

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 05.09.2023 23:09:15

Уникальный программный ключ:

efd3ecd9bd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

## **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.

### **Задачи изучения дисциплины:**

– обучение физическим основам, на которых построены современные наноаналитические приборы;

– овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;

– подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности проектно-технологического типа: 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; освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах;

– подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа: получение опыта участия в научно-исследовательской работе с применением основного наноаналитического оборудования, разработке методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализе их результатов; приобретение практического опыта применения изучаемых методов, определения их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах наноструктур в научно-исследовательской деятельности, определения цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач;

– закрепление навыков оформления и аргументированной защиты результатов выполненной работы.

### **Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения (УК-2.2);

- разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования (УК-2.4);

- осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта (УК-2.5);

- осуществляет контроль проведения процессов измерения параметров и свойств наноматериалов (ПК-3.3);

- осуществляет выбор средств испытания в соответствии с объектом (ПК-4.1);

- проводит анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям (ПК-4.3).

#### **Разделы дисциплины:**

Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике. Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии. Назначение и правила эксплуатации измерительных средств атомно-силовой микроскопии. Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ. Назначение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии. Общие элементы электронно-оптических приборов. Назначение и правила эксплуатации измерительных средств электронной микроскопии. Методы анализа и статистической обработки данных в рентгеновском микроанализе.

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно – научного

*(наименование ф-та полностью)*

*Ряполов* П.А. РЯПОЛОВ

*(подпись, инициалы, фамилия)*

« 31 » 08 2019 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)*

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «29» марта 2019г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии» на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № 1 «31» августа 2019 г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Кузько А.Е.

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_ Кузько А.Е.

(ученая степень и учёное звание, Ф.И.О.)

Директор научной библиотеки \_\_\_\_\_ Макаровская В.Г.

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, специализация) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «25» 02 2020 г., на заседании кафедры НТО и ИТФ, 31.08.2020, №1.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета протокол № 6 «26» 02 2020 г., на заседании кафедры НМО и ПФ 31.08.2020 №1.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

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, специализация) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «28» 02 2020 г., на заседании кафедры НМО и ПФ №1 от 31.08.2020

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

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, специализация) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета протокол № 9 «24» 02 2020 г., на заседании кафедры НМО и ПФ №1 от 31.08.2020

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

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

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.

## 1.2. Задачи дисциплины

- обучение физическим основам, на которых построены современные наноаналитические приборы;
- овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;
- подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности проектно-технологического типа: 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; освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах;
- подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа: получение опыта участия в научно-исследовательской работе с применением основного наноаналитического оборудования, разработке методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализе их результатов; приобретение практического опыта применения изучаемых методов, определения их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах наноструктур в научно-исследовательской деятельности, определения цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач;
- закрепление навыков оформления и аргументированной защиты результатов выполненной работы.

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

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

<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>		
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидае-	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- логику разработки концепции проекта в рамках обозначенной проблемы;</li><li>- основные научно-технические цели и задачи в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li><li>- основные экспериментальные и теоретические методы в области нано-</li></ul>

<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>		
		<p>мые результаты и возможные сферы их применения</p>	<p>технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высококачественных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- тенденции развития методов характеристики материалов и структур нано и микросистем для разработки методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач собственных научных исследований;</li> <li>- выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы);</li> <li>- приёмами использования понятийного аппарата нанотехнологий в своей предметной области;</li> <li>- навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано- и микросистем, интерпретации экспериментальных данных</li> </ul>

<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>		
		УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику разработки плана реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- основные инструменты планирования в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать план реализации проекта, с учётом сформулированных целей и задач собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- обоснованно выбирать для разработки плана реализации проекта оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки плана реализации проекта с использованием инструментов планирования;</li> <li>- приёмами использования понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для разработки оптимального плана реализации проекта;</li> <li>- для разработки актуального в пределах данного проекта плана должен владеть навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем</li> </ul>
		УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику осуществления мониторинг за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- методы корректировки отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области на-</li> </ul>

<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>		
		зации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	<p>нотехнологии и микросистемной техники;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- зоны ответственности участников проекта.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять мониторинг за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- корректировать отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- производить мониторинг условий реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- определять зоны ответственности участников проекта.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для корректировки отклонений и внесения дополнений в план реализации проекта;</li> <li>- 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 экспериментальных данных</li> </ul>



<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-3	Способен к организации и контролю процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-3.3 Осуществляет контроль проведения процессов измерения параметров и свойств наноматериалов	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высококачественных методов измерения параметров и свойств наноматериалов;</li> <li>- методы анализа и статистической обработки данных;</li> <li>- правила выбора методов и средств измерений для осуществления контроля за процессом измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- требования нормативных документов по метрологическому обеспечению средств измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- назначение и правила эксплуатации измерительных и технологических средств, используемых в производстве;</li> <li>- правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законодательной и прикладной метрологии</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- собирать, анализировать и обобщать данные;</li> <li>- проводить статистическую обработку данных;</li> <li>- применять правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законодательной и прикладной метрологии;</li> <li>- обеспечивать и контролировать выполнение требований охраны труда, пожарной безопасности, правил технической эксплуатации электроустановок на рабочих местах;</li> <li>- организовать процессы измерения параметров наноматериалов и наноструктур</li> </ul>

<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>		
			<p>руктур;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- контролировать условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления контроля за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- навыками собора, анализа и обобщения данных;</li> <li>- навыками проведения статистической обработки данных;</li> <li>- навыком организации процессов измерения параметров наноматериалов и наноструктур основными высоколокальными методами исследований;</li> <li>- навыками обеспечения и контроля выполнения требований охраны труда, пожарной безопасности, правил технической эксплуатации электроустановок на рабочих местах;</li> <li>- правилами обработки результатов измерений и оценивания погрешностей измерения параметров наноматериалов и наноструктур</li> </ul>
ПК-4	Способен осуществлять контроль проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов	ПК-4.1 Осуществляет выбор средств испытания в соответствии с объектом	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</li> <li>- правила выбора методов и средств измерений в соответствии с объектом;</li> <li>- характеристики лабораторного оборудования, принципы его эксплуатации;</li> <li>- методы проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- правила обработки результатов испытания и оценивания погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</li> <li>- методы получения композиционных</li> </ul>

