



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, АНАЛИЗА И  
ДИАГНОСТИКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки (специальность)  
28.03.03 Наноматериалы

Направленность (профиль/специализация) программы  
Объемные наноматериалы, наноструктуры и изделия из них

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2021 год

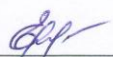
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 968)

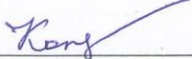
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов  
19.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ТОМ, канд. техн. наук  Ю.Ю. Ефимова

Рецензент:  
профессор кафедры ЛиП, д-р техн. наук  Н.В. Копцева

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наноматериалов» являются:

- развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общепрофессиональной и профессиональной компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы;
- получение знаний о методах и приборах исследования и диагностики наноматериалов;
- получение практических навыков работы на исследовательском оборудовании

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Методы и приборы для исследования, анализа и диагностики наноматериалов входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Прочность и пластичность наноматериалов

Общее материаловедение

Введение в направление

История материаловедения

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Методы и приборы для исследования, анализа и диагностики наноматериалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-3	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК-3.1	Выбирает и применяет методы и средства измерения для определения свойств объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них
ОПК-3.2	Проводит экспериментальные исследования и использует основные приемы обработки и представления полученных данных об объемных наноматериалах, наноструктурах и изделиях из них
ОПК-3.3	Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, включая анализ экспериментальных результатов об объемных наноматериалах, наноструктурах и изделиях из них, сопоставления их с известными аналогами

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 79,55 акад. часов;
- аудиторная – 75 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,55 акад. часов
- самостоятельная работа – 28,75 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Классификация материалов и особенности исследования различных материалов в том	6	4	2		2	Изучение научной и учебной литературы, написание реферата.	Реферат	ОПК-3.1
Итого по разделу		4	2		2			
2.								
2.1 Методы оптической для исследования наноматериалов.	6	10	6/2И		6	Изучение научной и учебной литературы, написание реферата. Подготовка к лабораторной работе № 1, 2	Защита лабораторных работ: «Изучение устройства и принципов работы стереомикроскопа», «Изучение устройства и принципов работы растрового электронного микроскопа». Реферат.	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого по разделу		10	6/2И		6			
3.								
3.1 Методы определения размеров структурных элементов наноматериалов	6	4	8/2И		8	Подготовка к лабораторной работе 4	Защита лабораторной работы: «Количественный анализ параметров микроструктуры»	
Итого по разделу		4	8/2И		8			
4.								

4.1	Неразрушающие методы контроля	6	4			4	Изучение научной и учебной литературы, написание реферата.	Реферат	ОПК-3.1
Итого по разделу		4				4			
5.									
5.1	Методы механических и эксплуатационных характеристик различных материалов, в том числе наноматериалов	6	6	10/4И		5	Подготовка к лабораторным работам 5-9	Защита лабораторных работ: «Оценка механических свойств стали (испытание на растяжение, ударный изгиб, твердость и микротвердость)», «Количественный анализ доли вязкой составляющей излома». Решение теста 4	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого по разделу		6	10/4И			5			
6.									
6.1	Рентгеновские методы исследования	6	6	2/2И		1,75	Подготовка к лабораторной работе 10	Защита лабораторной работы «Микрорентгеноспектральный анализ». Решение теста 5.	
Итого по разделу		6	2/2И			1,75			
7.									
7.1	Термические методы исследования различных материалов	6	5	2/2И			Подготовка к лабораторной работе 11	Защита лабораторной работы: «Дилатометрический анализ структурных превращений в сталях»	
Итого по разделу		5	2/2И						
8.									
8.1	Спектральный методы анализа различных материалов, в том числе и наноматериалов	6	6			2	Изучение научной и учебной литературы, написание реферата. Подготовка доклада.	Реферат и доклад	
Итого по разделу		6				2			
Итого за семестр		45	30/12И			28,75		экзамен	
Итого по дисциплине		45	30/12И			28,75		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наноматериалов» применяются традиционная и компетентностно-модульная технологии обучения, включающие в себя объяснения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой по дисциплине, выполнение лабораторных работ по методическим указаниям и т.п.

