

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 06.09.2023 08:06:06

Уникальный программный ключ:

efd3ecdbd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b368921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»

Цель преподавания дисциплины: формирование культуры применения различных методов зондовой микроскопии, электронно-оптических и рентгеновских методов в исследовании свойств нанообъектов и их систем, а так же представлений о физике, технике и возможностях современного наноаналитического оборудования для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с физическими принципами работы, устройством и основными характеристиками современного базовое контрольно-измерительного оборудования для метрологического обеспечения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов и их систем и выполнению заданий в области сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
- формирование навыков практической работы на основных видах наноаналитического оборудования (АСМ, СТМ, РЭМ, ЕММА) в исследовании свойств нанообъектов и их систем и на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах по их наладке, испытанию, проверке работоспособности измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники;
- обеспечение понимания возможностей применения изучаемых методов, их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах наноструктур в научно-исследовательской деятельности.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ (ОПК-1.3);

- использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач (ОПК-1.5);
- определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ОПК-5.1);
- использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ОПК-6.1);
- составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями (ОПК-6.2).

Разделы дисциплины:

Основы применения массспектрометрических методов исследования. Методы массспектрометрии в получении и диагностике наночастиц. Методы сканирующей туннельной микроскопии. Методы атомно-силовой микроскопии. Измерительные методики АСМ. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Общие элементы электронно-оптических приборов. Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета
естественно-научного
(наименование ф-та полностью)

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

«31» 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы»
наименование направленности (профиля, специализации)

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

Курс – 2019

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», 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 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы» на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № «31» 08 20 19 г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент _____ Кузько А.Е.

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

Согласовано: на заседании кафедры заседания кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № « » 20 г.

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

(название кафедры, дата, номер протокола, подпись заведующего кафедрой; согласование производится с кафедрами, чьи дисциплины основываются на данной дисциплине, а также при необходимости руководителями других структурных подразделений)

Директор научной библиотеки _____ Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019 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 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019 г., на заседании кафедры НМО и ПФ 31.08.2021 № 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 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «29» 03 2019 г., на заседании кафедры НМО и ПФ № 1 от 31.08.2022

(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 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «25» 02 2020 г. на заседании кафедры НМОиПФ, протокол № от 31.08.2023 г.
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____
Чурако А.В.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № « » 20 г. на заседании кафедры _____
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № « » 20 г. на заседании кафедры _____
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № « » 20 г. на заседании кафедры _____
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № « » 20 г. на заседании кафедры _____
(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

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 культуры применения различных методов зондовой микроскопии, электроно-оптических и рентгеновских методов в исследовании свойств нанообъектов и их систем, а так же представлений о физике, технике и возможностях современного наноаналитического оборудования для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники.

1.2 Задачи дисциплины

- ознакомление с физическими принципами работы, устройством и основными характеристиками современного базовое контрольно-измерительного оборудования для метрологического обеспечения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электроно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов и их систем и выполнению заданий в области сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
- формирование навыков практической работы на основных видах наноаналитического оборудования (АСМ, СТМ, РЭМ, ЕММА) в исследовании свойств нанообъектов и их систем и на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- освоение основных приёмов работы на современных наноаналитических зондовых, электроно-оптических и рентгеновских приборах по их наладке, испытанию, проверке работоспособности измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники;
- обеспечение понимания возможностей применения изучаемых методов, их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах наноструктур в научно-исследовательской деятельности.

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>		
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирова-	ОПК-1.3 Использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ	Знать: - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений - правила выбора методов и средств измерений; - правила обработки резуль-

<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>		
	ния		<p>татов измерений и оценивания погрешностей;</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно выбирать и применять средства измерений; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты измерений в соответствии с принципами метрологии; <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - интерпретации данных измерительного эксперимента; - навыками самостоятельного использования законодательной и прикладной метрологии;
		<p>ОПК-1.5</p> <p>Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять настройку измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования; - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования; <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком в осуществлении

<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, соотношенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			настройки измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования.
ОПК-5	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.1 Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Знать: - устройство, принципы работы и особенности работы исследовательского оборудования по диагностике материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; Уметь: - свободно пользоваться современным исследовательским оборудованием для проведения диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыком в осуществлении настройки измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования;
ОПК-6	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	ОПК-6.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Знать: - условия реализации и границы применения этих методов; тенденции развития методов характеризации материалов и структур нано и микросистем для разработки методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий; Уметь:

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			<p>- выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микро-систем.</p> <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <p>- навыками в адаптации современного исследовательского оборудования к проведению диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;</p>
		<p>ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями</p>	<p>Знать:</p> <p>- как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач.</p> <p>Уметь:</p> <p>- разрабатывать инструкции по эксплуатации оборудования;</p> <p>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</p> <p>- навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микро-систем, интерпретации экспериментальных данных;</p>

2 Указание места дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы». Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре и на 4 курсе в 7 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 8 зачетных единицы (з.е.), 288 академических часов.

Таблица 3 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	288
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	121,25
в том числе:	
лекции	68
лабораторные занятия	52
практические занятия	0
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	139,75
Контроль (подготовка к экзамену)	27
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	1,25
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	не предусмотрен
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
6 семестр		
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	Методы ионизации (электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Вертикальные и адиабатические электронные переходы. Диссоциативная ионизация. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля. Двойная фокусировка. Разрешающая сила масс-спектрометра. Молекулярное течение газа. Основные типы масс-спектрометров: времяпролетный, квадрупольный масс-спектрометр, спектрометр ион-циклотронного резонанса. Идентификация веществ.