<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>		
			<p>материалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила обслуживания испытательного оборудования, используемого в технологических процессах для решения производственных задач</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль за ходом проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями;</li> <li>- определять средства и исполнителей испытаний;</li> <li>- формировать локальные акты и методические материалы по проведению испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- осуществлять выборку объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией;</li> <li>- определять условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком выбора методов проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- навыком осуществления выборки объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией;</li> <li>- навыком использования характеристик лабораторного оборудования, принципов его эксплуатации;</li> <li>- навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано и микросистем;</li> <li>- навыком контроля проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями</li> </ul>
		ПК-4.3 Проводит анализ соответствия результатов испыта-	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила обработки результатов испытания наноматериалов и оценивания</li> </ul>

<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>		
		ний наноматериалов заданным техническим требованиям	<p>погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- требования системы государственной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</li> <li>- знать этапы проведения анализа соответствия результатов выборочных испытаний новых наноструктурированных композиционных материалов заданным техническим требованиям;</li> <li>- требования системы экологического менеджмента и системы менеджмент производственной безопасности здоровья</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям;</li> <li>- разрабатывать методики и инструкции по лабораторному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- определять условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов испытания новых наноструктурированных композиционных материалов</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельного использования системы государственной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- навыком обработки результатов испытания наноматериалов и оценивания погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</li> <li>- навыком критического анализа в оп-</li> </ul>

<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>		
			ределении соответствия результатов выборочных испытаний новых наноструктурированных композиционных материалов заданным техническим требованиям

## **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». Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре и 2 курсе 3 семестре.

## **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 10 зачетных единицы (з.е.), 360 академических часа.

Таблица 3 – Объём дисциплины

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Всего, часов</i>
Общая трудоемкость дисциплины	360
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	82,75
в том числе:	
лекции	18
лабораторные занятия	44, из них практическая подготовка – 18
практические занятия	18
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	250,25
Контроль (подготовка к экзамену)	27
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	2,75
в том числе:	
зачет	0,1
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 ответственного 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
<b>2 семестр</b>		
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 ионциклотронного резонанса. Назначение и правила эксплуатации измерительных средств масс-спектрометрии, используемых в производстве. Применение масс-спектрометров в нанодиагностике. Идентификация веществ.
2	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии.	Физические основы СТМ. Уровень Ферми. Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Общая схема СТМ. Измерительные методики СТМ. Сбор, анализ и обобщение, статистическая обработка данных, полученных на СТМ. Режимы работы СТМ: постоянного тока, постоянной высоты. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ. Методы анализа и статистической обработки данных на СТМ. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец.
3	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств атомно-силовой микроскопии.	Физические основы АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Силы Ван-дер-Ваальса. Капиллярные силы. Преимущества перед СТМ. Дальнействующие силы. Аппаратура для АСМ. Назначение и правила эксплуатации измерительных средств АСМ, используемых в производстве. Общая схема АСМ. Зонды АСМ. Оптическая система регистрации перемещений зонда. Система обратной связи. Характеристики лабораторного оборудования атомно-силовой микроскопии и принципы его эксплуатации.
4	Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ.	Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение. Сбор, анализ и обобщение, статистическая обработка данных, полученных на СТМ. Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ. 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. Требования нормативных документов по метрологическому обеспечению средств измерения на АСМ параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
<b>3 семестр</b>		

5	Назначение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии.	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей ближнепольной оптической микроскопии. Нераспространяющиеся световые волны. Техническая реализация СБОМ. Проблемы подвода малоразмерных диафрагм к образцам на постоянной высоте. Поперечно-силовая микроскопия, метод пропуска и метод отражения. Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела.
6	Общие элементы электронно-оптических приборов.	Характеристики лабораторного оборудования электронной микроскопии, принципы его эксплуатации. Конструкции и виды электронных пушек. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность). Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока. Электромагнитные линзы. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная). Вакуумная система
7	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств электронной микроскопии.	Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы РЭМ и ПЭМ. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции. Виды контраста просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Методы проведения испытаний наноструктурированных материалов в электронной микроскопии. Основы методов электронной дифракции. Приготовление образцов для ПЭМ. Требования нормативных документов по метрологическому обеспечению средств измерения электронной микроскопии параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
8	Методы анализа и статистической обработки данных в рентгеновском микроанализе.	Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый закон Мозли. Методы анализа и статистической обработки данных на ЭДС. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. Методы проведения испытаний наноструктурированных материалов на энергодисперсионном спектрометре. 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
<b>2 семестр</b>							

1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.	4	1	0	У-1-3 МУ-1	ЛР-1, КОЗ 1-4	УК-2.2 ПК-4.1
2	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии.	4	2	0	У-1, 3, 5, 7, 8 МУ-1, 3	КО ЛР-2	УК-2.2 ПК-4.1
3	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств атомно-силовой микроскопии.	4	2	0	У-4, 5, 7, 8 МУ-1, 3	ЛР-2, КОЗ 6-8	УК-2.2 УК-2.4 ПК-4.3
4	Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ.	6	3	0	У-4, 5, 7, 8 МУ-1, 3	КО Т1 ЛР-3 КОЗ 9-12	УК-2.2 УК-2.5 ПК-3.3 ПК-4.3
3 семестр							
5	Назначение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии.	0	4	1,2	У-1, 5, 7 МУ-1-4	КО ЛР-4	УК-2.2 ПК-4.1
6	Общие элементы электронно-оптических приборов.	0	5	3,4	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	КО ЛР-5 КОЗ 13-15	УК-2.2 ПК-4.1
7	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств электронной микроскопии.	0	6	5	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	Т2 ЛР-6 КОЗ 16-19	УК-2.4 УК-2.5 ПК-3.3 ПК-4.3
8	Методы анализа и статистической обработки данных в рентгеновском микроанализе.	0	7,8	6	У-5, 6, 7, 8 МУ-1-4	КО ЛР-7,8 КОЗ 20-24	УК-2.2 УК-2.4 УК-2.5 ПК-3.3

ЛР - защита лабораторной работы, КО - контрольный опрос, КОЗ - компетентностно - ориентированные задачи, Т - тестирование.

