

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 26.09.2023 15:29:45

Уникальный программный ключ:

efd3ecd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»

Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов знаний и умений в области организации

производства с использованием возможностей метрологии, стандартизации и системного управления качеством, навыков использования нормативной документации, средств измерений и оформления документов по сертификации изделий и систем производства, метрологическому обеспечению научной, производственной, социальной и экономической деятельности.

Задачи изучения дисциплины:

- овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;
- формирование навыков практического применения знаний в области метрологии и стандартизации для работы на современных наноаналитических зондовых, электронно-оптических и рентгеновских приборах;
- получение опыта применения в научно-исследовательской работе метрологического обеспечения к основному наноаналитическому оборудованию;
- обеспечение понимания возможностей применения изучаемых методов, их точно-сти, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах наноструктур в научно-исследовательской деятельности и для сопровождения технологических процессов.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-1 Способен измерять характеристики изделий из композиционных материалов

ПК-2 Способен внедрять новое оборудование для измерения параметров наноматериалов и наноструктур

ПК-4 Способен определять параметры функционирования оборудования для контроля технологии производства с ведением установленных форм отчетности

Разделы дисциплины

Предмет и задачи метрологии. Погрешности измерений. Основы нанометрологии. Технические средства и методы физико-технических измерений в нанотехнологиях. Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанообъектов. Метрологическое обеспечение растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Метрологическое обеспечение электронно-зондового рентгеновского микроанализа и рентгеновских методов исследования. Организационные основы нанометрологии.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно-научного

(наименование ф-та, полностью)



Ряполов П.А.

(подпись, фамилия, инициалы)

«02» 06 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология, стандартизация и сертификация

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология,

(шифр и наименование направления подготовки)

направленность (профиль) «Современные композиционные материалы»

(наименование направленности (профиля))

форма обучения очная

ОПОП ВО с присвоением двух квалификаций одного уровня высшего образования

Курск – 2023

Рабочая программа дисциплины составлена:

- в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного утвержденным приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. №922;
- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного утвержденным приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 924
- на основании учебного плана ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 12 от 29.05.2023).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы» с присвоением двух квалификаций одного уровня высшего образования на совместном заседании выпускающих кафедр фундаментальной химии и химической технологии, нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики (наименования выпускающих кафедр по базовому и сопрягаемому направлениям подготовки) (протокол № 8 от 02.06.2023).

Зав. кафедрой фундаментальной химии и химической технологии
(наименование выпускающей кафедры
по базовому направлению подготовки)

к.х.н., доцент
(уч. степень, уч. звание)

Кувардин Н.В.

Зав. кафедрой нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики
(наименование выпускающей кафедры по сопрягаемому направлению подготовки)

к.ф.-м.н., доцент
(уч. степень, уч. звание)

Кузько А.Е.

Разработчик программы
к.ф.-м.н., доцент
(уч. степень, уч. звание)

Кузько А.Е.

Директор научной библиотеки

Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы», одобренного Ученым советом университета протокол № ____ « ____ » _____ 20__ г., на совместном заседании выпускающих кафедр фундаментальной химии и химической технологии, _____ нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ (наименования выпускающих кафедр по базовому и сопрягаемому направлениям подготовки) (протокол № ____ от _____).

Зав. кафедрой фундаментальной химии и химической технологии _____ .
(наименование выпускающей кафедры по базовому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Зав. кафедрой нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ .
(наименование выпускающей кафедры по сопрягаемому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы», одобренного Ученым советом университета протокол № ____ « ____ » _____ 20__ г., на совместном заседании выпускающих кафедр фундаментальной химии и химической технологии, _____ нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ (наименования выпускающих кафедр по базовому и сопрягаемому направлениям подготовки) (протокол № ____ от _____).

Зав. кафедрой фундаментальной химии и химической технологии _____ .
(наименование выпускающей кафедры по базовому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Зав. кафедрой нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ .
(наименование выпускающей кафедры по сопрягаемому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы», одобренного Ученым советом университета протокол № ____ « ____ » _____ 20__ г., на совместном заседании выпускающих кафедр фундаментальной химии и химической технологии, _____ нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ (наименования выпускающих кафедр по базовому и сопрягаемому направлениям подготовки) (протокол № ____ от _____).