2.	Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц	Применение масс-спектрометров в нанодиагностике. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спектрометрическими методами в эффузионной ячейке Кнудсена, сверхзвуковом сопле, в методах газовой агрегации, лазерного испарения. Связь ионного тока с парциальным давлением пара в ячейке Кнудсена. Определение парциальных давлений компонентов газовых наночастиц. Таблицы масс-спектров. Идентификация веществ.
3	Методы сканирующей туннельной микроскопии	Общие элементы СЗМ. Зонды для СЗМ. Пьезокерамические сканеры (трипод, биморфный пьезоэлемент). Физические основы СТМ. Уровень Ферми. Туннелирование электрона через потенциальный барьер. Туннельный ток. Аппаратура для СТМ. Общая схема СТМ. Измерительные методики СТМ. Режимы работы СТМ: постоянного тока, постоянной высоты. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец (металл, полупроводник, сверхпроводник).
4	Методы атомно-силовой микроскопии	Физические основы АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Классификация взаимодействий. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса. Капиллярные силы. Преимущества перед СТМ. Дальнодействующие силы. Аппаратура для АСМ. Общая схема АСМ. Зонды АСМ. Оптическая система регистрации перемещений зонда. Система обратной связи.
7 семестр		
5	Измерительные методики АСМ	Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение. Предельное разрешение АСМ: латеральное и вертикальное. Детектирование отдельных атомов и наночастиц с помощью АСМ. Изучение электрофизических и магнитных свойств поверхности. Характеристики проводящих кантилеверов. Магнитно-, электросиловая, емкостная, Кельвин-микроскопия. Метрологическое обеспечение АСМ.
6	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	Нераспространяющиеся световые волны. Техническая реализация СБОМ. Проблемы подвода малоразмерных диафрагм к образцам на постоянной высоте. Поперечно-силовая микроскопия, метод пропускания и метод отражения. Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела.
7	Общие элементы электронно-оптических приборов	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

8	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы ПЭМ. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции. Виды контраста просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Примеры исследований методами высокого разрешения. Основы методов электронной дифракции. Приготовление образцов для ПЭМ.
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый закон Мозли. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. 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
6 семестр							
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	4	1,2	1	У-1,3,5 МУ-1,2	С2 ЛР-1	ОПК-1 ОПК-5
2	Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц	2	2	2	У-1,3,5 МУ-1,2	КО1 ЛР-2	ОПК-1 ОПК-6
3	Методы сканирующей туннельной микроскопии	4	3	3	У-2,4,8,9 МУ-1,2	С6 ЛР-3	ОПК-1 ОПК-6
4	Методы атомно-силовой микроскопии	4	4	4	У-3,4,8,9 МУ-1,2	С8 ЛР-4 Т1	ОПК-1 ОПК-6
7 семестр							
5	Измерительные методики АСМ	6	5,6	4	У-3,4,8,9 МУ-1,2	ЛР-5 КО3	ОПК-1 ОПК-6
6	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	2	6,7	5	У-3,4,9 МУ-1,2	КО2 ЛР-6,7	ОПК-1 ОПК-6
7	Общие элементы электронно-оптических приборов	4	8,9	6	У-5,6,8 МУ-1,2	С14 ЛР-8	ОПК-5
8	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	6	9,10	7	У-5,6,8 МУ-1,2	С16 ЛР-9,10	ОПК-1 ОПК-5 ОПК-6
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и	4	11,12	7	У-5,6,7,8 МУ-1,2	Т2 ЛР-11,12	ОПК-1 ОПК-6

рентгеновские методы исследования						
-----------------------------------	--	--	--	--	--	--

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

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
6 семестр		
1	«Расшифровка масс-спектра наночастиц в виде мономеров и димеров, образованных в ячейке Кнудсена»	2
2	«Подготовка образцов для АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC»	4
3	"Оценка радиуса закругления острия зонда по АСМ-изображениям углеродных нанотрубок"	4
4	"Контактный метод работы в сканирующем зондовом микроскопе SmartSPM-1000"	2
5	"Экспериментальное определение распределения по размерам наночастиц по АСМ-топологии"	4
Итого за 6 семестр		16
7 семестр		
6	"Использование метрических шаговых структур МШПС, TGZ для определения масштабов на АСМ"	4
7	«Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv в высоко- и низковакуумном режиме».	6
8	"Приёмы настройки катодного узла РЭМ JEOL JSM-6610LV"	6
9	«Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей»	6
10	«Исследование элементного состава кристалла полупроводникового светодиода»	6
11	«Основы работы с рентгеновским дифрактометром ЕММА (GBC Scientific Equipment)».	4
12	«Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess mc ² »	4
Итого за 7 семестр		36
Итого:		52

4.2.2 Практические занятия

Не предусмотрены

4.3 Самостоятельной работы студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№	Наименование раздела учебной дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
6 семестр			
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	1-4 неделя	20
2	Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц	5-9 неделя	25
3	Методы сканирующей туннельной микроскопии	10-14 неделя	25
4	Методы атомно-силовой микроскопии	15-19 неделя	25,9
Итого за 6 семестр			95,9
7 семестр			
1	Измерительные методики АСМ	1-3 неделя	10
2	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	4-8 неделя	4
3	Общие элементы электронно-оптических приборов	9-13 неделя	12
4	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	14-17 неделя	10
5	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	18-20 неделя	7,85
Итого за 7 семестр			43,85
Итого:			139,75

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, совре-

менных 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. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины.