## 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
2	Подготовка образцов для АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC	6
3	Оценка радиуса закругления острия зонда по АСМ-изображениям углеродных нанотрубок	4
4	Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv в высоковакуумных режимах	4
Итого за 2 семестр		18
3 семестр		
5	Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv в низковакуумных режимах	6, из них практическая подготовка – 6
6	Замена катода, чистка электрода Венельта, настройка электронной пушки РЭМ JEOL JSM-6610LV	6
7	Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей	8, из них практическая подготовка – 8
8	Основы работы с рентгеновским дифрактометром ЕММА (GBC Scientific Equipment)	6, из них практическая подготовка – 4
Итого за 3 семестр		26
Итого		44, из них практическая подготовка – 18

#### 4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№ зан.	Наименование и краткое содержание занятия	Объем, час.
1	2	3
3 семестр		
1	<b>Общие характеристики методов исследования спектроскопических, дифракционных.</b> Условия корректности обратных задач. Характеристическое время метода. Пространственное, поверхностное и энергетическое разрешения. Типы методов.	2
2	<b>Применение масс-спектрометрии для идентификации вещества, определения размеров нанокластеров, получения наночастиц с распределением по массам (размерам).</b> Расшифровка масс - спектров веществ из мономеров, димеров. Сверхзвуковое сопло. Газовая агрегация. Методы эрозии поверхности. Определение размеров кластеров.	2
3	<b>Измерительные методики СТМ.</b> Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ.	2

4	<b>Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью.</b> 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.	4
5	<b>Электронно-оптические методы.</b> Расшифровка энергетического спектра вторичных электронов после взаимодействия с образцом. Метод дифракции обратноотражённых электронов. Различные типы детекторов информационных сигналов при падении первичного электронного пучка.	4
6	<b>Рентгеновские методы в нанодиагностике.</b> Уточнённый закон Мозли. Условие дифракции рентгеновских лучей, уравнение Вульфа-Бреггов. Энергодисперсионный анализ. Энергетическое разрешение ЭДС.	4
Итого		18

### 3.3 Самостоятельной работы студентов (СРС)

Таблица 3.4 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
2 семестр			
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования в нанодиагностике.	1-4 неделя	15
2	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии.	5-9 неделя	16,9
3	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств атомно-силовой микроскопии.	10-14 неделя	20
4	Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ.	15-19 неделя	20
Итого за 2 семестр			71,9
3 семестр			
1	Назначение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии.	1-4 неделя	30
2	Общие элементы электронно-оптических приборов.	5-9 неделя	50
3	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств электронной микроскопии.	10-15 неделя	48,35
4	Методы анализа и статистической обработки данных в рентгеновском микроанализе.	16-20 неделя	50
Итого за 3 семестр			178,35
Итого:			250,25

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

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

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

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП 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;

– заданий для самостоятельной работы;

– тем курсовых проектов и методических рекомендаций по их выполнению;

– вопросов к экзамену и зачету;

– методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

*типографией университета:*

– помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;

– удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

## 6 Образовательные технологии. Практическая подготовка обучающихся

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных 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"	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на АСМ	4
2	Практическое занятие "Электронно-оптические методы"	<b>Видеоконференция (семинар-телемост)</b> с сотрудниками Центра коллективного пользования «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ» Директор ЦКП «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ»: Тагиров Д. В. (ЦКП НИУ «БелГУ» входит в состав национальной нанотехнологической	4

		сети РФ)	
3	Практическое занятие "Рентгеновские методы в нанодиагностике"	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на РЭМ	4
Итого:			12

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 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника программы магистратуры.

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины организуется в модельных условиях оборудованных частично в подразделениях университета: лабораториях регионального центра нанотехнологий ЮЗГУ и кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики.

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-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Наноаналитическое оборудование		
		Наноматериаловедение	
УК-2.4 Разрабатывает	Наноаналитическое оборудование		

план реализации проекта с использованием инструментов планирования		Наноматераловедение	
УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	Наноаналитическое оборудование		
		Наноматераловедение	
ПК-3.3 Осуществляет контроль проведения процессов измерения параметров и свойств наноматериалов	Наноаналитическое оборудование		
			Микро- и нанодвигатели Электрические приводы для микро- и наносистемной техники Производственная преддипломная практика
ПК-4.1 Осуществляет выбор средств испытания в соответствии с объектом	Наноаналитическое оборудование		
			Производственная преддипломная практика
ПК-4.3 Проводит анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям	Наноаналитическое оборудование		

## 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/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
УК-2 начальный,	УК-2.2 Разрабатывает концепцию	Знать: - логику разработки кон-	Знать: - логику разработки концепции проекта	Знать: - логику разработки концепции проекта в рамках обозначенной

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
основной, завершающий	проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	<p>цепции проекта в рамках обозначенной проблемы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные научно-технические цели и задачи в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения</li> </ul>	<p>в рамках обозначенной проблемы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные научно-технические цели и задачи в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- основные экспериментальные и теоретические методы в области нанотехнологий;</li> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач собственных научных исследований</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приёмами использования понятий</li> </ul>	<p>проблемы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные научно-технические цели и задачи в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- основные экспериментальные и теоретические методы в области нанотехнологий;</li> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- тенденции развития методов характеристики материалов и структур нано и микросистем для разработки методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели и задачи собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач собственных научных исследований;</li> <li>- выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения теоретических знаний (подразумевается)</li> </ul>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано- и микросистем, интерпретации экспериментальных данных	ного аппарата нанотехнологий в своей предметной области; - навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано- и микросистем, интерпретации экспериментальных данных	не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы); - приёмами использования понятийного аппарата нанотехнологий в своей предметной 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  Уметь: - разрабатывать план реализации проекта, с учётом сформулированных целей собственных научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники	Знать: - логику разработки плана реализации проекта в рамках обозначенной проблемы; - основные инструменты планирования в области нанотехнологии и микросистемной техники  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 проект	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 высококачественных 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

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки плана реализации проекта с использованием инструментов планирования;</li> </ul>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки плана реализации проекта с использованием инструментов планирования;</li> <li>- приёмами использования понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для разработки оптимального плана реализации проекта;</li> </ul>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки плана реализации проекта с использованием инструментов планирования;</li> <li>- приёмами использования понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для разработки оптимального плана реализации проекта;</li> <li>- для разработки актуального в пределах данного проекта плана должен владеть навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем</li> </ul>
	УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- методы корректировки отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- методы корректировки отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- методы корректировки отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- актуальность и значимость результатов, полученных в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- знать зоны ответственности участников проекта</li> </ul>



Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять мониторинг за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы</li> </ul>	<p>материалов и структур;</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять мониторинг за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- корректировать отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для корректировки отклонений и внесения дополнений в план реализации проекта</li> </ul>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять мониторинг за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- корректировать отклонения и вносить дополнительные изменения в план реализации проекта в области нанотехнологии и микросистемной техники;</li> <li>- производить мониторинг условий реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур;</li> <li>- определять зоны ответственности участников проекта</li> </ul> <p>Владеть :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления мониторинга за ходом реализации проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>- понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области для корректировки отклонений и внесения дополнений в план реализации проекта;</li> <li>- 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 экспериментальных данных</li> </ul>
ПК-3 начальный, ос-	ПК-3.3 Осуществляет контроль	Знать: - условия реализации и	Знать: - условия реализации и границы ос-	Знать: - условия реализации и границы основных экспериментальных вы-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
новной, завершающий	проведения процессов измерения параметров и свойств наноматериалов	<p>границы основных экспериментальных высоколокальных методов измерения параметров и свойств наноматериалов;</p> <p>- методы анализа и статистической обработки данных</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять контроль за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- собирать, анализировать</p>	<p>новных экспериментальных высоколокальных методов измерения параметров и свойств наноматериалов;</p> <p>- методы анализа и статистической обработки данных;</p> <p>- правила выбора методов и средств измерений для осуществления контроля за процессом измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- требования нормативных документов по метрологическому обеспечению средств измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять контроль за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- собирать, анализировать и обобщать данные;</p> <p>- проводить статисти-</p>	<p>соколокальных методов измерения параметров и свойств наноматериалов;</p> <p>- методы анализа и статистической обработки данных;</p> <p>- правила выбора методов и средств измерений для осуществления контроля за процессом измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- требования нормативных документов по метрологическому обеспечению средств измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- назначение и правила эксплуатации измерительных и технологических средств, используемых в производстве;</p> <p>- правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законодательной и прикладной метрологии</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять контроль за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</p> <p>- собирать, анализировать и обобщать данные;</p> <p>- проводить статистическую обработку данных;</p> <p>- применять правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>и обобщать данные;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить статистическую обработку данных</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления контроля за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- навыками собора, анализа и обобщения данных;</li> <li>- навыками проведения статистиче-</li> </ul>	<p>стическую обработку данных;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законодательной и прикладной метрологии;</li> <li>- обеспечивать и контролировать выполнение требований охраны труда, пожарной безопасности, правил технической эксплуатации электроустановок на рабочих местах</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления контроля за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- навыками собора, анализа и обобщения данных;</li> <li>- навыками проведения статистической обработки данных;</li> <li>- навыком организации процессов измерения параметров наномате-</li> </ul>	<p>стандартизации, законодательной и прикладной метрологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечивать и контролировать выполнение требований охраны труда, пожарной безопасности, правил технической эксплуатации электроустановок на рабочих местах;</li> <li>- организовать процессы измерения параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- контролировать условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком осуществления контроля за ходом проведения процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;</li> <li>- навыками собора, анализа и обобщения данных;</li> <li>- навыками проведения статистической обработки данных;</li> <li>- навыком организации процессов измерения параметров наноматериалов и наноструктур основными высоколокальными методами исследований;</li> <li>- навыками обеспечения и контроля выполнения требований охраны труда, пожарной безопасности, правил технической эксплуатации электроустановок на рабочих местах;</li> </ul>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		скуой обработки данных	риалов и наноструктур основными высоколокальными методами исследований	- правилами обработки результатов измерений и оценивания погрешностей измерения параметров наноматериалов и наноструктур
ПК-4 начальный, основной, завершающий	ПК-4.1 Осуществляет выбор средств испытания в соответствии с объектом	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</li> <li>- правила выбора методов и средств измерений в соответствии с объектом;</li> <li>- характеристики лабораторного оборудования, принципы его эксплуатации</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль за ходом проведения испытаний наноструктурированных композиционных материала-</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</li> <li>- правила выбора методов и средств измерений в соответствии с объектом;</li> <li>- характеристики лабораторного оборудования, принципы его эксплуатации;</li> <li>- методы проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль за ходом проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</li> <li>- правила выбора методов и средств измерений в соответствии с объектом;</li> <li>- характеристики лабораторного оборудования, принципы его эксплуатации;</li> <li>- методы проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</li> <li>- правила обработки результатов испытания и оценивания погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</li> <li>- методы получения композиционных материалов;</li> <li>- правила обслуживания испытательного оборудования, используемого в технологических процессах для решения производственных задач</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль за ходом проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями;</li> <li>- определять средства и исполнителей испытаний;</li> <li>- формировать локальные акты и</li> </ul>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>лов в соответствии с новыми техническими требованиями;</p> <p>- определять средства и исполнителей испытаний</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыком выбора методов проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- навыком осуществления выборки объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией</p>	<p>ваниями;</p> <p>- определять средства и исполнителей испытаний;</p> <p>- формировать локальные акты и методические материалы по проведению испытаний наноструктурированных композиционных материалов</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыком выбора методов проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- навыком осуществления выборки объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией;</p> <p>- навыком использования характеристик лабораторного оборудования, принципов его эксплуатации</p>	<p>методические материалы по проведению испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- осуществлять выборку объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией;</p> <p>- определять условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыком выбора методов проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- навыком осуществления выборки объектов испытаний в соответствии с нормативной документацией;</p> <p>- навыком использования характеристик лабораторного оборудования, принципов его эксплуатации;</p> <p>- навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано и микросистем;</p> <p>- навыком контроля проведения испытаний наноструктурированных композиционных материалов в соответствии с новыми техническими требованиями</p>
	ПК-4.3 Проводит анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов за-	<p>Знать:</p> <p>- правила обработки результатов испытаний наноматериалов и оценивания</p>	<p>Знать:</p> <p>- правила обработки результатов испытания наноматериалов и оценивания погрешностей, основы стандарти-</p>	<p>Знать:</p> <p>- правила обработки результатов испытания наноматериалов и оценивания погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</p> <p>- требования системы государст-</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	данном техническим требованиям	<p>погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии;</p> <p>- требования системы государственной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыком обработки результатов испытаний наноматериалов и оценивания</p>	<p>зации и прикладной метрологии;</p> <p>- требования системы государственной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям;</p> <p>- разрабатывать методики и инструкции по лабораторному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыком обработки результатов испытания наноматериалов и оценивания погрешностей, основы стандарти-</p>	<p>венной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- принципы действия технических средств испытания в соответствии с объектом, основы теории погрешности измерений;</p> <p>- знать этапы проведения анализа соответствия результатов выборочных испытаний новых наноструктурированных композиционных материалов заданным техническим требованиям;</p> <p>- требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности здоровья</p> <p>Уметь:</p> <p>- осуществлять анализ соответствия результатов испытаний наноматериалов заданным техническим требованиям;</p> <p>- разрабатывать методики и инструкции по лабораторному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- определять условия реализации и границы основных экспериментальных высоколокальных методов испытания новых наноструктурированных композиционных материалов</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками самостоятельного использования системы государственной аттестации и сертификации наноструктурированных композиционных материалов;</p> <p>- навыком обработки результатов</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии	зации и прикладной метрологии; - навыком критического анализа в определении соответствия результатов выборочных испытаний новых наноструктурированных композиционных материалов заданным техническим требованиям	испытания наноматериалов и оценивания погрешностей, основы стандартизации и прикладной метрологии; - навыком критического анализа в определении соответствия результатов выборочных испытаний новых наноструктурированных композиционных материалов заданным техническим требованиям

