

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Руководитель ОПОП ВО**  
**профессор Е.И. Пряхин**

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**доцент Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ***  
***НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>Магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>Профессор Петкова А.П.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Оборудование и методики исследования наноматериалов и покрытий» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;
- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Петкова А.П.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ профессор, д.т.н. Е.И. Пряхин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

Цель преподавания дисциплины – освоение принципов работы различных типов современного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов и покрытий.

Задачи изучения дисциплины – овладение магистрантами основными принципами действия современного оборудования; освоение методик работы на различных типах исследовательского оборудования в зависимости от изучаемых характеристик материала и его физических, химических и механических свойств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.

Дисциплина «Оборудование и методики исследования наноматериалов и покрытий» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Оборудование и методики исследования наноматериалов и покрытий» являются «Материаловедение и технология современных и перспективных материалов»; «Теория электронного строения твердых тел».

Дисциплина «Оборудование и методики исследования наноматериалов и покрытий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Углеродные наноматериалы», «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Технологии и свойства керамических материалов», «Обеспечение стабильности свойств материалов и надежности конструкций».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области принципов действия современного оборудования; освоения методик работы на различных типах исследовательского оборудования в зависимости от изучаемых физических, химических и механических свойств материала.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ:

Процесс изучения дисциплины «Оборудование и методики исследования наноматериалов и покрытий» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики.	ПКР-1	<b>ПКР-1.1.</b> Знать методы анализа и обработки результатов экспериментов, правила оформления отчетной документации, включая требования ГОСТ и нормоконтроля.
		<b>ПКР-1.2.</b> Уметь адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики, включая оформление технической документации.
		<b>ПКР-1.3.</b> Владеть навыками статистической обработки и анализа результатов исследований, формулирования выводов и заключений, оформления отчетной документации.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен управлять качеством продукции, разбираясь в видах брака материалов и изделий из них, природе их появления и способах устранения.	ПКР-3	<b>ПКР-3.1.</b> Знать классификацию дефектов, видов брака материалов и изделий из них: природу, причины и способы устранения.
		<b>ПКР-3.2.</b> Уметь выявлять причины возникновения брака и разрабатывать рекомендации по его устранению.
		<b>ПКР-3.3.</b> Владеть навыками управления качеством продукции, используя специализированное программное обеспечение.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		2
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
В том числе:		
Лекции	15	15
Практические занятия (ПЗ)	15	15
Семинары (С)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	15	15
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Подготовка к практическим занятиям	30	30
Подготовка к лабораторным занятиям	33	33
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
ак. час.	<b>144</b>	<b>144</b>
зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Электронная микроскопия»	25	2	4	4	15
Раздел 2 «Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия»	25	4	4	2	15
Раздел 3 «Сканирующая атомно-силовая микроскопия»	12	2	-	2	8
Раздел 4 «Сканирующая зондовая микроскопия»	33	5	4	7	17
Раздел 5 «Оптические методы в нанотехнологических исследованиях»	13	2	3	-	8
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>63</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Электронная микроскопия	Введение. Электронная микроскопия. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия в наноструктурных исследованиях: оборудование, области применения.	2
2.	Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия	Методы сканирующей туннельной микроскопии в наноструктурных исследованиях. Конструкции и принципы работы виртуального прибора NanoEducator LE. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия.	4
3.	Сканирующая атомно-силовая микроскопия	Сканирующая атомно-силовая микроскопия и принципы работы атомно-силового микроскопа в неконтактном режиме.	2
4.	Сканирующая зондовая микроскопия	Физические основы зондовой нанотехнологии. Виды литографии, выполняемые с помощью сканирующего зондового микроскопа. СЗМ-сканеры, СЗМ-	5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		зонды: причины появления искажений поверхности и способы их устранения. Формат СЗМ-данных. Способы обработки и представления полученных данных. Количественный анализ СЗМ-изображений. Улучшение качества СЗМ-изображений. Основные методы фильтрации СЗМ-изображений.	
5.	Оптические методы	Оптические методы в нанотехнологических исследованиях.	2
<b>Итого</b>			<b>15</b>

