционных максимумов



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		В. Смещение дифракционных максимумов на рентгенограмме в зависимости от температуры в сторону больших или меньших углов
13	Метод Лауэ применяют при исследовании структуры:	А. Поликристаллических образцов Б. Поликристаллических текстурированных образцов В. Монокристаллов
14	Метод Дебая-Шеррера применяют при исследовании:	А. Поликристаллических образцов Б. Сростков кристаллов В. Монокристаллов
15	Метод рентгеновской дифрактометрии позволяет определять:	А. Атомную амплитуду рассеяния рентгеновских лучей Б. Фазовый состав исследуемого образца В. Пространственное распределение дефектов в кристалле
16	Метод рентгеновской топографии позволяет определять:	А. Распределение точечных дефектов в кристалле Б. Фазовый состав исследуемого образца В. Пространственное распределение и плотность дислокаций в кристалле
17	Для качественного и количественного фазового анализа предпочтительнее использовать метод:	А. Лауэ Б. Дебая-Шеррера В. Рентгеновской дифрактометрии
18	Для регистрации рассеянного рентгеновского излучения с помощью дифрактометра (регистрации дифрактограммы) предпочтительнее использовать	А. Счетчик Гейгера Б. Сцинтилляционный детектор В. Рентгеновскую пленку
19	Источник рентгеновского излучения для структурного анализа, используемый в рентгеновском дифрактометре	А. Рентгеновская трубка Б. Синхротрон В. Ондулятор
20	В методе рентгеновской дифрактометрии для получения информации о структуре образца используют:	А. «Белое» (тормозное) рентгеновское излучение Б. Характеристическое рентгеновское излучение В. И то, и другое рентгеновское излучение



3.2.2. Перечень задач к практическим занятиям

Практические задания выполняются с помощью программного обеспечения, входящего в комплект к рентгеновским дифрактометрам Emma и D8 Advance.

Задача 1.

Студентам предлагаются несколько рентгенограмм исследуемого образца, подвергнутого термообработке (ТМО). Необходимо проанализировать кинетику изменения структурных параметров образца в процессе ТМО:

- определить межплоскостные расстояния и средние размеры ОКР, характерных для исследуемого образца (кристаллическая составляющая);
- изменение параметров структуры в процессе ТМО (рентгенограммы прилагаются).

t, мин	1			2		
	2 θ , град	d, А	L, нм	2 θ , град	d, А	L, нм
Исх						
10						
20						
40						
60						

Задача 2.

Провести текстурные исследования углеродного волокна. Для этого необходимо построить графики зависимости изменения межплоскостного расстояния и средних размеров от угла ориентации относительно оси волокна. Каждая рентгенограмма снята при повороте оси гониометра на +1 градус (рентгенограммы прилагаются).

Задача 3.

Провести фазовый анализ исследуемых образцов (рентгенограммы прилагаются).

Задача 4.

Провести разложение асимметричного дифракционного максимума на симметричные компоненты, описываемых функциями Гаусса, Лоренца, Войта и Пирсона. Проанализировать полученные результаты. Исследовать закономерности структурных превращений материала в процессе высокотемпературной обработки.



3.2.3. Перечень вопросов к зачету

1. Природа рентгеновских лучей, их спектры. Современные источники рентгеновского излучения для структурного анализа.
2. Детекторы рентгеновского излучения.
3. Основы рентгеноструктурного анализа. Метод Лауэ, метод вращения, метод Дебая-Шеррера, рентгеновская дифрактометрия.
4. Качественный фазовый анализ.
5. Рентгеновский анализ текстур.
6. Рентгеновская топография.
7. Задачи, решаемые с помощью структурного анализа.

4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде ответов на контрольные вопросы, а также в виде отчетов по темам практических занятий (лабораторных работ), которые сдает студент в течение семестра. Отчет подразумевает обработку экспериментальных данных с использованием современного оборудования, а также решения профессиональных задач с помощью программного обеспечения в ходе проводимых физико-химических исследований.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Студент допускается к сдаче зачета в конце семестра при написании отчетов о результатах проведенных экспертиз и ответов на контрольные вопросы по основным темам лекционных занятий. Оценка ставится на основании письменного и устного ответов по билету.

Оценка «зачтено» – студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала. Исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания. Правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ. Может самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок, уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Оценка «не зачтено» – студент освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала и испытывает



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов» по
направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

затруднения в выполнении практических заданий.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения конкретных практических задач;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Практикум по рентгеновским методам исследования материалов»; не владеет навыками решения конкретных практических задач.

