

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:05:42  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878886522523



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Рентгенография и рентгеноструктурный анализ**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль)  
**Физика**

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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» 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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль): Физика

Дисциплина: Рентгенография и рентгеноструктурный анализ

Семестр: 6

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции и 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
ПК-1	Способен применять специализированные знания, полученные в области физических наук, при проведении научно-исследовательских разработок	ПК-1.1. Обладает знаниями об основных методах проведения научно-исследовательских разработок в области физических наук; о способах планирования и организации исследований. ПК-1.2. Демонстрирует умения: проводить поиск, изучение и обобщение научного опыта в соответствующей области исследований; определять цели и задачи планируемых исследований и разработок; проводить исследование, составлять его описание, формулировать выводы по полученным результатам.	Для достижения ПК-1.1: знать основные методы рентгеноструктурных исследований, технику проведения эксперимента и обработки полученных результатов; природу рентгеновских лучей, их спектры, современные источники рентгеновского излучения для структурного анализа, детекторы рентгеновского излучения Для достижения ПК-1.2: уметь решать основные практические задачи по исследованию структуры материалов методами рентгеноструктурного анализа Для достижения ПК-1.3:



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

		ПК-1.3. Имеет практический опыт (навыки) в области физических наук: проведения научных исследований в соответствии с поставленной целью; составления отчетов по теме и по результатам проведенных научно-исследовательских разработок.	владеть современными методами рентгеноструктурных исследований, а также методами обработки полученных экспериментальных результатов.
--	--	--	--



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» 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	Для достижения ПК-1.1: знать основные методы рентгеноструктурных исследований, технику проведения эксперимента и обработки полученных результатов; природу рентгеновских лучей, их спектры, современные источники рентгеновского излучения для структурного анализа, детекторы рентгеновского излучения Для достижения ПК-1.2: уметь решать основные практические задачи по исследованию структуры материалов методами рентгеноструктурного анализа Для достижения ПК-1.3: владеть современными методами рентгеноструктурных исследований, а также методами обработки полученных экспериментальных результатов.	Все разделы	Письменный опрос по содержанию основных понятий	Тестовые задания 1-6; Теоретические вопросы к экзамену № 1-7;
		Рассеяния излучения веществом; Рассеяние излучения кристаллом	1. Письменный опрос по содержанию основных понятий 2. Презентации по темам	Тестовые задания 1-10; Теоретические вопросы к экзамену № 1-7;
		Основные методы и техника рентгеноструктурны х исследований	1. Письменный опрос по содержанию основных понятий 2. Контрольная работа	Тестовые задания 11-20; Теоретические вопросы к экзамену № 8-14;



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

### 3.2 Содержание оценочных средств

#### 3.2.1 База тестовых вопросов для рубежного 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 $H^-$ :	<b>А. Вектор рассеяния</b> 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 $\varphi$ :	А. Угол между вектором первичной $k^-_0$ и рассеянной $k^-$ волны <b>Б. Угол между вектором <math>E^-_0</math> и рассеянной <math>k^-</math> волны</b> 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. $U = 8/3\pi J_0(e^2/mc^2)^2$ <b>В. <math>\sigma = U/J_0 = 8/3\pi(e^2/mc^2)^2</math></b>
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:	<b>А. функция электронной плотности</b> 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:	<b>А. Число атомов</b> 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: $N$ $M$ $F(H^-) = \sum_{n=1}^M f_a(H^-) \times \exp-2\pi i(H^-r^-_n)$ , $D(H^-) = \sum_{m=1}^N \exp-2\pi i(H^-r^-_m)$ , M это:	А. Структурная амплитуда рассеяния Б. Амплитуда рассеяния атомом <b>В. Интерференционная функция (сумма Лауэ)</b>
7	Условие погасания рефлексов для ОЦК решетки:	<b>А. <math>F(H^-) = 2 f_a(H^-)</math> при <math>h+k+l</math> – четном и <math>F(H^-) = 0</math> при <math>h+k+l</math> – нечетном</b> Б. $F(H^-) = 2 f_a(H^-)$ при $h,k,l$ – четном и



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 7	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		$F(H^-) = 0$ 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 В. Смещение дифракционных максимумов на рентгенограмме в зависимости от температуры в сторону больших или меньших углов



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 8	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

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

### 3.2.2. Перечень задач к практическим занятиям

#### 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 $\theta$ , град	d, А	L, нм	2 $\theta$ , 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).

#### Темы презентаций

1. Рентгеновская дифракция. Открытие рентгеновских лучей.
2. Применение рентгеновского излучения
3. Рентгеновские дифрактометры.
4. Ученые Вульф и Брэгг. Формула Вульфа-Брэгга  
Ученые Селяков и Шеррер. Формула Селякова-Шеррера

### 3.2.3. Перечень вопросов к экзаменационным билетам

1. Амплитуда рассеяния.
2. Структурный анализ как преобразование Фурье.
3. Фурье-трансформанта многокомпонентного объекта.
4. Рассеяние свободным электроном.
5. Эффективное сечение рассеяния электроном.
6. Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей.
7. Рассеяние группой атомов. Структурная амплитуда рассеяния.



Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

8. Обратная решетка. Свойства вектора обратной решетки. Сфера Эвальда.
9. Интерференционная функция.
10. Условие погасания рефлексов для ОЦК и ГЦК решетки.
11. Фактор формы.
12. Упругие искажения.
13. Интенсивность рассеяния искаженным кристаллом.
14. Влияние теплового движения на рассеяние рентгеновских лучей.
15. Фактор Дебая-Валлера. Тепловое диффузное рассеяние.
16. Интенсивность рассеяния одноатомным газом.
17. Рассеяние под малыми углами.
18. Природа рентгеновских лучей, их спектры. Современные источники рентгеновского излучения для структурного анализа.
19. Детекторы рентгеновского излучения.
20. Основы рентгеноструктурного анализа. Метод Лауэ, метод вращения, метод Дебая-Шеррера, рентгеновская дифрактометрия.
21. Качественный фазовый анализ.
22. Рентгеновский анализ текстур.
23. Рентгеновская топография.
24. 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.

Характеристики ответа	Зачтено, не зачтено	Уровень
-----------------------	---------------------	---------



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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ» по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

		освоения проверяемых компетенций
Твердое знание учебно-программного материала, грамотное его изложение, знание материала.	Зачтено	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его. При ответе на дополнительные вопросы допускает негрубые ошибки.	Зачтено	средний
Не уверенно и с ошибками отвечает на вопросы учебно-программного материала.	Зачтено	базовый
Не ответил на вопросы учебно-программного материала, включающие в себя знание основных понятий и соотношений.	Не зачтено	недостаточный

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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ», 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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ»; 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 «Рентгенография и рентгеноструктурный анализ»; не владеет навыками решения конкретных практических задач.

