

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана ФМАТ В.И. Рязских
«31» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Дифракционные методы исследования наноструктур»

Направление подготовки 27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

Профиль Метрология наноструктур и нанотехнологий

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы  / В.В. Ожерельев /

Заведующий кафедрой
материаловедения и физики
металлов  / Д.Г. Жилияков /

Руководитель ОПОП  / В.А. Небольсин /

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов компетенций, связанных с пониманием природы и закономерностей физических процессов, на которых основаны дифракционные методы исследования наноструктур

1.2. Задачи освоения дисциплины

теоретическое и практическое освоение дифракционных методов исследования наноструктур; выработка у будущего специалиста комплекса навыков и знаний для использования основных дифракционных методов анализа в физике конденсированного состояния как в области исследования структуры материалов, так и для контроля качества материалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Дифракционные методы исследования наноструктур» относится к дисциплинам вариативной части блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Дифракционные методы исследования наноструктур» направлен на формирование следующих компетенций:

ПВК-9 - способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводит научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать новые решения

ПК-29 - готовностью участвовать в научной и педагогической деятельности в области метрологии, технического регулирования и управления качеством

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПВК-9	знать основы теории дифракции рентгеновских лучей на кристаллах; основные методы рентгеноструктурного анализа; особенности дифракции электронов и нейтронов
	уметь: использовать дифракционные методы исследования фазового и структурного состояния металлов и сплавов, наноструктурированных материалов
	владеть: навыками решения практически задач рентгеноструктурного анализа кристаллических материалов и наноструктур
ПК-29	знать оборудование, используемое для проведения фазового и структурного анализа кристаллов и наноструктур методами дифракции рентгеновских лучей, электронов, нейтронов

	уметь осуществлять адекватный стоящей задаче выбор экспериментального метода исследования структурного состояния вещества
	владеть навыками расчета рентгенограмм и решения задач в области рентгеноструктурного анализа кристаллов, текстурированных материалов и наноструктур

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Дифракционные методы исследования наноструктур» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1.	Физика рентгеновских лучей. Источники рентгеновских лучей, монохроматоры и детекторы	Волновые и корпускулярные свойства рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Излучение со сплошным спектром, его происхождение и свойства. Характеристический спектр, теория его происхождения и закономерности. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Формула Вульфа-Брэгга. Источники рентгеновского излучения. Рентгеновские трубки. Монохроматоры, рентгеновская оптика. Методы регистрации рентгеновских лучей	2	2	6	10
2.	Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом	Закон ослабления интенсивности рентгеновских лучей при прохождении через вещество. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Проникающая способность рентгеновских лучей. Основы рентгеновской и гамма-дефектоскопии. Явление рассеяния. Когерентное и некогерентное	4	4	6	14

		(комптоновское) рассеяние рентгеновских лучей. Поглощение рентгеновских лучей, ионизация, фотоэлектрический эффект и вторичное характеристическое излучение				
3.	Интерференция рентгеновских лучей	Интерференционная функция и ее анализ. Интерференционное уравнение. Уравнения Лауэ. Фактор формы кристалла. Геометрическая интерпретация интерференционного уравнения. Уширение дифракционных линий. Структурный множитель	2	2	6	10
4	Основные методы рентгеноструктурного анализа	Методы исследования монокристаллов. Метод Лауэ. Метод вращающегося монокристалла и его применение. Метод поликристалла (порошка). Аналитическое и графическое индизирование рентгенограмм кристаллов кубической и средних сингоний. Метод поликристалла (порошка). Определение периодов решетки. Качественный фазовый анализ и его чувствительность. Рентгеноструктурный количественный фазовый анализ. Оборудование для рентгеноструктурного анализа. Конструкция рентгеновского дифрактометра. Схемы фокусировки. Малоугловая дифракция.	4	4	6	14
5	Анализ текстурированных материалов, внутренних напряжений, процессов при нагреве деформированных материалов	Классификация текстур. Полусные фигуры и их построение с помощью дифрактометра. Изучение аксиальной текстуры. Ограниченные текстуры. Их анализ с помощью прямых полусных фигур. Обратные полусные фигуры и их использование для исследования текстур. Определение внутренних напряжений с помощью рентгеновских лучей. Рентгеноанализ размера областей когерентного рассеяния и величины микродеформации при их совместном действии. Метод аппроксимации. Определение внутренних напряжений с помощью рентгеновских лучей. Анализ структурных изменений, происходящих при нагреве наклепанных металлов и сплавов. Определение внутренних напряжений с помощью рентгеновских лучей. Рентгеноанализ процессов возврата, полигонизации, рекристаллизации.	4	4	6	14
6.	Применение дифракции электронов и нейтронов	Дифракция электронов. Геометрия дифракционной картины. Основные области применения электронографии. Дифракция медленных электронов. Применение дифракции нейтронов. Области применения нейтронографии. Времяпролетная нейтронография	2	2	6	10
Итого			18	18	36	72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной

работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПВК-9	знать основы теории дифракции рентгеновских лучей на кристаллах; основные методы рентгеноструктурного анализа; особенности дифракции электронов и нейтронов	ответы на теоретические вопросы, выполнение домашних заданий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать дифракционные методы исследования фазового и структурного состояния металлов и сплавов, наноструктурированных материалов	Решение стандартных практических задач, выполнение домашних заданий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками решения практически задач рентгеноструктурного анализа кристаллических материалов и наноструктур	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение домашних заданий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-29	знать оборудование, используемое для проведения фазового и структурного анализа кристаллов и наноструктур методами дифракции рентгеновских лучей, электронов, нейтронов	ответы на теоретические вопросы, выполнение домашних заданий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять адекватный стоящей задаче выбор экспериментального метода исследования структурного состояния вещества	Решение стандартных практических задач, выполнение домашних заданий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками расчета рентгенограмм и решения задач в области рентгеноструктурного анализа кристаллов, текстурированных материалов и	Решение прикладных задач в конкретной предметной	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	наноструктур	области, выполнение домашних заданий		
--	--------------	--	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

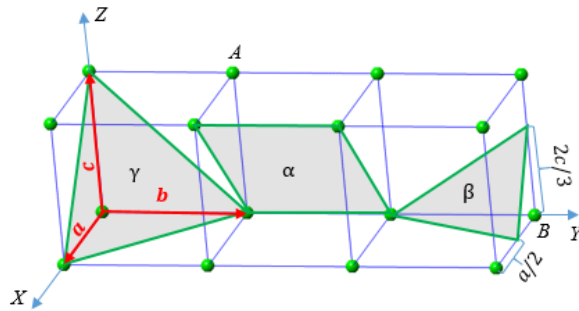
«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПВК-9	знать основы теории дифракции рентгеновских лучей на кристаллах; основные методы рентгеноструктурного анализа; особенности дифракции электронов и нейтронов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать дифракционные методы исследования фазового и структурного состояния металлов и сплавов, наноструктурированных материалов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками решения практически задач рентгеноструктурного анализа кристаллических материалов и наноструктур	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-29	знать оборудование, используемое для проведения фазового и структурного анализа кристаллов и наноструктур методами дифракции рентгеновских лучей, электронов, нейтронов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь осуществлять адекватный стоящей задаче выбор экспериментального метода исследования структурного состояния вещества	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками расчета рентгенограмм и решения задач в области рентгеноструктурного анализа кристаллов, текстурированных материалов и наноструктур	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

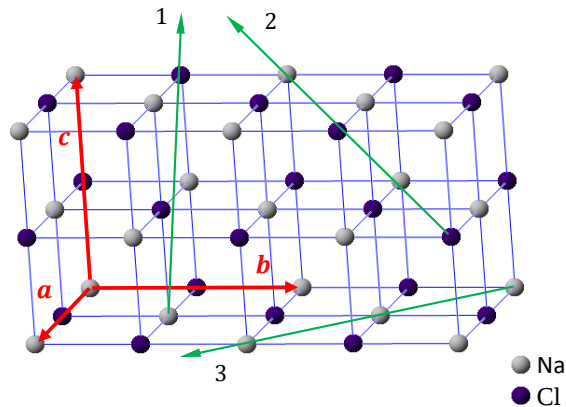
7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Определите индексы Миллера плоскостей α , β и γ , показанных на рисунке.



