

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 04.09.2026 15:06:13

Уникальный программный ключ:

efd3ecd8d183f7649d0e3a53c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Наноаналитическое оборудование»

Цель преподавания дисциплины: формирование представлений о физике, технике и возможностях современного наноаналитического оборудования, культуры применения различных методов зондовой микроскопии, электронно-оптических и рентгеновских методов в исследовании свойств нанообъектов для успешной профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины:

1. обучение физическим основам, на которых построены современные наноаналитические приборы;
2. овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;
3. формирование навыков практической работы на основных видах наноаналитического оборудования в исследовании свойств нанообъектов, контроля и мониторинга состояния измерительного и испытательного оборудования и образцов основных, вспомогательных и расходных материалов;
4. освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах;
5. получение опыта участия в научно-исследовательской работе с применением основного наноаналитического оборудования, в разработке методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализе их результатов;
6. формирование навыков в оформлении, и аргументированной защите результатов выполненной работы;
7. обеспечить совместно с другими дисциплинами семестра теоретическую подготовку обучающихся к учебной практике (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), производственной практике (научно-исследовательская работа), производственной эксплуатационной практике, производственной преддипломной практике на предприятии-заказчике.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);
- способен осуществлять пробоподготовку опытных образцов для проведения измерений параметров микро- и наноструктур (ПК-1);
- способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур (ПК-2).

Разделы дисциплины:

Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.
Сканирующая туннельная микроскопия.
Атомно-силовая микроскопия.
Измерительные методики АСМ.
Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.
Элементы электронно-оптических приборов.
Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии.
Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно – научного
(наименование ф-та полностью)

П.А. Ряполов
(подпись, инициалы, фамилия)

« 06 » 06 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наноаналитическое оборудование
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии»
наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

ОПОП ВО реализуется по модели дуального обучения

Курск – 2024

Рабочая программа дисциплины составлена:

– в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденным приказом Минобрнауки России от 19.09.2017г. № 921;

– на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренным Ученым советом университета (протокол № 9 «27» 03 2024 г.).

– с учетом заказа-требования от 13.03.2024 на результаты освоения ОПОП ВО – программы магистратуры 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», реализуемой по модели дуального обучения в ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», от регионального центра нанотехнологий (приложение к общей характеристике ОПОП ВО).

Рабочая программа практики обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для дуального обучения студентов по ОПОП ВО ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии» на совместном заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики с представителями регионального центра нанотехнологий (протокол № 9 от «6» 06 2024 г.).

Зав. кафедрой НМОиПФ



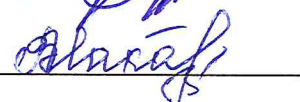
А. Е. Кузько

Разработчик программы,
к.ф.-м.н., доцент



А.Е. Кузько

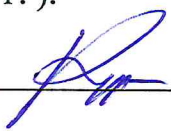
Директор научной библиотеки



В. Г. Макаровская

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 от «31» 03 2025 г., на совместном заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики с представителями регионального центра нанотехнологий (протокол № 1 от «30» 08 2025 г.).

Зав. кафедрой

 Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 8 от «24» 02 2026 г., на совместном заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики с представителями регионального центра нанотехнологий (протокол № 1 от «31» 08 2026 г.).

Зав. кафедрой

 Кузько А.Е.

1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1. Цель дисциплины

Цель дисциплины – формирование представлений о физике, технике и возможностях современного наноаналитического оборудования, культуры применения различных методов зондовой микроскопии, электронно-оптических и рентгеновских методов в исследовании свойств нанообъектов для успешной профессиональной деятельности.

1.2. Задачи дисциплины

Задачами дисциплины являются:

1. обучение физическим основам, на которых построены современные наноаналитические приборы;
2. овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;
3. формирование навыков практической работы на основных видах наноаналитического оборудования в исследовании свойств нанообъектов, контроля и мониторинга состояния измерительного и испытательного оборудования и образцов основных, вспомогательных и расходных материалов;
4. освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах;
5. получение опыта участия в научно-исследовательской работе с применением основного наноаналитического оборудования, в разработке методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализе их результатов;
6. формирование навыков в оформлении, и аргументированной защите результатов выполненной работы;
7. обеспечить совместно с другими дисциплинами семестра теоретическую подготовку обучающихся к учебной практике (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), производственной практике (научно-исследовательская работа), производственной эксплуатационной практике, производственной преддипломной практике на предприятии-заказчике.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной	Знать: - логику разработки концепции проекта в рамках обозначенной проблемы; - основные научно-технические цели и

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
		проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	задачи в области нанотехнологии и микросистемной техники; - основные экспериментальные и теоретические методы в области нанотехнологий; - условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур; - актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы; - тенденции развития методов характеризации материалов и структур нано и микросистем для разработки методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий Уметь: - формулировать цели и задачи собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники; - обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач собственных научных исследований; - выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем Владеть (или иметь Опыт деятельности): - высоким уровнем теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы); - понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
			области; - навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем, интерпретации экспериментальных данных
		УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования	Знать: - логику разработки плана реализации проекта в рамках обозначенной проблемы; - основные инструменты планирования в области нанотехнологии и микросистемной техники; - условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур; Уметь: - разрабатывать план реализации проекта, с учётом сформулированных целей и задач собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники; - обоснованно выбирать для разработки плана реализации проекта оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем Владеть (или иметь Опыт деятельности): - навыками разработки плана реализации проекта с использованием инструментов планирования; - понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для разработки оптимального плана реализации проекта; - для разработки актуального в пределах данного проекта плана должен владеть навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
			нано и микросистем
		УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит	Знать: - логику осуществления контроля за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы; - как корректировать отклонения и вносить дополнительные изменения в

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
		дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники; - условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур; - актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы; - знать зоны ответственности участников проекта Уметь: - осуществлять контроль за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы; - корректировать отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники; - контролировать условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур; - определять зоны ответственности участников проекта Владеть (или иметь Опыт деятельности): - навыком осуществления контроля за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы; - понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для корректировки отклонений и внесения дополнений в план реализации проекта; - для корректировки отклонений в реализации плана и внесения изменений должен владеть навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем и навыками интерпретации

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			экспериментальных данных
ПК-1	Способен осуществлять пробоподготовку опытных образцов для проведения измерений параметров микро- и наноструктур	ПК-1.1 Осуществляет подготовку образцов нано- и микроструктур для измерений на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ)	Знать: - инструкции крепления образцов для измерений на сканирующем электронном микроскопе в соответствии с руководством пользователя JSM-6610LV (JEOL); - инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для установки нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; - инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для низкоскоростного прецизионного отрезного станка TECHCUT 4; Уметь: - осуществлять предварительную фотофиксацию пространственного расположения образцов относительно столика СЭМ и оценку высоты объекта исследования; - закреплять и заземлять образец на столике СЭМ углеродным скотчем; - наносить токопроводящие покрытия на поверхность образца (плазменное напыление) Иметь опыт в выполнении следующих трудовых действий: - подготовки образцов нано- и микроструктур для измерений на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ)

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
		ПК-1.2 Осуществляет подготовку образцов нано- и микроструктур для измерений на атомно-силовом микроскопе (АСМ)	Знать: - последовательность действий при креплении образцов для измерений на атомно-силовом микроскопе в соответствии с руководством пользователя AIST-NT (SmartSPMTM); - инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для полуавтоматического однодискового шлифовально-полировального станка Buehler Vector LC; - инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для установки плазменной очистки низкого давления PICO Уметь: - крепить образцы в держателе АСМ Иметь опыт в выполнении следующих трудовых действий: - подготовки образцов нано- и микроструктур для измерений на атомно-силовом микроскопе (АСМ)
		ПК-1.3 Осуществляет подготовку образцов для исследования спектроскопическим и методами или технологических операций	Знать: - Инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для лазерного маркирующего комплекса FMark-20RL; - Инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для ванны ультразвуковой QUICK 218-35; - Инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для ультразвукового технологического диспергатора "Волна" УЗТА -0.4/22-ОМ; - Инструкции по пробоподготовке в соответствии с руководством пользователя для спектрофотометра СФ-2000 Уметь:

