Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ряполов Петр Алексеевич
Должность: декан ЕНФ
Дата подписания: 07.09.2026 11:53:56
Уникальный программный ключ:
efd3ecdbd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

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 устанавливаемым требованиями (ОПК-6.2).

Разделы дисциплины:

Основы применения массспектрометрических методов исследования. Методы массспетрометрии 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)

Курск – 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 заседании 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 2019г., на заседании кафедры НТО 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 2019г., 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 2019г., 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 № 9 «25» 06 2021 г.
на заседании кафедры НМОиПФ, №1 от 31.08.2023г
(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 «28» 02 2022г.
на заседании кафедры НМОиПФ, №1 от 31.08.2024г
(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 № 9 «27» 02 2023 г.
на заседании кафедры НМОиПФ, №1 от 30.08.2025г
(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 № 8 «24» 02 2026 г.
на заседании кафедры НМОиПФ, от 31.08.2026 №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) «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, 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.

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, 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.

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

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	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 результатов измерений и оценивания погрешностей; ***Уметь:*** - правильно выбирать и применять средства измерений; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты измерений в соответствии с принципами метрологии; ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - 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:*** - 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 объек-

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			тов исследования; - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования; ***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-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 профессиональ-	ОПК-6.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные доку-	***Знать:*** - условия реализации и границы применения этих методов; тенденции развития ме-

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
	ной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	менты при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	тодов характеризации 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 (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками в адаптации современного исследовательского оборудования к проведению диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
		ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	***Знать:*** - как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач. ***Уметь:*** - разрабатывать инструкции по эксплуатации оборудования; ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем, интерпретации экспериментальных данных;

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 отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Содержание дисциплины

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

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание

1	2	3
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-спетрометрии в получении и диагностике наночастиц	Применение масс-спектрометров в нанодиагностике. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спетрометрическими 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.
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. Катодолюминесценция. 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
1	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	4	1,2	1	У-1,3,5 МУ-1,2,3	С2 ЗР3	ОПК-1, ОПК-5
2	Методы масс-спетрометрии в получении и диагностике наночастиц	2	2	2	У-1,3,5 МУ-1,2,3	КО1 ЗР5	ОПК-1 ОПК-6
3	Методы сканирующей туннельной микроскопии	4	3	3	У-2,4,8,9 МУ-1,2,3	С6 ЗР7	ОПК-1 ОПК-6
4	Методы атомно-силовой микроскопии	4	3,4	4	У-3,4,8,9 МУ-1,2,3	С8 ЗР9	ОПК-1, ОПК-6.
5	Измерительные методики АСМ	6	5,6	4	У-3,4,8,9 МУ-1,2,3	Т1 ЗР11	ОПК-1. ОПК-6
6	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	2	6,7	5	У-3,4,9 МУ-1,2,3	КО2 ЗР13	ОПК-1, ОПК-6
7	Общие элементы электронно-оптических приборов	4	8,9	6	У-5,6,8 МУ-1,2,3	С14 ЗР15	ОПК-5

8	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	6	9,10	7	У-5,6,8 МУ-1,2,3	С16 ЗР17	ОПК-1 ОПК-5, ОПК-6
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	4	11,12	7	У-5,6,7,8 МУ-1,2,3	Т2 ЗР18	ОПК-1 ОПК-6

С - собеседование, ЗР - защита лаб. работы, КО - контрольный опрос, Т - тест

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
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
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 режимах».	2
8	"Приёмы настройки катодного узла РЭМ JEOL JSM-6610LV"	2
9	«Использование рентгеновского микроанализа для определения элементного состава электродов аккумуляторных батарей»	4
10	«Исследование элементного состава кристалла полупроводникового светодиода»	2
11	«Основы работы с рентгеновским дифрактометром EMMA (GBC Scientific Equipment)».	2
12	«Установка малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) Anton Paar SAXSess mc^2»	4
Итого:		36

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.3 – Практические занятия

№	Наименование и краткое содержание занятия	Объем, час.
1	Общие характеристики методов исследования спектроскопических, дифракционных	2

2	Применение масс-спектрометрии для идентификации вещества, определения размеров нанокластеров, получения наночастиц с распределением по массам (размерам)	2
3	Измерительные методики СТМ	2
4	Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью	4
5	Методы сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ)	2
6	Электронно-оптические методы	2
7	Рентгеновские методы в нанодиагностике	4
Итого		18

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	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	2 неделя	10
2	Методы масс-спетрометрии в получении и диагностике наночастиц	4 неделя	10
3	Методы сканирующей туннельной микроскопии	6 неделя	10
4	Методы атомно-силовой микроскопии	8 неделя	12
5	Измерительные методики АСМ	10 неделя	12
6	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	12 неделя	4
7	Общие элементы электронно-оптических приборов	14 неделя	10
8	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	16 неделя	12
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	18 неделя	10
Итого:			90

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, перио-

дической, 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 рефератов и докладов;

– тем курсовых работ и проектов и методические рекомендации по их выполнению;

– вопросов к экзаменам и зачетам;

–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 компетентностного 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. В рамках дисциплины предусмотрены встречи с экспертами и специалистами Комитета по труду и занятости населения Курской области.