- а) $\alpha: (10\bar{1})$, $\beta: (4\bar{2}3)$, $\gamma: (111)$,
 б) $\alpha: (10\bar{1})$, $\beta: (3\bar{2}4)$, $\gamma: (111)$,
 в) $\alpha: (1\bar{1}0)$, $\beta: (4\bar{2}3)$, $\gamma: (111)$.

2. Определите индексы направлений в структуре NaCl, показанных на рисунке.



- а) 1: $[\bar{1}02]$, 2: $[\bar{2}\bar{2}1]$, 3: $[1\bar{1}0]$
 б) 1: $[10\bar{2}]$, 2: $[221]$, 3: $[1\bar{1}0]$
 в) 1: $[10\bar{2}]$, 2: $[\bar{2}\bar{2}1]$, 3: $[2\bar{1}0]$

3. Базисные векторы $\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$, $\mathbf{a}_3$ прямой решетки и базисные векторы $\mathbf{a}_1^*$, $\mathbf{a}_2^*$, $\mathbf{a}_3^*$ обратной решетки связаны соотношениями:

а) $\mathbf{a}_i \cdot \mathbf{a}_j^* = \delta_{ij}$

б) $\mathbf{a}_1^* = \frac{\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3}{\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)}$, $\mathbf{a}_2^* = \frac{\mathbf{a}_3 \times \mathbf{a}_1}{\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)}$, $\mathbf{a}_3^* = \frac{\mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2}{\mathbf{a}_1 \cdot (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)}$.

в) справедливы и соотношения а, и соотношения б.

4. Уравнение Вульфа-Брэгга записывается формулой

а) $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$.

б) $2d \sin \theta = n\lambda$

в) $\ln I_0 / I_D = -\mu D$

г) $h\nu = P + mV^2 / 2$

5. По лауэграмме можно определить:

- а) фазовый состав
 б) внутренние напряжения
 в) ориентировку монокристалла
 г) элементный состав

6. Макронапряжения исследуют по дифрактограмме, определяя

- а) набор межплоскостных расстояний
 б) уширение дифракционного максимума
 в) изменение интенсивности дифракционного максимума
 г) изменение положения дифракционного максимума

7. Микронапряжения исследуют по дифрактограмме, определяя
 - а) набор межплоскостных расстояний
 - б) уширение дифракционного максимума
 - в) изменение интенсивности дифракционного максимума
 - г) изменение положения дифракционного максимума
8. Селективно поглощающий фильтр используют чтобы:
 - а) выделить одну длину волны сплошного спектра
 - б) отфильтровать мешающую компоненту характеристического спектра
 - в) уменьшить интенсивность минимальной длины волны сплошного спектра
 - г) уменьшить интенсивность максимальной длины волны сплошного спектра
9. При нагревании образца линии на дебаэграмме смещаются
 - а) к коллиматору
 - б) к тубусу
 - в) занимают неизменное положение
 - г) занимают неизменное положение и уширяются
10. Сбалансированные фильтры Росса непригодны для анализа
 - а) тяжелых элементов
 - б) легких элементов
 - в) радиоактивных элементов
 - г) элементов в кристаллическом состоянии