В качестве интерактивных методов обучения используются:

- опережающая самостоятельная работа и работа в команде при выполнении лабораторных работ;

- проблемное обучение при поиске информационных источников, составлении и написании реферата по полученным индивидуальным заданиям.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к лабораторным занятиям, написание реферата, подготовку к контрольным работам и итоговому экзамену по дисциплине.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Введение в нанотехнологию : учебник / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1318-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4310> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Суворов, Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов : учебное пособие для академического бакалавриата / Э. В. Суворов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 180 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06011-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/438493> (дата обращения: 27.04.2021).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Абрамов, Н. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Современные методы исследований функциональных материалов : учебное пособие / Н. Н. Абрамов, В. А. Белов, Е. И. Гершман ; под редакцией С. Д. Калошкина. — Москва : МИСИС, 2011. — 160 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47412> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Бублик, В. Т. Методы исследования материалов и структур в электронике. Рентгеновская дифракционная микроскопия : учебное пособие / В. Т. Бублик, А. М. Мильвидский. — Москва : МИСИС, 2006. — 93 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117093> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Носов, В. В. Диагностика машин и оборудования : учебное пособие / В. В. Носов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-1269-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90152> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим

доступа: для авториз. пользователей.

4. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. РАН. Институт физики микроструктур. Нижний Новгород, 2004. – 114 с.  
[http://window.edu.ru/resource/535/73535/files/mironov\\_book.pdf](http://window.edu.ru/resource/535/73535/files/mironov_book.pdf)

5. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в) Методические указания:**

1. Материаловедение. Часть 1 [Электронный ресурс]/ Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, Н.Н. Ильина. Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2019.1 CD-ROM. Загл. с экрана.  
<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3966.pdf&show=dcatalogues/1/1532467/3966.pdf&view=true> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Изучение устройства и принципов работы растрового электронного микроскопа: Метод. указ. / Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.А. Полякова, М.П. Барышников. Магнитогорск, 2011. 6 с.

3. Сканирующая зондовая микроскопия: лабораторный практикум / Ю.Ю. Ефимова, М.А. Полякова, А.Е. Гулин. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 41 с.

4. Микрорентгеноспектральный анализ: метод. указ. / Ю.Ю. Ефимова, О.А. Никитенко, Н.В. Копцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 9 с.

5. Определение механических свойств металла и построение кривых упрочнения по диаграмме растяжения: метод. указ. / В.Г. Дорогобид. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2008. 49 с.

6. Атлас микроструктур [Электронный ресурс]/ Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, О.А. Никитенко. Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2019.1 CD-ROM. Загл. с экрана.  
<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3896.pdf&show=dcatalogues/1/1530034/3896.pdf&view=true> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>



Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены лабораторным оборудованием:
  - «Лаборатория оптической микроскопии»:
    - анализатором стереоизображений поверхности твердых тел на базе стереомикроскопа Meiji Techno RZ-B;
    - анализатором микроструктуры твердых тел на базе металлургического инвертированного микроскопа Zeiss Axio Observer 3;
    - системой обработки изображений на базе ПО «Thixomet PRO».
  - специализированной мебелью.
  - «Лаборатория механических испытаний»:
    - микротвердомером BuehlerMicromet 5103 Buehler;
    - универсальным твердомером M4C075G3 EmcoTest;
    - напольной универсальной испытательной двухколонной машиной AG IC-300 kN Shimadzu Corp;
    - напольной универсальной испытательной двухколонной машиной AG IC-50 kN Shimadzu Corp;
    - видеоэкстензометром TRWiew XShimadzu Corp;
    - копром маятниковым МК 300 ООО «ИМПУЛЬС»;
    - специализированной мебелью.
  - «Лаборатория сканирующей электронной микроскопии»:
    - электронным сканирующим микроскопом JEOL JSM – 6490LV;
    - камерой шлюзовой с системой управления шлюзом для растрового электронного микроскопа MP 6490 LV;
    - системой микроанализа INCA Energy 450 x-MAX 50 Premium, HKL Premium EBSD System Nordlys II 2 S Oxford InstrumentsLtd;
    - специализированной мебелью.
  - «Лаборатория физического моделирования деформационных процессов»:
    - исследовательским комплексом Gleeble 3500;
    - специализированной мебелью.
  - «Лаборатория зондовой микроскопии»:
    - сканирующим зондовым микроскопом NanoEducator II;
    - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного

оборудования;