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			производить одно из действий: - прецизионную резку проволоочной алмазной нитью; - прецизионную резку сверхтвердыми дисками; - лазерную резку; - многостадийную химико-механическую шлифовку и полировку; - плазменную очистку поверхности; - ультразвуковую очистку поверхности; - ультразвуковое диспергирование; - подготовку растворов для спектрометрии Иметь опыт в выполнении одного из следующих трудовых действий: - подготовка образцов необходимого размера с помощью прецизионной резки; - обработка поверхности образца для последующих измерений или технологических операций; - подготовка растворов и коллоидных систем для спектрометрии или технологических операций; - подготовка образцов для спектроскопии комбинационного рассеяния

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
ПК-2	Способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур	ПК-2.1 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур при помощи атомно-силового микроскопа	Знать: - параметры настроек и калибровки микроскопов и спектрометров для получения четких и точных спектров и изображений (в частности, ГРСИ 41678-09: Меры периода и высоты линейные TGZ1, TGZ2, TGZ3), - программное обеспечение для проведения измерений при помощи атомно-силового микроскопа, - технику безопасности в лабораторной среде, включая безопасное обращение с оборудованием (АСМ) и химическими реагентами Уметь: - настраивать а и устанавливать режимы работы зондового микроскопа; - сканировать поверхности образцов с высоким разрешением с помощью зондового микроскопа; - проводить операции по обслуживанию зондового микроскопа Иметь опыт в выполнении следующих трудовых действий: - проведения измерений параметров микро- и наноструктур при помощи атомно-силового микроскопа

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
		ПК-2.2 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур при помощи сканирующего электронного микроскопа	Знать: - Основы оптики, принципы работы микроскопов и спектрометров, и их основные характеристики, - программное обеспечение для проведения измерений при помощи сканирующего электронного микроскопа - технику безопасности в лабораторной среде, включая безопасное обращение с оборудованием (РЭМ) и химическими реагентами Уметь: - осуществлять настройку, фокусировку и измерения с помощью растрового электронного микроскопа; - осуществлять управление характеристиками изображений и спектров, получаемых от детекторов в растровом электронном микроскопе; - проводить операции по обслуживанию растрового электронного микроскопа Иметь опыт в выполнении следующих трудовых действий: - проведения измерений параметров микро- и наноструктур при помощи сканирующего электронного микроскопа, - проведения измерений параметров микро- и наноструктур при помощи приставки энергодисперсионного анализа с датчиком обратно рассеянных электронов и энергодисперсионным анализатором (Oxford Instruments X-Maxn Silicon Drift Detector)
		ПК-2.3 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур методами спектроскопии или оптической	Знать: - ГОСТ Р 54350-2015. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний, - программное обеспечение для проведения измерений методами спектроскопии или оптической

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
		микроскопии	микроскопии, - техника безопасности в лабораторной среде, включая безопасное обращение с оборудованием (спектроскопии или оптической микроскопии) и химическими реагентами Уметь: производить одно из действий: - получение инфракрасных, оптических, рамановских, рентгеновских спектров; - настройка, фокусировка и измерение с помощью оптического микроскопа; - проведение операций по обслуживанию наноаналитических приборов Иметь опыт в выполнении одного из следующих трудовых действий: проведение измерений параметров микро- и наноструктур одним из методов: - рентгенофазовый анализ (Порошковый рентгеновский дифрактометр GBC EMMА); - ИК-Фурье спектроскопия (Nicolet iS50); - спектрофотометрия (СФ-2000); - спектроскопия комбинационного рассеяния света (OmegaScope AIST-NT); - оптическая микроскопия (Nicon SMZ 745T)

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Наноаналитическое оборудование» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы магистратуры 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность «Нанотехнологии», реализуемой по модели дуального обучения.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре и 2 курсе 3 и 4 семестрах.

Дисциплина имеет практико-ориентированный характер и изучается: до прохождения обучающимися производственной эксплуатационной практики, завершающей 2 семестр; до

учебной практики (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), завершающей 3 семестр; до производственной практики (научно-исследовательская работа), , производственной преддипломной практики, завершающих 4 семестр.

3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 12 зачетных единицы (з.е.), 432 академических часа.

Таблица 3 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	432
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	116,85
в том числе:	
лекции	14, из них практическая подготовка обучающихся 0 .
лабораторные занятия	66, из них практическая подготовка обучающихся 12 .
практические занятия	34, из них практическая подготовка обучающихся 0 .
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	261,15
Контроль (подготовка к экзамену)	54
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	2,85
в том числе:	
зачет	0,2
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	1,5
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	1,15

4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
2 семестр		

1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.	Методы ионизации (электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Вертикальные и адиабатические электронные переходы. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля. Двойная фокусировка. Разрешающая сила масс-спектрометра. Молекулярное течение газа. . Основные типы масс-спектрометров: времяпролетный, квадрупольный масс-спектрометр, спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометров в нанодиагностике. Идентификация веществ.
2	Сканирующая туннельная микроскопия.	Физические основы СТМ. Уровень Ферми. Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Особенности СТМ в региональном центре нанотехнологий. Общая схема СТМ. Измерительные методики СТМ. Режимы работы СТМ: постоянного тока, постоянной высоты. Режимы СТМ и методики СТМ, используемые в региональном центре нанотехнологий. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец.
3	Атомно-силовая микроскопия.	Физические основы АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Силы Ван-дер-Ваальса. Капиллярные силы. Преимущества перед СТМ. Дальнодействующие силы. Аппаратура для АСМ. Особенности аппаратуры атомно-силовой микроскопии, используемой в региональном центре нанотехнологий. Общая схема АСМ. Зонды АСМ. Оптическая система регистрации перемещений зонда. Система обратной связи.
3 семестр		
4	Измерительные методики АСМ.	Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ. Аппаратное обеспечение контактного, полуконтактного и бесконтактного режимов работы АСМ, используемых в региональном центре нанотехнологий. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение. Предельное разрешение АСМ: латеральное и вертикальное. Детектирование отдельных атомов и наночастиц с помощью АСМ. Изучение электрофизических и магнитных свойств поверхности. Характеристики проводящих кантилеверов. Магнитно-, электросиловая, емкостная, Кельвин-микроскопия. Метрологическое обеспечение АСМ.
5	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.	Нераспространяющиеся световые волны. Техническая реализация СБОМ. Проблемы подвода малоразмерных диафрагм к образцам на постоянной высоте. Поперечно-силовая микроскопия, метод пропускания и метод отражения. Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела.

6	Элементы электронно-оптических приборов.	Конструкции и виды электронных пушек. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек. Особенности катодной пушки, используемой в сканирующем электронном микроскопе регионального центра нанотехнологий. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность). Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока. Настройка и регулировка напряжения смещения на Венельте катодной пушки, используемой в сканирующем электронном микроскопе регионального центра нанотехнологий. Электромагнитные линзы. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная). Вакуумная система. Особенности вакуумной системы сканирующего электронного микроскопа регионального центра нанотехнологий.
4 семестр		
7	Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы ПЭМ. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции. Виды контраста просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Использование различных видов контраста изображения на СЭМ регионального центра нанотехнологий. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров. Калибровка и измерение линейных размеров на СЭМ регионального центра нанотехнологий. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Примеры исследований методами высокого разрешения. Основы методов электронной дифракции. Приготовление образцов для ПЭМ.
8	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования.	Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Особенности энергодисперсионного спектрометра сканирующего электронного микроскопа регионального центра нанотехнологий. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый закон Мозли. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. Установка "мёртвого времени" и «фактора Биннинга» в работе энергодисперсионного детектора СЭМ регионального центра нанотехнологий. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра и волнового спектрометра. Католюминесценция. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов.