#### 4.2.3. Практические занятия:

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Просвечивающая электронная микроскопия	2
2		Сканирующая электронная микроскопия	2
3	Раздел 2.	Методы сканирующей туннельной микроскопии (постоянный ток, высота, работа выхода)	2
4		Сканирующая туннельная микроскопия (плотность состояний, $I(z)$ , $I(V)$ спектроскопия)	2
5	Раздел 4.	Сканирующая зондовая микроскопия (контактные, динамические, полуконтактные методы)	2
6		Сканирующая зондовая микроскопия (бесконтактные, многопроходные методы)	2
7	Раздел 5.	Оптические методы в нанотехнологических исследованиях	3
<b>Итого</b>			<b>15</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Просвечивающая электронная микроскопия в наноструктурных исследованиях	2
		Электронная сканирующая микроскопия в нанотехнологических исследованиях	2
2.	Раздел 2.	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии	2
3.	Раздел 3.	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме	2
4.	Раздел 4.	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента	2
		Искажения поверхности в сканирующей зондовой микроскопии	3
		Сканирующая зондовая литография	2
<b>Итого:</b>			<b>15</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Лабораторные занятия.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

#### Раздел 1. Электронная микроскопия

1. Могут ли электронные пучки распространяться без рассеяния в газовых средах?
2. Чем в электронном микроскопе создается изображение?
3. Назовите виды электронных микроскопов по методике применения.
4. Какими недостатками обладают электронные микроскопы?
5. Что применяют для повышения контрастности ультратонких пленок и срезов?
6. Перечислите последствия хроматической аберрации.
7. Какое разрешение имеют современные микроскопы, работающие при ускоряющем напряжении 200–400 кВ?
8. Назовите процесс, с помощью которого получают ультратонкие срезы полимерных материалов 10-100 нм.

#### Раздел 2. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия

1. Какой метод отображает химические и электронные свойства поверхности?
2. Как называется одна из методик сканирующей туннельной микроскопии, при использовании которой в процессе сканирования зонд сканирующего туннельного микроскопа перемещается только в плоскости, а изменение тока между острием зонда и поверхностью образца отражает рельеф поверхности?
3. К чему в методе постоянной высоты приводит неоднородность поверхности выше 5-10 Å?
4. Как перемещает зонд сканер СТМ при использовании метода постоянной высоты?

5. Какой метод применяется для получения данных о рельефе поверхности?
6. Какие данные позволяет получить метод отображения работы выхода?
7. Что такое эффект туннелирования?
8. Какие образцы можно исследовать методами сканирующей туннельной микроскопии?

### **Раздел 3. Сканирующая атомно-силовая микроскопия**

1. Какой принцип заложен в основе бесконтактных методик?
2. Влияние какого фактора необходимо исключить в многопроходных методиках АСМ?
3. Пояснить суть многопроходной методики АСМ.
4. Что такое кантилевер?
5. Принцип действия зонда в АСМ.
6. При использовании какого метода фазовое изображение получается при одновременном измерении рельефа и сдвига фазы колебаний кантилевера?
7. Чем приводится в колебательное состояние кантилевер?
8. Назовите метод, широко использующийся при исследовании наноструктурированных и неоднородных материалов.

### **Раздел 4. Сканирующая зондовая микроскопия**

1. Каковы основные физические принципы СЗМ?
2. Опишите принцип действия поляризационного силового микроскопа.
3. Применяется ли СЗМ при исследовании нанообъектов и линейных измерениях в нанодиапазоне?
4. Назовите виды СЗМ.
5. Возможно ли проведение наноманипуляций с помощью сканирующей зондовой микроскопии?
6. Исследование каких углеродных наноматериалов возможно методами СЗМ?
7. Назовите основные типы данных, получаемых при СЗМ измерениях.

### **Раздел 5. Оптические методы**

1. Поясните принцип работы ультрамикроскопа.
2. Что регистрируется с помощью ультрамикроскопа?
3. Поясните суть нефелометрического метода.
4. Приведите уравнение, согласно которому рассеивается свет высокодисперсных частиц в нефелометрическом методе.
5. Каким методом можно определить форму и концентрацию частиц неправильной формы?
6. Поясните суть турбидиметрии.
7. Каковы основные принципы двойного лучепреломления?

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к экзамену (по дисциплине):**

1. Чем определяется разрешающая способность при получении изображений во вторичных электронах?
2. Что является основным параметром, определяющим выход вторичных электронов?
3. Чем обусловлен выбор регистрируемого вторичного излучения?
4. Каким микроскопом изучаются электропроводящие материалы?
5. Какие изображения наиболее информативны при изучении сильно рассеивающих объектов?
6. На чем основан принцип действия туннельного микроскопа?
7. На каком уровне сканирующие туннельные микроскопы позволяют проводить исследования поверхности образцов?
8. Назовите условие возникновения эффекта туннелирования.