-инструментами для ремонта учебного оборудования.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы к тесту № 1:

**ТЕМА: «Оптическая микроскопия»**

**1. В световой микроскопии для исследования объекта применяется**

1. пучок света
2. электронный пучок
3. ионный пучок

**2. Разрешающая способность – это**

1. максимальное расстояние, на котором два точечных объекта воспринимаются как две отдельных друг от друга точки
2. минимальное расстояние, на котором два точечных объекта воспринимаются как две отдельных друг от друга точки
3. это расстояние, на котором два точечных объекта воспринимаются как одна точка

**3. Для исследования структуры полупрозрачных и прозрачных объектов применяются**

1. микроскопы отраженного света
2. микроскопы проходящего света
3. стереомикроскопы

**4. Для исследования структуры металлических и не прозрачных образцов применяются**

1. микроскопы отраженного света
2. микроскопы проходящего света
3. стереомикроскопы

**5. Для исследования строения изломов применяются**

1. микроскопы отраженного света
2. микроскопы проходящего света
3. стереомикроскопы

**6. Что ограничивает максимальное увеличение светового микроскопа?**

1. качество линз микроскопа – объектив и окуляр
2. количество линз микроскопа
3. длина волны света

**7. Флуоресцентная микроскопия – это**

1. метод получения увеличенного изображения с использованием люминесценции возбуждённых атомов и молекул образца
2. метод, в котором на объекте одновременно засвечивается только одна точка, ограниченная дифракционным пределом
3. метод, основанный на взаимодействии монохроматического излучения с веществом, сопровождающийся изменением энергии рассеянного излучения по сравнению с энергией падающего на объект излучения
4. метод, при котором происходит подавление спонтанного излучения на периферии пятна люминесценции, за счет вынужденного излучения

### **8. Конфокальная микроскопия – это**

- 1 метод получения увеличенного изображения с использованием люминесценции возбуждённых атомов и молекул образца
2. метод, в котором на объекте одновременно засвечивается только одна точка, ограниченная дифракционным пределом
3. метод, основанный на взаимодействии монохроматического излучения с веществом, сопровождающийся изменением энергии рассеянного излучения по сравнению с энергией падающего на объект излучения
4. метод, при котором происходит подавление спонтанного излучения на периферии пятна люминесценции, за счет вынужденного излучения

### **9. Спектроскопия комбинационного рассеяния – это**

- 1 метод получения увеличенного изображения с использованием люминесценции возбуждённых атомов и молекул образца
2. метод, в котором на объекте одновременно засвечивается только одна точка, ограниченная дифракционным пределом
3. метод, основанный на взаимодействии монохроматического излучения с веществом, сопровождающийся изменением энергии рассеянного излучения по сравнению с энергией падающего на объект излучения
4. метод, при котором происходит подавление спонтанного излучения на периферии пятна люминесценции, за счет вынужденного излучения

### **10. STED-микроскопия – это**

- 1 метод получения увеличенного изображения с использованием люминесценции возбуждённых атомов и молекул образца
2. метод, в котором на объекте одновременно засвечивается только одна точка, ограниченная дифракционным пределом
3. метод, основанный на взаимодействии монохроматического излучения с веществом, сопровождающийся изменением энергии рассеянного излучения по сравнению с энергией падающего на объект излучения
4. метод, при котором происходит подавление спонтанного излучения на периферии пятна люминесценции, за счет вынужденного излучения

Вопросы к тесту № 2:

## **ТЕМА: «Электронная микроскопия»**

### **1. Электронная микроскопия – это**

1. совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей с помощью электронного пучка
2. исследование морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением с помощью специальным образом подготовленных зондов в виде игл
3. исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава с помощью приборов оснащенных современной электроникой

### **2. Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) – это**

1. прибор, позволяющий получать изображения поверхности образца с большим разрешением
2. прибор, в котором электронный луч пропускается через ультратонкий образец, при этом взаимодействуя с ним

3. микроскоп, в котором изображение формируется потоком частиц, испускаемых поверхностью объекта при нагревании, наложении сильного электрического поля

**3. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) – это**

1. прибор, позволяющий получать изображения поверхности образца с большим разрешением

2. прибор, в котором электронный луч пропускается через ультратонкий образец, при этом взаимодействуя с ним