Зав. кафедрой фундаментальной химии и химической технологии _____ .
(наименование выпускающей кафедры по базовому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Зав. кафедрой нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ .
(наименование выпускающей кафедры по сопрягаемому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) «Современные композиционные материалы», одобренного Ученым советом университета протокол № ____ « ____ » _____ 20__ г., на совместном заседании выпускающих кафедр фундаментальной химии и химической технологии, _____ нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ (наименования выпускающих кафедр по базовому и сопрягаемому направлениям подготовки) (протокол № ____ от _____).

Зав. кафедрой фундаментальной химии и химической технологии _____ .
(наименование выпускающей кафедры по базовому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

Зав. кафедрой нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики _____ .
(наименование выпускающей кафедры по сопрягаемому направлению подготовки)

(уч. степень, уч. звание)

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 у студентов знаний и умений в области организации производства с использованием возможностей метрологии, стандартизации и системного управления качеством, навыков использования нормативной документации, средств измерений и оформления документов по сертификации изделий и систем производства, метрологическому обеспечению научной, производственной, социальной и экономической деятельности.

1.2 Задачи дисциплины

- овладение основными измерительными методиками в применении зондовых, электронно-оптических и рентгеновских методов изучения нанообъектов;
- формирование навыков практического применения знаний в области метрологии и стандартизации для работы на современных наноаналитических зондовых, электронно-оптических и рентгеновских приборах;
- получение опыта применения в научно-исследовательской работе метрологического обеспечения к основному наноаналитическому оборудованию;
- 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 и для сопровождения технологических процессов.

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>		
ПК-1	Способен измерять характеристики изделий из композиционных материалов	ПК-1.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты	Знать: - какими современными измерительными приборами можно изучать заданные физические свойства материала нанотехнологии и микросистемной техники - физические принципы ос-

<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>		
			<p>новых экспериментальных высоколокальных методов исследования материалов и структур, используемых в физике и технологии нано- и микросистем</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать современные измерительные приборы для определения заданных параметров и характеристик изделий - использовать современные измерительные приборы для определения заданных параметров и характеристик изделий - выбирать оптимальные методы исследования и диагностики необходимых свойств параметров и характеристик изделий из нано- и микросистем; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком выбора современных измерительных методик в определении заданных физических свойств материалов - навыком использования современных измерительных приборов в определении заданных физических свойств материалов - навыками применения современных методов исследо-

<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>		
			вания структур, материалов и компонентов нано и микросистем, интерпретации экспериментальных данных.
		ПК-1.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	<p>Знать: - основные понятия и определения метрологии и стандартизации в применении к нанотехнологиям, - проблемы нанометрологии - стандартную терминологию и номенклатуру серийно выпускаемых приборов</p> <p>Уметь: - определять погрешности результатов измерений - правильно выбирать методы, определяемые величины и приёмы решения профессиональных задач - обеспечивать метрологическое сопровождение и контроль качества нанотехнологических изделий на применяемом оборудовании; - творчески применять знания основ стандартизации в профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: - навыками в оформлении, представлении и защите результатов выполненных исследований в соответствии с методическими и нормативными требованиями - навыками и приёмами эксплуатации современного nanoаналитического оборудования и приборов (в т.ч. калибровки с помощью тест-объектов, настройки на пользовательском уровне) - приемами и навыками решения конкретных метрологических задач из разных</p>

<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>		
			научно-производственных областей, помогающих в дальнейшем решать инженерно-производственные и научные задачи
ПК-2	Способен внедрять новое оборудование для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-2.3 Проводит измерения параметров наноматериалов	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений - правила выбора методов и средств измерений - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законодательной и прикладной метрологии; <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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано и микросистем - интерпретации данных измерительного эксперимента - навыками самостоятельного пользования стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений
ПК-4	Способен определять параметры функционирования оборудования для контроля технологии производства с ведением	ПК-4.1 Соблюдает контроль технологии производства по времени и количеству материала	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей, основы стандартизации, законода-

