МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры и аспирантуры
_____ А.В. Корячко
«27» 04 2018 г.

Руководитель ОПОП
_____ Т.А. Холомина
«27» 04 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ К.В. Бухенский
«27» 04 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.Б.03 «Методы анализа наносистем»

Направление подготовки
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

ОПОП академической магистратуры
«Нанотехнологии в электронике»

Квалификация (степень) выпускника – магистр
Форма обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2018

26.04.18

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа по дисциплине «Методы анализа наносистем» является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академической магистратуры, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

Цель освоения дисциплины состоит в формировании у магистрантов перечисленных ниже компетенций и систематических междисциплинарных научных и инженерных знаний в области диагностики и анализа микро- и наносистем и материалов, ознакомлении с современными методами, способами и аппаратурой для экспериментального исследования и анализа структуры, химического состава, оптических и электрофизических свойств поверхности твердого тела и микро- и наносистем на наноразмерном уровне, получении устойчивых знаний физических основ методов анализа и диагностики.

Задачами дисциплины являются:

- изучение особенностей физических взаимодействий на наноразмерных масштабах и свойств наноструктурированных материалов, микро- и наносистем;
- расширение научного кругозора и эрудиции магистрантов в вопросах применения современных методов диагностики и анализа структуры, химического состава, оптических и электрофизических характеристик микро- и наносистем и материалов;
- изучение физических основ экспериментальных методов диагностики и анализа микро- и наносистем и материалов , возможности характеризации этих объектов с их помощью;
- овладение навыками анализа информации, полученной в результате применения разных методов диагностики с целью получения качественных и количественных характеристик исследуемых объектов;
- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при прохождении учебных практик, выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знать: основные законы классической и особенности современной научной картины мира для целенаправленного поиска новых знаний и умений в сфере будущей профессиональной деятельности. Уметь: анализировать и выделять то новое, что позволяет выстраивать адекватную современному уровню знаний научную картину мира. Владеть: основными методологическими приемами современной науки, в том числе математики и физики для получения качественных и количественных характеристик исследуемых объектов.
ОПК-2	Способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	Знать: современные парадигмы и проблемы в области физических взаимодействий на наноразмерных масштабах, особенности современного этапа развития науки об измерениях физических величин и их применении в технике микроскопии и спектроскопии микро- и наносистем и наност-

		руктурированных материалов. Уметь: анализировать данные качественных и количественных микроскопических и спектроскопических измерений микро- и наноструктур и наноструктурированных материалов, выявлять артефакты, методические и инструментальные погрешности физического эксперимента. Владеть: знаниями, позволяющими выбирать и использовать соответствующий физико-математический аппарат для анализа данных и извлечения качественных и количественных характеристик низкоразмерных структур из данных измерений.
ОПК-4	Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	Знать: теоретические основы физических явлений и взаимодействий в микро- и наномире. Уметь: использовать традиционные и современные информационные ресурсы для получения новых знаний, анализировать полученную информацию для приобретения новых умений и навыков. Владеть: навыками практической работы с современными информационными средствами и средами, способностями получения новых знаний в сфере профессиональной деятельности.
ПК-1	Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Знать: инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области диагностики и анализа структуры, химического состава, оптических и электрофизических характеристик микро- и наносистем и материалов с учетом перспектив развития электроники, наноэлектроники и нанотехнологий. Уметь: формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. Владеть: аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития новейших методов диагностики и анализа наноразмерных объектов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Методы анализа наносистем» (Б1.Б.03) является обязательной, относится к базовой части блока №1 и изучается магистрантами всех основных профессиональных образовательных программ академической магистратуры по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по очной и очно-заочной формам обучения на 1 курсе в 1 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Данная дисциплина базируется на следующих дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»: «Основы зондовой микроскопии» (Б1.2.В.01), «Наноэлектроника (Б1.3.Б.03), «Метрология, стандартизация и технические измерения» (Б1.3.Б.07); ОПОП «Нанотехнологии в электронике»: «Физика наносистем» (Б1.3.В.14), «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем» (Б1.3.В.15), «Процессы микро- и нанотехнологии» (Б1.3.В.16). Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению перечисленных выше предшествующих дисциплин.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: основы квантовой механики и статистической физики, зонной теории твердых тел;

уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачами диагностики и анализа структуры, химического состава, оптических и электрофизических характеристик микро- и наносистем и материалов;

владеть: основами разработки нормативно-технической документации в области изделий современной микро- и наноэлектроники; грамотным физическим научным языком; международной системой единиц измерений физических величин (СИ) при физических расчетах и формулировке физических закономерностей; навыками измерения основных физических величин.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Дисциплина «Методы анализа наносистем» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами магистратуры по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», такими как: «Актуальные проблемы современной электроники» (Б1.В.04), «Электронные процессы в твердом теле» (Б1.В.03). Программа дисциплины ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины «Методы анализа наносистем» (Б1.Б.03) необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» ОПОП «Нанотехнологии в электронике»: «Элементная база наноэлектроники» (Б1.В.01), «Фундаментальные основы физики наносистем и нанотехнологий» (Б1.В.05а), «Интеллектуальные материалы в электронике» (Б1.В.06а).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕ), или 180 час.