3. микроскоп, в котором изображение формируется потоком частиц, испускаемых поверхностью объекта при нагревании, наложении сильного электрического поля

**4. Что является объектом исследования в ПЭМ?**

1. микрошлиф

2. реплика

3. металлическая фольга

4. объект с сильно развитым рельефом

**5. Что является объектом исследования в РЭМ?**

1. микрошлиф

2. реплика

3. металлическая фольга

4. объект с сильно развитым рельефом

**6. Косвенный метод электронномикроскопических исследований металлов и сплавов в ПЭМ проводят**

1. на металлических фольгах

2. на репликах

3. на изломах

**7. Прямой метод электронномикроскопических исследований металлов и сплавов в ПЭМ проводят**

1. на металлических фольгах

2. на репликах

3. на изломах

**8. Исследование распределение и плотности дислокаций возможно**

1. с помощью просвечивающего электронного микроскопа

2. с помощью растрового электронного микроскопа

3. с помощью светового микроскопа

**9. Проведение фраактографических исследований возможно**

1. с помощью просвечивающего электронного микроскопа

2. с помощью растрового электронного микроскопа

3. с помощью светового микроскопа

**10. Фокусирование пучка электронов в электронных микроскопах осуществляется с помощью**

1. оптических линз

2. электромагнитными линзами

**11. Разрешающая способность ПЭМ составляет**

1. 1,5-10 нм

2. 0,2-1,0 нм

3.0,2 мм

**12. Разрешающая способность РЭМ составляет**

1. 1,5-10 нм
2. 0,2-1,0 нм
- 3.0,2 мм

**13. Какие электроны обладают большей разрешающей способностью для получения изображения поверхности образца с помощью РЭМ?**

1. вторичные
2. отраженные
3. поглощенные

Вопросы к тесту № 3:

**ТЕМА: «Сканирующая зондовая микроскопия»**

**1. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – это**

1. совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей с помощью электронного пучка
2. исследование морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением с помощью специальным образом подготовленных зондов в виде игл
3. исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава с помощью приборов оснащенных современной электроникой

**2. Исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств в СЗМ проводится с помощью**

1. пучка света
2. электронного зонда
3. зонда в виде иглы

**3. Сканирующий туннельный микроскоп – это**

1. микроскоп, принцип работы которого основан на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом
2. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между зондом и образцом
3. микроскоп, принцип работы которого основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между металлическим зондом и проводящим образцом во внешнем электрическом поле
4. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется магнитное взаимодействие между зондом и образцом

**4. Атомно-силовой микроскоп – это**

1. микроскоп, принцип работы которого основан на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом
2. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между зондом и образцом
3. микроскоп, принцип работы которого основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между металлическим зондом и проводящим образцом во внешнем электрическом поле
4. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется магнитное взаимодействие между зондом и образцом

## **5. Электросиловой микроскоп – это**

1. микроскоп, принцип работы которого основан на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом
2. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между зондом и образцом
3. микроскоп, принцип работы которого основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между металлическим зондом и проводящим образцом во внешнем электрическом поле
4. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется магнитное взаимодействие между зондом и образцом

## **6. Магнитно-силовой микроскоп – это**

1. микроскоп, принцип работы которого основан на регистрации силового взаимодействия между поверхностью исследуемого образца и зондом
2. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между зондом и образцом
3. микроскоп, принцип работы которого основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между металлическим зондом и проводящим образцом во внешнем электрическом поле
4. микроскоп, в котором для получения информации о свойствах поверхности используется магнитное взаимодействие между зондом и образцом

## **7. Изображение рельефа поверхности в сканирующем туннельном микроскопе при исследовании образца с микрорельефом формируется**

1. методом постоянного туннельного тока
2. методом постоянной высоты
3. методом постоянной силы

## **8. Изображение рельефа поверхности в сканирующем туннельном микроскопе при исследовании образца с атомарно гладкой поверхностью формируется**

1. методом постоянного туннельного тока
2. методом постоянной высоты
3. методом постоянной силы

## **9. В сканирующих туннельных микроскопах используются зонды, изготовленные методом**

1. электрохимического травления вольфрамовой проволоки
2. перерезанием тонкой проволоки с помощью обыкновенных ножниц
3. тонкой заточки