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 масс-спетрометрии в получении и диагностике наночастиц"	Разбор конкретных ситуаций	4

2	Лекция "Методы сканирующей туннельной микроскопии "	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на СТМ	4
Итого:			8

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 естественнонаучных 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 направление подготовки и формирование профессиональной карьеры Датчики физических измерений в микро- и наноэлектронном 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 наноэлектронном 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, закрепленные за	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворитель-но)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)

	дисциплиной)			
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 контроля качества изделий нанотехнологии и микросистемной техники	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 Владеть: - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано- и микросистемной техники - интерпретации данных измерительного эксперимента	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 представлять 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 изме-	Знать: -особенности обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Уметь: -осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, исполь-	Знать: - как обслуживать измерительное оборудование, используемое в технологических процессах для решения производственных задач Уметь: -осуществлять настройку измерительного оборудования, используемого в технологических процес-

		рительного оборудования, используемого в технологических процессах Владеть: -навыком текущего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах	зуемого 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	сах, 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 лаборатории, обеспечивающее безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Знать: - основные принципы работы с исследовательским оборудованием диагностики 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	Знать: - особенности работы с исследовательским оборудованием диагностики материалов и компонентов 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	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: - навыками в адаптации современного исследовательского оборудования к проведению диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ОПК-6/ заверша-	ОПК-6.1 Использует	Знать: - какими совре-	Знать: - физические прин-	Знать: - условия реализации и

ющий	техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	менными измерительными приборами можно изучать заданные физические свойства материала нанотехнологии и микросистемной техники Уметь: - выбирать современные измерительные приборы для определения заданных параметров и характеристик изделий Владеть: - навыком выбора современных измерительных методик в определении заданных физических свойств материалов	ципы основных экспериментальных высоколокальных 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 измерительных приборов в определении заданных физических свойств материалов	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: - выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем; Владеть: - навыками применения современных методов исследования структур, материалов и компонентов нано и микросистем, интерпретации экспериментальных данных.
	ОПК-6.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	Знать: - виды обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Уметь: - осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Владеть: - навыком теку-	Знать: - особенности обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах Уметь: - осуществлять текущее обслуживание измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, - пользоваться прикладным программным обеспечением Владеть: - навыком текущего	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 - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования

		щего обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах	обслуживания измерительного оборудования, используемого в технологических процессах, при различных режимах его работы	- разрабатывать инструкции по эксплуатации оборудования Владеть: - 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
1.	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	ОПК-1.3, ОПК-5.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Собеседование	1-10	согласно табл 7.2
				(ЗР) Контрольные вопросы к лаб.№1	1-9	
2.	Методы масс-спетрометрии в получении и диагностике наночастиц	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторная работа	Контрольный опрос	1-19	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№2	1-9	
3.	Методы сканирующей туннельной микроскопии	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторная работа	Собеседование	1-6	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№3	1-2	
4.	Методы атомно-силовой	ОПК-1.3, ОПК-1.5,	Лекция, практическое занятие, СРС,	Собеседование	7-12	согласно табл 7.2

	микроскопии	ОПК-6.1	лабораторные работы	Контрольные вопросы к лаб.№3,4	3-9 1-10	
5.	Измерительные методики АСМ	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.2	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Тест 1	1-27	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№5,6	1-7 1-3	
6.	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	ОПК-1.3, ОПК-6.2	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Контрольный опрос	13-22	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№6,7	4-10 1-7	
7.	Общие элементы электронно-оптических приборов	ОПК-5.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Собеседование	1-20	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№8,9	1-8 1-5	
8.	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	ОПК-1.3, ОПК-5.1, ОПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Собеседование	21-38	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№9,10	6-10 1-11	
9.	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	Тест 2	1-28	согласно табл 7.2
				Контрольные вопросы к лаб.№11, 12	1-9 1-9	

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Тест

К теме «Зондовые методы исследования в нанодиагностике»:

1. Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец

А. Линейная Б. Квадратичная В. Экспоненциально растущая Г. Экспоненциально убывающая

2. При отдалении вольфрамового зонда на 1 А от поверхности туннельный ток

А. Падает на порядок Б. Падает в 1,5 – 2 раза В. Остается почти неизменным Г. Возрастает в 1,5 – 2 раза

3. Обратный пьезоэлектрический эффект - это

А. Возникновение электрического поля при деформации пьезоэлектрика

Б. Возникновение деформации, пьезоэлектрика при приложении электрического поля

В. Возникновение деформации при нагреве пьезоэлектрика

Г. Возникновение деформации пьезоэлектрика при протекании по нему тока

4. К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляется требования

А. Отсутствия дрейфов Б. Термической стабильности позиционирования

В. Хорошей проводимости Г. Высокого быстродействия

5. Основным достоинством токового режима СТМ является

А. Высокое быстродействие Б. Возможность исследования образов с большими перепадами высот В. Невысокие требования к зонду Г. Возможность исследования слабопроводящих материалов

6. При измерении локальной работы выхода модуляции подвергается

А. Положение зонда по вертикали Б. Частота колебаний зонда

В. Коэффициент обратной связи Г. Напряжение зонд-образец

7. При измерении поверхностной плотности состояний модуляции подвергается

А. Положение зонда по вертикали Б. Частота колебаний зонда

В. Коэффициент обратной связи Г. Напряжение зонд-образец

8. К недостаткам СТМ относят

А. Высокую стоимость оборудования Б. Невысокое латеральное разрешение

В. Невысокое разрешение по вертикали Г. Невозможность исследования диэлектриков

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

А. F~$h3/2$ Б. F~$h1/2$

В. F~$1/h$ Г. F~h

10. Наибольшее контактное давление возникает при исследовании кремниевым зондом образца из

А. Вольфрама Б. Кварца
В. Кремния Г. Алмаза

2. КИМ

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.

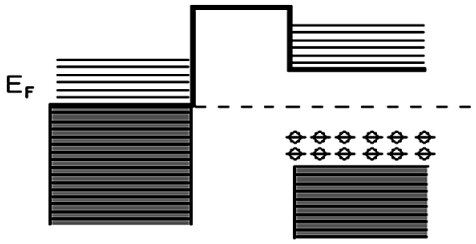
4. Типичный радиус закругления коммерческого зонда АСМ составляет: 1) 50 нм; 2) На конце зонда находится 1 атом; 3) 10 нм; 4) 100 нм; 5) 1 нм.

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.

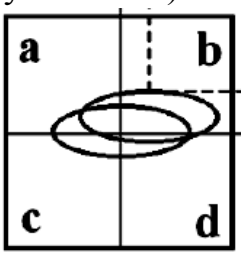
7. В спектроскопических методиках СТМ для объяснения ВАХ контакта используется зонные диаграммы. Какому контакту зонд-образец соответствует рисунок: 1) металл-металл; 2) металл-сверхпроводник; 3) металл-диэлектрик; 4) металл-полупроводник; 5) металл-вакуум.

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, кото-



рый 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 возбужденном состоянии; 2) разбросом энергии электронного пучка (немонохроматичностью), а также наличием молекул (атомов) находящихся в возбужденном состоянии; 3) только разбросом энергии электронного пучка (его немонохроматичностью); 4) объясняется немонохроматичностью молекул в молекулярном пучке; 5) объясняется недостаточной чуствительностью детектора масс-спектрометра.

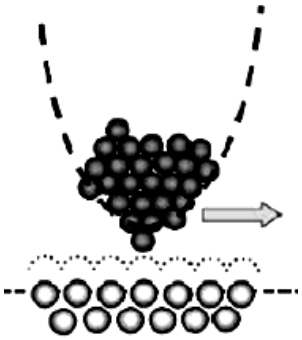
10. К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляется требования: 1) Отсутствия дрейфов; 1) Хорошей проводимости; 2) Термической стабильности позиционирования; 3) Высокого быстродействия; 4) Высокого разрешения.

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

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

1) слагаемое определяет потенциальную энергию отталкивания атомов при обменном взаимодействии после перекрывания электронных облаков; 2) слагаемое определяет потенциальную энергию Ван-дер-Ваальсовых дальнодействующих 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 поддающейся 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 $2 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$.

Задание открытого типа:

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

Задание на выбор:

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.