Таблица 4.1.2 – Содержание дисциплины и ее методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Компетенции
		лек., час	№ лаб	№ пр			
1	2	3	4	5	6	7	8
2 семестр							

1	1. Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике. Методы ионизации (электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Вертикальные и адиабатические электронные переходы. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля. Двойная фокусировка. Разрешающая сила масс-спектрометра. Молекулярное течение газа.. Основные типы масс-спектрометров: времяпролетный, квадрупольный масс-спектрометр, спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометров в нанодиагностике. Идентификация веществ.	4	1	0	У-1-3 МУ-1	С ЛР-1	УК-2.2
2	2. Сканирующая туннельная микроскопия. Физические основы СТМ. Уровень Ферми. Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Особенности СТМ в региональном центре нанотехнологий. Общая схема СТМ. Измерительные методики СТМ. Режимы работы СТМ: постоянного тока, постоянной высоты. Режимы СТМ и методики СТМ, используемые в региональном центре нанотехнологий. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец.	4	2	0	У-1, 3, 5, 7, 8 МУ-1, 3	У ЛР-2 КЗ	УК-2.2 ПК-1.2
3	3. Атомно-силовая микроскопия. Физические основы АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Силы	6	3	0	У-4, 5, 7, 8 МУ-1, 3	С ЛР-3 ЗПП	УК-2.2 УК-2.4 ПК-1.2 ПК-2.1

	Ван-дер-Ваальса. Капиллярные силы. Преимущества перед СТМ. Дальнодействующие силы. Аппаратура для АСМ. Особенности аппаратуры атомно-силовой микроскопии, используемой в региональном центре нанотехнологий. Общая схема АСМ. Зонды АСМ. Оптическая система регистрации перемещений зонда. Система обратной связи.						
3 семестр							
4	4. Измерительные методики АСМ. Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ. Аппаратное обеспечение контактного, полуконтактного и бесконтактного режимов работы АСМ, используемых в региональном центре нанотехнологий. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение. Предельное разрешение АСМ: латеральное и вертикальное. Детектирование отдельных атомов и наночастиц с помощью АСМ. Изучение электрофизических и магнитных свойств поверхности. Характеристики проводящих кантилеверов. Магнитно-, электросиловая, емкостная, Кельвин-микроскопия. Метрологическое обеспечение АСМ.	0	4	0	У-4, 5, 7, 8 МУ-1, 3	У Т1 ЛР-4 КЗ ПР-1, 2	УК-2.2 УК-2.5 ПК-1.3 ПК-2.1

5	5. Сканирующая ближнеполюсная оптическая микроскопия. Нераспространяющиеся световые волны. Техническая реализация СБОМ. Проблемы подвода малоразмерных диафрагм к образцам на постоянной высоте. Поперечно-силовая микроскопия, метод пропускания и метод отражения. Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела.	0	5	0	У-1, 5, 7 МУ-1-4	С ЛР-5 ПР-3	УК-2.2
6	6. Элементы электронно-оптических приборов. Конструкции и виды электронных пушек. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек. Особенности катодной пушки, использующейся в сканирующем электронном микроскопе регионального центра нанотехнологий. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность). Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока. Настройка и регулировка напряжения смещения на Венельте катодной пушки, использующейся в сканирующем электронном микроскопе регионального центра нанотехнологий. Электромагнитные линзы. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная). Вакуумная система. Особенности вакуумной системы	0	6	0	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	ЛР-6 РКС КЗ ПР-4	УК-2.2 ПК-2.2

	скайрующего электронного микроскопа регионального центра нанотехнологий.						
4 семестр							
7	7. Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы ПЭМ. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции. Виды контраста просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Использование различных видов контраста изображения на СЭМ регионального центра нанотехнологий. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров. Калибровка и измерение линейных размеров на СЭМ регионального центра нанотехнологий. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Примеры исследований методами высокого разрешения. Основы методов электронной дифракции. Приготовление образцов для ПЭМ.	0	7	1,2,3	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	Т2 ЛР-7 ПР-5 ЗПП ПЗ	УК-2.4 УК-2.5 ПК-1.1 ПК-2.2
8	8. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования. Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Особенности энергодисперсионного спектрометра скайрующего электронного микроскопа регионального центра нанотехнологий. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый	0	8,9	4,5,6	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	ЛР-8,9 ПР-6 ЗПП, КЗ	УК-2.2 УК-2.4 УК-2.5 ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-2.3

закон Мозли. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. Установка "мёртвого времени" и «фактора Биннинга» в работе энергодисперсионного детектора СЭМ регионального центра нанотехнологий. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра и волнового спектрометра. Като�олюминесценция. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов.						
---	--	--	--	--	--	--

С - собеседование, ЛР - выполнение лабораторной работы, У - устный опрос, Т – тестирование, ПЗ - решение производственной задачи, РКС - разбор конкретных ситуаций, ЗПП - выполнение заданий по практической подготовке, КЗ - решение кейс-задачи, ПР - выполнение практической работы

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№ зан.	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
1	2	3
2 семестр		
1	«Расшифровка масс-спектра наночастиц в виде мономеров и димеров, образованных в ячейке Кнудсена»	4, из них практическая подготовка обучающихся – 0
2	«Подготовка образцов для АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC»	12, из них практическая подготовка обучающихся – 4
3	"Оценка радиуса закругления острия зонда по АСМ-изображениям углеродных нанотрубок"	12, из них практическая подготовка обучающихся – 0
Итого за 2 семестр		28, из них практическая подготовка обучающихся – 4
3 семестр		
4	«Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv высоковакуумных режимах».	10, из них практическая подготовка обучающихся – 0
5	«Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv низковакуумных режимах».	10, из них практическая подготовка обучающихся – 0
6	"Замена катода, чистка электрода Венельта, настройка электронной пушки РЭМ JEOL JSM-6610LV"	8, из них практическая подготовка обучающихся – 4
Итого за 3 семестр		28, из них практическая подготовка обучающихся – 4
4 семестр		
7	«Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей»	4, из них практическая подготовка обучающихся – 4
8	«Основы работы с рентгеновским дифрактометром EMMA (GBC Scientific Equipment)».	4, из них практическая подготовка обучающихся – 0
9	«Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess mc ² »	2, из них практическая подготовка обучающихся – 0
Итого за 4 семестр		10
Итого		66, из них практическая подготовка обучающихся – 12

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№ зан.	Наименование и краткое содержание занятия	Объем, час.
1	2	3
4 семестр		
1	Общие характеристики методов исследования спектроскопических, дифракционных. Условия корректности обратных задач. Характеристическое время метода. Пространственное, поверхностное и энергетическое разрешения. Типы методов.	2, из них практическая подготовка обучающихся – 0
2	Применение масс-спектрометрии для идентификации вещества, определения размеров нанокластеров, получения наночастиц с распределением по массам (размерам). Расшифровка масс - спектров веществ из мономеров, димеров. Сверхзвуковое сопло. Газовая агрегация. Методы эрозии поверхности. Определение размеров кластеров.	4, из них практическая подготовка обучающихся – 0
3	Измерительные методики СТМ. Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ.	4, из них практическая подготовка обучающихся – 0
4	Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Контактные, полуконтактные, безконтактные режимы. Силы Ван-дер-Ваальса. Капиллярные силы. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение. Изучение электрофизических и магнитных свойств поверхности. Магнитно-, электросиловая, емкостная, Кельвин микроскопия.	8, из них практическая подготовка обучающихся – 0
5	Электронно-оптические методы. Расшифровка энергетического спектра вторичных электронов после взаимодействия с образцом. Метод дифракции обратноотражённых электронов. Различные типы детекторов информационных сигналов при падении первичного электронного пучка.	8, из них практическая подготовка обучающихся – 0
6	Рентгеновские методы в нанодиагностике. Уточнённый закон Мозли. Условие дифракции рентгеновских лучей, уравнение Вульфа-Бреггов. Энергодисперсионный анализ. Энергетическое разрешение ЭДС.	8, из них практическая подготовка обучающихся – 0
Итого		34, из них практическая подготовка обучающихся – 0

4.3 Самостоятельной работы студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое
-----------	--	-----------------	----------------------

(темы)			на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
2 семестр			
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.	1-6 неделя	22
2	Сканирующая туннельная микроскопия.	7-13 неделя	22
3	Атомно-силовая микроскопия.	14-18 неделя	21,9
Итого за 2 семестр			65,9
3 семестр			
4	Измерительные методики АСМ.	5 неделя	70
5	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	6 неделя	32
6	Элементы электронно-оптических приборов.	8 неделя	70,4
Итого за 3 семестр			172,4
4 семестр			
7	Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	12 неделя	10
8	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	14 неделя	12,85
Итого за 4 семестр			22,85
Итого:			261,15

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплины студенты могут пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников университета.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебным планом и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы,

современных программных средств.