## **10. Контактный режим работы атомно-силового микроскопа – это**

1. расстояние от иглы кантилевера до образца составляет порядка нескольких десятых нанометра
2. кантилевер с помощью пьезокристалла колеблется над изучаемой поверхностью с амплитудой ~2 нм
3. игла кантилевера в нижней точке своих колебаний слегка касается поверхности образца

## **11. Бесконтактный режим работы атомно-силового микроскопа – это**

1. расстояние от иглы кантилевера до образца составляет порядка нескольких десятых нанометра
2. кантилевер с помощью пьезокристалла колеблется над изучаемой поверхностью с амплитудой ~2 нм



3. игла кантилевера в нижней точке своих колебаний слегка касается поверхности образца

## **12. Полуконтактный режим работы атомно-силового микроскопа – это**

1. расстояние от иглы кантилевера до образца составляет порядка нескольких десятых нанометра

2. кантилевер с помощью пьезокристалла колеблется над изучаемой поверхностью с амплитудой  $\sim 2$  нм

3. игла кантилевера в нижней точке своих колебаний слегка касается поверхности образца

## **13. Для исследования диэлектрических свойств образцов в электросиловом микроскопе применяется**

1. однопроходная методика – фиксируются изменения амплитуды колебаний кантилевера, которые связаны с изменением емкости системы зонд-образец вследствие изменения диэлектрических свойств образца

2. двухпроходная методика: первый проход – снимается изображение рельефа поверхности образца, второй проход – фиксируются изменения амплитуды колебаний кантилевера, которые связаны с изменением емкости системы зонд-образец вследствие изменения диэлектрических свойств образца

3. двухпроходная методика: первый проход – фиксируются изменения амплитуды колебаний кантилевера, которые связаны с изменением емкости системы зонд-образец вследствие изменения диэлектрических свойств образца, второй проход – снимается изображение рельефа поверхности образца

## **14. Магнито-силовое изображение поверхности образцов, имеющих слабо развитый рельеф поверхности, формируется**

1. по методу постоянной высоты, при этом фиксируется величина изгиба кантилевера, за счет силы магнитного взаимодействия зонда с образцом

2. по двухпроходной методике: первый проход – снимается изображение рельефа поверхности образца, второй проход – фиксируются изменения изгиба кантилевера связанные с неоднородностью магнитных сил, действующих на зонд со стороны образца

3. по двухпроходной методике: первый проход – фиксируются изменения изгиба кантилевера связанные с неоднородностью магнитных сил, действующих на зонд со стороны образца, второй проход – снимается изображение рельефа поверхности образца

## **15. Магнито-силовое изображение поверхности образцов, имеющих с сильно развитым рельефом поверхности, формируется**

1. по методу постоянной высоты, при этом фиксируется величина изгиба кантилевера, за счет силы магнитного взаимодействия зонда с образцом

2. по двухпроходной методике: первый проход – снимается изображение рельефа поверхности образца, второй проход – фиксируются изменения изгиба кантилевера связанные с неоднородностью магнитных сил, действующих на зонд со стороны образца

3. по двухпроходной методике: первый проход – фиксируются изменения изгиба кантилевера связанные с неоднородностью магнитных сил, действующих на зонд со стороны образца, второй проход – снимается изображение рельефа поверхности образца

## **16. Зонд для магнито-силового микроскопа представляет собой**

1. игла зонда покрыта слоем ферромагнитного материала

2. игла зонда покрыта слоем токопроводящее покрытие

3. игла зонда изготовлена из вольфрамовой проволоки

## **17. Зонд для электросилового микроскопа представляет собой**

1. игла зонда покрыта слоем ферромагнитного материала

2. игла зонда покрыта слоем токопроводящее покрытие

3. игла зонда изготовлена из вольфрамовой проволоки

### **18. Зондовая литография – это**

1. получение оттиска с совершенно гладкой поверхности с помощью краски
2. создание на поверхности образца заранее заданных структур с нанометровым уровнем пространственного разрешения при повышенном уровне взаимодействия между зондом и образцом
3. вид печатной графики, обычно относимый к гравюре (хотя приемы гравирования в нем отсутствуют), при котором изображение печатается с плоской поверхности камня

Вопросы к тесту № 4:

### **ТЕМА: «Рентгеновские методы исследования»**

#### **1. Рентгеновские лучи – это**

1. электромагнитные волны в диапазоне от 0,1 до 1 Å
2. электромагнитные волны в диапазоне от 100 до 0,01 Å
3. инфракрасные волны

#### **2. Сплошной рентгеновский спектр возникает**

1. в результате торможения ускоренных электронов электростатическим полем атомного ядра и атомных электронов вещества анода
2. при выбивании электрона одного из внутренних слоёв атома с последующим переходом на освободившуюся орбиту электрона с какого-либо внешнего слоя
3. излучением, которое испускают атомы

#### **3. Характеристический рентгеновский спектр возникает**

1. в результате торможения ускоренных электронов электростатическим полем атомного ядра и атомных электронов вещества анода
2. при выбивании электрона одного из внутренних слоёв атома с последующим переходом на освободившуюся орбиту электрона с какого-либо внешнего слоя
3. излучением, которое испускают атомы

#### **4. Рентгеноструктурный анализ – это**

1. метод, использующий рентгеновские спектры элементов для химического анализа веществ
2. методы исследования структуры вещества по распределению в пространстве и интенсивностям рассеянного на анализируемом объекте рентгеновского излучения
3. совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на изучении спектров взаимодействия материи с излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн, распределения по массам и энергиям элементарных частиц

#### **5. Рентгеноспектральный анализ – это**

1. метод, использующий рентгеновские спектры элементов для химического анализа веществ
2. методы исследования структуры вещества по распределению в пространстве и интенсивностям рассеянного на анализируемом объекте рентгеновского излучения
3. совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на изучении спектров взаимодействия материи с излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн, распределения по массам и энергиям элементарных частиц

#### **6. В рентгеноструктурном анализе применяется**

1. только сплошной рентгеновский спектр
2. только характеристический рентгеновский спектр
3. сплошной и характеристический рентгеновские спектры

#### **7. В рентгеноспектральном анализе применяется**

1. только сплошной рентгеновский спектр
2. только характеристический рентгеновский спектр
3. сплошной и характеристический рентгеновские спектры

#### **8. Метод Лауэ заключается**

1. в съемке неподвижного монокристалла в сплошном спектре
2. в съемке вращающегося (качающегося) монокристалла в параллельном пучке характеристического излучения
3. в съемке неподвижного монокристалла в широко расходящемся пучке характеристического излучения
4. в съемке поликристаллического агрегата (например, порошка) в параллельном пучке характеристического излучения

#### **9. Метод вращения заключается**

1. в съемке неподвижного монокристалла в сплошном спектре
2. в съемке вращающегося (качающегося) монокристалла в параллельном пучке характеристического излучения
3. в съемке неподвижного монокристалла в широко расходящемся пучке характеристического излучения
4. в съемке поликристаллического агрегата (например, порошка) в параллельном пучке характеристического излучения

#### **9. Метод Косселя заключается**

1. в съемке неподвижного монокристалла в сплошном спектре
2. в съемке вращающегося (качающегося) монокристалла в параллельном пучке характеристического излучения
3. в съемке неподвижного монокристалла в широко расходящемся пучке характеристического излучения
4. в съемке поликристаллического агрегата (например, порошка) в параллельном пучке характеристического излучения

#### **10. Метод Дебая-Шеррера заключается**

1. в съемке неподвижного монокристалла в сплошном спектре
2. в съемке вращающегося (качающегося) монокристалла в параллельном пучке характеристического излучения
3. в съемке неподвижного монокристалла в широко расходящемся пучке характеристического излучения
4. в съемке поликристаллического агрегата (например, порошка) в параллельном пучке характеристического излучения

#### **11. Микрорентгеноспектральный анализ позволяет определить**

1. химический состав исследуемого образца
2. локальный химический состав в исследуемом образце
- 3 фазовый состав исследуемого образца
4. структуру исследуемого образца

#### **12. Качественный микрорентгеноспектральный анализ**

1. позволяет установить наличие того или иного элемента в исследуемой пробе

2. определяет количество элемента в образце путем сравнения кривых интенсивностей, снятых с образца и эталона, содержащего 100 % анализируемого элемента
3. позволяет точно определить химический состав микрообъемов вещества