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	Лекция "Методы сканирующей туннельной микроскопии "	Разбор конкретных ситуаций. Мастер-класс на СТМ	4
2	Лекция " Методы атомно-силовой микроскопии"	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на АСМ	4
Итого:			8

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины осуществляется путем проведения лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по направленности 28.03.01 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.

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован исторический и современный научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование общей и профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует профессионально-трудовому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал для практических и лабораторных занятий содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки (производства), высокого профессионализма ученых (представителей производства), их ответственности за результаты и последствия деятельности для человека и общества; примеры подлинной нравственности людей, причастных к развитию науки и производства, а также примеры творческого мышления;

- применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися, представителями работодателей (командная работа, разбор конкретных ситуаций, решение кейсов);

- личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины на учебных занятиях направлена на поддержание в университете единой развивающей образовательной и воспитательной среды. Реализация воспитательного потенциала дисциплины в ходе самостоятельной работы обучающихся способствует развитию в них целеустремленности, инициативности, креативности, ответственности за результаты своей работы – качеств, необходимых для успешной социализации и профессионального становления.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и содержание компетенции	Этапы формирования компетенций и дисциплины (модули), при изучении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественно-научных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Высшая математика		
	Физика Химия Прикладная механика Физика диэлектриков	Кристаллография Квантовая механика и статистическая физика Физика конденсированного состояния Учебная ознакомительная практика	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем

ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологи	Введение в направлении подготовки и формирование профессиональной карьеры Датчики физических измерений в микро- и нанoeлектронном исполнении	Физико-химические основы микро- и нанотехнологии Электротехника Учебная ознакомительная практика	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
ОПК-6 Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	Метрология, стандартизация и сертификация Инженерная и компьютерная графика Датчики физических измерений в микро- и нанoeлектронном исполнении	Физико-химические основы микро- и нанотехнологии	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем

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, закреплённые за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ОПК-1/ завершающий	ОПК-1.3 Использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ	Знать: - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений Уметь: - правильно выбирать и применять средства измерений Владеть: - навыками выбора современных методов	Знать: - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений - правила выбора методов и средств измерений Уметь: - правильно выбирать и применять средства измерений - организовывать измерительный эксперимент	Знать: - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений - правила выбора методов и средств измерений - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей Уметь: - правильно выбирать и применять средства измерений - организовывать измерительный эксперимент - обрабатывать и пред-

		контроля качества изделий нанотехнологии и микросистемной техники	Владеть: - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано- и микросистемной техники - интерпретации данных измерительного эксперимента	ставлять результаты измерений в соответствии с принципами метрологии Владеть: - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано- и микросистемной техники - интерпретации данных измерительного эксперимента - навыками самостоятельного использования законодательной и прикладной метрологии
	ОПК-1.5 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Знать: - виды обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Уметь: - осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Владеть: -навыком текущего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах	Знать: -особенности обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Уметь: -осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, в зависимости от различных режимов его работы Владеть: -навыком текущего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при различных режимах его работы	Знать: - как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач Уметь: -осуществлять настройку измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования Владеть: - навыком в осуществлении настройки измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования
ОПК-5/ завершающий	ОПК-5.1 Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборато-	Знать: - основные принципы работы с исследовательским оборудованием диаг-	Знать: - особенности работы с исследовательским оборудованием диагностики материалов и компонен-	Знать: - устройство, принципы работы и особенности работы исследовательского оборудования по диагностике материалов

	рии, обеспечивающее безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	ностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники Уметь: - пользоваться современным исследовательским оборудованием на уровне инструкции к лабораторной работе Владеть: - основными приёмами работы на современном исследовательском оборудовании для проведения диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	тов нано- и микросистемной техники Уметь: - свободно пользоваться современным исследовательским оборудованием Владеть: - навыками в использовании современного исследовательского оборудования для проведения диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	и компонентов нано- и микросистемной техники Уметь: - свободно пользоваться современным исследовательским оборудованием для проведения диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники Владеть: - навыками в адаптации современного исследовательского оборудования к проведению диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ОПК-6/ завершающий	ОПК-6.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Знать: - какими современными измерительными приборами можно изучать заданные физические свойства материала нанотехнологии и микросистемной техники Уметь: - выбирать современные измерительные приборы для определения заданных параметров и характеристик изделий	Знать: - физические принципы основных экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем Уметь: - использовать современные измерительные приборы для определения заданных параметров и характеристик изделий Владеть: - навыком использования современных	Знать: - условия реализации и границы применения этих методов; тенденции развития методов характеристики материалов и структур нано и микросистем для разработки методик проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий Уметь: - выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем; Владеть: - навыками применения

		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком выбора современных измерительных методик в определении заданных физических свойств материалов 	<p>измерительных приборов в определении заданных физических свойств материалов</p>	<p>современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем, интерпретации экспериментальных данных.</p>
	<p>ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком текущего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, - пользоваться прикладным программным обеспечением <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком текущего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при различных режимах его работы 	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять настройку измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования - разрабатывать инструкции по эксплуатации оборудования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком в осуществлении настройки измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования

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 образовательной программы

Таблица 7.3 Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля

№ 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
6 семестр						
1.	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	ОПК-1.3, ОПК-5.1	Лекция, СРС, лабораторные работы	Контрольный опрос	1-10, Б1, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-1 Контрольные вопросы	1-9, МУ-1	
2.	Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, СРС, лабораторная работа	Контрольный опрос	11-17 Б1, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-2 Контрольные вопросы	1-9, МУ-1	
3.	Методы сканирующей туннельной микроскопии	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, СРС, лабораторная работа	Контрольный опрос	1-18 Б2, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-3 Контрольные вопросы	1-8, МУ-1	
4.	Методы атомно-силовой микроскопии	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, СРС, лабораторные работы	Тест 1	1-27	согласно табл 7.2
				ЛБ-4 Контрольные вопросы	1-10, МУ-1	
7 семестр						
5.	Измерительные методики АСМ	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.2	Лекция, СРС, лабораторные работы	КОЗ	1-5	согласно табл 7.2
				ЛБ-5,6 Контрольные вопросы	1-7, МУ-1 1-3, МУ-1	
6.	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	ОПК-1.3, ОПК-6.2	Лекция, СРС, лабораторные работы	Контрольный опрос	1-8 Б3, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-6,7 Контрольные вопросы	4-10, МУ-1 1-7, МУ-1	

7.	Общие элементы электронно-оптических приборов	ОПК-5.1	Лекция, СРС, лабораторные работы	Контрольный опрос	9-12 БЗ, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-8,9 Контрольные вопросы	1-8, МУ-1 1-5, МУ-1	
8.	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-6.1	Лекция, СРС, лабораторные работы	Контрольный опрос	13-18 БЗ, МУ-2	согласно табл 7.2
				ЛБ-9,10 Контрольные вопросы	6-10, МУ-1 1-11, МУ-1	
9.	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, СРС, лабораторные работы	Тест 2	1-28	согласно табл 7.2
				ЛБ-11, 12 Контрольные вопросы	1-9, МУ-1 1-9, МУ-1	

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Вопросы для контрольного опроса по разделу (теме) № 5 «Измерительные методики АСМ»

1. Что такое ползучесть, гистерезис и нелинейность пьезокерамики? К каким артефактам на АСМ-изображениях они приводят?
2. Как происходит детектирование изгибов зонда в АСМ? Представив световое пятно на фотодетекторе круглым, нарисуйте зависимость сигнала DFL от вертикального изгиба зонда.
3. Расскажите о контактных методиках АСМ и артефактах, свойственных им. Что такое эффект уширения профиля и эффект занижения высот?
4. Какова природа контактной емкости зонд-образец? Расскажите о методиках емкостной и Кельвин-микроскопии. Как в Кельвин-эксперименте определить абсолютное значение работы выхода, а не разность работ выхода зонда и образца?
5. Как конечный размер зонда АСМ влияет на искажение АСМ-изображений? Нарисуйте профиль сигнала DFL при сканировании прямоугольной ступеньки коническим зондом.
6. Что такое разрешающая способность АСМ? Свяжите единой формулой разрешающую способность по вертикали и по горизонтали, дайте пояснительный чертеж.

2. Контрольные вопросы по лабораторной работе № 2 «Подготовка образцов для АСМ на шлифовально-полировальном станке Buehler Vector LC»

1. Перечислите основные этапы подготовки твёрдых образцов для АСМ.
2. Изложите методику работы на станке шлифовально-полировальном станке "Buehler Vector LC".
3. В чём заключаются контактный и полуконтактный методы сканирования на АСМ.
4. Сущность работы конфокальной видеокамеры.
5. Физические принципы работы АСМ. Требования к кантилеверу.

6. Перечислите возможности программы Gwyddion 2.9 в обработке АСМ-изображений поверхностей образцов.
7. Из чего и как изготавливают кантилеверы для атомно-силовой мик-роскопии? Сканирующей тун-нельной микроскопии?
8. Почему возможно высокое разрешение по вертикали для СТМ и АСМ?
9. Расскажите о функциях системы обратной связи при режимах по-стоянной высоты и топографи-ческом.

3. Вопросы и задания в тестовой форме по разделу (теме) № 4 «Методы атомно-силовой мик-роскопии»

Номер вопроса: 9 *Формулировка вопроса:*

При настройке фотоприемника АСМ максимизации подвергается сигнал

Варианты ответа:

- Правильный:* LASER
- Вариант 2:* LF
- Вариант 3:* DFL
- Вариант 4:* Сумма сигналов DFL и LF
- Вариант 5:* Ни один из перечисленных

Номер вопроса: 10 *Формулировка вопроса:*

Неоднозначная зависимость удлинения пьезосканера от направления изменения электрического напряжения называется

Варианты ответа:

- Правильный:* Гистерезисом
- Вариант 2:* Крипом
- Вариант 3:* Дребезгом пьезокремики
- Вариант 4:* Обратным пьезоэффектом
- Вариант 5:* Прямым пьезоэффектом

Номер вопроса: 11 *Формулировка вопроса:*

Интегральная компонента системы ОС в АСМ отвечает за

Варианты ответа:

- Правильный:* Отработку крупных деталей рельефа
- Вариант 2:* Отработку мелких деталей рельефа
- Вариант 3:* Прописывание рельефа глубоких впадин
- Вариант 4:* Прописывание рельефа больших выступов
- Вариант 5:* Ни за одну из названных задач