Вид учебной работы	**Всего часов**	
	Очная форма обучения	**Очно-заочная форма обучения**
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе	**180**	**180**
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	**54**	**54**

Лекции	26	26
Лабораторные работы	18	18
Практические занятия	10	10
Самостоятельная работа (всего)), в том числе:	**126**	**126**
Экзамены и консультации	40,5	40,5
Консультации в семестре	7	7
Самостоятельные занятия	78,5	78,5
Вид промежуточной аттестации	**экзамен**	**экзамен**

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Введение

Роль микро- нанотехнологий в создании современных концепций исследования микро- и наносистем. Уникальные свойства микро- и наноструктур. Основные понятия и особенности применения методов исследования для диагностики и анализа микро- и наносистем и материалов. Классификация методов диагностики и анализа микро- и наносистем. Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах.

Используемая литература: основная [1, 8], дополнительная [1, 14].

4.1.2 Методы оптической микроскопии

Основные характеристики оптических систем. Разрешающая способность оптической системы. Аберрации оптических систем. Методы наблюдения: светлое и темное поле, амплитудный и фазовый контрасты, изображение в поляризованных лучах. Оптическая микроскопия высокого разрешения: иммерсионная микроскопия, ультрафиолетовая и рентгеновская микроскопия, флуоресцентная микроскопия, конфокальная микроскопия, интерферометрия в белом свете, микроскопия с насыщением люминесценции (STED), ближнепольная оптическая микроскопия.

Используемая литература: основная [3, 5, 9, 12], дополнительная [11].

4.1.3 Методы электронной и ионной микроскопии

Теоретические основы электронной и ионной микроскопии. Взаимодействие электронного и ионного луча с веществом. Предел разрешения электронного микроскопа. Аберация электромагнитных линз. Артефакты электронной и ионной микроскопии. Основные элементы электронного микроскопа: электронная пушка, магнитные линзы, отклоняющие катушки, диафрагма, детекторы для регистрации сигналов. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ): оптическая схема ПЭМ, пробоподготовка, примеры ПЭМ-изображений. Растровая электронная микроскопия (РЭМ): область взаимодействия электронов с веществом: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка. Понятие контраста: топографический и композиционный (контраст от состава) контрасты. Оптическая схема РЭМ. Ионная микроскопия: разрешение и принцип работы ионно-полевого микроскопа. Фокусированные ионные пучки.

Используемая литература: основная [2-4,6], дополнительная [3-7].

4.1.4 Методы сканирующей зондовой микроскопии

Возможности и краткая характеристика основных методов сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Защита зондовых микроскопов от внешних факторов. Формирование и обработка СЗМ изображений. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ): физические основы метода, режимы работы (постоянного туннельного тока и постоянного расстояния), базовые блоки СТМ, организация обратной связи по туннельному току, система управления СТМ. Атомно-силовая микроско-

пия АСМ): теоретические основы метода, режимы работы (контактный, бесконтактный, прерывисто-контактный) и методы АСМ. Электросиловая и магнитно-силовая микроскопии.

Используемая литература: основная [3-5, 7], дополнительная [13, 15, 16].

4.1.5 Методы спектроскопии

Оптическая инфракрасная, в видимой области спектра и ультрафиолетовая спектроскопии. Оптическая спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС - Рамановская спектроскопия). Сканирующая туннельная спектроскопия. Масс-спектрометрия вторичных ионов (ВИМС). Оже-электронная спектроскопия (ОЭС). Спектроскопия обратного резерфордовского рассеяния. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия (РЭС). Рентгеновская адсорбционная спектроскопия (спектроскопия поглощения - РАС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС). Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов (СХПЭЭ). Мёссбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия. Спектроскопия адмиттанса. Нестационарная спектроскопия глубоких уровней. Спектроскопия низкочастотного шума.

Используемая литература: основная [3-5, 8], дополнительная [8-11, 13, 17].