- путем разработки:

- методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
- методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

типографией университета:

- посредством оказания помощи авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- посредством удовлетворения потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

6 Образовательные технологии. Практическая подготовка обучающихся

Реализация программы магистратуры по модели дуального обучения и компетентностного подхода предусматривают широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных и профессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	Практическое занятие "Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью"	Мастер-класс на АСМ сотрудника регионального центра нанотехнологий.	2
2	Практическое занятие "Электронно-оптические методы"	Разбор конкретных ситуаций на РЭМ с сотрудниками сотрудниками регионального центра нанотехнологий (или центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» ЦКП НИУ «БелГУ» входит в состав национальной нанотехнологической сети РФ)	4
3	Практическое занятие "Рентгеновские методы в нанодиагностике"	Мастер-класс на ЭДС (или рентгеновском дифрактометре) сотрудника регионального центра нанотехнологий.	2
Итого:			8

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины осуществляется путем проведения лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по направленности (профилю) программы магистратуры.

Практическая подготовка² обучающихся при реализации дисциплины организуется в реальных производственных условиях на предприятии-заказчике

Практическая подготовка обучающихся проводится в соответствии с положением П 02.181.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Этапы* формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	Начальный	Основной	Завершающий
1	2	3	4
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Наноаналитическое оборудование		
		Наноматериаловедение	
ПК-1 Способен осуществлять пробоподготовку опытных образцов для проведения измерений параметров микро- и наноструктур	Наноаналитическое оборудование		
	Учебная технологическая (проектно-технологическая) практика		Производственная преддипломная практика Механика микро- и нанодисперсных магнитных сред
ПК-2 Способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур	Наноаналитическое оборудование		
		Производственная эксплуатационная практика	Оптоэлектроника Магнитоэлектрические материалы Производственная преддипломная практика

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код компетенции и/ этап (наименование этапа по таблице 6.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)

	практикой)				
1	2	3	4	5	6
УК-2/ завершающ ий	УК-2.2 Разрабатывае т концепцию проекта в рамках обозначенно й проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывае т актуальность , значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	Знать: демонстрируе т 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Знания обучающегося имеют поверхностны й характер, имеют место неточности и ошибки.	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающи е знания; допускает неточности.	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
	УК-2.4 Разрабатывае т план реализации проекта с использован ием инструменто в планировани я	Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для УК-2.	Уметь: в целом сформированн ые, но вызывающие затруднения при самостоятельн ом применении умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2.	Уметь: сформированны е и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2.
	УК-2.5 Осуществляе т мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнитель ные изменения в план реализации	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельност и): навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, доведены до автоматизма.

	проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта...				
ПК-1/ завершающий	ПК-1.1 Осуществляет подготовку образцов нано- и микроструктур для измерений на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ)	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	Знать: демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
	ПК-1.2 Осуществляет подготовку образцов нано- и микроструктур для измерений на атомно-силовом микроскопе (АСМ)	Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.
	ПК-1.3 Осуществляет подготовку образцов для				

	исследования спектроскопическими методами или технологических операций ...	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, доведены до автоматизма.
ПК-2/ завершающий	ПК-2.1 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур при помощи атомно-силового микроскопа	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	Знать: демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
	ПК-2.2 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур при помощи сканирующего электронного микроскопа	Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.
	ПК-2.3 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур				

	р методами спектроскопии или оптической микроскопии	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности) : навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, доведены до автоматизма.
...	...		...	...	...

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.3 Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
2 семестр						
1.	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.	УК-2.2	Лекции СРС, лабораторная работа	Вопросы для собеседования	№1, МУ-1 Зад. 1-7 Б1№1-3, МУ-3	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 1 Контрольные вопросы	1-15	
2.	Сканирующая туннельная микроскопия.	УК-2.2 ПК-1.2	Лекции СРС, лабораторная работа	Вопросы для устного опроса	№2, МУ-1 Зад. 1-9 Б2№4-7, МУ-3	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 2 Контрольные вопросы	1-7	
				Кейс-задача	№1, МУ-3	
3.	Атомно-силовая	УК-2.2 УК-2.4	Лекции СРС, лабораторная	Вопросы для собеседования	№3, МУ-1 Б2№7-9, МУ-3	согласно табл 7.2

	микроскопия.	ПК-1.2 ПК-2.1	работа (Мастер-класс сотрудников РЦН)	ния		
				Текст лабораторной работы № 3 Контрольные вопросы	1-9	
				Задания по практической подготовке	№1, МУ-3	
3 семестр						
4.	Измерительные методики АСМ.	УК-2.2 УК-2.5 ПК-1.3 ПК-2.1	СРС, лабораторная работа (Мастер-класс сотрудников РЦН) практическое занятие,	Вопросы для устного опроса	№4, МУ-1 Б2№10-11, МУ-3	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 4 Контрольные вопросы	7-9	
				Кейс-задача	№2, МУ-3	
				БТЗ(банк вопросов и заданий в тестовой форме)	Т1	
				Текст практической работы № 1,2	№1, №2, МУ-2	
5.	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.	УК-2.2	лабораторная работа, практическое занятие, СРС	Вопросы для собеседования	№5, МУ-1	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 5 Контрольные вопросы	1-7	
				Текст практической работы № 3	№3, МУ-2	

6.	Элементы электронно-оптических приборов.	УК-2.2 ПК-2.2	лабораторная работа практическое занятие, СРС	Вопросы для устного опроса	№6, МУ 1 №6, МУ-2	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 6 Контрольные вопросы	1-7	
				Текст практической работы № 4	№4, МУ-2	
				Задания по практической подготовке	№2, МУ-3	
				Кейс-задача	№3, МУ-3	
				4 семестр		
7.	Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	УК-2.4 УК-2.5 ПК-1.1 ПК-2.2	лабораторная работа практическое занятие, СРС	Вопросы для собеседования	№7, МУ 1 №7, МУ-2	согласно табл 7.2
				Текст лабораторной работы № 7 Контрольные вопросы	1-5	
				БТЗ(банк вопросов и заданий в тестовой форме)	Т2	
				Задания по практической подготовке	№3, МУ-3	
				Текст практической работы № 5	№5, МУ-2	
				8.		
8.	Электронно-зондовый рентгеновский	УК-2.2 УК-2.4 УК-2.5	лабораторная работа практическое занятие,	Вопросы для устного опроса	№7,8, МУ 1 №6, МУ-2	согласно табл 7.2

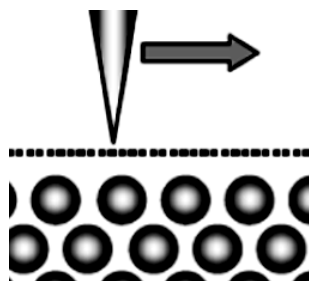
	микроанализ и рентгеновские методы исследования.	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-2.3	СРС	Текст лабораторной работы № 7,8 Контрольные вопросы ЛБ-7, 8 Контрольные вопросы	1-9 1-9	
				Текст практической работы № 6	№6, МУ-2	
				Задания по практической подготовке	№3, МУ-3	
				Кейс-задача	№4, МУ-3	

7.3.1 Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

а) Вопросы и задания в тестовой форме по разделу (теме) № 4 «Измерительные методики АСМ»

Задание в закрытой форме:

1. Объясните режим работы СЗМ изображённый на рисунке: 1) режим постоянного тока для АСМ; 2) топографический режим для СТМ; 3) режим постоянной высоты и для АСМ и для СТМ; 4) спектроскопическая методика, либо для АСМ, либо для СТМ; 5) топографический режим и для АСМ, и для СТМ.