Номер вопроса: 12 *Формулировка вопроса:*

Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали

Варианты ответа:

- Правильный:* Корневая
- Вариант 2:* Линейная

Вариант 3: Обратно пропорциональная

Вариант 4: Обратная корневая

Вариант 5: Экспоненциальная

Номер вопроса: 13 *Формулировка вопроса:*

При исследовании поверхности в полуконтактном режиме колебания зонда вызываются

Варианты ответа:

Правильный: Пьезодрайвером

Вариант 2: Пьезосканером

Вариант 3: Емкостным датчиком

Вариант 4: Внешним генератором

Вариант 5: Системой обратной связи

Номер вопроса: 14 *Формулировка вопроса:*

Согласно теории автоматического регулирования, вырабатываемый системой обратной связи сигнал коррекции представляется

Варианты ответа:

Правильный: Суммой трёх компонент отклика: пропорциональной компоненты, интегральной и дифференциальной

Вариант 2: Суммой двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной

Вариант 3: Разности двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной

Вариант 4: Из суммы двух компонент отклика интегральной и дифференциальной вычитается пропорциональная

Вариант 5: Суммой двух компонент отклика: интегральной и пропорциональной

Номер вопроса: 15 *Формулировка вопроса:*

Формула Стоуни связывает:

Варианты ответа:

Правильный: отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным механическим напряжением σ

Вариант 2: отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным электрическим напряжением U

Вариант 3: коэффициент Пуассона материала балки кантилевера ν с модулем Юнга

Вариант 4: отклонение конца балки кантилевера δ с резонансной частотой колебаний пьезодрайвера

Вариант 5: модуль Юнга материала балки кантилевера E с приложенным электрическим напряжением U

Номер вопроса: 16 *Формулировка вопроса:*

Сигнал MAG – это сигнал

Варианты ответа:

Правильный: соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала DFL на частоте модуляции

Вариант 2: соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала LASER на частоте модуляции

Вариант 3: соответствующий постоянной составляющей сигнала DFL

Вариант 4: соответствующий постоянной составляющей сигнала LASER

Вариант 5: соответствующий постоянной составляющей сигнала FL

Номер вопроса: 17 *Формулировка вопроса:*

Укажите примерный размер пятна лазерного пучка на зеркальной поверхности конца балки кантилевера

Варианты ответа:

Правильный: 50 мкм

Вариант 2: 1 мкм

Вариант 3: 100 нм

Вариант 4: 50 нм

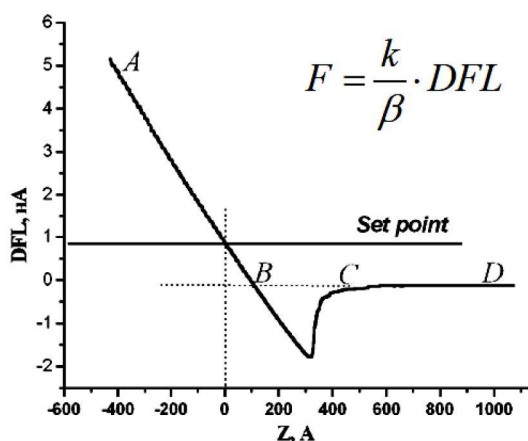
Вариант 5: 10 мкм

5. Производственные задачи для контроля результатов практической подготовки обучающихся на лабораторных занятиях № 3-5.

1. Предложите методику примерного определения и экспериментальной проверки резонансной частоты колебания кантилевера, размеры которого неизвестны. Для этого можно использовать растровый электронный микроскоп, атомно-силовой микроскоп.

2. В результате долгого прижима (порядка 3 лет) отполированных брусков металлов свинца и олова произошла диффузия атомов одного металла в другой. Предложите методику определения характерной глубины проникновения одного металла в другой с использованием ЭДС, РЭМ и соответствующее прикладное программное обеспечение.

3. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонда-поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Определите коэффициент b в законе Гука, описывающего силу взаимодействия зонда-образца.

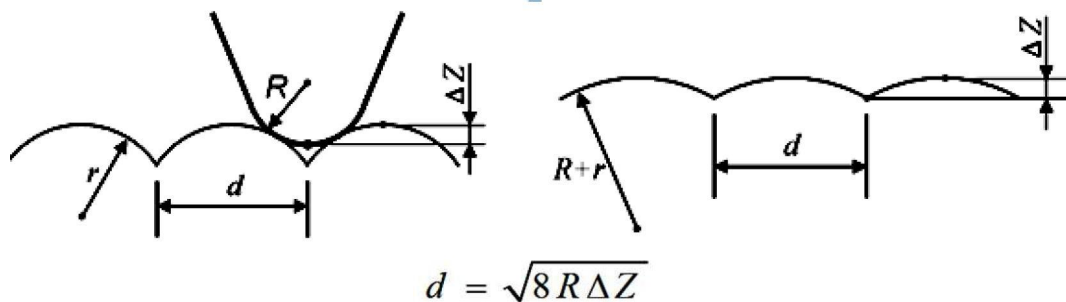


4. Оцените величину температурного дрейфа пьезосканера АСМ длиной 0,8 см при увеличении его температуры в процессе сканирования, за счёт диссипации энергии при деформации, на 1,5 К. Считать, что сканер изготовлен из пьезокерамики ЦТС-19 с температурным коэффициентом линейного расширения $2 \cdot 10^{-6}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

5. Характеристическое рентгеновское излучение имеет длину волны 1 пм. Найдите характеристическое время метода. Можно ли зарегистрировать этим излучением перестройку химических связей в молекуле, которая происходит за время ~ 10 нс.

