

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

Каракозов А.А.

(подпись)

«31» 03 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.13 "РЕНТГЕНОГРАФИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ"**

Направление подготовки: 22.03.01. «Материаловедение и технологии материалов»
 Направленность (профиль): Металловедение и термическая обработка металлов
 Программа: бакалавриат
 Форма обучения: очная, заочная

Форма обучения:	очная	заочная
Семестр(ы)	6	7
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4 / 144	4 / 144
Контактная работа (час.), в том числе:	72	20
лекции (час.)	34	6
лабораторные работы (час.)	-	-
практические (семинарские) занятия (час.)	34	8
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	36	106
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 36 час.	экзамен, 18 час.

Донецк, 2023

Рабочая программа дисциплины «Рентгенография и электронная микроскопия» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 22.03.01. «Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) «Металловедение и термическая обработка металлов» для 2023 года приёма по очной и заочной форме обучения.

Составитель:

Доцент кафедры «Физическое материаловедение»,
к.т.н., доцент



Петрущак С.В.

Рабочая программа **рассмотрена и утверждена** на заседании кафедры «Физическое материаловедение».

Протокол от « 23 » марта 2023 года № 6

Заведующий кафедрой  - Егоров Н.Т.

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией ГОУВПО ДонНТУ по направлению подготовки 22.03.01. «Материаловедение и технологии материалов»

Протокол от « 23 » марта 2023 года № 6

Председатель  - Егоров Н.Т.

Рабочая программа **продлена** для 20____ года приёма на заседании кафедры «Физическое материаловедение»

Протокол от « ____ » _____ 20____ года № _____

Заведующий кафедрой _____ Егоров Н.Т.

Рабочая программа **продлена** для 20____ года приёма на заседании кафедры «Физическое материаловедение»

Протокол от « ____ » _____ 20____ года № _____

Заведующий кафедрой _____ Егоров Н.Т.

Рабочая программа **продлена** для 20____ года приёма на заседании кафедры «Физическое материаловедение»

Протокол от « ____ » _____ 20____ года № _____

Заведующий кафедрой _____ Егоров Н.Т.

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – обретение студентами навыков использования современных средств рентгенографического и электронно-микроскопического анализа для решения задач контроля качества, исследования и разработки материалов и технологических процессов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: - принципы световой и электронно-оптической микроскопии и основные качественные и количественные средства изучения структуры; основы теории дифракции рентгеновских лучей и электронов на кристаллических решетках; основные средства рентгеноструктурного и электронно-графического исследования материалов; принципы работы и эксплуатации современных приборов для структурного анализа; возможности основных средств структурного анализа материалов;

уметь: - использовать основные средства структурного анализа для решения задач контроля качества, исследования и разработки материалов и технологических процессов; расшифровывать информацию, полученную с помощью средств рентгеноструктурного, электронно-графического и электронно-микроскопического анализов; анализировать результаты комплексных материаловедческих исследований по использованию разнообразных средств структурного анализа;

владеть: - навыками работы с диаграммами состояния металлов и сплавов, диаграммами фазовых и структурных превращений в материалах разных классов, диаграммами, отражающими взаимосвязь между составом или структурой и свойствами материала; основными методиками металлографического, рентгеноструктурного, рентгеноспектрального и электронно-микроскопического анализа.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен на основе системного подхода применять основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования структуры и свойств металлических, неметаллических, композиционных и порошковых материалов в научно-исследовательской и производственной деятельности (ПК-1);
- способен выполнять качественный и количественный структурный и фазовый анализ, анализ состава фаз в материалах с использованием методов оптической, электронной, ионной микроскопии, рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализа (ПК-2).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: высшая математика, физика, химия, физическая химия, кристаллография, дефекты кристаллического строения, теоретические основы материаловедения.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении таких дисциплин - теория термической обработки металлов; порошковые и композиционные материалы; стали и сплавы с особыми свойствами; цветные металлы и сплавы, а также при выполнении курсового проекта, прохождении учебной и производственной практик, прохождении государственной итоговой аттестации.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная / заочная форма обучения)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СР
Тема 1. Характеристика дифракционных методов исследования структуры	9 / 10	4 / 1	0 / 0	2 / 0	3 / 9
Тема 2. Основы физики рентгеновских лучей	11 / 9	4 / 0	0 / 0	4 / 0	3 / 9
Тема 3. Основные закономерности дифракции	9 / 13	2 / 1	0 / 0	4 / 1	3 / 11
Тема 4. Общая характеристика основных методов рентгеноструктурного анализа (РСА)	10 / 13	2 / 1	0 / 0	4 / 1	4 / 11
Тема 5. Прецизионное определение периодов кристаллической решетки	12 / 13	4 / 1	0 / 0	4 / 1	4 / 11
Тема 6. РСА внутренних напряжений и определения размеров зерен и блоков	14 / 14	4 / 1	0 / 0	6 / 2	4 / 11
Тема 7. Фазовый рентгеноструктурный анализ	10 / 13	2 / 1	0 / 0	4 / 1	4 / 11
Тема 8. Рентгеноанализ твердых растворов и текстур	10 / 12	4 / 0	0 / 0	2 / 1	4 / 11
Тема 9. Рентгеноспектральный и микро-рентгеноспектральный анализ	12 / 12	4 / 0	0 / 0	4 / 1	4 / 11
Тема 10. Электронная микроскопия и электроннография	5 / 11	2 / 0	0 / 0	0 / 0	3 / 11
Контактная работа (дополнительная)	4 / 6				
Курсовая работа	0 / 0				0 / 0
Итого по видам занятий	108 / 126	34 / 6	0 / 0	34 / 8	36 / 106
Контроль	36 / 18				
ИТОГО	144 / 144	34 / 6	0 / 0	34 / 8	36 / 106

