

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВА-  
ТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт Технологий и инженерной механики  
Кафедра Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Директор  
Института Технологий и инженерной  
механики

  
Могильная Е.П.  
(подпись)

« 18 » 04 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МЕТОДЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ»**

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки «Материаловедение в машиностроении»,  
«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск - 2023

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы структурного анализа» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов- 19 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Общее материаловедение и технологии материалов» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02 июля 2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент кафедры материаловедения Дубасов В. М.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Рябичева Л.А.

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании Методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель методической комиссии

института Технологий и инженерной механики \_\_\_\_\_ Ясуник С.Н.

© Дубасов В. М., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины - формирование у бакалавров теоретических знаний о современных методах исследований материалов и процессов, изучение физических принципов и возможностей методов.

Задачи. Изучение основ техники и теории, условия проведения современного эксперимента; изучение методов кристаллооптического анализа; изучение спектральных методов исследования твердых тел; изучение методов определения химического состава функциональных материалов; изучение методов исследования поверхности; изучение методов термического анализа материалов; изучение методов исследования электрических и магнитных свойств материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Методы структурного анализа материалов» относится к модулю профессиональных дисциплин подготовки бакалавров и формирует специальные знания, умения и навыки будущих специалистов.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания дифференциального и интегрального исчисления, умения определить физический смысл полученных механических свойств и навыки расчета показателей механических свойств, полученных студентами при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Механика материалов и основы конструирования», «Физика конденсированного состояния» и служит основой для освоения дисциплин «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Теория и технология композиционных материалов», «Теория и технология порошковых материалов», «Теория и технология нанесения покрытий».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
<b>ПК-1.</b> Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки	<b>ПК-1.1.</b> Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки	знать: несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки уметь: анализировать несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки владеть: навыками анализа несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки

	<p><b>ПК-1.2.</b> Участвует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов уметь: разрабатывать средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов владеть: разработкой средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p>
	<p><b>ПК-1.3.</b> Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и управления ими</p>	<p>знать: текущий контроль несложных и сложных технологических процессов уметь: обеспечить текущий контроль несложных и сложных технологических процессов владеть: текущим контролем несложных и сложных технологических процессов</p>
<p><b>ПК.3.</b> Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов</p>	<p><b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве</p>	<p>знать: периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве уметь: выполнять периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве владеть: методами периодического контроля соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве</p>
	<p><b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>	<p>знать: методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства уметь: разрабатывать методики контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства владеть: навыками разработки методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>

	<b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявить причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>
--	--	--

## Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	<b>144 (4,0 зач. ед)</b>	<b>144(4,0 зач. ед)</b>
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	<b>68</b>	<b>12</b>
Лекции	51	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>76</b>	<b>132</b>
Итоговая аттестация	зачет	зачет

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1.** Металлографические методы исследования структуры. Макроструктурный анализ. Микроструктурный анализ. Фрактографический анализ. Основы световой оптической микроскопии. Принципиальная схема оптического микроскопа.

**Тема 2.** Методы микроскопического анализа металлов и сплавов. Метод косоугольного освещения. Метод темнопольного освещения. Исследование структуры в поляризованном свете. Метод фазового контраста. Метод интерференционного получения изображения. Количественные анализаторы микроструктуры. Основные задачи, решаемые методом микроструктурного анализа.

**Тема 3.** Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Прямой метод исследования. Косвенные методы электронной микроскопии.

Растровая электронная микроскопия. Принцип растровой электронной микроскопии (РЭМ). Физические основы растровой электронной микроско-

пии. Эффекты взаимодействия электронного луча с объектом. Отраженные, вторичные и поглощенные электроны. Разновидности растрового электронного микроскопа. Отражательный РЭМ. Просвечивающий РЭМ.

Устройство и принципиальная схема растрового электронного микроскопа. Термоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Принцип работы электронных линз.

Принципиальная схема растрового электронного микроскопа. Несовершенства электронной оптики. Особенности проведения исследований на РЭМ.

Регистрация вторичных и отраженных электронов. Изучение фазового состава и топографии поверхности. Подготовка объектов для исследования и требования к ним. Технические возможности растрового электронного микроскопа.

**Тема 4.** Рентгеноструктурный анализ. Основы физики рентгеновских лучей, их получение. Принцип работы и устройство рентгеновского аппарата. Свойства рентгеновских лучей. Основные задачи рентгеноструктурного анализа. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Метод Лауэ. Метод вращающегося монокристалла. Рентген анализ поликристаллических объектов (метод Дебая-Шеррера).