4.1.6 Методы структурного анализа

Физические основы методов структурного анализа, основанных на дифракции электронов. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракция отраженных быстрых электронов (ДБЭ). Метод Дебая. Эллипсометрия тонких пленок. Методы определения удельной поверхности нанопорошков. Методы определения средних размеров наночастиц.

Используемая литература: основная [4, 5, 10], дополнительная [2, 6, 7, 9].

4.1.7 Методы определения элементного состава

Гравиметрический (весовой) и титриметрический (объемный) анализы. Атомно-абсорбционный метод. Рентгеноспектральный микроанализ (энергодисперсионный и с волновой дисперсией). Масс-спектрометрические методы.

Используемая литература: основная [2, 3, 5, 11], дополнительная [4-8, 10, 13, 17].

4.1.8 Заключение

Тенденции развития мирового рынка диагностических и аналитических приборов для исследования материалов и структур микро- и наноэлектроники.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

Очная форма обучения

№ п/п	Основные разделы дисциплины	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа обучающихся
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1	Введение	6,5	2	-	-	4,5
2	Методы оптической микроскопии	16	4	2	2	8
3	Методы электронной и ионной микроскопии	24	4	4	2	14
4	Методы сканирующей зондовой микроскопии	24	4	4	2	14
5	Методы спектроскопии	24	4	4	-	16
6	Методы структурного анализа	18	4	4	2	8
7	Методы определения элементного состава	14	2	-	2	10

8	Заключение	6	2	-	-	4
	Консультации и экзамен	47,5	-	-	-	47,5
	Итого:	**180**	**26**	**18**	**10**	**126**

Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Основные разделы дисциплины	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа обучающихся
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1	Введение	6,5	2	-	-	4,5
2	Методы оптической микроскопии	16	4	2	2	8
3	Методы электронной и ионной микроскопии	24	4	4	2	14
4	Методы сканирующей зондовой микроскопии	24	4	4	2	14
5	Методы спектроскопии	24	4	4	-	16
6	Методы структурного анализа	18	4	4	2	8
7	Методы определения элементного состава	14	2	-	2	10
8	Заключение	6	2	-	-	4
	Консультации и экзамен	47,5	-	-	-	47,5
	Итого:	**180**	**26**	**18**	**10**	**126**

4.3 Виды практических занятий, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Основные разделы дисциплины	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Введение (Уникальные свойства микро- и наноструктур. Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах)	Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	4,5
2	Методы оптической микроскопии	Практические занятия	Пределы разрешения оптических и электронных методов микроскопии. Аберрации. Определение толщины пленок методом эллипсометрии	2
		Лабораторная работа	Изучение устройства и принципов работы сканирующего зондового микроскопа NanoEducator	2
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам оптической микроскопии. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, оформление отчета. Подготовка к практическим занятиям. Подго-	8

			товка к промежуточной аттестации и к экзамену.	
3	Методы электронной и ионной микроскопии	Практические занятия	Особенности взаимодействия электронного и ионного луча с веществом	2
		Лабораторная работа	Изготовление зондов для сканирующего зондового микроскопа NanoEducator	4
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам электронной и ионной микроскопии. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, оформление отчета. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	14
4	Методы сканирующей зондовой микроскопии	Практические занятия	Изучение устройства и принципов работы сканирующего зондового микроскопа	2
		Лабораторная работа	Получение изображения поверхности СЗМ NanoEducator в режиме атомно-силовой микроскопии	4
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам сканирующей зондовой микроскопии. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, оформление отчета. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	14
5	Методы спектроскопии	Лабораторная работа	Обработка и количественный анализ СЗМ-изображений	4
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам спектроскопии. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, оформление отчета. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	16
6	Методы структурного анализа	Практические занятия	Определение средних размеров наночастиц	2
		Лабораторная работа	Проведение сканирующей зондовой литографии на сканирующем зондовом микроскопе NanoEducator	4
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам структурного анализа. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, оформление отчета. Подготовка к	8

			практическим занятиям. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	
7	Методы определения элементного состава	Практические занятия	Определение элементного состава материалов и веществ	2
		Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций по методам определения элементного состава. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к промежуточной аттестации и к экзамену.	10
8	Заключение	Самостоятельная работа обучающихся	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену.	4

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1) Методы анализа микро- и наносистем: методические указания к лабораторной работе № 1/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Авачев, Н.В. Вишняков, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин. Рязань, 2016. 16 с.

2) Методы анализа микро- и наносистем: методические указания к лабораторной работе № 2/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Авачев, Н.В. Вишняков, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин. Рязань, 2016. 16 с.