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Край полосы поглощения молибдена составляет $0,6197 \text{ \AA}$. Вычислить минимальное напряжение, способное возбудить характеристическое рентгеновское излучение молибдена.
2. Каковы скорость и кинетическая энергия электронов пучка, двигающегося в рентгеновской трубке под напряжением 50 кВ. Каков коротковолновый край сплошного спектра и максимальная энергия кванта излучения?
3. Найти выражение для определения угла между направлениями $[u_1v_1w_1]$ и $[u_2v_2w_2]$ для кристаллов кубической, ромбической, тетрагональной и гексагональной систем.
4. Рассчитать положение точек гномостереографической проекции для кубического кристалла. Построить соответствующие проекции $\{110\}$ и $\{111\}$, расположив в центре проекции направления $[001]$ и $[011]$. Указать способ перехода (с помощью сетки Вульфа) от первой проекции ко второй.
5. Известно, что в кристалле имеются три взаимно перпендикулярные (неэквивалентные) плоскости симметрии. Определить набор элементов симметрии, кристаллическую систему, класс симметрии и общую форму.
6. Структура Cu_2O характеризуется кубической элементарной ячейкой с базисом:
 Cu : $1/4 \ 1/4 \ 1/4$; $1/4 \ 3/4 \ 3/4$; $3/4 \ 1/4 \ 3/4$; $3/4 \ 3/4 \ 1/4$;
 O : 000 ; $1/2 \ 1/2 \ 1/2$.
 Определить тип решетки Бравэ.
7. Определить набор элементов симметрии и правильные системы точек при наличии примитивной решетки Бравэ и оси 4_3 , совпадающей с осью z .
8. Структура алмаза описывается кубической ячейкой и базисом $0 \ 0 \ 0$; $1/2 \ 1/2 \ 0$; $1/2 \ 0 \ 1/2$; $0 \ 1/2 \ 1/2$; $1/4 \ 1/4 \ 1/4$; $3/4 \ 3/4 \ 1/4$; $3/4 \ 1/4 \ 3/4$; $1/4 \ 3/4 \ 3/4$. Определить типовые значения F^2 и указать законы погасаний.
9. Рассчитать структурную амплитуду для Mg (ГПУ решетка). Базис: 000 ; $1/3 \ 2/3 \ 1/2$. Перенести начало координат в положение центра симметрии. Найти новое значение базиса и структурной амплитуды. Сравнить значения F и F^2 для обоих вариантов.
10. Кристалл 1,5 динитронафталина характеризуется элементарной ячейкой с параметрами $a = 7.81 \text{ \AA}$, $b = 16.02 \text{ \AA}$, $c = 3.62 \text{ \AA}$, $\beta = 102^\circ$ и пространственной группой $P2_1/a = C_{2h}^5$. Определить элементарную ячейку обратной решетки и узор F^2 -тела.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Проиндифицировать рентгенограмму кубического вещества с межплоскостными расстояниями 2.22, 1.57, 1.28, 1.11, 0.99.
2. Проиндифицировать рентгенограмму гексагонального вещества с межплоскостными расстояниями 2.82, 2.50, 1.87, 1.45, 1.42, 1.29, 1.25.
3. Проиндифицировать рентгенограмму тетрагонального вещества с межплоскостными расстояниями 4.04, 3.13, 2.85, 2.48, 2.11, 2.02, 1.93.
4. Каково соотношение интенсивности линий с четными и нечетными индексами у структур цинковой обманки и антимонида индия (структурный тип – цинковая обманка)? Проведите расчет для $H+K+L=4n$ и $H+K+L=4n+2$ отдельно.
5. Подобрать излучение, наиболее целесообразное для прецизионных измерений параметров элементарных ячеек Al ($a \approx 4.05 \text{ \AA}$), Ni ($a \approx 3.52 \text{ \AA}$), Cu ($a \approx 3.61 \text{ \AA}$), αFe ($a \approx 2.87 \text{ \AA}$) и Zn ($a \approx 4.95 \text{ \AA}$). Возможно использование $K\alpha$ излучения железа, кобальта, никеля и меди.
6. Рентгенограмма поликристаллического цинка получена в фокусирующей камере на медном излучении. Линии (0006) и ($21\bar{3}2$) образуют триплет: линия 0006 $K\alpha_2$ совпадает с линией ($21\bar{3}2$) $K\alpha_1$. Угол отражения $\theta = 69^\circ 30'$. Определить значения c/a , c и a для цинка.
7. Медь с золотом образуют непрерывный ряд твердых растворов: $a_{\text{Au}}=4,0786 \text{ \AA}$, $a_{\text{Cu}}=3,6150 \text{ \AA}$. Параметр ячейки определяется на дифрактометре, точность измерения угла $\Delta\theta = \pm 1'$. Исследование проводится на излучении $\text{Cu}K\alpha$. С какой точностью может быть определена концентрация твердого раствора в области, близкой к 50 атомным процентам?
8. Лауэграмма алюминия ($a = 4.049 \text{ \AA}$) получена в камере РКСО (расстояние от образца до пленки $D=40 \text{ мм}$) при напряжении 50 кВ. Отражение типа (113) находится на расстоянии $S_1=11,8 \text{ мм}$ от следа первичного пучка, отражение типа 211 на расстоянии $S_2=17 \text{ мм}$. Определить, какие наблюдаются порядки отражений и до какой величины нужно снизить напряжение, чтобы исчезло одно из указанных пятен.
9. Построить «теоретическую» лауэграмму монокристалла Al ориентации [001].
10. Построить «теоретическую» текстурogramму для вольфрамовой проволоки с аксиальной текстурой $\langle 110 \rangle$. Текстурogramма должна быть получена в камере РКСО на излучении $\text{Ag}K\alpha$ ($\lambda = 0.56 \text{ \AA}$). Расстояние от образца до пленки $D = 40 \text{ мм}$. Ограничиться первыми пятью дебаевскими кольцами.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Получение рентгеновских лучей, их природа. Основные свойства рентгеновских лучей.
2. Рентгеновские спектры. Излучение со сплошным спектром, его происхождение и свойства.
3. Характеристический спектр, теория его происхождения и закономерности.
4. Устройство рентгеновской трубки. Устройство рентгеновских аппаратов.
5. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество.
6. Закон ослабления интенсивности рентгеновских лучей при прохождении через вещество. Линейный и массовый коэффициенты ослабления.
7. Основы рентгеновской и гамма-дефектоскопии. Факторы, влияющие на ее чувствительность. Компенсаторы и их применение. Явление рассеяния. Когерентное и некогерентное (комптоновское) рассеяние рентгеновских лучей.
8. Дифракция рентгеновских лучей на кристалле.
9. Уравнение Вульфа-Брегга. Уравнение Вульфа-Брегга в обратной решетке
10. Уравнение Лауэ.