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-1	Темы 1 - 5, 7.
ПК-2	Темы 1 - 12.

3.2. Лекции

Тема 1. Характеристика дифракционных методов исследования структуры

Содержание темы 1. Общая характеристика дифракционных исследовательских приемов структуры конденсированных фаз. Их возможности и особенности применения.

Литература к теме 1. [\[1, 2, 3, 4, 5, 8\]](#)

Тема 2. Основы физики рентгеновских лучей

Содержание темы 2. Природа, основные свойства и получение рентгеновских лучей. Методы регистрации ионизирующего излучения. Спектральный состав рентгеновского излучения. Квантовая теория сплошного спектра. Возбуждение характеристического рентгеновского излучения, потенциал возбуждения. Состав характеристического спектра, природа дублетности K_α излучения.

Явления, которые происходят при прохождении рентгеновских лучей сквозь вещество. Классическое и квантовое рассеяние, вторичное характеристическое излучение. Основной закон ослабления рентгеновских лучей, линейные и массовые коэффициенты, скачок коэффициента ослабления.

Литература к теме 2: [\[1, 2, 3, 4, 5, 8\]](#)

Тема 3. Основные закономерности дифракции

Содержание темы 3. Интерференция лучей, рассеянных атомным рядом, плоскостью и трехмерной решеткой. Уравнение Лауэ. Формула Вульфа-Брегга. Интенсивность рентгеновских интерференций. Факторы, которые влияют на интенсивность. Структурная амплитуда и структурный фактор.

Литература к теме 3: [\[1, 2, 3, 4, 5, 8\]](#)

Тема 4. Общая характеристика основных методов рентгеноструктурного анализа (РСА)

Содержание темы 4. Методы анализа монокристаллов. Метод неподвижного кристалла, метод вращения кристалла, метод качания. Определение симметрии и ориентирования. Методы анализа поликристаллов. Объекты исследования и их подготовка. Выбор излучения и режимов съемки. Образование конусов дифракции. Типы съемок и камеры для структурного анализа. Теоретический расчет рентгенограмм. Индексирование рентгенограмм от веществ кубической, тетрагональной и гексагональной сингоний.

Литература к теме 4: [\[1, 2, 3, 4, 5, 8\]](#)

Тема 5. Прецизионное определение периодов кристаллической решетки

Содержание темы 5. Принципы и основные методики прецизионного определения периодов кристаллической решетки. Камеры для съемки. Особенности дифрактометрии. Нахождение центра тяжести рентгеновской дифракционной линии.

Литература к модулю 5: [\[1, 2, 3, 4, 5, 8\]](#)

Тема 6. РСА внутренних напряжений и определения размеров зерен и блоков

Содержание темы 6. Классификация внутренних напряжений по Н.Н.Давиденкову. Определение макронапряжений. Экономичность неразрушающих методов определения зональных напряжений в крупногабаритных изделиях. Рентгеноанализ субмикроструктуры. Определение размеров областей когерентного рассеяния (ОКР). Формула Селякова-Шеррера. Определение величины микродеформации по ширине интерференционной линии. Определение размеров ОКР и величины микроискажений методом аппроксимации. Разделение K_α - дублета. Определение физической ширины линии. Раздельное определение макронапряжений и размеров блоков. Гармоничный анализ профиля линии. Определение плотности дис-

локаций. Рентгеноанализ процессов наклепа. Влияние процессов возврата, полигонизации, первичной и собирательной рекристаллизации на рентгенограмму поликристалла.