9. Назовите одну из методик сканирующей туннельной микроскопии, позволяющую измерять зависимость туннельного тока от расстояния зонд-образец и строить вольт-амперную характеристику вдоль поверхности образца.

10. Перечислите методы сканирующей туннельной микроскопии.

11. При использовании какого метода сканирующей туннельной микроскопии в каждой точке измерения фиксируется вольт-амперная характеристика?

12. Какими особенностями поверхности определяется величина туннельного тока?

13. На каком уровне сканирующий атомно-силовой микроскоп позволяет проводить исследования поверхности образцов?

14. Какие силы начинают воздействовать на образец при приближении кантилевера к его поверхности в идеальных экспериментальных условиях (вакуум) в АСМ?

15. Какой метод АСМ лучше всего применять для изучения полимерных пленок?

16. Какой метод применяется для изучения жесткости материала в АСМ?

17. Пояснить суть метода постоянного тока в АСМ.

18. Пояснить суть метода модуляции силы в АСМ.

19. Пояснить суть бесконтактных методик.

20. С каким законом связаны сила отталкивания, действующая на зонд АСМ и величина отклонения кантилевера?

21. Что такое зонд?

22. В каком методе ток между острием зонда и поверхностью является регистрируемой величиной?

23. В каком методе расстояние между поверхностью образца и зондом является регистрируемой величиной?

24. В каком направлении обеспечивается разрешающая способность в СЗМ порядка 0,01 нм?

25. В каком направлении обеспечивается разрешающая способность в СЗМ порядка 0,01-1 нм?

26. Назовите области применения СЗМ.

27. Опишите процесс подготовки образцов для СЗМ.

28. Перечислите методы визуализации СЗМ изображений.

29. Какова разрешающая способность оптических микроскопов?

30. Какие методы относятся к оптическим методам анализа дисперсных систем?

31. Что такое нефелометрия?

32. Изобразите упрощенную принципиальную схему ультрамикроскопа.

## 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Высокий вакуум внутри электронного микроскопа находится ...	1. вдоль всей траектории электронов 2. только в начале траектории электронов 3. в конце траектории электронов 4. в определенных участках траектории, на выбор оператора
2.	Для получения изображения в электронном микроскопе используются специальные электронные ...	1. линзы 2. усилители 3. стопоры 4. проводники
3.	В качестве объектов при электронной микроскопии используются ультратонкие срезы толщиной	1. 100 нм 2. 80-70 нм 3. 60 нм 4. 20-50 нм
4.	Структура на светлоскопическом изображении отображается на экране	1. темными линиями 2. светлыми полосами

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	электроннолучевой трубки	3. светлыми линиями и пятнами на темном фоне 4. темными линиями и пятнами на светлом фоне
5.	При изучении сильно рассеивающих объектов более информативны ...	1. светлопольные изображения 2. темнопольные изображения 3. накладывающиеся изображения 4. смешанные изображения
6.	Разрешение и информативность ПЭМ-изображений во многом определяются ...	1. характеристиками объекта и способом его подготовки 2. только материалом исследования 3. подготовкой исследуемого образца 4. выбором способа получения изображения поверхности исследования
7.	Для повышения контрастности ультратонких пленок и срезов применяют	1. обработку микротоками 2. обработку соединениями легкоплавких металлов 3. обработку соединениями тяжелых металлов 4. подложки из керамических материалов
8.	Метод исследования структуры, позволяющий проводить исследования поверхности образцов на атомном, молекулярном или нанокластерном уровнях при помощи сканирования поверхности зондом за счет регистрации туннельного тока, протекающего между зондом и изучаемым участком поверхности называется:	1. сканирующая электронная микроскопия 2. сканирующая зондовая микроскопия 3. оптическая микроскопия 4. сканирующая туннельная микроскопия
9.	Принцип действия туннельного микроскопа основан на:	1. разности потенциальных энергий 2. эффекте туннелирования 3. эффекте Джозефсона 4. эффекте волнового дуализма
10.	Электропроводящие материалы изучаются с помощью ... микроскопа:	1. сканирующего туннельного микроскопа 2. сканирующего зондового микроскопа 3. просвечивающего электронного микроскопа 4. все ответы верны
11.	Поверхность исследуемого вещества сканируется при помощи зонда или щупа в ... микроскопе:	1. просвечивающем и растровом электронном микроскопе 2. оптическом микроскопе 3. туннельном и атомно-силовом микроскопе 4. ионном микроскопе
12.	Укажите неверный вариант ответа: Сканирующие туннельные и атомно-силовой микроскопы позволяют проводить исследования поверхности образцов на ... уровне:	1. атомном 2. молекулярном 3. нанокластерном 4. микрокристаллическом
13.	Условием возникновения эффекта туннелирования является:	1. образец проводник (полупроводник), зонд - любой материал 2. образец - любой материал, зонд проводник (полупроводник) 3. как образ, так и зонд проводники (полупроводники)