11. Геометрическая интерпретация дифракции с помощью сферы Эвальда. Методы исследования монокристаллов. Метод Лауэ. (2 ч).
12. Метод вращающегося монокристалла и его применение, объяснение происхождения слоевых линий на рентгенограмме в представлении обратной решетки.
13. Метод поликристалла (порошка). Аналитическое и графическое индиферирование рентгенограмм кристаллов кубической и средних сингоний. Определение периодов решетки.
14. Рентгеноструктурный качественный и количественный фазовый анализы. Количественный фазовый анализ. Анализ двухфазных композиций методом градуировочной кривой.
15. Определение содержания фазы в многофазной композиции методом подмешивания внутреннего стандарта. Метод внешнего стандарта.
16. Анализ текстурированных материалов, внутренних напряжений, процессов при нагреве деформированных материалов.
17. Классификация текстур. Полусные фигуры и их построение с помощью дифрактометра. Изучение аксиальной текстуры.
18. Ограниченные текстуры. Их анализ с помощью прямых полусных фигур. Обратные полусные фигуры и их использование для исследования текстур.
19. Анализ зональных напряжений. Определение внутренних напряжений с помощью рентгеновских лучей. Рентгеноанализ размера областей когерентного рассеяния и величины микродеформации при их совместном действии. Метод аппроксимации.
20. Анализ структурных изменений, происходящих при нагреве наклепанных металлов и сплавов.
21. Возврат. Рентгеноанализ процессов возврата.
22. Рекристаллизация. Рентгеноанализ процессов рекристаллизации.
23. Дифракция электронов. Геометрия дифракционной картины. Основные области применения электронографии. Дифракция медленных электронов.
24. Области применения нейтронографии. Времяпролетная нейтронография.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал более 8 баллов.