2. Выберите правильно объяснение для выражения:

$$j_t = j_0(V) \exp \left\{ -\frac{4\pi}{h} \sqrt{2m\phi^*} \Delta Z \right\}$$

1) выражение для туннельного тока при $eV < \phi^*$, когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец; 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии; 3) выражение для туннельного тока при $eV > \phi^*$, когда коэффициент

перед экспонентой сильно зависит от разности потенциалов зонд-образец; 4) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ полупроводника; 5) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ сверхпроводника.

Задание в открытой форме:

1. Установите связь латерального разрешения атомно-силового микроскопа с разрешением по вертикали.
2. Опишите основные методы изготовления СТМ-зондов и их параметры.

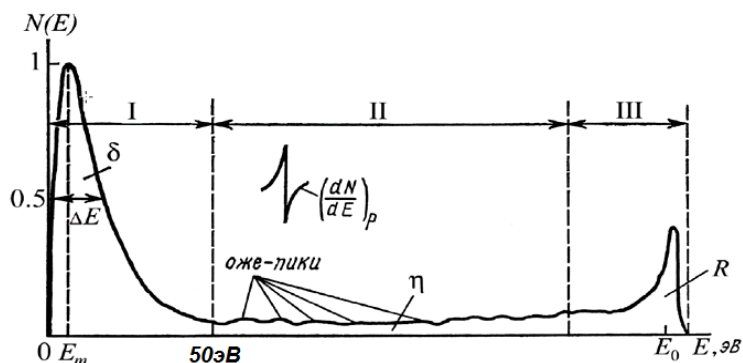
Задание на установление правильной последовательности по разделу (теме) № 6 «Элементы электронно-оптических приборов»:

Выберите правильную последовательность настройки термоэмиссионного катода после замены сгоревшего на новый:

- 1) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смещение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.
- 2) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Настроить смещение и угол наклона электронного пучка; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

Задание на установление соответствия:

На рисунке дан спектр энергий электронов, вылетевших из образца под действием электронов первичного пучка. Чему соответствует область I: 1) Медленным истинно вторичным электронам, которые образуются при выбивании электронами первичного пучка электронов внешних оболочек атомов образца; 2) Оже электронам, образованным при выбивании электронами первичного пучка электронов внутренних оболочек атомов образца; 3) Неупруго рассеянными на атомах вещества электронами первичного пучка; 4) Упруго рассеянными на атомах вещества электронами первичного пучка; 5) Обратноотражёнными электронами первичного пучка.



б) Производственная задача по разделу (теме) № 8 «Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования»:

При производстве микросистемной техники на контактные ножки некоторых ответственных электронных элементов напыляется слой золота определённой толщины и чистоты. На заводе выпускающем электронику для "чёрных ящиков" стало много выбраковываться деталей с такими элементами из-за нарушения контакта. Предложите способ контроля за соблюдением технологии

пайки таких деталей и выяснения причин брака с помощью аналитической электронной микроскопии.

в) Текст лабораторной работы по теме № 6 «Замена катода, чистка электрода Венельта, настройка электронной пушки РЭМ JEOL JSM-6610LV» приведен в УММ по дисциплине.

г) Вопросы для устного опроса по разделу (теме) № 2 Сканирующая туннельная микроскопия.

1. Что такое уровень Ферми в металле? Нарисуйте зонную диаграмму туннельного контакта металл-металл при наличии напряжения смещения. Какие электроны на этой диаграмме вносят преимущественный вклад в ток?
2. Опишите основные методы изготовления СТМ-зондов и их параметры.
3. Требуется ли для проведения СТМ-исследований определенная степень вакуума? Если да, то какая? Если нет, то почему?
4. Опишите работу цепи обратной связи в СТМ. Что такое пропорциональная, интегральная и дифференциальная компоненты системы ОС? Как можно схематически реализовать интегральную и дифференциальную компоненты?
5. Сравните методы исследования топографии поверхности методом СТМ при постоянной высоте и постоянном токе.
6. Как реализуются измерения плотности электронных состояний и локальной работы выхода в СТМ? Можно ли строго определить локальную работу выхода и плотность состояний в данной точке? Или же СТМ позволяет только рассмотреть контраст этих величин по поверхности образца?

д) Вопросы для собеседования по лабораторной работе №_4_ «Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv в высоко и низковакуумном режимах»

1. Из каких основных элементов состоит растровый электронный микроскоп?
2. Что представляют собой магнитные линзы микроскопа?
3. Как работает вакуумная система микроскопа?
4. На что следует обратить внимание при подготовке прибора к работе.
5. Перечислите последовательность операций по юстировке микроскопа.
6. Где расположены основные элементы управления микроскопом?
7. Как влияет величина применяемого ускоряющего напряжения на разрешающую способность электронного микроскопа?

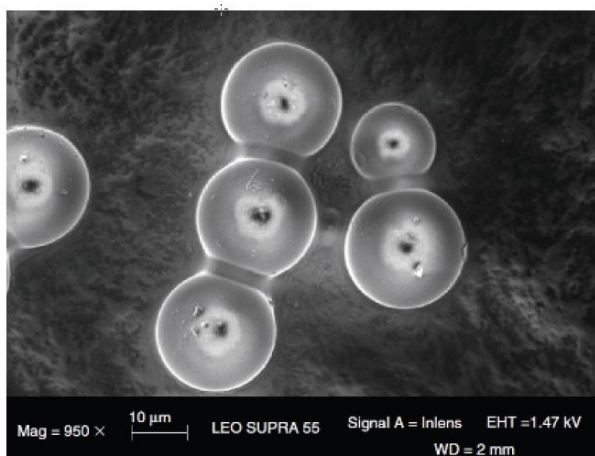
з) Задания по практической подготовке по теме № 6 «Элементы электронно-оптических приборов»:

1. При наблюдении наноразмерных металлических структур на растровом электронном микроскопе JSM 6610 lv, полученных на подложке посредством магнетронного напыления из-за получившейся зеркальной поверхности оказалось практически невозможно качественно сделать ряд настроек (астигматизма по X и Y, настройку апертуры относительно оси электронной колонны в режиме Wobble, размер точки Spot Size и др.). Предложите способы произвести качественную настройку электронной пушки.

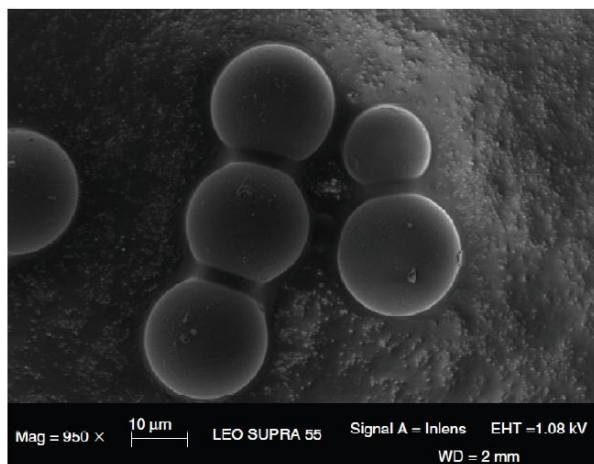
2. При получении изображения на электронном микроскопе JSM 6610 lv дендритных структур, полученных при пропускании электрического тока между медными электродами через раствор УНТ в плавиковой кислоте, оказалось, что изображение на большом увеличении порядка 50 000 крат недостаточно для получения более точных размеров, из-за расплывания изображения по каким-то причинам. Предложите последовательность действий, которые на ваш взгляд позволят улучшить качество изображения и кратность увеличения.