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		4. образец полупроводник, зонд-керамика
14.	Одна из методик сканирующей туннельной микроскопии, позволяющая измерять зависимость туннельного тока от расстояния зонд-образец и строить вольтамперную характеристику вдоль поверхности образца называется:	1. I(z)-спектроскопия 2. I(v)-спектроскопия 3. метод постоянной высоты 4. метод постоянного тока
15.	В идеальных экспериментальных условиях (вакуум) в АСМ при приближении кантилевера к поверхности образца на него начинают воздействовать ...	1. капиллярные силы 2. силы трения 3. силы Ван дер Ваальса 4. силы электростатического взаимодействия
16.	Для изучения полимерных пленок лучше всего применять ... метод АСМ:	1. прерывисто-контактный метод 2. контактный метод 3. бесконтактный метод 4. динамический контактный метод
17.	Для изучения жесткости материала в АСМ применяется метод ...	1. постоянного тока 2. постоянной высоты 3. модуляции тока 4. модуляции силы
18.	Сигнал рассогласования системы обратной связи в методе постоянной силы АСМ может отражать:	1. рельеф поверхности исследуемого образца 2. распределение латеральных сил на поверхности образца 3. распределение магнитных сил на поверхности образца 4. небольшие неоднородности на большом относительно гладком фоне
19.	Сила отталкивания, действующая на зонд АСМ связана с величиной отклонения кантилевера ...	1. законом всемирного тяготения 2. I законом Ньютона 3. законом Гука 4. II законом Ньютона
20.	Метод модуляции силы в АСМ применяется для изучения:	1. упругости 2. жесткости 3. прочности 4. вязкости

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В многопроходных методиках АСМ необходимо исключить влияние:	1. частоты колебания кантилевера 2. химического состава поверхности 3. рельефа поверхности 4. толщины защитной пленки
2.	Разрешающая способность в СЗМ порядка 0,01 нм обеспечивается в ... направлении	1. горизонтальном 2. под углом к поверхности 3. вертикальном 4. диагональном
3.	Разрешающая способность в СЗМ порядка 0,1-1 нм обеспечивается в ... направлении	1. горизонтальном 2. под углом к поверхности 3. вертикальном 4. диагональном
4.	При использовании метода постоянной высоты сканер СТМ перемещает зонд	1. горизонтальной 2. вертикальной