6. На рисунке изображена схема для объяснения локального разрешения АСМ. Если для

вертикального разрешения принять 0,02 Ангстрема, найдите для промышленного кантилевера с радиусом кривизны острия 10 нм локальное разрешение.



7. Разрешит ли масс-спектрометр с одинаковой шириной входной и выходной щелями $S_1 = S_2 = 0,1$ мм ионы CO_2^+ с изотопами углерода ^{12}C и ^{14}C , если радиус кривизны $R = 42$ см. Положить уширение ионного пучка 5 равной ошибке фокусировки с углом расхождения $\sim 1,1^\circ$.

8. 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.

9. Определить ошибку фокусировки иона CO_2^+ (массу найти по периодической системе Менделеева), ускоренного в ИИ электрическим полем с разностью потенциалов 2,5 кВ ($U_{\text{уск}} = 2,5$ кВ) и попавшего в анализирующей части в однородное поперечное магнитное поле $B = 1,5$ Тл, если расходимость ионного пучка на выходе из ИИ $\sim 1,5^\circ$.

10. 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.

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

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. Что называют фокусировкой по направлению: 1) это воздействие магнитного поля, отклоняющее пучок ионов в заданном направлении; 2) уменьшение расходимости ионного пучка магнитным полем в области регистрации ионных токов; 3) это ошибка фокусировки вследствие разброса энергии ионов пучка; 4) это ошибка фокусировки вследствие разброса энергии ионизирующих частиц; 5) это диаметр ионного пучка, возникший вследствие нестабильности ускоряющего напряжения.

2. К недостаткам СТМ относят: 1) Высокую стоимость оборудования; 2) Невысокое латеральное разрешение; 3) Невозможность исследования диэлектриков; 4) Невысокое разрешение по вертикали; 5) Чувствительность к помехам.

3. Сигнал MAG – это сигнал: 1) соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала LASER на частоте модуляции; 2) соответствующий постоянной составляющей сигнала DFL; 3) соответствующий постоянной составляющей сигнала LASER; 4) соответствующий постоянной составляющей сигнала FL; 5) соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала DFL на частоте модуляции.

4. Типичный радиус закругления коммерческого зонда АСМ составляет: 1) 50 нм; 2) На конце зонда находится 1 атом; 3) 10 нм; 4) 100 нм; 5) 1 нм.

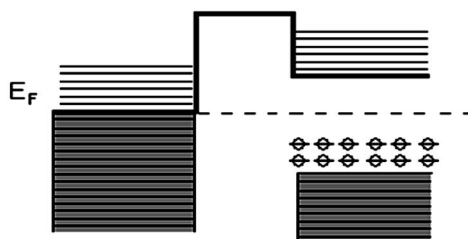
5. Укажите примерный размер пятна лазерного пучка на зеркальной поверхности конца балки кантилевера: 1) 50 мкм; 2) 1 мкм; 3) 100 нм; 4) 50 нм; 5) 10 мкм.

6. Какой из видов сигналов четырёхсекционного фотодетектора существенен для метода микроскопии латеральных сил: 1) DFL; 2) LF; 3) LASER; 4) MAG; 5) Set point.

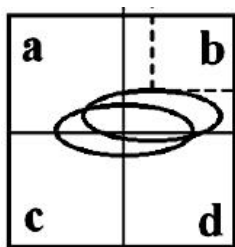
7. В спектроскопических методиках СТМ для объяснения ВАХ контакта используется зонные диаграммы. Какому контакту зонд-образец соответствует рисунок: 1) металл-металл; 2) металл-сверхпроводник; 3) металл-диэлектрик; 4) металл-полупроводник; 5) металл-вакуум.

8. Какой ион называют молекулярным: 1) Ион, ничем не отличающийся по своим свойствам от молекулы, из которой он образован; 2) Ион, образованный из фрагмента молекулы, возникшей при ионизации; 3) Ион, имеющий такую же массу, за исключением одного или нескольких электронов, как и молекула из которой он образован; 4) Ион, который через некоторое время превратиться в молекулу; 5) Ион, который по своим химическим свойствам не отличается от молекулы.

9. Чем объясняется нелинейность графика кривой эффективности ионизации при электронном ударе на начальном участке: 1) только наличием молекул (атомов) находящихся в возбужден-



ном состоянии; 2) разбросом энергии электронного пучка (немонохроматичностью), а также наличием молекул (атомов) находящихся в возбужденном состоянии; 3) только разбросом энергии элек-



тронного пучка (его немонахроматичностью); 4) объясняется немонахроматичностью молекул в молекулярном пучке; 5) объясняется недостаточной чувствительностью детектора масс-спектрометра.

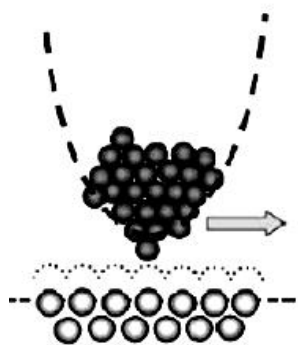
10. К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляются требования: 1) Отсутствия дрейфов; 2) Хорошей проводимости; 3) Термической стабильности позиционирования; 4) Высокого быстродействия; 5) Высокого разрешения.