Методы дифрактометрического рентгеноструктурного анализа. Качественный рентгеноструктурный анализ. Идентификация однофазных веществ по данным о межплоскостных расстояниях. Количественный рентгеноструктурный анализ.

Применение рентгеноструктурного анализа в физическом металловедении. Рентгеноструктурный анализ стали после термической обработки. Рентгеноструктурный анализ искажений кристаллической решетки.

**Тема 5.** Электронография и нейтронография. Физические основы и методология электронографического анализа. Нейтронография.

**Тема 6.** Спектральный анализ материалов. Физические основы оптической спектроскопии. Приборы для спектрального анализа. Основные методы оптического спектрального анализа. Источники ошибок при проведении оптико-спектрального анализа. Рентгеноспектральный анализ материал (физический смысл). Достоинства рентгеноспектрального анализа материалов. Аппаратура для рентгеноспектрального анализа материалов.

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА). Физические основы и применение.

**Тема 7.** Термический анализ. Простой термический анализ. Дифференциальный термический анализ. Аппаратура для термического анализа.

**Тема 8.** Неразрушающие методы контроля. Рентгеновская дефектоскопия, физические основы и применение. Ультразвуковая дефектоскопия, физические основы и применение.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Металлографические методы исследования структуры	6	1
2	Методы микроскопического анализа металлов и сплавов	6	1
3	Электронная микроскопия.	6	2
4	Рентгеноструктурный анализ.	7	2
5	Электроннография и нейтронография	7	1
6	Спектральный анализ материалов	7	1
7	Термический анализ.	6	
8	Неразрушающие методы контроля	6	
<b>Итого:</b>		<b>51</b>	<b>8</b>

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Металлографические методы исследования структуры	2	
2	Основные задачи, решаемые методом микроструктурного анализа.	2	1
3	Принцип растровой электронной микроскопии (РЭМ). Физические основы растровой электронной микроскопии.	2	-
4	Принципиальная схема растрового электронного микроскопа. Особенности проведения исследований на РЭМ.	2	1
5	Рентгеноструктурный анализ. Основы физики рентгеновских лучей, их получение.	2	
6	Методы дифрактометрического рентгеноструктурного анализа. Качественный рентгеноструктурный анализ.	3	1
7	Методы дифрактометрического рентгеноструктурного анализа. Идентификация однофазных веществ по данным о межплоскостных расстояниях	4	1
<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>4</b>

### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Металлографические методы исследования структуры	Самостоятельный поиск источников информации. Подготовка к практическим, Выполнение контрольной работы (для студентов заочного отделения)	8	16
2	Методы микроскопического анализа металлов и сплавов		8	18
3	Электронная микроскопия.		10	16
4	Рентгеноструктурный анализ.		10	16
5	Электроннография и нейтронография		10	16

6.	Спектральный анализ материалов	10	16
7.	Термический анализ.	10	16
8	Неразрушающие методы контроля	10	18
	Итого	<b>76</b>	<b>132</b>

**4.7. Курсовые работы/проекты** по дисциплине «Методы структурного анализа» не предполагаются учебным планом.

## **5. Образовательные технологии**

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационные технологии, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Вознесенский Э.Ф., Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. - ISBN 978-5-7882-1545-7 Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - ЦКБ : [11Пр:Ау\у\у.8111сеп1Ньгагу.Г11/Book/1ВВА9785788215457.11т1](http://11Пр:Ау\у\у.8111сеп1Ньгагу.Г11/Book/1ВВА9785788215457.11т1) (дата обращения: 20.04.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Практика металлографического исследования материалов [Электронный ресурс] / А.Г. Анисович, И.Н. Румянцева - Минск : Беларус. наука, 2013. - [11Пр:Ау\у\у.8111сеп1Ньгагу.Г11/Book/1В1^9789850816030.Ыт1](http://11Пр:Ау\у\у.8111сеп1Ньгагу.Г11/Book/1В1^9789850816030.Ыт1)

3. Кларк Э.Р., Микроскопические методы исследования материалов / Кларк Эшли Р., Эберхардт Колин Н. - М. : Техносфера, 2007. - 376 с. - ISBN 978-5-94836-121-5 Текст:

электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - ЦКБ : 11Пр7Ау\у.А1|Сеп11Бгагу.Г11/Боок/1ВВА9785948361215.]]1т1 (дата обращения: 20.04.2020). - Режим доступа : по подписке.