к) кейс-задача по теме № 6 «Элементы электронно-оптических приборов»:

При наблюдении в РЭМ LEO SUPRA 55 силиконовых шариков (см. рисунок а)) были обнаружены загадочные образования на вершинах. Однако, при изменении ускоряющего напряжения они исчезли. Объясните, используя ваши знания в электронной микроскопии, что это за образования и почему они исчезли.



а



б

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

л) Темы курсовых проектов.

Практическая подготовка обучающихся при реализации данной дисциплины организуется, в частности, путем выполнения и защиты курсового проекта на одну из тем, приведенных ниже.

1. Методика обработки изображений и получения геометрических параметров наноструктур (плотности, радиуса кривизны вершин, размеров и т.д.) на АСМ (SmartSPM™) для расчёта формфактора.
2. «Обработка геометрических параметров АСМ-изображений наноструктур для определения возможности автоэлектронной эмиссии»
3. Исследование доменных структур в тонких пластинах ферромагнетиков методами рамановской спектроскопии
4. Экспериментальная установка для исследования ротационного эффекта в нанодисперсной магнитной жидкости
5. Энергодисперсионный анализ на растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6610 элементов микросистемной техники
6. Возможности сканирующей зондовой микроскопии (атомно-, электро-, магнитосиловой) и метрологические характеристики методов (режимы, чувствительность, разрешение, характерное время метода, погрешности, ограничение на точность измерения, шумы и т.д.).
7. Рентгенофазовый анализ свинцовой пасты свинцово-кислотных аккумуляторных батарей
8. Основы методов рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и электронной оже-спектроскопии (ЭОС) рентгенофлуоресцентного анализа (РФА)
9. Влияние шумов на измерения (виды шумов: дробовый, джонсоновский, фотонный, температурный и т.д.) и их учёт

10. Сканирующая туннельная микроскопия (АИСТ СТМ) (режимы, различные поверхности (металл, полупроводник) чувствительность, разрешение, характерное время метода, погрешности, ограничение на точность измерения, шумы и т.д.).
11. Растровая электронная микроскопия и её метрологическое обеспечение (разрешение, характерное время метода, аппаратное обеспечение и др)
12. Выбор метода, учёт погрешностей различными методами и приближённые вычисления при экспериментальных методах исследования
13. Основы измерения малых токов и проводимости жидкостей на пикоамперметре Keithley 6487 и вывод данных на ЭВМ
14. Инфракрасная спектроскопия и метрологическое обеспечение
15. Рамановская спектроскопия и метрологическое обеспечение
16. Метод электронного парамагнитного резонанса
17. Мостовые методы измерения ёмкостей, сопротивлений, проводимостей и индуктивностей и метрологическое обеспечение

Требования к структуре, содержанию, объему, оформлению курсовых проектов, процедуре защиты, а также критерии оценки определены в:

- стандарте СТУ 02.030 «Курсовые работы (проекты). Выпускные квалификационные работы. Общие требования к структуре и оформлению»;
- положении П 02.016 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;
- методических указаниях по выполнению курсовой работы (курсового проекта)».

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

7.3.2 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета или экзамена. На промежуточной аттестации по дисциплине применяется механизм квалификационного экзамена. Зачет или экзамен имеет структуру квалификационного экзамена и состоит из 2 частей:

- теоретической (компьютерное и бланковое тестирование);
- практической (решение компетентностно-ориентированной задачи).

На теоретической части зачета или экзамена (тестировании) проверяются знания и частично – умения и навыки обучающихся. Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

На практической части зачета или экзамена проверяются результаты практической подготовки: *компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*). Результаты практической подготовки (*компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*) проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных, кейс-задач или кейсов) и различного вида конструкторов.

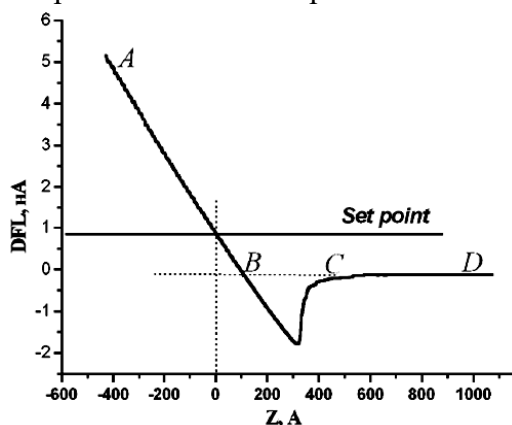
Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

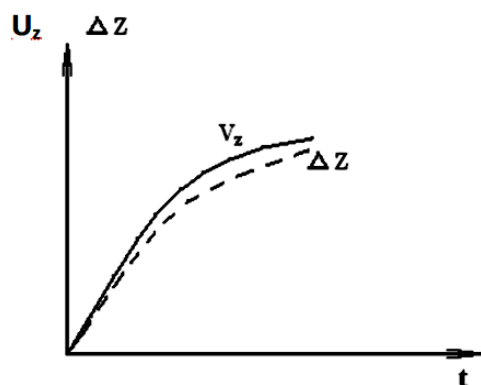
а) Примеры типовых заданий для теоретической части зачета или экзамена (тестирования)

Задание в закрытой форме:

1. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд–поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Что означает участок ВС: 1) Свидетельствует о крипе пьезокерамики; 2) Характеризует радиус кривизны кантилевера; 3) Свидетельствует о наличии адсорбционных (капиллярных) сил между зондом и поверхностью; 4) Свидетельствует о наличии боковых сил трения; 5) Говорит об начале режима точного позиционирования кантилевера.



2. На рисунке показано: 1) Начальная зависимость петли гистерезиса для пьезокерамики ЦТС 19; 2) Неоднозначный ход зависимости деформации от подаваемой на пьезокерамику разности потенциалов; 3) Запаздывание деформации пьезосканера от управляющего напряжения; 4) Дребезг пьезокерамики при резком изменении управляющего сигнала.



Задание в открытой форме:

1. Понятие пространственного (поверхностного) разрешения метода.
2. Чем обусловлены "темновые токи" в ФЭУ (фотоэлектронных умножителях).

Задание на установление правильной последовательности:

- 1) а) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смещение и угол наклона электронного пучка; ж) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта;
- 2) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; е) Настроить смещение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

Задание на установление соответствия:

1. Укажите соответствие на принадлежность формулы диаметра размытия электронного пучка и соответствующей aberrации: 1 - сферическая aberrация, 2 - хроматическая aberrация, 3 - дифракционная aberrация, 4 - размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны:

$$\begin{array}{llll} \text{A)} & d_s = 2C_s \alpha^3 & \text{B)} & d_c = C_c \alpha \frac{\Delta E}{E} \\ \text{C)} & d_d = 1.22 \frac{\lambda}{\alpha} & \text{D)} & d_g = d_v / M \end{array}$$

2. Поставьте соответствие между формулами и понятиями: 1 – ширина зоны возбуждения электронным пучком в образце по Поттсу, 2 – глубина зоны возбуждения электронным пучком в образце по Поттсу, 3 - выражение Канае-Окаяма для области выхода истинно вторичных электронов, 4 - длина траектории первичного электрона в образце, 5 – вероятность выхода истинно вторичных электронов с глубины образца:

$$\begin{array}{lll} \text{A)} & \lambda_{\text{Beme}} = \int_{E=E_0}^{E=0} \frac{1}{dE/dx} dE & \text{B)} & x = \frac{0,1 * E^{1,5}}{\rho} [\text{мкм}] \\ \text{C)} & y = \frac{0,077 * E^{1,5}}{\rho} [\text{мкм}] & \text{D)} & p(z) = p(0) \exp\left(-\frac{z}{z_{SE}}\right) \\ \text{E)} & R = 0,0276 \frac{AE^{1,67}}{Z^{0,899} \rho} [\text{мкм}] \end{array}$$

б) Примеры типовых заданий для практической части зачета или экзамена

Компетентностно-ориентированная задача № 1

На электронном микроскопе JSM 6610 Iv в результате несанкционированного доступа нерадивых студентов, в неработающем состоянии микроскопа, была сбита настройка апертуры объектной линзы вращением ручек её смещения по оси X и Y. В результате при включении всех узлов микроскопа изображения так и не было получено. Предложите последовательность действий, которые вы вынуждены будете совершить, чтобы настроить электронную колонну микроскопа для получения качественных изображений.