2. Оценка «Незачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Физика рентгеновских лучей. Источники рентгеновских лучей, монохроматоры и детекторы	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа,
2	Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа,
3	Интерференция рентгеновских лучей	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа
4	Основные методы рентгеноструктурного анализа	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа
5	Анализ текстурированных материалов, внутренних напряжений, процессов при нагреве деформированных материалов	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа
6	Применение дифракции электронов и нейтронов	ПВК-9, ПК-29	Тест, контрольная работа

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Лукин, А.А. Рентгенография металлов [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (18.1Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011.

2. Лукин, А.А. Структура и дифракционные методы анализа кристаллических материалов [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (18,0 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2013.

3. А.А. Лукин, Специальные методы исследования материалов. Учеб. пособ. Воронеж: Изд-во ГОУ ВПО ВГТУ, 2008. 133 с.

4. А.Т.Косилов, С.Ю. Вахмин, А.В. Король. Кристаллофизика. Учеб. пособ. Воронеж : Изд-во ГОУ ВПО ВГТУ, 2009. 143 с.

5. Келли А. Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. – М.: Мир, 1974.

6. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсам "Кристаллография, рентгенография, микроскопия" и "Специальные методы исследования

конструкционных материалов" для студентов специальностей 150702 "Физика металлов" и 200503 "Стандартизация и сертификация" очной формы обучения. Ч.2 / Каф. материаловедения и физики металлов; Сост.: А. А. Лукин, З. С. Лукина. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 34 с.

7. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсам "Кристаллография, рентгенография, микроскопия" и "Специальные методы исследования конструкционных материалов" для студентов специальностей 150702 "Физика металлов" и 200503 "Стандартизация и сертификация" очной формы обучения. Ч.1 / Каф. материаловедения и физики металлов; Сост.: А. А. Лукин, З. С. Лукина. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 45 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Обучающиеся могут при необходимости использовать возможности информационно-справочных систем, электронных библиотек и архивов.

Адрес электронного каталога электронно-библиотечной системы ВГТУ: <http://catalog2.vgasu.vrn.ru/MarcWeb2/>

Другие электронной информационно-образовательной ресурсы доступны по ссылкам на сайте ВГТУ-см. раздел Электронные образовательные информационные ресурсы. В их числе: библиотечные серверы в Интернет, серверы науки и образования, периодика в интернет, словари и энциклопедии.

- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://www.diss.rsl.ru>

- Электронно-библиотечная система «Лань» <http://www.e.lanbook.com3>

- Электронно-библиотечная система «Elibrary» <http://elibrary.ru>

- Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>

- Справочная правовая система Консультант Плюс. Доступна только в локальной сети ВГТУ

- Электронные ресурсы российских корпоративных библиотечных систем <http://www.arbikon.ru>

- Электронная библиотечная система ВГТУ <http://catalog.vgasu.vrn.ru/> MarcWeb2

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Учебные лаборатории:

«Лаборатория рентгеноструктурного анализа» (Рентгеновский дифрактометр ДРОН-2, рентгеновские камеры для съемки дебаеграмм и лауэграмм, рентгеновские трубки, детекторы рентгеновских квантов).

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

Натурные лекционные демонстрации:

– демонстрационные образцы кристаллов кальцита, кварца, сегнетовой соли, флюорита и др.

– модели кристаллических решеток ОЦК, ГЦК, ГП, CsCl, сфалерита, вюрцита, графита, кристобалита, рутила, флюорита, перовскита и др..

– сетки Вульфа, сетки Болдырева, стандартные проекции, справочная литература по физическим свойствам кристаллов.

– дебаеграммы, лауэграммы, рентгеновские дифрактограммы различных образцов.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Дифракционные методы исследования наноструктур» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков решения задач по рентгеноструктурному анализу. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.