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

Кейс-задача:

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. Собеседование

1.Опишите работу цепи обратной связи в СТМ. Что такое пропорциональная, интегральная и дифференциальная компоненты системы ОС? Как можно схемотехнически реализовать интегральную и дифференциальную компоненты?

2.Сравните методы исследования топографии поверхности методом СТМ при постоянной высоте и постоянном токе.

3.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?

4.Перечислите известные Вам силы взаимодействия зонд-образец и укажите их зависимость от расстояния. Нарисуйте типичную кривую подвода-отвода и расскажите, каким силам какой участок отвечает.

5.Расскажите об устройстве зонда АСМ и назовите типичные геометрические размеры его элементов. Как производятся зонды АСМ?

6.Что такое ползучесть, гистерезис и нелинейность пьезокерамики? К каким артефактам на АСМ-изображениях они приводят?

7.Расскажите об устройстве емкостного датчика. Как с его помощью производится измерение высот? Какова его предельная чувствительность?

8.Как происходит детектирование изгибов зонда в АСМ? Представив световое пятно на фотодетекторе круглым, нарисуйте зависимость сигнала DFL от вертикального изгиба зонда.

9.Расскажите о контактных методиках АСМ и артефактах, свойственных им. Что такое эффект уширения профиля и эффект занижения высот?

4. Контрольные вопросы для лаб. раб.

1. Перечислите основные режимы работы на АСМ.
2. Изложите методику метрологической проверки масштабов по осям X, Y, Z.
3. В чём заключаются контактный и полуконтактный методы сканирования на АСМ.
4. Для чего предназначен RAP-файл?
5. Физические принципы работы АСМ. Требования к кантилеверу.
6. Перечислите возможности программы Gwyddion 2.9 в обработке АСМ-изображений поверхностей образцов.
7. Как связаны между собой локальное разрешение и вертикальное разрешение при исследовании поверхности на АСМ?
8. Какой сигнал выступает в роли сигнала изображения при сканировании в режиме постоянной силы? В режиме постоянной высоты?
9. Какую компоненту (пропорциональную, интегральную, дифференциальную) нужно уменьшать при самовозбуждении системы обратной связи на высокой частоте?
10. В чем недостаток ёмкостных датчиков перемещения сканера?

Полностью оценочные средства представлены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 и 7 семестре в форме зачета и экзамена соответственно. Зачет и экзамен проводятся в форме бланкового и компьютерного тестирования.

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 соответствия.

Умения, навыки (или опыт деятельность) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера). Все задачи являются многоходовыми. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимся при их решении.

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

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	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-топологии)	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе
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	1	Задания выполнены, подготовлены отчеты, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил». Ответил на три контрольных вопроса к лаб. работе

состава электродов аккумуляторных батарей)				
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 EMMA (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 (Измерительные методики АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных 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 монолитных 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

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

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 указания к выполнению практических 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. – 84 с.

МУ-3 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. 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 наностурированных 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 нанотехлологической 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.

Лабораторно-практическим занятиям предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного для самостоятельной рабо-

ты, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе и электронных ресурсах, рекомендованных преподавателем.

По согласованию с преподавателем или по его заданию студенты готовить рефераты по отдельным темам дисциплины, выступать на занятиях с докладами. Основу докладов составляет, как правило, содержание подготовленных студентами рефератов.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, собеседования, устным выступлениям, защитам лабораторных работ, а также по результатам докладов.

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 закрепление 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 Elektronic 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):

Учебная аудитория Г-815, 819: Проектор BenQ MX522P; Ноутбук Lenovo G5070; Экран настенный 200x200; Экран мобильный Draper Consul 60x60" 152x152; Проектор BenQ MX850UST короткофокусный;

Лаборатория зондовых и спектральных методов (Г-213):

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

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

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

Программно-аппаратный комплекс для исследования морфологии, элементного, фазового состава и молекулярной структуры вещества и материалов (в т.ч: сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 6610lv с модулем энергодисперсионного анализа Oxford X-Max (S1-XMX1002), оснащенный современным программным комплексом с выходом в Интернет; Установка для нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; Технологическая установка для нанесения нанослоев методом магнетронного распыления МВУ ТМ Магна (Россия); Источник бесперебойного

питания ippon Back Vepso 600 lite; Однодисковый шлифовально-полировальный станок для полупроводниковых материалов Labo-Pol2 (355109.26); Рентгеновский порошковый дифрактометр EMMA (Австралия)**;** Наборы образцов и инструментов для монтажа образцов и сервисного обслуживания РЭМ лабораторных работ);

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

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

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

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций;тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а такжесурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменноотвечает 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 изме-нения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулиро-ванных	новых			