3) Методы анализа микро- и наносистем: методические указания к лабораторной работе № 3/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Авачев, Н.В. Вишняков, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин. Рязань, 2016. 16 с.

4) Методы анализа микро- и наносистем: методические указания к лабораторной работе № 4/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Авачев, Н.В. Вишняков, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин. Рязань, 2016. 16 с.

5) Методы анализа микро и наносистем: методические указания к лабораторной работе № 5/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А.П. Авачев, Н.В. Вишняков, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин. Рязань, 2016. 16 с.

6) Методы сканирующей туннельной микроскопии: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост.: В. Г. Литвинов, А. П. Авачев, С. И. Мальченко, К. В. Митрофанов, В. Г. Мишустин, В. Н. Тимофеев. Рязань, 2011. 64 с.

7) Зондовые методы исследования материалов и структур электроники: методические указания к лабораторным работам/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост.: А. П. Авачев, В. Г. Литвинов, К. В. Митрофанов, В. Г. Мишустин. Рязань, 2011. 48 с.

8) Нанотехнологии и их применение: научное издание в 2 частях. Часть 1. – Диагностика нанообъектов. Наноматериалы. Наноэлектроника / С. П. Вихров, Н. В. Вишняков. Рязань: ООО «Сервис», 2012. – 208 с. ISBN 978-5-83403-059-3 — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/506.

9) Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.Д. Мишина [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 187 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94113

10) Основы нанотехнологии: учебник [Электронный ресурс] : учеб. / Н.Т. Кузнецов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 400 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94129

11) Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 607 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94144

12) Лачинов, А.Н. Методы диагностики и анализа микро- и наносистем: учеб. Пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2013. — 60 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/42398

13) Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Баранов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2009. — 191 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68194.html

14) Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов [Электронный ресурс] : монография / Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхард. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2007. — 376 с. — 978-5-94836-121-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/12728.html

15) Современные методы исследований функциональных материалов [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / Н.Н. Абрамов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2011. — 160 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56745.html

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к Рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Методы анализа наносистем»)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Основная учебная литература

1) Нанотехнологии и их применение: научное издание в 2 частях. Часть 1. – Диагностика нанообъектов. Наноматериалы. Наноэлектроника / С. П. Вихров, Н. В. Вишняков. Рязань: ООО «Сервис», 2012. – 208 с. ISBN 978-5-83403-059-3 — Режим доступа: http://elib.rsreu.ru/ebs/download/506

2) Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 607 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94144

3) Лачинов, А.Н. Методы диагностики и анализа микро- и наносистем: учеб. Пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2013. — 60 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/42398

4) Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Баранов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2009. — 191 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68194.html

5) Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов [Электронный ресурс] : монография / Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхард. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2007. — 376 с. — 978-5-94836-121-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/12728.html

6) Филимонова Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Филимонова, Б.Б. Кольцов. — Электрон. текстовые данные. — Но-

восибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 c. — 978-5-7782-2158-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45104.html

7) Величко А.А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Величко, Н.И. Филимонова. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 c. — 978-5-7782-2534-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45105.html

7.2 Дополнительная учебная литература

1) Головин, Ю.И. Наномир без формул [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 546 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70736

2) Наумов А.В. Спектромикроскопия одиночных молекул и нанодиагностика неупорядоченных твердых сред [Электронный ресурс] : монография / А.В. Наумов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский педагогический государственный университет, 2015. — 212 c. — 978-5-4263-0271-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/70149.html

3) Данилина Т.И. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.И. Данилина, И.А. Чистоедова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2011. — 96 c. — 978-5-91191-202-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13950.html

4) Смирнов С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Смирнов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 115 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13944.html

5) Каныгина О.Н. Физические методы исследования веществ [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, В.Л. Бердинский. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 141 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33663.html

6) Основы нанотехнологии: учебник [Электронный ресурс] : учеб. / Н.Т. Кузнецов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 400 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94129

7) Быков Ю.А. Определение твердости нанопокрытий [Электронный ресурс] : учебное пособие по курсу «Современные методы исследования структуры материалов» / Ю.А. Быков, С.Д. Карпухин, В.М. Полянский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 32 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31126.html

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1) http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/
2) http: //www.lomonosov-fund/ru
3) https://nanohub.org
4) http://www.portalnano.ru.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место для конспектирования изученной литературы. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения часов с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели). Расписание консультаций вывешивается на весь семестр на доске объявлений лаборатории по дисциплине. В конце консультации проводится тест по теме, при успешном прохождении которого тема считается изученной.