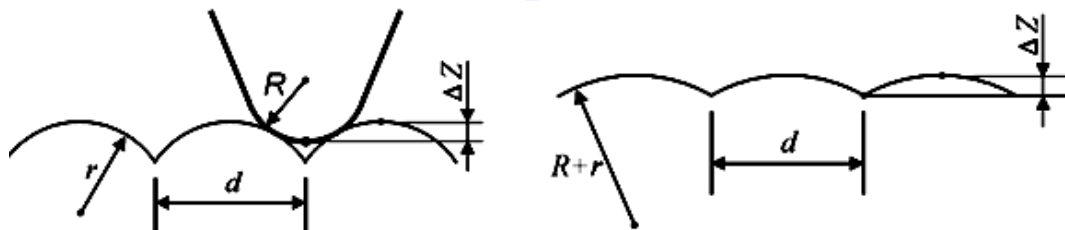
Компетентностно-ориентированная задача № 2

При наблюдении в РЭМ JSM 6610 Iv шарика оловянно-свинцового припоя были обнаружены светлые и темные области. При увеличении тёмного включения было обнаружено изменение его

формы (образование поплыло). Объясните наблюдаемые явления и что нужно предпринять, что бы прекратилось изменение формы тёмного включения? Как проверить ваши доводы?

Компетентностно-ориентированная задача № 3

На рисунке изображена схема для объяснения локального разрешения АСМ. Если для вертикального разрешения принять 0,02 Ангстрема, найдите для промышленного кантилевера с радиусом кривизны острия 10 нм локальное разрешение.



$$d = \sqrt{8 R \Delta Z}$$

Компетентностно-ориентированная задача № 4

При сканировании кантилевером в контактном режиме одностенной УНТ, находящейся на подложке, был получено, что её диаметр равнялся 25 нм. Стоит ли верить этим данным? Предложите методику определения радиуса зонда кантилевера по изображениям УНТ.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

- положение П 02.016 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;
- положение П 02.207 «Проектирование и реализация основных профессиональных программ высшего образования – программ магистратуры по модели дуального обучения»;
- методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для *текущего контроля успеваемости* по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов:

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Лабораторная работа № 1 (Расшифровка масс-спектра наночастиц в виде мономеров и димеров, образованных в ячейке Кнудсена)	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 2 (Подготовка образцов для	1	Выполнил, но не ответил или	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все

АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC)		неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе		вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 3 (Оценка радиуса закругления острия зонда по АСМ-изображениям углеродных нанотрубок)	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 4 (Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv высоко и низковакуумном режимах)	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 5 (Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей)	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе.
Лабораторная работа № 6 (Основы работы с рентгеновским дифрактометром ЕМ-МА (GBC Scientific Equipment))	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 7 (Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess mc ²)	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Практическое занятие № 1 (Общие характеристики методов исследования спектроскопических, дифракционных)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 2 (Применение масс-спектрометрии для идентификации вещества, определения размеров нанокластеров, получения наночастиц с распределением по массам (размерам))	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 3 (Измерительные методики СТМ)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 4 (Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%

Практическое занятие № 5 (Электронно-оптические методы)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 6 (Рентгеновские методы в нанодиагностике)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Курсовое проектирование	6	Выполнил, но «не защитил»	10	Выполнил и «защитил»
СРС	6		10	
Итого	25		46	
Посещаемость	0		18	
Экзамен	18		36	
Итого	43		100	

Для проведения промежуточной аттестации обучающихся (теоретической части и практической части) используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ – 16 заданий (15 вопросов для тестирования и одна компетентностно-ориентированная задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме – 2 балла,
- задание в открытой форме – 2 балла,
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
- задание на установление соответствия – 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов по промежуточной аттестации – 36.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Основная учебная литература

1. Кузько, Андрей Евгеньевич. Основы применения масс-спектрометрических методов в нанодиагностике : учебное пособие : [для студентов специальностей 210600.62 «Нанотехнология», 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» при изучении дисциплин: "Методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов" и "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"] / А. Е. Кузько, А. В. Кузько ; ЮЗГУ. - Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2013. - 81 с. - Текст : электронный.
2. Смирнов, С. В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем : учебное пособие / С. В. Смирнов. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 115 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208659> (дата обращения: 04.09.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.
3. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур : сканирующая зондовая микроскопия : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – Часть I. – 134 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943> (дата обращения: 07.10.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.

8.2 Дополнительная учебная литература

4. Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 184 с. –

URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294> (дата обращения: 04.09.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.

5. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабров, В. И. Марголин. – 3-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 400 с. – (Учебник для высшей школы). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=712972> (дата обращения: 07.10.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.

6. Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике: монография / В. К. Неволин. – Изд. 2-е, испр. – Москва : Техносфера, 2014. – 174 с. – (Мир электроники). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697> (дата обращения: 07.10.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.

7. Сергеев, А. Г. Нанометрология: монография / А. Г. Сергеев. – Москва : Логос, 2011. – 415 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986> (дата обращения: 07.10.2024). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.

8.3 Перечень методических указаний

1. Наноаналитическое оборудование : методические указания к выполнению лабораторных работ для направлений подготовки 28.04.01, изучающих дисциплину "Наноаналитическое оборудование" / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2017. - 136 с. - Текст : электронный.

2. Наноаналитическое оборудование : методические указания по выполнению практических работ для направления подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, изучающих дисциплину "Наноаналитическое оборудование" / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2017. - 79 с. - Текст : электронный.

3. Наноаналитическое оборудование : методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» по дисциплине «Наноаналитическое оборудование» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. А. Е. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2017. - 15 с. - Текст : электронный.

4. Курсовой проект по наноаналитическому оборудованию : методические рекомендации по выполнению курсовых проектов студентами направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» по дисциплине «Наноаналитическое оборудование» / ЮЗГУ ; сост. А. Е. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 11 с. - Текст : электронный.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:

Нанотехнологии: наука и производство.

Наглядные пособия:

1. Портреты Биннига, Рорера, Кноля и Русска.
2. Катодный узел в сборе.
3. Образцы для лабораторных работ (метрические меры TGX, TGZ, излучающий узел лазерного диода, образцы металла, держатель для АСМ, держатели для РЭМ и т.д.).

Плакаты:

1. Оценка размеров наночастиц
2. Функциональная схема СТМ
3. Сканирующие элементы зондовых микроскопов
4. Пьезосканеры и недостатки
5. Туннельный ток зонд-поверхность
6. Система управления СТМ
7. Оптическая система регистрации положения кантилевера

8. Система обратной связи
9. Схема ОС в полуконтактном режиме
10. Магнитосиловая микроскопия (МСМ)
11. Электросиловая микроскопия (ЭСМ)
12. Advanced X-Ray Solutions (Энергия активации атомов периодической системы и энергия их характеристических переходов).
13. Зависимость толщины напыления от тока и времени для JEOL JFC-1600.
14. Функциональная схема РЭМ
15. Устройство сканирующего электронного микроскопа
16. Этапы замены катода на JEOL JFC-1600
17. Устройство энергодисперсионного спектрометра
18. Энергодисперсионный анализ характеристического рентгеновского излучения

Презентации по методам анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

Видеодемонстрации:

1. Видеоролик "NanoEducator";
2. Видеолекция "Методы исследования наноструктур"
3. Видеолекция "Общие принципы работы нанoeлектронных устройств"
4. Видеоролик «Характеристическое рентгеновское излучение»;
5. Видеоролик «Оже-электроны»;
6. Видеоролик «Сплошное рентгеновское излучение»;
7. Video Particle analysis on X-Max (почастичный съём спектров);
8. Video Fast Mapping on X-Max 80 mm (картирование на INCA).
9. Видеолекция "Характеристики катодных пушек".
10. Видеолекция "Электромагнитные линзы".