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	только в	3. горизонтальной и вертикальной 4. диагональном
5.	В методе постоянной высоты неоднородность поверхности выше 5-10 Å приводит к:	1. уменьшению туннельного тока 2. к разрушению кончика зонда 3. к ухудшению качества изображения 4. к снижению разрешающей способности
6.	Ток между острием зонда и поверхностью является регистрируемой величиной в методе:	1. метод постоянной высоты 2. бесконтактный метод 3. метод постоянного тока 4. метод отображения работы выхода
7.	Расстояние между поверхностью образца и зондом является регистрируемой величиной в методе:	1. бесконтактном 2. постоянной высоты 3. отображения работы выхода 4. постоянного тока
8.	СЗМ обеспечивают разрешающую способность в вертикальном направлении...	1. порядка 0,1-1,0 нм 2. около 1 нм 3. около 0,01 нм 4. около 10 нм
9.	На определении ... рассеянного света основана ультрамикроскопия и нефелометрия	1. интенсивности 2. скорости 3. частоты 4. поглощения
10.	Что из перечисленного не относится к оптическим методам анализа дисперсных систем:	1. нефелометрия 2. турбидиметрия 3. ситовый анализ 4. двойное лучепреломление
11.	С помощью ультрамикроскопа регистрируются не сами частицы, а ...	1. рассеянный свет от этих частиц 2. их энергия 3. их количество 4. их скорость
12.	Нефелометрический метод основан на способности высокодисперсных частиц рассеивать свет согласно уравнению	1. Веймарна 2. Борщова 3. Рэлея 4. Гиндаля
13.	Форму и концентрацию частиц неправильной формы можно определить методом	1. нефелометрии 2. двойного лучепреломления 3. турбидиметрия 4. вторичных электронов
14.	При нефелометрии проходящий свет ...	1. направлен параллельно и рассеивается 2. направлен параллельно и не рассеивается 3. направлен перпендикулярно и не рассеивается 4. направлен перпендикулярно и рассеивается
15.	На определении интенсивности рассеянного света не основана ...	1. турбидиметрия 2. ультрамикроскопия 3. нефелометрия 4. дифракция
16.	Форму и концентрацию частиц неправильной формы можно определить методом	1. нефелометрии 2. двойного лучепреломления 3. турбидиметрия 4. вторичных электронов
17.	Что из перечисленного не относится к оптическим методам анализа дисперсных	1. нефелометрия 2. турбидиметрия

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	систем:	3. ситовый анализ 4. двойное лучепреломление
18.	Укажите <b>неверный</b> вариант ответа: В колебательное состояние кантилевер может приводиться с использованием:	1. сканера 2. генератора частот 3. пьезовибратора 4. специального преобразователя под держателем образца
19.	В исследовании наноструктурированных и неоднородных материалов широко используется метод:	1. метод модуляции амплитуды 2. метод модуляции силы 3. метод отображения фазового контраста 4. метод постоянной высоты
20.	Фазовое изображение получается при одновременном измерении рельефа и сдвига фазы колебаний кантилевера при использовании:	1. прерывисто-контактного метода 2. бесконтактного метода 3. контактного метода 4. многопроходного метода

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В основе бесконтактных методик заложен принцип:	1. постоянной высоты 2. постоянной силы 3. модуляции силы 4. модуляции амплитуды
2.	Что из перечисленного нельзя исследовать динамическим методом модуляции силы:	1. полимеры 2. биообъекты 3. полупроводники 4. композиты
3.	Для исследования любых материалов может применяться ... микроскопия:	1. сканирующая туннельная микроскопия 2. атомно-силовая сканирующая микроскопия 3. оптическая микроскопия 4. просвечивающая электронная микроскопия
4.	Для получения данных о рельефе поверхности применяются:	1. метод постоянной высоты и постоянного тока 2. $I(z)$ - спектроскопия 3. $I(v)$ - спектроскопия 4. метод отображения работы выхода
5.	Одна из методик сканирующей туннельной микроскопии, при использовании которой в процессе сканирования зонд сканирующего туннельного микроскопа перемещается только в плоскости, а изменение тока между острием зонда и поверхностью образца отражает рельеф поверхности, называется:	1. бесконтактный метод 2. метод постоянной высоты 3. метод постоянного тока 4. метод отображения работы выхода
6.	Величина туннельного тока определяется ... особенностями поверхности:	1. кристаллическими 2. химическими 3. структурными 4. механическими
7.	Химические и электронные свойства поверхности отображают:	1. метод постоянной высоты 2. $I(z)$ – спектроскопия и $I(v)$ - спектроскопия