Литература к теме 6: [1, 2, 3, 4, 5, 8]

Тема 7. Фазовый рентгеноструктурный анализ

Содержание темы 7. Качественный анализ фазового состава материала. Метод количественного фазового анализа (гомологических пар, подмешивание, независимого эталону, безэталонные). Особенности анализа карбидных и интерметаллидных фаз.

Литература к теме 7: [1, 2, 3, 4, 5, 8]

Тема 8. Рентгеноанализ твердых растворов и текстур

Содержание темы 8. Определение типа твердого раствора. Рентгенографическое определение границы растворимости. Анализ упорядоченных твердых растворов. Исследование процессов распада пересыщенных твердых растворов. Исследование преобладающих ориентирований. Типы и полюсные фигуры текстур. Связь между рентгенограммой и полюсной фигурой.

Литература к теме 8: [1, 2, 3, 4, 5, 8]

Тема 9. Рентгеноспектральный и микрорентгеноспектральный анализ

Содержание темы 9. Микрорентгеноспектральный анализ, его возможности и использование для определения состава фаз многокомпонентных и многофазных систем. Основные методики и краткая характеристика существующих приборов. Эмиссионный, флуоресцентный и адсорбционный метод рентгеноспектрального анализа.

Литература к теме 9: [1, 2, 3, 4, 5, 8]

Тема 10. Электронная микроскопия и электронография

Содержание темы 10. Принцип действия и оптическая система электронных микроскопов. Формирование изображения, микродифракция. Методы изготовления и исследование объектов. Задачи, которые решаются с помощью электронной микроскопии реплик и фольг. Растровая электронная микроскопия. Особенности формирования изображения в поглощенных, отраженных и вторичных электронах. Задачи, которые решаются с помощью РЕММА. Фазовый анализ с помощью электронограмм.

Литература к теме 10: [1, 2, 3, 4, 5, 8]

3.3. Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литература
	Практические занятия по дисциплине не планируются.		

3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов	4 / 0	[5, 6, 8]
2	Ослабление рентгеновских лучей при прохождении через вещество	4 / 1	[5, 6, 8]
3	Расчеты дифракции рентгеновских лучей	4 / 1	[5, 6, 8]
4	Индицирование рентгенограмм поликристаллов, снятых методом фоторегистрации	2 / 1	[5, 6, 8]
5	Расшифровка дифрактограмм поликристаллов	4 / 0	[5, 6, 8]
6	Выбор условий съемки для прецизионного определения периода кристаллической решетки	2 / 1	[5, 6, 8]
7	Рентгенографическое определение зональных напряжений	4 / 1	[5, 6, 8]

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
8	Рентгеноанализ тонкой кристаллической структуры методом аппроксимации	4 / 1	[5, 6, 8]
9	Качественный фазовый рентгеноструктурный анализ	2 / 1	[5, 6, 8]
10	Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ	2 / 1	[5, 6, 8]
11	Определение степени тетрагональности мартенсита закаленной стали и содержания в ней углерода	4 / 0	[5, 6, 8]
Итого		34 / 8	

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	17 / 61
2	Подготовка к практическим занятиям	0 / 0
3	Подготовка к лабораторным работам	19 / 36
4	Выполнение курсового проекта	0 / 0
5	Выполнение курсовой работы	0 / 0
6	Выполнение индивидуального задания	/ 9
Итого:		36 / 106

3.6. Курсовой проект (работа) или индивидуальное задание

Для студентов заочного обучения планируется одно индивидуальное задание (контрольная работа студента-заочника) с объемом учебной нагрузки не менее 9 часов. Целью выполнения данного ИДЗ является усвоение студентами теоретических сведений дифракционных методов исследования количественных характеристик параметров металлических материалов. При выполнении ИДЗ необходимо решить ряд практических задач, которые касаются основных методик рентгеноструктурного анализа.

