

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2025 10:05:04
Уникальный программный ключ:
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета

Высшей школы передовых производственных технологий

Протокол от 26.09.2025 г. № 1

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(фонд оценочных средств) для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

«Физические методы исследования металлов и сплавов»

наименование дисциплины

по образовательной программе высшего образования – программе

магистратуры

бакалавриата, специалитета, магистратуры

«Инжиниринг технологических инноваций»

наименование образовательной программы

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

шифр, наименование направления подготовки / специальности

Составитель

Воловач В.И.,
директор, Высшая школа передовых производственных технологий, д.т.н., доцент

ФИО, должность, структурное подразделение, ученая степень, ученое звание

Тольятти
2025

1. Паспорт фонда оценочных средств (далее – ФОС)

1.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенции
ПК-1	Способен разрабатывать планы и программы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем	ИПК-1.1 Использует современные методы анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений ИПК-1.2 Обосновывает меры по обеспечению патентной чистоты объекта техники ИПК-1.3 Осуществляет анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- физические основы, принципы работы и области применения современных методов исследования структуры и свойств металлов и сплавов (оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии, рентгеноструктурного и термического анализа);
- нормативную базу, государственные и международные стандарты, регламентирующие проведение научно-исследовательских работ (НИР) и опытно-конструкторских разработок (ОКР) в области металловедения;
- принципы формирования планов и программ комплексных экспериментальных исследований конструкционных и функциональных материалов для технологических машин;
- методологию выбора аналитического оборудования и подготовки образцов в зависимости от поставленных исследовательских задач;
- методы математической статистики и компьютерной обработки данных, применяемые для верификации результатов физического эксперимента

уметь:

- разрабатывать технические задания, перспективные планы и детальные программы проведения НИР и ОКР по исследованию структуры и свойств металлов применительно к самостоятельным научным темам;
- выбирать оптимальный комплекс физических методов исследования (рентгенография, микроанализ, дефектоскопия) для решения конкретных научно-производственных задач;
- проводить планирование физического эксперимента с целью минимизации трудоемкости и максимизации достоверности получаемых данных;
- анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области материаловедческого обеспечения машиностроения;
- формулировать выводы и составлять отчетную документацию по результатам выполненных этапов исследований в соответствии с требованиями ГОСТ.

владеть

- навыками самостоятельной разработки программных документов (планов, сетевых графиков, методик) для реализации научно-исследовательских проектов;
- методиками интерпретации результатов рентгеноструктурного, качественного и количественного фазового анализов, а также электронной микроскопии высокого разрешения;
- опытом работы на современных приборах и аналитических комплексах для исследования макро-, микро- и субмикроструктуры металлических материалов;
- технологиями математической обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей измерений при проведении физико-химических исследований;
- способами представления результатов НИР и ОКР в виде научных отчетов, технических докладов, публикаций и патентных материалов.

1.2. Содержание дисциплины

№	Тема (раздел дисциплины) (в соответствии с РПД)	Код компетенции
1	ТЕМА 1. Методологические основы физического материаловедения и классическая оптическая металлография	ПК-1
2	ТЕМА 2. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия	
3	ТЕМА 3. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ	
4	ТЕМА 4. Просвечивающая электронная микроскопия	
5	ТЕМА 5. Дифракция электронов в микрообъемах	
6	ТЕМА 6. Физические основы рентгеноструктурного анализа	
7	ТЕМА 7. Практическое применение рентгеноструктурного анализа	
8	ТЕМА 8. Сканирующая зондовая микроскопия	
9	ТЕМА 9. Методы термического анализа металлов и сплавов	
10	ТЕМА 10. Инструментальное индентирование и склерометрия	

1.3. Система оценивания по дисциплине

Дисциплина изучается в течение одного (третьего) семестра

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Шкала оценки уровня сформированности компетенций		Шкала оценки уровня освоения дисциплины	
Уровневая шкала оценки компетенций	100 балльная шкала, %	100 балльная шкала, %	5-балльная шкала, дифференцированная оценка
Допороговый	ниже 61	ниже 61	неудовлетворительно
Пороговый	61-85,9	61-69,9	удовлетворительно
		70-85,9	хорошо
Повышенный	86-100	86-100	отлично

2. Перечень оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в ходе текущего контроля успеваемости (в процессе проведения практических занятий, тестирования, опросов).