11. Формула Стоуни связывает: 1) отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным электрическим напряжением U ; 2) отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным механическим напряжением σ ; 3) коэффициент Пуассона материала балки кантилевера с модулем Юнга; 4) отклонение конца балки кантилевера δ с резонансной частотой колебаний пьезодрайвера; 5) модуль Юнга материала балки кантилевера E с приложенным электрическим напряжением U .

12. Значение сигналов $(A+C)-(B+D)$ является сигналом: 1) DFL; 2) LF; 3) LASER; 4) MAG; 5) верх-низ

13. В каких условиях применение ёмкостных датчиков определения реального положения кантилевера оправдано.

14. Какой режим работы зондового микроскопа изображён на рисунке: 1) АСМ-сканирование в режиме постоянной высоты; 2) СТМ-сканирование в контактном режиме; 3) АСМ-сканирование в полуконтактном режиме; 4) СТМ-сканирование в режиме постоянной высоты; 5) СТМ-сканирование в режиме постоянного тока;



15. Что определяет первое слагаемое в потенциале Леннарда-Джонса

$$U(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right],$$

1) слагаемое определяет потенциальную энергию отталкивания атомов при обменном взаимодействии после перекрывания электронных облаков; 2) слагаемое определяет потенциальную энергию Ван-дер-Ваальсовых дальнедействующих сил притяжения диполь-дипольного индуцированного взаимодействия; 3) глубину потенциальной ямы в зависимости потенциальной энергии Ван-дер-Ваальсова взаимодействия атомов зонда и образца; 4) потенциальную энергию теоретически не поддающуюся описанию; 5) потенциальную энергию, которая описывается кривой Морзе.

16. 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 $2 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$.

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

Номер вопроса: 1 Формулировка вопроса:

Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец

Варианты ответа:

Правильный: Экспоненциально убывающая

Вариант 2: Экспоненциально растущая

Вариант 3: Линейная

Вариант 4: Квадратичная

Вариант 5: Гиперболическая

Номер вопроса: 2 Формулировка вопроса:

При отдалении вольфрамового зонда на 1 А от поверхности туннельный ток

Варианты ответа:

Правильный: Падает на порядок

Вариант 2: Падает в 1,5 – 2 раза

Вариант 3: Остается почти неизменным

Вариант 4: Возрастает в 1,5 – 2 раза

Вариант 5: Возрастает на порядок

Номер вопроса: 3 Формулировка вопроса:

Обратный пьезоэлектрический эффект - это

Варианты ответа:

Правильный: Возникновение деформации пьезоэлектрика, при приложении электрического поля

Вариант 2: Возникновение электрического поля при деформации пьезоэлектрика

Вариант 3: Возникновение деформации при нагреве пьезоэлектрика

Вариант 4: Возникновение деформации пьезоэлектрика при протекании по нему тока

Вариант 5: Возникновение электрического тока при деформации пьезоэлектрика

Номер вопроса: 4 Формулировка вопроса:

К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляется требования

Варианты ответа:

Правильный: Хорошей проводимости

Вариант 2: Отсутствия дрейфов

Вариант 3: Термической стабильности позиционирования

Вариант 4: Высокого быстродействия

Вариант 5: Высокого разрешения

Номер вопроса: 5 Формулировка вопроса:

К недостаткам СТМ относят

Варианты ответа:

Правильный: Невозможность исследования диэлектриков

Вариант 2: Высокую стоимость оборудования

Вариант 3: Невысокое латеральное разрешение

Вариант 4: Невысокое разрешение по вертикали

Вариант 5: Чувствительность к помехам

Номер вопроса: 6 Формулировка вопроса:

Типичный радиус закругления коммерческого зонда АСМ составляет

Варианты ответа:

Правильный: 10 нм

Вариант 2: 100 нм

Вариант 3: 1 нм

Вариант 4: На конце зонда находится 1 атом

Вариант 5: 50 нм

Номер вопроса: 7 Формулировка вопроса:

Основным достоинством токового режима СТМ является

Варианты ответа:

Правильный: Высокое быстродействие

Вариант 2: Возможность исследования образцов с большими перепадами высот

Вариант 3: Невысокие требования к зонду

Вариант 4: Возможность исследования слабопроводящих материалов

Вариант 5: Возможность исследования диэлектриков и полупроводников

Номер вопроса: 8 Формулировка вопроса:

Согласно решению задачи Герца, связь между прижимающей силой F и деформацией h имеет вид

Варианты ответа:

Правильный: $F \sim h$ в степени $(3/2)$

Вариант 2: $F \sim h$ в степени $(1/2)$

Вариант 3: $F \sim h$

Вариант 4: $F \sim 1/h$

Вариант 5: $F \sim h$ в степени (3)

Задание открытого типа:

В каких условиях применение ёмкостных датчиков определения реального положения кантилевера оправдано?