О выполнении индивидуального задания сообщается студентам в начале семестра, а условия к заданию предоставляется в течение месяца после начала учебного семестра после изучения соответствующего лекционного материала и/или изучения материала, который не рассматривается на лекциях. Сдача индивидуального задания осуществляется не позднее, чем за две недели до окончания учебного семестра. Выполнение индивидуального задания осуществляется в часы СРС.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 12 страниц формата А4 (210x297 мм), шрифт Times New Roman 12 пт, межстрочный интервал – одинарный.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую литературу, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Природа вторичного характеристического излучения.
2. Что такое селективно поглощающий фильтр и которыми являются принципы его действия и подбора?
3. Общая характеристика и назначение рентгеновских аппаратов.
4. Сравнить принципы действия ионизационных и сцинтиляционных счетчиков
5. Особенности в назначении и конструкции дифрактометра.
6. Использование рентгеновских лучей для исследований и контроля качества в материаловедении.
7. Практическое использование скачка коэффициента поглощения.
8. Линейный и массовый коэффициенты ослабления.
9. Условия возникновения характеристического рентгеновского излучения, потенциалы возбуждения.
10. Охарактеризовать методы регистрации рентгеновских лучей с помощью счетчиков.
11. Состав $K\alpha$ -серии характеристического излучения, природа дублетности $K\alpha$ излучение.
12. Природа вторичного характеристического излучения.
13. Природа скачка коэффициента поглощения
14. Охарактеризовать процессы, которые происходят во время взаимодействия рентгеновских лучей с веществом
15. Непрерывный спектр. Его теоретические основы и закономерности.
16. Дать характеристику метода фоторегистрации рентгеновских лучей
17. Охарактеризуйте возможные варианты вывода информации относительно дифракционной картины на дифрактометре.
18. Природа и основные свойства рентгеновских лучей.
19. Принцип действия и строение электронных рентгеновских трубок.
20. Ослабление рентгеновских лучей во время прохождения сквозь вещество. Основной закон ослабления.
21. Спектральный состав рентгеновского излучения.
22. Механизм классического рассеяния.
23. Внутренние напряжения, Их классификация и влияние на дифракционную картину.
24. Макронапряжение и их определение с помощью РСА.
25. Микронапряжение и их влияние на дифракционную картину.
26. По каким признакам и почему выбирают условия съемки для определения напряжений первого рода?
27. Объяснить, почему и как напряжение первого и второго рода по-разному влияют на дифракционную картину.
28. Объяснить, как и почему влияют на дифракционную картину размеры ОКР.
29. Что дает возможность раздельно определять величину микронапряжений и размеры ОКР?
30. Рентгеноструктурный анализ текстур.
31. РСА процессов, которые происходят во время нагрева деформированного металла.
32. Как раздельно определяют степень микроискажений кристаллической решетки и размер ОКР?
33. Рентгеноструктурный анализ упорядоченных твердых растворов.
34. Рентгеноструктурный анализ термически обработанной стали.
35. Как и почему отличаются дифракционные картины феррита и мартенсита.
36. Определение степени тетрагональности мартенсита.
37. Определение количества остаточного аустенита в закаленных сталях.
38. Косвенный исследовательский прием в ПЕОМ и изготовление образцов для него.
39. Как при определении параметров тонкой структуры учитывают геометрические факторы уширения дифракционных линий?
40. Полупрямой исследовательский прием в ПЕОМ и изготовление образцов для него.
41. Какие факторы влияют на ширину дифракционных линий?

42. Определение границы растворимости твердых растворов на диаграммах состояния с помощью РСА.
43. Определение типа твердого раствора с помощью РСА.
44. Прямой исследовательский прием в ПЕОМ и изготовление образцов для него.
45. Как и почему рассчитывают параметры настройки камеры КРОСС?
46. Охарактеризовать метод гомологических пар.
47. Безэталонные методы количественного фазового анализа.
48. Условия применения безэталонных и эталонных методов количественного фазового анализа.
49. Эталонные методы количественного фазового анализа.
50. Чувствительность количественного фазового анализа.
51. Качественный фазовый анализ.
52. На чем основан качественный фазовый анализ?
53. Количественный фазовый анализ и его методы.
54. Рентгеноспектральный анализ. Общие принципы и возможности.
55. Рентгеноспектральный анализ и его принципы.
56. Разновидности рентгеноспектрального анализа и их возможности.
57. Микрорентгеноспектральный анализ.
58. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки.
59. Просвечивающая электронная микроскопия, ее принципы.
60. Растровая электронная микроскопия, ее принципы и возможности
61. Природа $K\alpha$ - излучение и методы разделения $K\alpha$ дублета.
62. Зачем для определения параметров тонкой структуры надо снимать профили двух рентгеновских интерференций?