**б) дополнительная литература:**

1. Введенский В.Ю., Экспериментальные методы физического материаловедения: моногр. / В.Ю. Введенский, А.С. Лилеев, А.С. Перминов. - М. : МИ- СиС, 2011. - 310 с. - 1Ж№ 978-5-87623-414-8 - Текст : электронный //ЭБС "Консультант студента":[сайт].КБ:]]Пр://\у\у.А11с1еп1Ньгагу.Г11/Боок/1ВВА9785876234148.]]1т1 (дата обращения: 20.04.2020). - Режим доступа: по подписке.

2. Бублик В.Т., Дубровина А.Н. Методы исследования структуры полупроводников и металлов. Уч. пособ. Для вузов. М., Металлургия, 1978. 272 с.

3. Дифракционный и резонансный структурный анализ (рентгено-, электроно-, нейтроно-, мессбауэрография и мессбауэровская спектроскопия). Жданов Г.С., Илюшин А. С., Никитина С. В. - М.: Наука. Главная редакция Физикоматематической литературы. 1980. - 254 с.

4. Кульков С.Н. Современные методы анализа в материаловедении: учебное пособие / С.Н. Кульков, С.П. Бужкова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 84 с.

5. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н.: Учеб. пособие для вузов. - М.: МИСИС, 1994. - 328 с.

6. Никитенков Н.Н. Основы анализа поверхности твердых тел методами атомной физики: учебное пособие / Н.Н. Никитенков; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 203 с.

**в) методические указания:**

1. Королев, А. П. Методы структурного анализа [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению лабораторных работ для бакалавров, обучающихся по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» дневной и заочной форм обучения / А. П. Королев. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. - 1 электрон. опт. диск (С<sup>^</sup>-КОМ). - Системные требования : ПК не ниже класса РепИит II ; С<sup>^</sup>-КОМ-диск 14,8 МБ ; КАМ ; ^тс1о\5 95/98/XP ; мышь. - Загл. с экрана.

2. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Методы структурного анализа материалов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов. /Сост.: Е.П. Могильная. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2012.

3. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы структурного анализа материалов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов. /Сост.: Е.П. Могильная. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2014.

**г) интернет-ресурсы:**

г) Интернет-ресурсы: Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su> Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru> 10 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/> ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/> Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x> Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Методы структурного анализа материалов» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет; Образцы, микрошлифы и оборудование для их подготовки; Перечень наглядных пособий и технических средств обучения.

### Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Методы структурного анализа материалов»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	<b>ПК-1.</b>	Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки	<b>ПК-1.1.</b> Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки	Тема 3. Электронная микроскопия Тема 4. Рентгеноструктурный анализ.	4
			<b>ПК-1.2.</b> Участствует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки	Тема 1. Металлографические методы исследования структуры. Тема 2. Методы микроскопического анализа металлов и сплавов.	
			<b>ПК-1.3.</b> Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и управления ими	Тема 1. Металлографические методы исследования структуры. Тема 2. Методы микроскопического анализа металлов и сплавов.	
2	<b>ПК-3.</b>	Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных про-	<b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом	Тема 5. Электронография и нейтронография. Тема 6. Спектральный анализ материалов.	4

		цессов	производстве	
			<b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства	Тема 7. Термический анализ.
			<b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства	Тема 8. Неразрушающие методы контроля.

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	<b>ПК-1.</b> Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки	<b>ПК-1.1.</b> Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки	знать: несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки уметь: анализировать несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки владеть: навыками анализа несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки	Тема 3. Электронная микроскопия Тема 4. Рентгеноструктурный анализ.	Вопросы для сдачи практических занятий, зачета

		<p><b>ПК-1.2.</b> Участствует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов уметь: разрабатывать средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов владеть: разработкой средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p>	<p>Тема 1. Металлографические методы исследования структуры. Тема 2. Методы микроскопического анализа металлов и сплавов.</p>	
		<p><b>ПК-1.3.</b> Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и управления ими</p>	<p>знать: текущий контроль несложных и сложных технологических процессов уметь: обеспечить текущий контроль несложных и сложных технологических процессов владеть: текущим контролем несложных и сложных технологических процессов</p>	<p>Тема 1. Металлографические методы исследования структуры. Тема 2. Методы микроскопического анализа металлов и сплавов.</p>	
1.	<p><b>ПК.3.</b> Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов</p>	<p><b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве</p>	<p>знать: периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве уметь: выполнять периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве владеть: методами периодического контроля соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве</p>	<p>Тема 5. Электронография и нейтронография. Тема 6. Спектральный анализ материалов.</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, зачета</p>

		<p><b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>	<p>знать: методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать методики контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p> <p>владеть: навыками разработки методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>	<p>Тема 7. Термический анализ.</p>	
		<p><b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявить причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>Тема 8. Неразрушающие методы контроля.</p>	

### Задания для практических занятий

#### Занятие 1. Металлографические методы исследования структуры.

Показать, что для гексагональной плотноупакованной структуры  $c/a = 1,633$ . Рассчитать углы между плоскостями:  $a = (0001)$  и  $(10\ 1\ 1)$ ,  $0 = (0001)$  и  $(112\ 1)$ .