Задания на выбор последовательности:

1. К классификации вакуума относят условное деление вакуума различной глубины на диапазоны:

- 1) 100 – 0.1 Па черновой вакуум ; 0.1 – 10E-4 Па низкий вакуум ; 10-4 – 10-7 Па высокий вакуум ; <10-7 Па сверхвысокий вакуум
- 2) 100 – 0.1 Па глубокий вакуум ; 0.1 – 10E-4 Па низкий вакуум ; 10-4 – 10-7 Па средний вакуум ; <10-7 Па высокий вакуум
- 3) 100 – 0.1 Па сверхвысокий вакуум ; 0.1 – 10E-4 Па высокий вакуум ; 10-4 – 10-7 Па средний вакуум ; <10-7 Па низкий вакуум
- 4) 100 – 0.1 Па низкий вакуум ; 0.1 – 10E-4 Па средний вакуум ; 10-4 – 10-7 Па глубокий вакуум ; <10-7 Па высокий вакуум
- 5) 100 – 0.1 Па черновой вакуум ; 0.1 – 10E-4 Па низкий вакуум ; 10-4 – 10-7 Па высокий вакуум ; <10-7 Па чистый вакуум

2. Какие общие составные части в порядке движения исследуемого вещества имеет масс-спектрометр?

- 1) Система напуска, источник ионов, анализирующая часть, регистрирующая часть
- 2) Источник ионов, система напуска, анализирующая часть
- 3) Регистрирующая часть, система напуска, источник ионов, анализирующая часть
- 4) Система напуска, источник ионов, регистрирующая часть, анализирующая часть
- 5) Источник ионов, система напуска, регистрирующая часть, анализирующая часть

Задание на выбор:

Выберите правильно объяснение для выражения:

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

1) выражение для туннельного тока при $eV < \phi^*$, когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец; 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии; 3) выражение для туннельного тока при $eV > \phi^*$, когда коэффициент перед экспонентой сильно зависит от разности потенциалов зонд-образец; 4) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ полупроводника; 5) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ сверхпроводника.

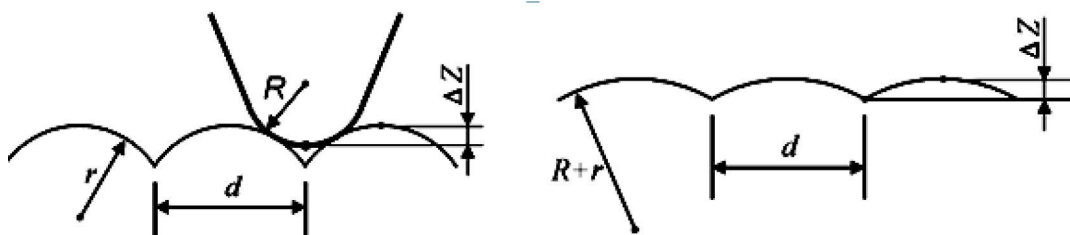
Задание на соответствие:

Выберите соответствие сигнала вырабатываемого четырёх-секционным детектором положения зонда АСМ и формируемого системой обратной связи информационного сигнала:

1	(A+C)–(B+D)	A	DFL
2	A+C+B+D	B	LF
3	(A+B)–(C+D)	C	LASER
		D	MAG

Компетентностно-ориентированная задача.

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



2. Предложите методику примерного определения и экспериментальной проверки резонансной частоты колебания кантилевера, размеры которого неизвестны. Для этого можно использовать растровый электронный микроскоп, атомно-силовой микроскоп.

3. 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.

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	Задания выполнены, подготовлены отчеты, 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	Задания выполнены, подготовлены отчеты, 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	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 4 (Контактный метод работы в сканирующем зондовом микроскопе SmartSPM-1000)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 5 (Экспериментальное определение распределения по размерам наночастиц по АСМ-	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе

топологии)				
Лабораторная работа № 6 (Использование метрических шаговых структур МШПС, TGZ для определения масштабов на АСМ)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 7 (Приемы работы на РЭМ JEOL JSM 6610lv высоко и низковакуумном режимах)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 8 (Приёмы настройки катодного узла РЭМ JEOL JSM-6610LV)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 9 (Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 10 (Исследование элементного состава кристалла полупроводникового светодиода)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 11 (Основы работы с рентгеновским дифрактометром ЕММА (GBC Scientific Equipment))	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
Лабораторная работа № 12 (Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess mc^2)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, 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	1	Выполнил, доля	2	Выполнил, доля пра-

(Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью)		правильных ответов менее 50%		вильных ответов более 50%
Практическое занятие № 5 (Методы сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ))	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 6 (Электронно-оптические методы)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 7 (Рентгеновские методы в нанодиагностике)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
СРС	5		10	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Экзамен	0		36	
Итого	24		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 –2балла,
- 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 нанозлектронных 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

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 : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697>

8. 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 Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – 213 с.

МУ-2 Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем [Электронный ресурс]: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»/ сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2017. – 14 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 - федеральный портал «Российское образование»;
3. <http://thesaurus.rusnano.com> - междисциплинарное обучение в сфере нанотехнологий;
4. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека «Elibrary»;
5. www.diss.rsl.ru - электронная библиотека диссертаций;
6. <http://www1.fips.ru> - патентно-информационные продукты ФИПС;
7. <http://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 «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» являются лекции и лабораторные 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.

Лабораторно-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 «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем»: 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 лабораторно-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 немыслима 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 «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» с целью усвоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» - 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 лабораторно-практических занятий, оснащенные учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя, доска с маркерами (мелом), проектор, ноутбук, наноаналитическим оборудованием

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

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 OmegaScope)

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-XMX1002), оснащенный современным программным комплексом с выходом в Интернет; установка для нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; технологическая установка для нанесения нанослоев методом магнетронного распыления МВУ ТМ Магна (Россия); источник бесперебойного питания ipron Back Verso 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. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т. д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

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

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулированных	новых			