В ходе проведения экзамена осуществляется итоговый контроль и оценка результатов освоения компетенций.

Вопросы для подготовки к экзамену

№	Содержание вопроса
ПК-1 Способен разрабатывать планы и программы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	
1.	Физические основы оптической микроскопии. Предел разрешения и полезное увеличение светового микроскопа. Способы их оптимизации
2.	Методы формирования контраста в световой микроскопии: светлое поле, темное поле, поляризованный свет. Физика явлений
3.	Метод дифференциально-интерференционного контраста (ДИК) в металлографии. Принцип реализации и области применения
4.	Задачи и методы количественной металлографии. Нормативные требования ГОСТ к определению величины зерна и загрязненности неметаллическими включениями
5.	Физические принципы электронной оптики. Устройство, конструктивные особенности и схема хода лучей в растровом электронном микроскопе (РЭМ)
6.	Взаимодействие пучка первичных электронов с веществом. Зоны генерации вторичных излучений и сигналов в объеме образца

7.	Формирование изображения во вторичных электронах (SE). Физическая природа, зависимость от топографии поверхности и разрешающая способность.
8.	Формирование изображения в обратнорассеянных электронах (BSE). Физическая природа, зависимость от атомного номера элемента (композиционный контраст)
9.	Влияние ускоряющего напряжения и тока зонда на разрешение и качество изображения в растровой электронной микроскопии
10.	Методики подготовки металлических образцов для РЭМ. Способы устранения эффекта накопления электростатического заряда
11.	Физические основы качественной и количественной микрофрактографии. Признаки вязкого внутризеренного разрушения в РЭМ
12.	Микрофрактографические признаки хрупкого транскристаллического (скол) и межзеренного разрушения металлических материалов
13.	Усталостное разрушение металлов. Анализ топографии изломов в РЭМ, идентификация усталостных бороздок и зон ускоренного развития трещины
14.	Физические основы генерации характеристического рентгеновского излучения под действием электронной бомбардировки. Закон Мозли
15.	Конструкция и принцип работы энергодисперсионного спектрометра (EDS). Достоинства, недостатки и предел обнаружения элементов
16.	Конструкция и принцип работы волнодисперсионного спектрометра (WDS). Сравнительный анализ характеристик EDS и WDS
17.	Методика проведения количественного электронно-зондового микроанализа. Сущность ZAF-коррекции экспериментальных данных
18.	Линейное и площадной рентгеновское картирование (элементное картирование). Области применения при анализе ликвационной неоднородности сплавов
19.	Физические основы метода дифракции обратнорассеянных электронов (EBSD). Формирование линий Кикучи и их использование для анализа текстуры
20.	Конструктивная схема и физические принципы работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Характеристики электронных линз
21.	Механизмы формирования контраста в ПЭМ: абсорбционный (амплитудный) и фазовый контраст
22.	Дифракционный контраст на дефектах кристаллической структуры. Физика формирования светлопольных и темнопольных изображений в ПЭМ
23.	Методики приготовления тонких фольг для исследований методом ПЭМ: электролитическое струйное утонение и ионное фрезерование
24.	Физические основы дифракции электронов в микрообъемах (метод микродифракции). Геометрия построения электронограмм
25.	Индексирование точечных электронограмм для кубических кристаллических решеток (ОЦК, ГЦК). Понятие константы прибора
26.	Особенности анализа кольцевых (поликристаллических) и кикучи-паттернов в просвечивающей электронной микроскопии
27.	Методика определения вектора Бюргерса дислокаций в ПЭМ с использованием критерия невидимости дефекта
28.	Высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия (HRTEM). Прямое разрешение кристаллической решетки и границы раздела фаз
29.	Метод дифракции электронов при прецессии пучка (PED) и его применение для пространственного картирования фаз на наноуровне
30.	Природа и спектральный состав рентгеновского излучения. Тормозной и характеристический спектры рентгеновских трубок
31.	Взаимодействие рентгеновского излучения с кристаллической решеткой. Физический смысл уравнения Вульфа - Брэгга
32.	Интенсивность дифрагированных рентгеновских лучей. Влияние структурного амплитудного фактора, температурного и углового множителей
33.	Оптические схемы рентгеновских дифрактометров. Фокусировка по методу Брэгга — Брентано и схема Зеемана - Болина: сравнительный анализ
34.	Системы монохроматизации рентгеновского излучения и современные типы детекторов (координатные и полупроводниковые детекторы)
35.	Физические основы качественного рентгенофазового анализа (РФА). Принципы по-