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.nano-edu.ru/> сайт образовательного сегмента национальной нанотехнологической сети
2. <http://thesaurus.rusnano.com> - словарь терминов от Роснано
3. <http://www.nanometer.ru/> - сайт нанотехнологического сообщества, новости по нанотехнологиям
4. <http://www.nanoindustry.su/journal> - научно-технический журнал по наноиндустрии
5. <http://www.microscopy.ethz.ch/history.htm> - история создания электронного микроскопа;
6. <http://www.microscopist.ru/> - профессиональный портал по электронной микроскопии
7. <http://www.chem.msu.su/rus/library/welcome.html> - Научная библиотека химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова
8. <https://www.rsl.ru/ru/4readers/> - Российская Государственная Библиотека
9. <http://www.viniti.ru/products/viniti-database> - Федеральная база отечественных и зарубежных публикаций по естественным, точным и техническим наукам, официальный сайт Всероссийского института научной и технической информации РАН

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия и положения каждой новой темы; важные положения аргументируются и иллюстрируются примерами из практики; объясняется практическая значимость изучаемой темы; делаются выводы; даются рекомендации для самостоятельной работы по данной теме. На лекциях необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных вопросов. В ходе лекции студент должен конспектировать учебный материал. Конспектирование лекций – сложный вид работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это лично студентом в режиме реального времени в течение лекции. Не следует стремиться записать лекцию дословно.

Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем кратко записать ее. Желательно заранее оставлять в тетради пробелы, куда позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно внести дополнительные записи. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, который преподаватель дает в начале лекционного занятия. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале.

Необходимым является глубокое освоение содержания лекции и свободное владение им, в том числе использованной в ней терминологией. Работу с конспектом лекции целесообразно проводить непосредственно после ее прослушивания, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях. Работа с конспектом лекции предполагает перечитывание конспекта, внесение в него, по необходимости, уточнений, дополнений, разъяснений и изменений. Некоторые вопросы выносятся за рамки лекций. Изучение вопросов, выносимых за рамки лекционных занятий, предполагает самостоятельное изучение студентами дополнительной литературы, указанной в п.8.2.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины продолжается на лабораторных и практических занятиях, которые обеспечивают контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Лабораторному и практическому занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. При работе с источниками и литературой необходимо:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прочитанное;
- фиксировать основное содержание прочитанного текста; формулировать устно и письменно основную идею текста; составлять план, формулировать тезисы.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному освоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю. Обязательным элементом самостоятельной работы по дисциплине является самоконтроль. Одной из важных задач обучения студентов способам и приемам самообразования является формирование у них умения самостоятельно контролировать и адекватно оценивать результаты своей учебной деятельности и на этой основе управлять процессом овладения знаниями. Овладение умениями самоконтроля приучает студентов к планированию учебного труда, способствует углублению их внимания, памяти и выступает как важный фактор развития познавательных способностей. Самоконтроль включает:

- оперативный анализ глубины и прочности собственных знаний и умений;
- критическую оценку результатов своей познавательной деятельности.

Самоконтроль учит ценить свое время, позволяет вовремя заметить и исправить свои ошибки. Формы самоконтроля могут быть следующими:

- устный пересказ текста лекции и сравнение его с содержанием конспекта лекции;
- составление плана, тезисов, формулировок ключевых положений текста по памяти;
- пересказ с опорой на иллюстрации, чертежи, схемы, таблицы, опорные положения.

Самоконтроль учебной деятельности позволяет студенту оценивать эффективность и рациональность применяемых методов и форм умственного труда, находить допускаемые недочеты и на этой основе проводить необходимую коррекцию своей познавательной деятельности.

При подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине необходимо повторить основные теоретические положения каждой изученной темы и основные термины, самостоятельно решить несколько типовых компетентностно-ориентированных задач.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Программное обеспечение:

1. DreamSpark Premium Elektronik Software Delively (3 years)
2. Libreoffice
3. Антивирус Касперского Kaspersky Endpoint Security

Прикладные программы для управления электронно-оптическим оборудованием и обработки результатов исследований (поставляется вместе с оборудованием и обновляется поставщиками оборудования):

1. AIST-NT v.3.3.91
2. SEM Control User Interface v. 3.11
3. Gwyddion 2.41
4. Visual XRD MMA v.1.036
5. Aztec Version 2.0
6. INCA 5.04
7. Microsoft Windows 7 Профессиональная Версия 6.1.7601 Service Pack 1

Информационно-справочные и поисковые системы:

1. <http://biblioclub.ru> - электронно-библиотечная система;
2. www.informika.ru - федеральный портал «Российское образование»;
3. <http://thesaurus.rusnano.com> - междисциплинарное обучение в сфере нанотехнологий;
4. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека «Elibrary»;
5. www.diss.rsl.ru - электронная библиотека диссертаций;
6. <http://www1.fips.ru> - патентно-информационные продукты ФИПС;
7. <https://www.scopus.com/freelookup/form/author.uri> - сайт для поиска публикаций в scopus.

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудиторные занятия по дисциплине проводятся в учебной аудитории для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики и регионального центра нанотехнологий для проведения лабораторно-практических занятий, оснащенных учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя, доска с маркерами (мелом), проектор, ноутбук, наноаналитическим оборудованием

(http://nano.kursk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=34&lang=en):

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Г-815, 819:

Проектор BenQ MX522P; Ноутбук Lenovo G5070; Экран настенный 200x200; Экран мобильный Draper Consul 60x60" 152x152; Проектор BenQ MX850UST короткофокусный;

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения предприятия-заказчика.

Перечень помещений приведен в приложении 2 к договору о практической подготовке обучающихся, заключенному между университетом и предприятием-заказчиком.

Перечень оборудования предприятия-заказчика и технических средств обучения:

Лаборатория зондовых и спектральных методов (Г-213):

Комплект лабораторного оборудования включающего; атомно-силовой микроскоп, сканирующий зондовый микроскоп, интегрированный с микроспектрометром (Сканирующий туннельный микроскоп (АИСТ НТ), SmartSPM™ – сканирующий зондовый микроскоп (АИСТ НТ), Рамановский спектрометр + СЗМ OmegaScore)

Лаборатории электронной микроскопии и рентгеновских методов (Г-209, Г-211):

Проектор NEC NP216 (22302); Экран настенный Classic Norma 203x153 (3776);

Программно-аппаратный комплекс для исследования морфологии, элементного, фазового состава и молекулярной структуры вещества и материалов (в т.ч: сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 6610lv с модулем энергодисперсионного анализа Oxford X-Max (S1-XMX1002), оснащенный современным программным комплексом с выходом в Интернет; Установка для нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; Технологическая установка для нанесения нанослоев методом магнетронного распыления МБУ ТМ Магна (Россия); Источник бесперебойного питания ирроп Back Vepso 600 lite; Однодисковый шлифовально-полировальный станок для полупроводниковых материалов Labo-Pol2 (355109.26); Рентгеновский порошковый дифрактометр ЕММА (Австралия); Наборы образцов и инструментов для монтажа образцов и сервисного обслуживания РЭМ лабораторных работ);

Установка плазменной очистки и активации поверхности PICO (Diener Electronic GmbH).

13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую

помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

13 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	изме- нённых	заме- нённых	анну- лиро- ванных	новых			