К каждой лабораторной работе и к каждому практическому занятию надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы или занятия, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к лабораторным работам и практическим занятиям. Необходимо подготовить и шаблон отчета по лабораторной работе, чтобы за время, отведенное для выполнения работы, можно было оформить отчет и сдать его. Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Кроме чтения учебной литературы из обязательного списка рекомендуется активно использовать информационные ресурсы сети Интернет по изучаемой теме.

Невыполнение учебного графика лабораторных работ и практических занятий наказывается недопуском обучающегося к сдаче экзамена по дисциплине.

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях, практических и лабораторных занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к экзамену. Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий; углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины; освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний в области диагностики микро- и наносистем.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

– самостоятельное изучение отдельных вопросов и тем дисциплины «Методы анализа наносистем»;

– обработка результатов, полученных при выполнении практического или лабораторного задания;

– подготовка к защите практического или лабораторного задания, оформление отчета.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировать цельное представление о нем. Изучающему дисциплину студенту следует всегда помнить, что залог успеха в учебе – это планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов учебной работы.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», реализация компетентностного подхода при изучении дисциплины «Методы анализа наносистем» (Б1.Б.03) производится с применением

активных форм проведения занятий и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Образовательные технологии включают следующие формы и методы:

- лекции сопровождаются демонстрациями иллюстративного материала при помощи мультимедийных средств;

- студенты обеспечиваются рабочими местами в лабораториях Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) РГРТУ (НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе), оснащенных учебно-научным комплексом нанодиагностики «Nanoeducator» (НТ-МДТ, Россия) и другим нанодиагностическим оборудованием (http://ckp.rsreu.ru), предназначенным для исследования свойств и характеристик образцов материалов, микро- и наноструктур;

- студенты обеспечиваются современными учебной и методической литературой.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии и ресурсы:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;

- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

- комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания и вопросы для самоконтроля).

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. операционные системы семейства Windows (корпоративная лицензия - продукты Microsoft по программе DreamSpark Membership ID 700565236);

2. MS Office (Open License 46582240 с 26.02.2010 – бессрочно), либо пакет Libre Office или иное свободно распространяемое программное обеспечение (лицензия LGPL)

3. специализированное ПО, установленное на нанодиагностическом оборудовании Nanoeducator (лицензия бессрочно).

4. Kaspersky Endpoint Security (коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595 с 25.02.2018 по 05.03.2019).

После изучения отдельных разделов дисциплины осуществляется проведение рубежного контроля усвоения материала студентами в виде тестовых вопросов.

Выбранные технологии эффективно поддерживают достижение магистрантами принятых для дисциплины «Методы анализа наносистем» общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Для освоения данной дисциплины применяется следующее материально-техническое обеспечение.

1. Лекционные/практические занятия:

– комплект электронных презентаций/слайдов;

– аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);

2. Лабораторные работы:

– научные лаборатории РЦЗМкп (лаборатория НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе), оснащенные учебно-научным комплексом нанодиагностики «Nanoeducator» (НТ-МДТ, Россия) и другим нанодиагностическим оборудованием (http://ckp.rsreu.ru);

– пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы и др.;
– специализированное ПО («Nanoeducator»).

3. Прочее:

– рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет для проведения необходимых расчетов и тестового контроля текущей успеваемости;
– рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами и предназначенные для работы в электронной образовательной среде и подключаемыми к ним модулями.

Программу составил
к.т.н., доцент кафедры микро- и наноэлектроники Вишняков Н.В.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры МНЭЛ,
протокол № 10 от 26.04.2018 г.

Зав. кафедрой микро- и наноэлектроники
д.ф.-м.н., профессор Холомина Т.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.Б.03 «Методы анализа наносистем»

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

ОПОП академической магистратуры

«Нанотехнологии в электронике»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2018

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и лабораторных работах. При оценивании результатов освоения практических занятий и лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных и практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой. Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается три теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый должен составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки, схемы и т.п.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	Введение. Уникальные свойства микро- и наноструктур. Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	экзамен
2	Методы оптической микроскопии	ОПК-1, ОПК-4, ПК-1	практические занятия, лабораторные работы, экзамен
3	Методы электронной и ионной микроскопии	ОПК-2, ОПК-4, ПК-1	практические занятия, лабораторные работы, экзамен
4	Методы сканирующей зондовой микроскопии	ОПК-2, ОПК-4, ПК-1	практические занятия, лабораторные работы, экзамен

5	Методы спектроскопии	ОПК-2, ОПК-4, ПК-1	практические занятия, экзамен
6	Методы структурного анализа	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	практические занятия, лабораторные работы, экзамен
7	Методы определения элементного состава	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1	практические занятия, экзамен

Формы текущего контроля

Текущий контроль по дисциплине «Методы анализа наносистем» проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно, на лабораторных занятиях, а также экспресс – опросов и заданий по лекционным материалам и лабораторным работам. Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы анализа наносистем», содержат необходимый теоретический материал и вопросы по каждому из разделов дисциплины. Результаты ответов на вопросы тестовых заданий контролируются преподавателем.