### **13. Количественный микрорентгеноспектральный анализ**

1. определяет количество элемента в образце путем сравнения кривых интенсивностей, снятых с образца и эталона, содержащего 100 % анализируемого элемента
2. позволяет установить наличие того или иного элемента в исследуемой пробе
3. позволяет точно определить химический состав микрообъемов вещества

### **14. Полуколичественный микрорентгеноспектральный анализ**

1. позволяет установить наличие того или иного элемента в исследуемой пробе
2. определяет количество элемента в образце путем сравнения кривых интенсивностей, снятых с образца и эталона, содержащего 100 % анализируемого элемента
3. позволяет точно определить химический состав микрообъемов вещества

Вопросы к тесту № 5:

## **ТЕМА: «Механические свойства»**

### **1. Механические свойства определяют поведение материала:**

1. под действием приложенных внешних нагрузок
2. под действием приложенных внутренних нагрузок
3. под действием механической обработки материала

### **2. Статические испытания предусматривают**

1. медленное и плавное увеличение нагрузки на образец
2. резкое приложение нагрузки к образцу
3. циклическое (знакопеременное) нагружение

### **3. Динамические испытания предусматривают**

1. медленное и плавное увеличение нагрузки на образец
2. резкое приложение нагрузки к образцу
3. циклическое (знакопеременное) нагружение

### **4. Циклические испытания предусматривают**

1. медленное и плавное увеличение нагрузки на образец
2. резкое приложение нагрузки к образцу
3. циклическое (знакопеременное) нагружение

### **5. К статическим испытаниям относится:**

1. испытание на ударную вязкость
2. испытание на растяжение
3. испытание на усталостное разрушение

### **6. К динамическим испытаниям относится:**

1. испытание на ударную вязкость
2. испытание на растяжение
3. испытание на усталостное разрушение

### **7. К циклическим испытаниям относится:**

1. испытание на ударную вязкость
2. испытание на растяжение

3. испытание на усталостное разрушение

**8. Определение твердости относится**

1. к статическим испытаниям
2. к динамическим испытаниям
3. к циклическим испытаниям

**9. Измерение твердости по Бринеллю возможно для материалов**

1. малой и средней твердости
2. средней и высокой твердости
3. от малой до высокой твердости
4. тонких поверхностных слоев, а также материалов с очень высокой твердостью

**10. Измерение твердости по Роквеллу возможно для материалов**

1. малой и средней твердости
2. средней и высокой твердости
3. от малой до высокой твердости
4. тонких поверхностных слоев, а также материалов с очень высокой твердостью

**11. Измерение твердости по Виккерсу возможно для материалов**

1. малой и средней твердости
2. средней и высокой твердости
3. от малой до высокой твердости
4. тонких поверхностных слоев, а также материалов с очень высокой твердостью

**12. В качестве индентора используется четырехгранная алмазная пирамида в методе измерения твердости**

1. по Бринеллю
2. по Роквеллу
3. по Виккерсу

**13. В каком методе измерения твердости используется в качестве индентора алмазный конус**

1. по Бринеллю
2. по Роквеллу
3. по Виккерсу

**14. В каком методе измерения твердости используется в качестве индентора алмазный конус**

1. по Бринеллю
2. по Роквеллу
3. по Виккерсу

**15. В каком методе измерения твердости используется в качестве индентора стальной закаленный шарик диаметром  $D=2,5; 5$  или  $10$  мм**

1. по Бринеллю
2. по Роквеллу
3. по Виккерсу

**16. Твердость – это**

1. напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которая предшествует разрушению образца

2. свойство материала сопротивляться пластической деформации при вдавливании в его поверхность твердого тела
3. способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформирования и разрушения под действием ударной нагрузки

#### **17. Ударная вязкость – это**

1. работа, затраченная на разрушение образца, отнесенная к площади рабочего поперечного сечения образца
2. напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которая предшествует разрушению образца
3. разрушение металла под действием знакопеременных нагрузок

#### **18. Порог хладноломкости – это**

1. температура (интервал температур), при которой протекает испытание
2. температура (интервал температур), при котором происходит переход от вязкого разрушения к хрупкому
3. температура (интервал температур), при котором происходит переход от хрупкого разрушения к вязкому