Имеется кристалл, содержащий три взаимно перпендикулярные неэквивалентные плоскости симметрии. Определить набор элементов симметрии, сингонию и класс симметрии. Построить гомосереографическую проекцию.

Полагая атомы жесткими сферами радиуса  $r$ , оценить насколько изменится радиус атома металла, имеющего ОЦК решетку, если при  $77\text{ K}$   $a = 3,46\text{ \AA}$ , а при  $293\text{ K}$   $a = 3,51\text{ \AA}$ .

Плотность серебра  $10,5403\text{ кг/м}^3$ , атомный вес  $107,868$ . Определить число атомов в единице объема и постоянную решетки.

Записать выражение для определения угла между направлениями  $[k_1k_1l_1]$  и  $[l_1k_1l_1]$  для кристаллов кубической и ромбической сингоний. Показать, что плоскость  $(111)$  перпендикулярна направлению  $[kH]$  в кубическом кристалле и не перпендикулярна в ромбическом.

На рис. приведена ромбоэдрическая ячейка и связанная с ней гексагональная. Определить условия преобразования осей и индексов при переходе от ромбоэдрической к гексагональной ячейке.

Определить векторы обратной решетки для ромбоэдрического кристалла висмута. Постоянная решетки висмута  $a=4,745 \text{ \AA}$ ,  $\alpha=57^\circ 14'$ .

Рассчитать равновесную концентрацию дефектов в кристалле по Шоттки и по Френкелю.

**Задание 2. Основные задачи, решаемые методом микроструктурного анализа.**

Сравнить фото структур сплавов, выданных преподавателем. Сделать анализ.

**Задание 3. Принцип растровой электронной микроскопии (РЭМ). Физические основы растровой электронной микроскопии.**

Охарактеризовать основные принципы растровой электронной микроскопии.

Описать физические основы растровой электронной микроскопии.

**Задание 4. Принципиальная схема растрового электронного микроскопа. Особенности проведения исследований на РЭМ.**

Изучить схему растрового электронного микроскопа

Изучить задачи, решаемые на растровом электронном микроскопе.

**Задание 5. Рентгеноструктурный анализ. Основы физики рентгеновских лучей, их получение.**

Изучить возможности рентгеноструктурного анализа в области материаловедения.

Установить основные физические закономерности, лежащие в основе работы микроскопа.

**Задание 6. Методы дифрактометрического рентгеноструктурного анализа. Качественный рентгеноструктурный анализ.**

На дифрактограмме порошка вещества, имеющего кубическую решетку, снятой в железном излучении, наблюдались рефлексы при углах Вульфа - Брэгга  $15,8^\circ$ ;  $18,3^\circ$ ;  $26,4^\circ$ ;  $31,4^\circ$ ;  $33,0^\circ$ ;  $39,0^\circ$ ;  $43,3^\circ$ ;  $44,7^\circ$ . Определить индексы этих рефлексов. Рассчитать постоянную решетки. Определить число молекул в ячейке, если  $\rho=8,3040 \text{ кг/м}^3$  и молекулярный вес 292. Длина волны железного излучения  $\lambda_{\text{K}\alpha}=1,935 \text{ \AA}$ .

Рассчитать структурную амплитуду, структурный фактор и определить законы погасаний для решетки типа алмаза. Координаты базиса  $[[000, 1/4 \ 1/4 \ 1/4]]$ .

На рис. приведена структура полупроводникового кристалла  $\text{Si}_2\text{O}$ , характеризующегося пространственной группой  $R\bar{3}m$ . Определить, какие из правильных систем точек могут быть заняты атомами меди и какие атомами кислорода. ( $\rho_{\text{Si}_2\text{O}}=6,240 \text{ кг/м}^3$ ;  $a=4,25 \text{ \AA}$ .)

Определить постоянную решетки сплава, состоящего из 82%  $\text{Al}$  и 18%  $\text{Si}$ , если  $a_{\text{Al}}=4,07 \text{ \AA}$  и  $a_{\text{Si}}=3,607 \text{ \AA}$ .

При съемке на дифрактометре в медном излучении в качестве селективного фильтра используется никель. Определить, насколько уменьшится интенсивность  $K\alpha$  и  $K\beta$  излучений. Толщина фильтра  $0,0021 \text{ см}$ ,  $\rho_{\text{Ni}}=8,94 \text{ кг/м}^3$ .