Задачи на такую тематику:

- расчеты из ослабления рентгеновских лучей;
- выбор излучения при съемке рентгенограмм и других исследованиях;
- графическое изображение спектров рентгеновского излучения, которые возникают при указанных в задаче различиях потенциалов на трубках и указанных материалах зеркал аноду;
- выбор материала и расчет толщины селективно-поглощающего фильтра по заданным параметрам;
- описание средств регистрации рентгеновских лучей;
- анализ разницы в поведении разных металлов при попадании на них рентгеновского излучения с указанными параметрами;
- определение коэффициента повторяемости по заданным параметрам;
- описание способов получения рентгеновского излучения;
- сравнение природы возникновения первичного и вторичного характеристического рентгеновского излучения;
- характеристика наиболее распространенных камер для рентгеноструктурного анализа.

Задачи на такую тематику:

- определение углового расстояния между указанными в задаче линиями рентгенограммы при указанных условиях;
- определение расположения линий рентгенограммы указанного металла по положению одной из них;
- определение материала образца по данным о положении линий рентгенограммы;
- рекомендации относительно изменения условий съемки во избежание перекрывания близко расположенных линий.

Пример экзаменационного билета

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»	
Уровень высшего профессионального образования:	бакалавриат (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Направление подготовки: 22.03.01	Материаловедение и технологии материалов (код, название)
Направленность (профиль):	Металловедение и термическая обработка металлов, (название)
Семестр:	шестой
Учебная дисциплина:	Рентгенография и электронная микроскопия

БИЛЕТ № 1

1. Роль методов структурного анализа в решении задач исследования и разработки новых материалов.
2. Рентгеноструктурный анализ термически обработанной стали.
3. Получение рентгеновских лучей для их дальнейшего использования для исследований.
4. Оценить количество остаточного аустенита в закаленной стали, если интенсивность линии (111) $K\alpha$ γ -фазы в 2 раза меньше, чем линии (110) $K\beta$ α -фазы. Дать соответствующие объяснения.

Утверждено на заседании кафедры		«Физическое материаловедение»	
		(наименование кафедры полностью)	
Протокол	№	от	20 г.
Зав. кафедрой			Егоров Н.Т.
		(подпись)	(Ф.И.О.)
Экзаменатор			Петрущак С.В.
		(подпись)	(Ф.И.О.)

4.3 Критерии оценивания

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДонНТУ от 02.05.2018г. № 337-14.

Для определения уровня знаний студентов используются такие методы контроля:

1. Текущий опрос по всем темам программы.
2. Оценка качества и своевременности выполнения и защиты индивидуального домашнего задания, лабораторных работ, которые относятся к соответствующей теме.

Максимальное суммарное количество баллов, которые студент может получить при своевременной защите лабораторных работ, составляет 20 баллов.

Максимальное количество баллов, которые студент может получить при своевременном выполнении индивидуального домашнего задания, составляет 10 баллов.

Максимальное количество баллов, которые студент может получить при выполнении письменной части промежуточной аттестации (экзамена) 70 баллов.

Итоговая семестровая оценка по дисциплине по шкалам ECTS и национальной выставляется на основании суммарного количества баллов, которые набрал студент в соответствии с таблицей "Соотношение между суммой баллов по 100-бальной шкале и оценками по шкале – государственной и ECTS".

Текущий контроль знаний студентов очного обучения производится по результатам лабораторных работ и контрольных опросов в ходе их проведения.

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

"Отлично" (A) - Студент на все вопросы экзаменационного задания ответил верно. Ответы аргументированы и обоснованы.

"Хорошо" (B) - Студент ответил правильно на все вопросы экзаменационного билета, но допустил незначительные ошибки при обосновании и аргументировании отдельных ответов.

"Хорошо" (C) - Студент на отдельные вопросы экзаменационного билета ответил недостаточно аргументировано, допустил ошибки при обосновании принятых решений.

"Удовлетворительно" (D) - Студент в целом ответил правильно на большинство вопросов экзаменационного задания, но ответы достаточно не аргументированы, много ошибок при обосновании и объяснении ответов.

"Удовлетворительно" (E) - Студент ответил правильно не на все вопросы экзаменационного задания, ответы не аргументированы, много ошибок при ответе на теоретическую часть экзаменационного билета.

"Неудовлетворительно" (FX) - Студент не ответил или не верно ответил на большинство вопросов экзаменационного задания, ответы не обоснованы и не аргументированы.

4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

Лабораторная работа «Изучение устройства рентгеновских трубок и аппаратов».