#### **19. Вязкому разрушению соответствует**

1. излом с блестящим, кристаллическим строением
2. излом с наличием очага разрушения, зоны постепенного собственно усталостного развития и зоны долома
3. излом, имеющий матовое, волокнистое строение

#### **20. Хрупкому разрушению соответствует**

1. излом с блестящим, кристаллическим строением
2. излом с наличием очага разрушения, зоны постепенного собственно усталостного развития и зоны долома
3. излом, имеющий матовое, волокнистое строение

#### **21. Предел выносливости – это**

1. максимальное напряжение, при котором образец не разрушается после бесконечного или заданного числа циклов нагружения
2. напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которая предшествует разрушению образца
3. свойство материала сопротивляться пластической деформации при вдавливании в его поверхность твердого тела

#### Темы для реферата

Особенности исследования нанообъектов.

Инструменты и методы исследования нанообъектов и наносистем.

Применения наноматериалов и возможные ограничения.

Методы определения размеров нанообъектов.

Методы электронной микроскопии (просвечивающая и сканирующая электронная, зондовая, туннельная и атомно-силовая).

Методы изучения свойств (физико-химических процессов в наносистемах, физических, химических и биологических) и эксплуатационных характеристик наноматериалов.

Приборы и устройства для исследования наноматериалов.

Неразрушающие методы контроля (визуально-оптический, рентгеновская и гамма-дефектоскопия, ультразвуковая дефектоскопия, капиллярные методы контроля, магнитные методы неразрушающего контроля).

Спектральные методы анализа.

Термические методы анализа

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</b>		
ОПК-3.1	Выбирает и применяет методы и средства измерения для определения свойств объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них	<p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></p> <p>Выбор метода и средства измерения для определения параметров структуры металлов и сплавов, в том числе наноструктурированных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для определения размера зерна в крупнозернистых материалах;</li> <li>- для определения размера зерна в ультрамелкозернистых материалах;</li> <li>- для исследования дислокационной структуры;               <ul style="list-style-type: none"> <li>- для исследования микрорельефа поверхности.</li> </ul> </li> </ul> <p>Выбрать метод измерения твердости производства со свойствами готовой продукции, в том числе из объемных наноматериалов, наноструктур и изделий из них:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для материалов низкой твердости;</li> <li>- для материалов средней твердости;</li> <li>- для материалов высокой твердости;</li> <li>- для массивных изделий и сложной формы;               <ul style="list-style-type: none"> <li>- для тонких образцов.</li> </ul> </li> </ul>
ОПК-3.2	Проводит экспериментальные исследования и использует основные приемы обработки и представления полученных данных об объемных наноматериалах, наноструктур и изделий из них	<p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Статические методы определения механических свойств.</li> <li>2. Динамические методы определения механических свойств.</li> <li>3. Циклические методы определения механических свойств.</li> <li>4. Неразрушающие методы контроля.</li> <li>5. Классификация материалов и особенности исследования различных материалов, в том числе нанообъектов и наносистем</li> <li>6. Методы оптической микроскопии для исследования наноматериалов.</li> <li>7. Основы просвечивающей электронной микроскопии. Конструкция ПЭМ.</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>8. Физические основы РЭМ. Устройство и принципы работа РЭМ.</p> <p>9. Технические возможности РЭМ. Конструкция РЭМ. Применение.</p> <p>10. Сканирующая туннельная микроскопия – устройство, принципы работы, применение.</p> <p>11. Атомно-силовая микроскопия – устройство, принципы работы, применение.</p> <p>12. Электросиловая микроскопия – устройство, принципы работы, применение.</p> <p>13. Магнитно-силовая микроскопия – устройство, принципы работы, применение.</p>
ОПК-3.3	Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, включая анализ экспериментальных результатов об объемных наноматериалах, наноструктур и изделий из них, сопоставления их с известными аналогами	<p>Описать методику проведения параметров микроструктуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения балла зерна по стандартным шкалам;</li> <li>- определение балла неметаллических включений по стандартным шкалам;</li> <li>- определения соотношения феррита и перлита по стандартным шкалам;</li> <li>- определения балла перлита по стандартным шкалам;</li> <li>- определения соотношения пластинчатого и зернистого перлита по стандартным шкалам.</li> </ul>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

***Примерная структура и содержание пункта:***

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наноматериалов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

***Показатели и критерии оценивания экзамена:***

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.