### 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 ПК-4.1	Лекции, СРС, лабораторная работа	КО	№1, Зад. 1-7, МУ-1	согласно табл 7.2
				ЛБ-1 Контрольные вопросы	1-9	
				КОЗ	1-4	

2.	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии	УК-2.2 ПК-4.1	Лекции СРС, лабораторная работа	КО	№2, Зад. 1-9, МУ-1 Б2№1-3, МУ-3	согласно табл 7.2
				ЛБ-2 Контрольные вопросы	10-15	
3.	Назначение и правила эксплуатации измерительных средств атомно-силовой микроскопии	УК-2.2 УК-2.4 ПК-4.3	Лекции, СРС, лабораторная работа (Встреча с сотрудниками ЦКП)	КО	№3, Зад. 1-6, МУ-1  Б2№2, МУ-3	согласно табл 7.2
				ЛБ-3 Контрольные вопросы	1-6	
				КОЗ	5-8	
4.	Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ.	УК-2.2 УК-2.5 ПК-3.3 ПК-4.3	Лекции, СРС, лабораторная работа (Встреча с сотрудниками ЦКП)	КО Т1	№3, Зад. 7-9, МУ-1 Б3№1-3, МУ-3	согласно табл 7.2
				КОЗ	9-12	
				ЛБ-3 Контрольные вопросы	1-3	
3 семестр						
5.	Назначение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии.	УК-2.2 ПК-4.1	Лабораторная работа, практическое занятие, СРС	КО	№4, МУ-1 №1, МУ-2 МУ-3, МУ-4	согласно табл 7.2
				Задания и контрольные вопросы к лаб. ЛБ-4	1-7	
6.	Общие элементы электронно-оптических приборов.	УК-2.2 ПК-4.1	Лабораторная работа, практическое занятие, СРС	КО	№5, 6, МУ 1 №5, МУ-2	согласно табл 7.2
				Задания и контрольные вопросы к лаб. ЛБ-5	1-7	
				КОЗ	13-15	
7.	Назначение и	УК-2.4	Лабораторная работа,	Т2	№7, МУ 1 №5, МУ-2	согласно табл 7.2



	правила эксплуатации измерительных средств электронной микроскопии.	УК-2.5 ПК-3.3 ПК-4.3	практическое занятие, СРС	Задания и контрольные вопросы к лаб. ЛБ-6, в т.ч. для контроля результатов практической подготовки	1-5	
				КОЗ	16-19	
8.	Методы анализа и статистической обработки данных в рентгеновском микроанализе.	УК-2.2 УК-2.4 УК-2.5 ПК-3.3	Лабораторная работа, практическое занятие, СРС	КО	№8, МУ 1 №6, МУ-2	согласно табл 7.2
				Задания и контрольные вопросы к лаб. ЛБ-7,8	1-9 1-9	
				КОЗ	20-24	

**Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости**

**1. Вопросы для контрольного опроса по разделу (теме) № 2 Назначение и правила эксплуатации измерительных средств сканирующей туннельной микроскопии**

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?

**2. Контрольные вопросы 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?

### 3. Вопросы и задания в тестовой форме по разделу (теме) №\_4\_ «Методы анализа и статистической обработки данных на АСМ.»

1. Типичный радиус закругления коммерческого зонда составляет

- А) 100 нм;
- Б) 10 нм;
- В) 1 нм;
- Г) на острие находится один атом, который участвует в силовом взаимодействии.

2. При вертикальном отклонении кантилевера изменяется сигнал

- А) DFL;
- Б) LF;
- В) LASER;
- Г) все вышеперечисленные.

3. За что отвечает интегральная компонента в системе обратной связи?

- А) Обеспечивает отклик системы на резкие изменения (скачки) рельефа;
- Б) Обеспечивает обработку крупных деталей рельефа;
- В) Обеспечивает обработку мелких шероховатостей поверхности;
- Г) Среди ответов А, Б и В нет правильного.

4. Медленный дрейф сканера в направлении последних предшествующих перемещений является проявлением следующего недостатка пьезокерамики:

- А) нелинейность;
- Б) гистерезис;
- В) ползучесть;
- Г) температурный дрейф.

5. Размер пятна луча лазера на обратной стороне кантилевера в районе острия составляет около

- А) 0,5 мкм;
- Б) 5 мкм;
- В) 50 мкм;
- Г) 500 мкм.

6. Контактные методы АСМ:

- А) позволяют сканировать с большей, по сравнению с резонансными методами, скоростью;
- Б) неизбежно повреждают образец;
- В) основаны на регистрации сил отталкивания;
- Г) основаны на существовании прямого электрического контакта между острием зонда и образцом.

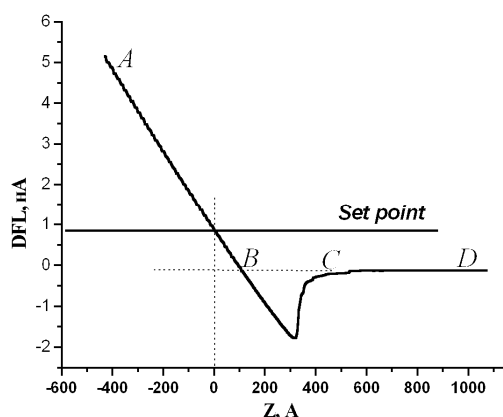
7. Какие свойства поверхности позволяет изучать метод латеральных сил?

- А) Распределение локальной проводимости;
- Б) Распределение поверхностного потенциала;
- В) Локальные упругие свойства поверхности;
- Г) Распределение сил трения.