Контрольные вопросы:

1. Уяснить механизм возникновения рентгеновского излучения в трубке.
2. Ознакомиться с устройством трубки для рентгеноструктурного анализа.
3. Изучить принцип работы и устройство аппарата ДРОН-3.
4. Установить в держатель образец из углеродистой отоженной стали.
5. Выполнить запись дифракционной картины в диапазоне углов $2\theta=55-59^\circ$ по следующим вариантам:
 - а) запись на ленте потенциометра при скорости движения счетчика $0,5^\circ/\text{мин}$ и скорости движения диаграммной ленты 1800 мм/ч ;
 - б) запись по точкам в режиме ПВ при времени накопления импульсов 40с и шаге $0,1^\circ$;
 - в) запись по точкам в режиме ПН при накапливаемом числе импульсов 10^4 и шаге $0,1^\circ$.
6. Перестроить запись, полученную в варианте 5в, в запись по варианту 5б.
7. Обсудить предложенные ниже контрольные вопросы и ситуации.

4.5 Курсовое проектирование

Согласно учебному плану по дисциплине "Структурный анализ материалов" выполнение курсовой работы или курсового проекта не предусмотрено.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Горбатенко В.П. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебник для технологических и механических специальностей вузов / В. П. Горбатенко, Т. В. Новоселова ; В.П. Горбатенко, Т.В. Новоселова. - 9 Мб. - Невинномысск : ЭльДирект, 2018. - 1 файл. - Автограф. - Систем.требования: ZIP-архиватор.<http://ed.donntu.org/books/18/cd8367.zip>

2. Материаловедение. Технология композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Г. Кобелев [и др.] ; А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. - 17 Мб. - М. : КНОРУС, 2015. - 1 файл. - Систем.требования: AcrobatReader.<http://ed.donntu.org/books/cd3818.pdf>

II. Дополнительная литература

3. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник для вузов / Я.С.Уманский [и др.] ; Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков, А.Н.Иванов, Л.Н.Расторгуев. - М.: Металлургия, 1982. - 631с. (доступ через личный кабинет студента).

4. Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учебное пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев ; С.С.Горелик, Ю.А.Скаков, Л.Н.Расторгуев. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСИС, 2002. - 360с. (доступ через личный кабинет студента).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

5. Марчук С.И. Структурный анализ материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. физического материаловедения ; сост.: С. И. Марчук, С. В. Петрушак. – Электрон. дан. (1 файл: 30 Мб). – Донецк : ДОННТУ, 2016. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа (доступ через личный кабинет студента).

6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Рентгенография и электронная микроскопия» [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. физического материаловедения ; сост.: С. И. Марчук, С. В. Петрушак. – Электрон. дан. (1 файл: 2002 Кб). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа (доступ через личный кабинет студента).

7. Методические указания к выполнению индивидуального домашнего задания по дисциплине «Рентгенография и электронная микроскопия» [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлению подготовки 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов) / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. физического материаловедения; сост. С. И. Марчук. – Электрон. дан. (1 файл: 120 Кб). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: AcrobatReader. – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа (доступ через личный кабинет студента).

8. Методические указания к самостоятельной работе студентов по изучению дисциплины «Рентгенография и электронная микроскопия» [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлению подготовки 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов) / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. физического материаловедения; сост. С. И. Марчук. – Электрон. дан. (1 файл: 120 Кб). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: AcrobatReader. – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

ЭБС IPR SMART - <http://iprbookshop.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

– учебная аудитория № 5.362, учебный корпус 5, для проведения занятий лекционного типа, а также групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы студентов (компьютеры: Celeron - 1 ГГц /HDD 20 Gb/ 256 Mb, монитор 17 - 3 шт.; Celeron – 400/64/4,3 Gb, монитор 17 – 1 шт., IBM 6x-233/32/3?2/2, монитор 17 – 2 шт., P-166, монитор 17 – 1 шт., P Dual Core 2,7 GHz/2Gb/500 Gb, монитор 34 LG; выход в Internet, специализированная мебель. Пакет программ «OpenOffice» (открытый доступ).

2. Практические занятия:

– не планируются

3. Лабораторные работы:

– учебная лаборатория рентгеноструктурного анализа - аудитория № 5.357, учебный корпус 5, для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы студентов (дифрактометр ДРОН-3; рентгеновская установка УРС 2,0; высокотемпературная приставка УВД 2000; дифрактометр УРС 50 ИМ; оптические микроскопы: МЕТАМ - 2 шт.; МИМ-7; ММУ-3; плакаты - 6 шт.).

4. Самостоятельная работа студента:

- помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.