	строения и алгоритмы поиска в базах данных ICDD PDF
36.	Факторы, затрудняющие качественный РФА: наложение рефлексов, эффекты преимущественной ориентации (текстура), твердорастворное уширение
37.	Физические основы и методы количественного рентгенофазового анализа. Метод внутреннего стандарта и метод «безстандартного» анализа (RIR)
38.	Полнопрофильный анализ дифрактограмм по методу Ритвельда. Возможности метода при исследовании структуры многофазных сплавов
39.	Определение параметров кристаллической решетки твердых растворов методами РСА. Оценка концентрации растворенного элемента (закон Вегарда)
40.	Физические причины уширения рентгеновских дифракционных линий. Разделение вклада инструментального и физического уширения
41.	Анализ тонкой кристаллической структуры деформированных металлов. Метод аппроксимации Холла - Уильямсона для разделения вклада ОКР и микроискажений
42.	Определение размеров областей когерентного рассеяния (размера блоков) по формуле Шеррера. Область применимости метода
43.	Рентгенографические методы исследования текстуры металлов. Построение прямых и обратных полюсных фигур
44.	Физические основы рентгенографического определения остаточных механических напряжений первого рода (метод $\sin^2\psi$)
45.	Физические основы сканирующей зондовой микроскопии. Сравнительный анализ туннельной (СТМ) и атомно-силовой (АСМ) микроскопии
46.	Межатомные силы взаимодействия в АСМ. Кривая Леннард-Джонса и выбор рабочих режимов микроскопа
47.	Контактный и бесконтактный режимы работы АСМ. Преимущества, ограничения и достигаемое пространственное разрешение
48.	Полуконтактный (колебательный, tapping mode) режим АСМ. Фазовый контраст и его использование для идентификации фаз в гетерогенных сплавах
49.	Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Принцип формирования контраста и применение при исследовании структуры ферромагнетиков
50.	Электросиловая и пьезосиловая зондовая микроскопия. Области применения в материаловедении функциональных материалов
51.	Методы калибровки кантилеверов и метрологическая обработка трехмерных карт поверхностей в АСМ. Расчет параметров шероховатости на наноуровне
52.	Физика процессов, протекающих при локальном упругопластическом деформировании материалов индентором. Переход от микро- к наноиндентированию
53.	Метод инструментального наноиндентирования. Анализ экспериментальной диаграммы «нагрузка - глубина внедрения» по модели Оливера - Фарра
54.	Определение инструментальной нанотвердости (H_{IT}) и контактного модуля упругости (E_{IT}) фаз. Учет геометрии наконечника (индентора Берковича).
55.	Метод наносклерометрии (инструментальное царапание). Оценка адгезионной прочности тонких упрочняющих покрытий и механизмов микроистирания
56.	Термодинамика фазовых превращений в металлах. Физические принципы метода дифференциального термического анализа (ДТА)
57.	Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Конструкция измерительных ячеек (тепловой поток и компенсация мощности), методы калибровки
58.	Методика обработки ДСК-кривых: определение температур плавления, полиморфных превращений и расчет энтальпии переходов
59.	Высокотемпературная дилатометрия металлов. Фиксация объемных изменений при фазовых переходах. Определение критических точек сталей
60.	Термогравиметрический анализ (ТГА) и сопряженный метод ТГ-ДСК. Исследование кинетики высокотемпературного окисления и газовой коррозии сплавов