8. В качестве входного сигнала цепи обратной связи в методе постоянной силы используется сигнал:

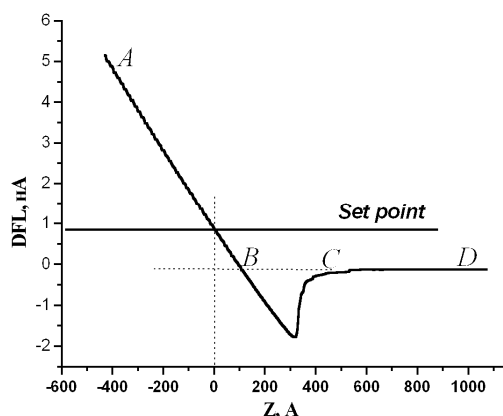
- А) DFL;
- Б) LF;
- В) LASER;
- Г) любой из вышеперечисленных.

9. На зависимости сигнала DFL от смещения кантилевера вдоль оси Z участок AB обусловлен:



- А) Положением равновесия кантилевера (внешние силы отсутствуют);      Б) действием капиллярных сил;  
 В) действием сил Ван-дер-Ваальса;      Г) действием упругих сил.

10. Абсолютное значение силы, с которой образец действует на зонд, определяется выражением ( $k$  – коэффициент жесткости кантилевера,  $\beta$  – коэффициент наклона прямой  $AB$ ):



- А)  $F = \frac{\beta}{k} DFL$ ;      Б)  $F = \frac{k}{\beta} DFL$ ;  
 В)  $F = k\beta DFL$ ;      Г)  $F = \frac{\beta}{k} DFL^2$ .

### 5. Производственные задачи для контроля результатов практической подготовки обучающихся на лабораторных занятиях № 4 – 8.

1. При наблюдении наноразмерных металлических структур на растровом электронном микроскопе JSM 6610 Iv, 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. На РЭМ JSM 6610 Iv необходимо произвести анализ размеров и состава порошка изготовленного на ООО "Ультрамол". При первом исследовании на РЭМ в высоковакуумном режиме оказалось, что образцы порошка сильно заряжаются, а так же "летят". Предложите приёмы и методы исследования данного материала для получения размеров и состава порошка.
3. При исследовании состава электродных паст свинцово-кислотных аккумуляторов, выпускаемых на ООО "Исток+" на энерго-дисперсионном спектрометре оказалось, что характеристиче-

ские рентгеновские кванты от химических элементов, имеющих порядковый номер  $Z$  от 15 до 20 не регистрируются. Предложите гипотезу почему? Как изменить режимы работы установки, для того, что бы их зарегистрировать.

4. При получении изображения на электронном микроскопе JSM 6610 Iv 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.

5. 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.

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

## 7. Примерные темы курсовых проектов

Практическая подготовка обучающихся при реализации данной дисциплины организуется, в частности, путем выполнения и защиты курсовой работы (проекта) на одну из предложенных тем:

1. Экспериментальная установка для исследования ротационного эффекта в нанодисперсной магнитной жидкости
2. Методика обработки изображений и получения геометрических параметров наноструктур (плотности, радиуса кривизны вершин, размеров и т.д.) на АСМ (SmartSPM™) для расчёта форм-фактора.
3. «Обработка геометрических параметров АСМ-изображений наноструктур для определения возможности автоэлектронной эмиссии»
4. Исследование доменных структур в тонких пластинах ферромагнетиков методами рамановской спектроскопии
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 04.02.030-2017 «Курсовые работы (проекты). Выпускные квалификационные работы. Общие требования к структуре и оформлению»;
- положении П 02.016-2018 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;
- методических указаниях по выполнению курсового проекта.

### **Типовые задания для проведения промежуточной аттестации**

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме защиты курсового проекта, зачета и экзамена.

Зачет и экзамен проводятся в форме тестирования (бланкового и/или компьютерного).

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.

Результаты практической подготовки умения, навыки и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) 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.

### **Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

#### **6. Контрольно-измерительные материалы для банковского тестирования (зачёт).**

1. При отдалении вольфрамового зонда на 1 А от поверхности туннельный ток: 1) Падает в 1,5 – 2 раза; 2) Остается почти неизменным; 3) Падает на порядок; 4) Возрастает в 1,5 – 2 раза; Возрастает на порядок.
2. При исследовании поверхности в полуконтактном режиме колебания зонда вызываются: 1) Пьезосканером; 2) Ёмкостным датчиком; 3) Пьезодрайвером; 4) Внешним генератором; 5) Системой обратной связи.

3. Основоположителем масс-спектрометрии является: 1) Демпстер; 2) Ф. Астон; 3) Д. Максвелл; 4) М.В. Ломоносов; 5) Д.Д. Томсон.

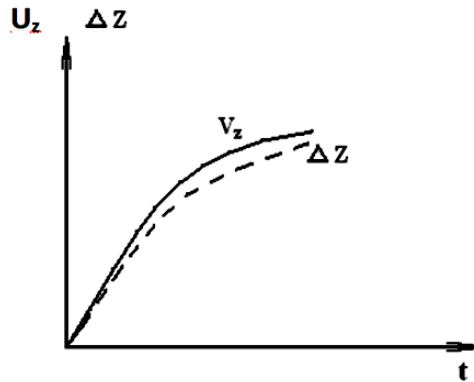
4. Выражения для ионного тока молекулярных ионов имеет вид:

A)  $J_{ij} = \sigma_{ij} J_e n_j \ell$     B)  $J_j = \sigma_j \frac{J_e}{n_j \ell}$     C)  $J_e = \sigma_j J_j n_j \ell$     D)  $J_j = \sigma_j J_e n_j \ell$     E)  $J_j = \sigma_j J_e$

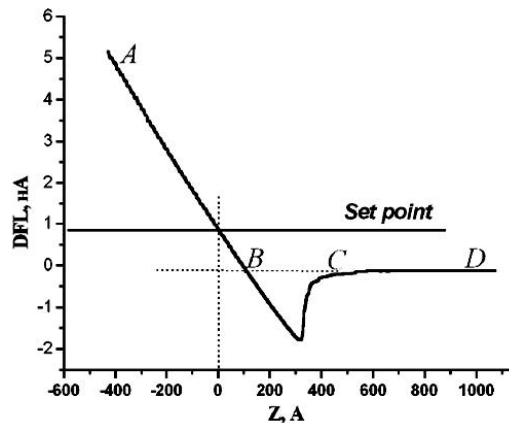
5. Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец: 1) Экспоненциально растущая ; 2) Линейная; 3) Экспоненциально убывающая; 4) Квадратичная; 5) Гиперболическая.

6. Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали: 1) Корневая; 2) Линейная; 3) Обратно пропорциональная; 4) Обратная корневая; 5) Экспоненциальная.

7. 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.



8. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд-поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Что означает участок BC: 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.



9. Что означает сигнал в системе обратной связи АСМ с точки зрения теории автоматического регулирования:

$$FBO = W_P + W_I + W_D$$

1) сигнал ошибки; 2) уровень сигнала для фиксированного взаимодействия, задаваемый пользователем; 3) сигнал на входе системы ОС; 4) сигнал коррекции на выходе ОС; 5) сигнал фазовращателя

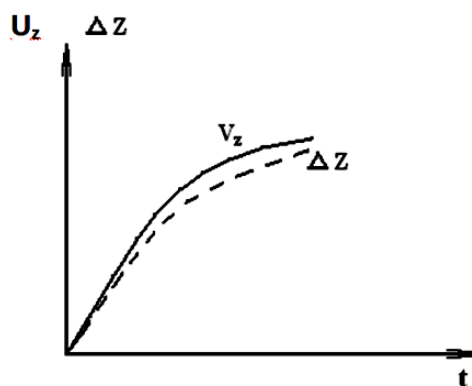
10. Выберите правильно объяснение для выражения:

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

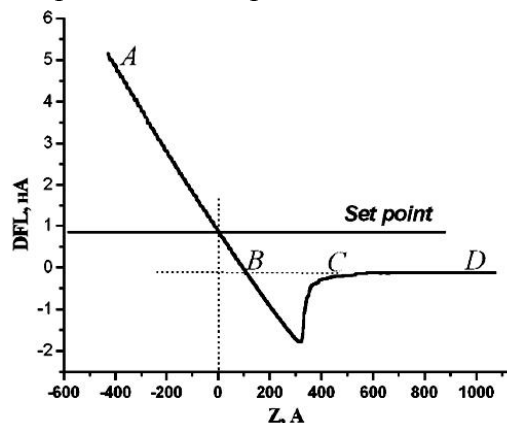
1) выражение для туннельного тока при  $eV < \varphi^*$ , когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец; 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии; 3) выражение для туннельного тока при  $eV > \varphi^*$ , когда коэффициент перед экспонентой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

11. Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали: 1) Корневая; 2) Линейная; 3) Обратно пропорциональная; 4) Обратная корневая; 5) Экспоненциальная.

12. 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.



13. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд-поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Что означает участок BC: 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.



14. Что означает сигнал в системе обратной связи АСМ с точки зрения теории автоматического регулирования:

$$FBO = W_P + W_I + W_D$$

1) сигнал ошибки; 2) уровень сигнала для фиксированного взаимодействия, задаваемый пользователем; 3) сигнал на входе системы ОС; 4) сигнал коррекции на выходе ОС; 5) сигнал фазовращателя

15. 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.

16. *Компетентностно-ориентированная задача:* Оцените величину температурного дрейфа пьезосканера АСМ длиной 0,8 см при увеличении его температуры в процессе сканирования, за счёт диссипации энергии при деформации, на 1,5 К. Считать, что сканер изготовлен из пьезокерамики ЦТС-19 с температурным коэффициентом линейного расширения  $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

## 6. Контрольно-измерительные материалы для компьютерного тестирования (экзамен).

**Номер вопроса:** 5 **Формулировка вопроса:**

От чего зависит интенсивность потока электронов, испускаемых катодом:

**Наличие картинки к вопросу:**

Нет

**Имя картинки на листе с картинками (при наличии):**

**Код раздела:**

1

**Варианты ответа:**

**Правильный:**

от формы, типа, напряжения накала катода и от напряжения смещения

**Вариант 2:**

от скорости нагрева катода

**Вариант 3:**

от времени работы катода

**Вариант 4:**

от величины тока в конденсорной линзе

**Вариант 5:**

от величины тока в объектной линзе

**Номер вопроса:** 6 **Формулировка вопроса:**

Что понимают под истинно вторичными электронами?

**Наличие картинки к вопросу:**

Нет

**Имя картинки на листе с картинками (при наличии):**

**Код раздела:**

1

**Варианты ответа:**

**Правильный:**

электроны атомов поверхности образца, покинувшие внешние орбиты под действием электронов первичного пучка, а так же упруго и неупруго обратноотражённых электронов

**Вариант 2:**

все электроны покинувшие поверхность образца: неупруго и упруго отражённые, вылетевшие из электронных оболочек атомов вещества

**Вариант 3:**

только упруго и неупруго отражённые электроны поверхностных атомов образца

**Вариант 4:**

только те электроны, которые являются "паразитными" и вылетевшими из элементов конструкции рабочей камеры электронного микроскопа

**Вариант 5:**

те электроны, которые попадают в детектор вторичных электронов при запитывающем напряжении сетки Фарадея



**Номер вопроса:** 7      **Формулировка вопроса:**

Что понимают под характеристической глубиной выхода истинно вторичных электронов?

**Наличие картинки к вопросу:**

Нет

**Имя картинки на листе с картинками (при наличии):**

**Код раздела:**

1

**Варианты ответа:**

**Правильный:**

глубина от поверхности образца на которой вероятность выхода истинно вторичных электронов уменьшилась в  $e$  (2,7) раз

**Вариант 2:**

глубина от поверхности образца, ниже которой электроны не могут выйти из образца

**Вариант 3:**

глубина, на которую проникают самые быстрые электроны пучка, и следовательно самая большая глубина выхода вторичных электронов

**Вариант 4:**

расстояние, на котором ещё возможна ионизация атомов образца под действием быстрых электронов первичного пучка

**Вариант 5:**

глубина неровностей на поверхности образца, из которых за счёт отражений могут выйти истинно вторичные электроны

**Задания на выбор последовательности.**

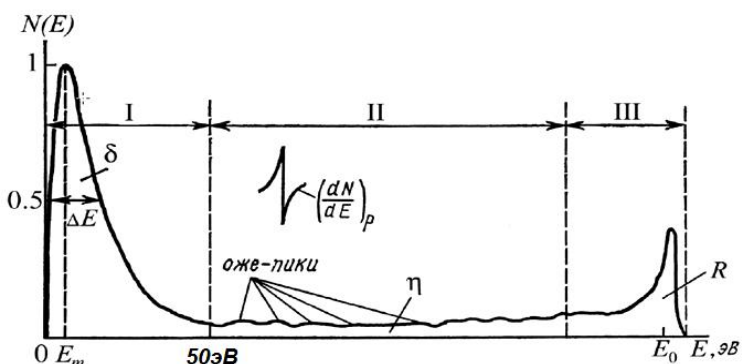
Выберите правильную последовательность настройки термоэмиссионного катода после замены сгоревшего на новый:

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) 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;

3) 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.