Рассчитать угол установки и толщину кристалла кремния, используемого для монохроматизации  $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Кристалл срезан по плоскости (111),  $d_{111}=5,4308 \text{ \AA}$ ,  $\rho=2,3340 \text{ кг/м}^3$ ,  $\mu=140,9$ .

Определить ошибки при измерении интенсивности на дифрактометре УРС-50 ИМ. Использовались два метода: метод постоянного числа импульсов ( $N_1=10^4$  и  $N_2=10^5$

импульсов); измерение интенсиметром с КС, равной 2 и 8 с ( $B_1=10^2$  и  $B_2=10^3$ имп/с).

**Задание 7. Методы дифрактометрического рентгеноструктурного анализа. Идентификация однофазных веществ по данным о межплоскостных расстояниях**

При нагревании образца из свинца от  $20^\circ$  до  $320^\circ\text{C}$  угловое положение линии (331) изменилось от  $O_{20}=42,8$  на  $O_{320}=42,7^\circ$ . Линейные размеры образца при этом увеличились на  $19,7 \cdot 10^{-4}$ . Рассчитать концентрацию вакансий при температуре  $320^\circ\text{C}$ . Съемка проводилась в медном излучении ( $X_{ka}=1,542 \text{ \AA}$ ).

Определить спектральную чувствительность пленки РТ-1 при просвечивании изделия рентгеновскими лучами при напряжении 100 кВ и плотности почернения пленки  $\Delta=2,5$ .

Определить контраст пленки РТ-5 при плотности почернения пленки  $B=2,4$ .

Определить эквивалентную толщину базового материала при контроле изделия из никеля толщиной 30 мм при контроле рентгеновскими лучами.

Определить чувствительность при контроле изделия из стали толщиной 45 мм при контроле рентгеновскими лучами с использованием канавочного эталона чувствительности №2, если  $ув=4,2$ ;  $D_{от} 0,015$ ;  $ОД 0,8$  мм.

На рентгеновском снимке проконтролированного участка сварного шва видна цепочка пор диаметром 2 мм на протяжении 50 мм и отдельная трещина длиной 35 мм. Сделайте запись в заключении.

Определить размер дефекта по глубине, если на рентгеновском снимке проконтролированного участка сварного шва с высотой усиления 3,2 мм видна канавка глубиной 1,25 мм в эталоне №2 (толщина эталона 4 мм).

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – задания по практическим занятиям**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)**

1. Происхождение дефектов.
2. Влияние дефектов кристаллической решетки на свойство материалов.
3. Свойства и природа рентгеновского излучения.
4. Возникновение и природа рентгеновских лучей.
5. Сплошной спектр рентгеновского излучения.
6. Характеристическое рентгеновское излучение.

7. Рентгенодифракционные методы.
8. Рентгеноспектральные методы.
9. Рассеяние рентгеновских лучей атомами.
10. Соотношения Лауэ.
11. Растровая электронная микроскопия.
12. Подготовка образцов для исследования на растровом электронном микроскопе.
13. Просвечивающая электронная микроскопия.
14. Взаимодействие электронов с веществом.
15. Капиллярная дефектоскопия и виды дефектов.
16. Электромагнитные, магнитопорошковые и феррозондовые методы
17. Размагничивание изделий.
18. Магнитное поле. Основы феррозондового контроля. Силовые линии магнитного поля.
19. Магнитные величины.
20. Обнаружение дефектов.
21. Феррозондовый метод.
22. Намагничивание деталей.
23. Вихретоковые методы.
24. Акустические методы.
25. Акустические волны и их распространение.
26. Акустические методы контроля.
27. Оценка структуры металлов ультразвуковым методом.
28. Метод акустической эмиссии.
29. Радиационные методы.
30. Источники и свойства ионизирующего излучения.
31. Современное состояние вопроса. Выбор методов неразрушающего контроля при дефектоскопии.
32. Прямой и косвенные методы электронной микроскопии.
33. Принцип растровой микроскопии (РЭМ) и его основные преимущества.
34. Разновидности РЭМ. Источники ошибок при проведении оптико-спектрального анализа
35. Термоэлектронная эмиссия.
36. Автоэлектронная эмиссия.
37. Несовершенства электронной оптики.
38. Подготовка объектов для исследований РЭМ.
39. Принцип работы и устройство рентгеновского аппарата.
40. Основные методы рентгеноструктурного анализа.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «зачет»

Критерий оценивания	Зачет
Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в	

ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы	Не зачтено

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)