Формы промежуточного контроля

Формой промежуточного контроля по дисциплине является экзамен. К экзамену допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом и настоящей программой. Форма проведения экзамена – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

Критерии оценки компетенций обучающихся и шкалы оценивания

Формирование у обучающихся во время обучения в семестре указанных выше компетенций на этапах лабораторных занятий, а также самостоятельной работы оценивается по критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено». Освоение материала дисциплины и контролируемых компетенций обучающегося служит основанием для допуска обучающегося к этапу промежуточной аттестации – экзамену.

Целью проведения промежуточной аттестации (экзамена) является проверка общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретенных студентом при изучении дисциплины «Методы анализа наносистем».

Уровень теоретической подготовки определяется составом приобретенных компетенций, усвоенных им теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно применять их при решении задач диагностики и анализа структуры, химического состава, оптических и электрофизических свойств поверхности твердого тела и микро- и наносистем на наноразмерном уровне.

Экзамен организуется и осуществляется, как правило, в форме собеседования. Средством, определяющим содержание собеседования студента с экзаменатором, являются экзаменационный билет, содержание которого определяется ОПОП и Рабочей программой. Экзаменационный билет включает в себя, как правило, три вопроса, один из которых относятся к теоретическим разделам дисциплины, второй – к методам визуализации наноразмерных объектов, а третий - к спектроскопическим методам анализа структурного, элементного состава, электрофизических и оптических свойств наноструктурированных материалов и твердотельных микро- и наноструктур.

Оценке на заключительной стадии экзамена подвергаются устные ответы экзаменующегося на вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.

Применяется четырехбальная шкала оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», что соответствует шкале «компетенции студента полностью соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента соответствуют требованиям

ФГОС ВО», «компетенции студента в основном соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента не соответствуют требованиям ФГОС ВО».

К оценке уровня знаний и практических умений и навыков рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

«Отлично»:

глубокие и твердые знания программного материала программы дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); полные, четкие, логически последовательные, правильные ответы на поставленные вопросы; умение выделять главное и делать выводы.

«Хорошо»:

достаточно полные и твёрдые знания программного материала дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); последовательные, правильные, конкретные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, свободное устранение замечаний о недостаточно полном освещении отдельных положений при постановке дополнительных вопросов.

«Удовлетворительно»:

знание основного программного материала дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи основных рассматриваемых явлений (процессов); понимание сущности обсуждаемых вопросов, правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы, несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.

«Неудовлетворительно»:

отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины; неправильный ответ хотя бы на один из вопросов, существенные и грубые ошибки в ответах на дополнительные вопросы, недопонимание сущности излагаемых вопросов, неумение применять теоретические знания при решении практических задач, отсутствие навыков в обосновании выдвигаемых предложений и принимаемых решений.

При трех вопросах в билете общая оценка выставляется следующим образом:

- «отлично», если все оценки «отлично» или одна из них «хорошо»;
- «хорошо», если не более одной оценки «удовлетворительно»;
- «удовлетворительно», если две и более оценок «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно», если одна оценка «неудовлетворительно», а остальные не выше чем «удовлетворительно» или две оценки «неудовлетворительно».

Типовые контрольные темы и вопросы по дисциплине «Методы анализа наносистем»

Вопросы к лабораторным занятиям по дисциплине

Лабораторная работа № 1 «Изучение устройства и принципов работы сканирующего зондового микроскопа NanoEducator»	
1	Назовите основные компоненты СЗМ и их назначение.
2	Назовите виды сенсоров и принципы их действия.
3	Объясните понятие пьезоэлектрического эффекта и принцип действия пьезоэлектрического двигателя. Опишите различные конструкции сканеров.
4	Опишите общую конструкцию прибора NanoEducator.
5	Объясните конструкцию зондового датчика прибора NanoEducator и принцип его действия.
6	Опишите механизм подвода зонда к образцу в приборе NanoEducator.
7	Объясните принцип сканирования и работы системы обратной связи. Расскажите о критериях выбора параметров сканирования.
Лабораторная работа № 2 «Изготовление зондов для сканирующего зондового микроскопа NanoEducator»	
1	Зонды для СТМ.