4) 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 выбор.**

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) Обратнотражённым электронами первичного пучка.

### **Компетентностно-ориентированная задача.**

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.

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 02.016–2018 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;

- 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 защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.
Лабораторная работа № 2 (Подготовка образцов для АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.

Лабораторная работа № 3 (Оценка радиуса закругления острия зонда по АСМ-изображениям углеродных нанотрубок)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.
Лабораторная работа № 4 (Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv высоко и низковакуумном режимах)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.
Лабораторная работа № 5 (Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.
Лабораторная работа № 6 (Основы работы с рентгеновским дифрактометром ЕММА (GBC Scientific Equipment))	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе.
Лабораторная работа № 7 (Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess $mc^2$ )	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. 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 промежуточной аттестации обучающихся, проводимой в виде тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ - 16 заданий (15 вопросов и одна 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 за тестирование - 36 баллов.

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

### 8.1 Основная учебная литература

1. Кузько, А. Е. Основы применения масс-спектрометрических методов в нанодиагностике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Е. Кузько, А. В. Кузько ; ЮЗГУ. - Электрон. текстовые дан. (965 КБ). - Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2013. - 81 с.
2. Смирнов, С. В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 115 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208659>
3. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов; - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943>

### 8.2 Дополнительная учебная литература

4. Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 184 с. - Режим доступа : [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=428294&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428294&sr=1)
5. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462147>
6. Уэйли Жу, Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга, пер. К. И. Домкин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 601 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462149>

7. Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] : монография / В. К. Неволин. - Изд. 2-е, испр. - М. : Техносфера, 2014. - 174 с. - Режим доступа : [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697)
8. Исследование топологии поверхности методом сканирующей атомно-силовой микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. Н. Елманов, Б. А. Логинов, О.Н. Севрюков; - М. : МИФИ, 2011. - 64 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231529>
9. Сергеев, А. Г. Нанометрология [Электронный ресурс] / А. Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 415 с. Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986>

### 8.3 Перечень методических указаний

*МУ-1* Наноаналитическое оборудование [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по наноаналитическому оборудованию для направления подготовки 28.04.01 / сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – 136 с.

*МУ-2* Наноаналитическое оборудование [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практических работ по наноаналитическому оборудованию для направления подготовки 28.04.01 / сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – 79 с.

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

*МУ-4* Курсовой проект по наноаналитическому оборудованию [Электронный ресурс]: методические рекомендации по выполнению курсового проекта студентами направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» по дисциплине «Наноаналитическое оборудование» / сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – 11 с.

### 8.4 Другие учебно-методические материалы

*Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:*  
Нанотехнологии: наука и производство.

*Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

1. <http://biblioclub.ru> - электронно-библиотечная система;
2. [www.informika.ru](http://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](http://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.

*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 наноэлектронных 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**

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Наноаналитическое оборудование» являются лекции, лабораторные и практические занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия темы, связанные с ней теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы. В ходе практического занятия студент должен внимательно слушать, задавать вопросы, комментировать другие

выступления и конспектировать материал. Практические занятия обеспечивают: контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины завершают лабораторные занятия, которые обеспечивают: приобретение опыта работы с современным наноаналитическим оборудованием и проведением его текущего обслуживания и контроля работы, формирование навыков постановки задач исследований, обработки и анализа результатов исследований, аргументации и защиты выдвигаемых положений, навыка работы в коллективе.

Лабораторным и практическим занятиям предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного для самостоятельной работы, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе и электронных ресурсах, рекомендованных преподавателем.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, контрольному опросу, устным выступлениям, защитам лабораторных работ, а также решению компетентностно-ориентированных задач.

Преподаватель уже на первых занятиях объясняет студентам, какие формы обучения следует использовать при самостоятельном изучении дисциплины «Наноаналитическое оборудование»: конспектирование учебной литературы, учебно-методических пособий составление словарей понятий и терминов и т. п.

В процессе обучения преподаватели используют активные формы работы со студентами: объяснение сложного материала, привлечение студентов к творческому процессу на лабораторных и практических занятиях, промежуточный контроль путем отработки студентами пропущенных занятий, участие в групповых и индивидуальных консультациях (собеседовании). Эти формы способствуют выработке у студентов умения работать с учебником и литературой. Изучение литературы составляет значительную часть самостоятельной работы студента. Это большой труд, требующий усилий и желания студента. В самом начале работы над книгой важно определить цель и направление этой работы. Прочитанное следует закрепить в памяти. Одним из приемов закрепления освоенного материала является конспектирование, без которого немислима серьезная работа над литературой. Систематическое конспектирование помогает научиться правильно, кратко и четко излагать своими словами прочитанный материал.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно готовить конспект к выполнению лабораторно-практических работ, знакомиться с соответствующими разделами учебника и учебно-методических разработок, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины, изучать инструкции используемого оборудования, правила работы с ним и обслуживания оборудования. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному усвоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю по вопросам дисциплины «Наноаналитическое оборудование» с целью освоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Наноаналитическое оборудование» – закрепить теоретические и практические знания, полученные в процессе лекций и лабораторно-практических занятий, а также сформировать практические навыки самостоятельного анализа особенностей дисциплины.

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

1. DreamSpark Premium Electronic 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

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

Учебные аудитории и лаборатории кафедры нанотехнологий и инженерной физики и регионального центра нанотехнологий для проведения лабораторных и практических занятий, оснащенные учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), доской с маркерами (мелом), проектором, ноутбуком, наноаналитическим оборудованием.

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

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения

*а) Регионального центра нанотехнологий:*

*Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования:*

*Лаборатория зондовых и спектральных методов (Г-213). Оснащение лаборатории:*

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). Оснащение лабораторий:*

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-XXM1002), 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 Iron Back Verpo 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).

*б) Кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики:*

*Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации обучающихся: Г-815, Г-819, оснащенные проектором BenQ MX522P; ноутбуком Lenovo G5070; экраном настенным 200x200; экраном мобильным Draper Consul 60x60" 152x152; проектором BenQ MX850UST короткофокусным.;*

## **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, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству устного изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам. 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, прочесть задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