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. метод постоянного тока 4. метод отображения работы выхода
8.	Метод отображения работы выхода позволяет получить:	1. данные о рельефе поверхности 2. распределение локальной плотности состояний 3. химические и электронные свойства поверхности 4. распределения работы выхода
9.	Какой из перечисленных методов <b>не</b> относится к сканирующей туннельной микроскопии:	1. бесконтактный метод 2. метод постоянной высоты 3. метод постоянного тока 4. метод отображения работы выхода
10.	При использовании в сканирующей туннельной микроскопии метода ... в каждой точке измерения фиксируется вольт-амперная характеристика	1. постоянной высоты 2. постоянного тока 3. I(z)-спектроскопии 4. I(v)-спектроскопии
11.	Если образец электро- и теплопроводен, однороден по составу и не обладает приповерхностной пористостью, в СЭМ с вольфрамовыми электродами достигается разрешение	1. 0.1 -1 нм 2. 5-7 нм 3. 6 -10 нм 4. 10 -12 нм
12.	Наихудшее разрешение в СЭМ получают при использовании режима...	1. первичных электронов 2. вторичных электронов 3. элементного микроанализа 4. низких ускоряющих напряжений
13.	Для проводящих покрытий в РЭМ чаще всего используют	1. Au 2. Au-Pd 3. Pt-Pd 4. все выше перечисленное
14.	Вторичные электроны характеризуются малой энергией до ..	1. 50 эВ 2. 60 эВ 3. 70 эВ 4. 80 эВ
15.	При получении изображений во вторичных электронах разрешающая способность определяется, прежде всего	1. их скоростью 2. глубиной проникновения 3. диаметром первичного зонда 4. толщиной исследуемого образца
16.	Основным параметром, определяющим выход вторичных электронов, является	1. угол падения пучка первичных электронов на поверхность объекта 2. скорость падения пучка первичных электронов на поверхность объекта 3. угол падения пучка вторичных электронов на поверхность объекта 4. скорость падения пучка вторичных электронов на поверхность объекта
17.	Метод наклона образца применяют при исследовании ...	1. плоских объектов 2. топографии поверхности 3. металлографических шлифов 4. все варианты верны
18.	В сканирующем электронном микроскопе изображение формируется ... электронами	1. отраженными и отклоненными 2. поглощенными, рассеянными и отклоненными 3. вторичными, поглощенными и отраженными 4. отраженными, поглощенными и

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		вторичными
19.	В зависимости от механизма регистрации сигнала различают режимы работы сканирующего электронного микроскопа...	1. режим отражённых электронов 2. режим вторичных электронов 3. режим катодолюминесценции 4. все варианты верны
20.	Ультратонкие срезы полимерных материалов (10-100 нм) получают с помощью	1. пропитки 2. ультрамикротомов 3. химического травления 4. методами криорепликации

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных, лабораторных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

### **7.1.1. Основная литература**

1. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Часть II/Величко А.А., Филимонова Н.И. - Новосибир.: НГТУ, 2014. - 227 с  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546528>
2. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П.. Нанотехнологии и специальные материалы: учебник для вузов. – СПб.: Химиздат, 2009. – 336 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>
3. Физические основы волоконной оптики: Учебное пособие / А.В. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 106 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=309267>
4. 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: 13.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Абрамов, Н.Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Современные методы исследований функциональных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.Н. Абрамов, В.А. Белов, Е.И. Гершман. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2011. — 160 с. <https://e.lanbook.com/book/47412>
2. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005, 192 с.
3. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Часть 1/Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б. - Новосибир.: НГТУ, 2013. - 134 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546601>

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Современные проблемы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс / А. А. Попович [и др.] ; ДВГТУ. - Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2008. - 405 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%AD%2F%D0%A1%20568%2D535846<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%AD%2F%D0%A1%20568%2D535846<.>)
2. Фостер, Л. Нанотехнологии : наука, инновации и возможности [Электронный ресурс] : переводное издание / Л. Фостер ; пер. с англ. А. Хачояна. - М. : Техносфера, 2008. - 349 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%AD%2F%D0%A1%20568%2D535846<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%AD%2F%D0%A1%20568%2D535846<.>)

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
2. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
3. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»);

монитор – 4 шт.;

сетевой накопитель – 1 шт.;

источник бесперебойного питания – 2 шт.;

телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.;

точка Wi-Fi – 1 шт.,

паяльная станция – 2 шт.;

дрель – 5 шт.;

перфоратор – 3 шт.;

набор инструмента – 4 шт.;

тестер компьютерной сети – 3 шт.;

баллон со сжатым газом – 1 шт.;

паста теплопроводная – 1 шт.;

пылесос – 1 шт.;

радиостанция – 2 шт.;

стол – 4 шт.;

тумба на колесиках – 1 шт.;

подставка на колесиках – 1 шт.;

шкаф – 5 шт.;

кресло – 2 шт.;

лестница Alve - 1 шт.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

Пакеты прикладных программ Microsoft Office

Microsoft Windows 7 Professional

Microsoft Office 2007 Professional Plus

Microsoft Windows XP Professional  
Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 с  
возможностью доступа к сети «Интернет»  
Microsoft Office 2010 Professional Plus Антивирусное программное обеспечение  
Kaspersky Endpoint Security