2	Способы изготовления зондов для СТМ.
3	Зонды для АСМ.
4	Способы изготовления зондов для АСМ.
5	Расскажите о методике изготовления зонда для СЗМ NanoEducator.
Лабораторная работа № 3 «Получение изображения поверхности СЗМ NanoEducator в режиме атомно-силовой микроскопии»	
1	Назовите основные компоненты СЗМ.
2	Объясните понятие пьезоэлектрического эффекта и принцип действия пьезоэлектрического двигателя.
3	Опишите различные конструкции сканеров.
4	Объясните конструкцию зондового датчика силового взаимодействия прибора NanoEducator и принцип его действия.
5	Опишите механизм подвода зонда к образцу в приборе NanoEducator.
6	Поясните параметры, определяющие силу взаимодействия зонда с образцом.
7	Объясните принцип сканирования и работы системы обратной связи.
8	Расскажите о критериях выбора параметров сканирования.
Лабораторная работа № 4 «Проведение сканирующей зондовой литографии на сканирующем зондовом микроскопе NanoEducator»	
1	Сканирующий зондовый микроскоп как инструмент для считывания и записи информации. Расскажите о физических основах зондовой нанотехнологии.
2	Что такое сканирующая зондовая литография? Расскажите об основных ее видах.
3	Расскажите об особенностях динамической силовой литографии на приборе NanoEducator.
4	Назовите критерии выбора образцов для проведения динамической силовой литографии
Лабораторная работа № 5 «Обработка и количественный анализ СЗМ-изображений»	
1	Какие типы искажений характерны для СЗМ-изображений?
2	По каким причинам возникают искажения СЗМ-изображений?
3	Каковы основные методы фильтрации СЗМ изображений?
4	Каким образом проводится медианная фильтрация?
5	Какими способами удаляют искажения, связанные с неидеальностью сканера?
6	Назовите некоторые методы определения количественных характеристик изображений.
7	Что такое гистограмма высот и для чего ее используют?
8	Для каких изображений следует воспользоваться частотным представлением?
9	Какую информацию об изображении можно получить по его Фурье-образу?

Примерные темы практических занятий

№	Наименование темы
1	Пределы разрешения оптических и электронных методов микроскопии. Аберрации. Определение толщины пленок методом эллипсометрии
2	Особенности взаимодействия электронного и ионного луча с веществом
3	Изучение устройства и принципов работы сканирующего зондового микроскопа
4	Определение средних размеров наночастиц
5	Определение элементного состава материалов и веществ

Вопросы к экзамену

Тема 1 «Введение. Уникальные свойства микро- и наноструктур. Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах»	
1.1	Роль микро- нанотехнологий в создании современных концепций исследования микро- и наносистем. Уникальные свойства микро- и наноструктур.
1.2	Основные понятия и особенности применения методов исследования для анализа

	наносистем. Классификация методов анализа микро- и наносистем.
1.3	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Гравитация и поверхностное натяжение.
1.4	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Электростатическое взаимодействие.
1.5	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Сила трения.
1.6	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Механические колебания и резонансы.
1.7	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Особенности оптических свойств наноматериалов.
1.8	Особенности физических взаимодействий на наноразмерных масштабах. Магнитные свойства наночастиц.
	Тема 2 «Методы оптической микроскопии»
2.1	Основные характеристики оптических систем. Схема двухлинзового оптического микроскопа.
2.2	Основные характеристики оптических систем. Разрешающая способность оптической системы.
2.3	Основные характеристики оптических систем. Аберрации оптических систем.
2.4	Основные характеристики оптических систем. Методы наблюдения.
2.5	Основные характеристики оптических систем. Методы наблюдения, расширяющие возможности оптической микроскопии: изображение в поляризованных лучах, амплитудный и фазовый контрасты.
2.6	Повышение разрешающей способности оптической микроскопии. Иммерсия.
2.7	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Ультрафиолетовая и рентгеновская микроскопия.
2.8	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Флуоресцентная микроскопия.
2.9	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Конфокальная микроскопия.
2.10	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Интерферометрия в белом свете.
2.11	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Микроскопия с насыщением люминесценции (STED).
2.12	Оптическая микроскопия высокого разрешения. Ближнепольная оптическая микроскопия.
	Тема 3 «Методы электронной и ионной микроскопии»
3.1	Теоретические основы электронной микроскопии. Взаимодействие электронного луча с веществом.
3.2	Теоретические основы электронной микроскопии. Предел разрешения электронного микроскопа.
3.3	Теоретические основы электронной микроскопии. Аберация электромагнитных линз.
3.4	Основные элементы электронного микроскопа: электронная пушка, магнитные линзы, отклоняющие катушки, диафрагма, детектор.
3.5	Просвечивающий электронный микроскоп. Оптическая схема.
3.6	Просвечивающий электронный микроскоп. Взаимодействие электронного луча с веществом.
3.7	Просвечивающий электронный микроскоп. Пробоподготовка.
3.8	Растровая электронная микроскопия. Взаимодействие электронного луча с веществом
3.9	Растровая электронная микроскопия. Область взаимодействия электронов с веществом: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка.
3.10	Растровая электронная микроскопия. Схема растрового электронного микроскопа
3.11	Растровая электронная микроскопия. Электронная пушка.
3.12	Растровая электронная микроскопия. Электромагнитные линзы.
3.13	Растровая электронная микроскопия. Диафрагмы электронно-оптической системы.

3.14	Растровая электронная микроскопия. Детекторы для регистрации сигналов.
3.15	Растровая электронная микроскопия. Понятие контраста. Топографический и композиционный (контраст от состава) контрасты.
3.16	Ионная микроскопия. Разрешение и принцип работы ионно-полевого микроскопа.
3.17	Ионная микроскопия. Фокусированные ионные пучки.
	Тема 4 «Методы сканирующей зондовой микроскопии»
4.1	Сканирующая зондовая микроскопия. Возможности и краткая характеристика основных методов СЗМ.
4.2	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
4.3	Сканирующая зондовая микроскопия. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий.
4.4	Сканирующая зондовая микроскопия. Формирование и обработка СЗМ изображений.
4.5	Сканирующая туннельная микроскопия. Физические основы метода
4.6	Сканирующая туннельная микроскопия. Режимы работы (постоянного туннельного тока и постоянного расстояния)
4.7	Сканирующая туннельная микроскопия. Базовые блоки сканирующего туннельного микроскопа.
4.8	Сканирующая туннельная микроскопия. Организация обратной связи по туннельному току. Система управления СТМ.
4.9	Атомно-силовая микроскопия. Теоретические основы метода. Взаимодействие зонда АСМ с поверхностью.
4.10	Атомно-силовая микроскопия. Система регистрации положения зонда и обратной связи.
4.11	Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов, кантилеверы.
4.12	Атомно-силовая микроскопия. Режимы работы.
4.13	Атомно-силовая микроскопия. Контактная АСМ.
4.14	Атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный и полуконтактный режимы.
4.15	Электросиловая микроскопия.
4.16	Магнитно-силовая микроскопия.
	Тема 5 «Методы спектроскопии»
5.1	Методы спектроскопии. Спектроскопия обратного резерфордовского рассеяния.
5.2	Методы спектроскопии. Оже-спектроскопия.
5.3	Методы спектроскопии. Масс-спектрометрия вторичных ионов.
5.4	Методы спектроскопии. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия.
5.5	Методы спектроскопии. Рентгеновская адсорбционная спектроскопия (спектроскопия поглощения).
5.6	Методы спектроскопии. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
5.7	Методы спектроскопии. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия.
5.8	Методы спектроскопии. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
5.9	Методы спектроскопии. Мёссбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия.
5.10	Методы спектроскопии. Оптическая инфракрасная, в видимой области спектра и ультрафиолетовая спектроскопии.
5.11	Методы спектроскопии. Оптическая спектроскопия комбинационного рассеяния света (Рамановская спектроскопия).
5.12	Методы спектроскопии. Сканирующая туннельная спектроскопия.
5.13	Методы исследования электрофизических свойств наносистем. Методы вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик.

5.14	Методы исследования электрофизических свойств наносистем. Спектроскопия адмиттанса.
5.15	Методы исследования электрофизических свойств наносистем. Нестационарная спектроскопия глубоких уровней.
5.16	Методы исследования электрофизических свойств наносистем.
	Тема 6 «Методы структурного анализа»
6.1	Методы структурного анализа, основанные на дифракции электронов. Общие представления.
6.2	Методы структурного анализа. Дифракция медленных электроно.
6.3	Методы структурного анализа. Дифракция отраженных быстрых электронов.
6.4	Методы структурного анализа. Метод Дебая.
	Тема 7 «Методы определения элементного состава»
7.1	Методы определения элементного состава. Гравиметрический (весовой) и титриметрический (объемный) анализы.
7.2	Методы определения элементного состава. Атомно-абсорбционный метод.
7.3	Методы определения элементного состава. Рентгеноспектральный микроанализ (энергодисперсионный и с волновой дисперсией).
7.4	Методы определения удельной поверхности нанопорошков.
7.5	Методы определения средних размеров наночастиц.