<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>		
	установленных форм отчетности		<p>тельной и прикладной метрологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> - правила выбора методов и средств измерений - принципы действия технических средств измерений, основы теории погрешности измерений <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обрабатывать и представлять результаты измерений в соответствии с принципами метрологии - правильно выбирать и применять средства измерений - навыками самостоятельного пользования стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений - организовывать измерительный эксперимент <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерпретации данных измерительного эксперимента - навыками выбора современных методов контроля качества материалов и компонентов нано и микросистем
		ПК-4.3 Соблюдает ведение установленных форм отчетности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - установленные формы отчетности по лабораторным измерениям и математические методы обработки результатов; - основные научно-технические проблемы в области нанотехнологий, их источники, физическую природу и методы и средства решения <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять отчеты по результатам контрольных из-

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		
			мерений; - подбирать необходимые литературные источники для анализа проблем в своей предметной области; - составлять иерархию проблем по степени важности; - использовать анализ проблем в собственной исследовательской деятельности Владеть: - навыком составления отчетов лабораторных испытаний; - понятийным аппаратом нанотехнологий в своей предметной области; - навыками критического анализа проблем в собственных научных исследованиях

2 Указание места дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата 18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль) "Современные композиционные материалы"(с присвоением двух квалификаций одного уровня высшего образования). Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 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	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	52,1
в том числе:	
лекции	26
лабораторные занятия	26
практические занятия	0
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	55,9
Контроль (подготовка к экзамену)	не предусмотрен
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	0,1
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	не предусмотрен
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	не предусмотрен

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	Предмет и задачи метрологии. Погрешности измерений. Основы нанометрологии.	История развития метрологии и нанотехнологий. Основные понятия и определения. Измерение. Принципы эталонирования. Понятие эталона. Классификация эталонов: первичный, специальный, вторичный, эталоны-свидетели, рабочие эталоны. Физические законы и эффекты лежащие в основе разработки эталонов. Классификация погрешностей: систематические погрешности, случайные погрешности. Обнаружение и исключение погрешностей. Классификация измерений. Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Классификация измерений по условиям измерений (статические, динамические) и условиям, определяющим точность результата (эталонные, контрольно-проверочные, технические). Современные тенденции развития метрологии. Метрологические проблемы в исследованиях микро- и наноструктур.

2	Технические средства и методы физико-технических измерений в нанотехнологиях.	Особенности измерений в области нанотехнологий. Основные метрологические характеристики атомно-силовых и электронно-микроскопических измерений. Единицы меры длины в нанодиапазоне. Проблемы интерпретации электронно-микроскопических и микрозондовых изображений наноструктур. Основные характеристики измерительных систем: Пространственное и энергетическое разрешение, время отклика, порог обнаружения, класс точности прибора. Скелетная схема измерения. Основные характеристики измерительных систем: чувствительность, разрешающая способность, динамический диапазон. Типы измерений. Влияние шумов и аксиомы корректности. Приборные, схемные и системные ограничения. Фундаментальные термодинамические и квантовомеханические ограничения на точность и величины измерений. Общая характеристика дифракционных методов. Условия применения дифракционных методов. Естественная ширина спектральных линий. Критерий Релея. Характеристическое время метода для волн и частиц.
3	Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанобъектов.	Физические основы СТМ. Вероятностное туннелирование электрона через потенциальный барьер. Аппаратура для СТМ. Измерительные методики СТМ. Изготовление зондов для СТМ для обеспечения субангстремного локального разрешения. Метрологические особенности исследований в СТМ для режимов постоянного тока, постоянной высоты. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец. Недостатки пьезосканеров для обеспечения лучших метрологических измерений и их учёт. Физические основы АСМ. Взаимодействие зонда с поверхностью. Силы Ван-дер-Ваальса. Капиллярные силы. Аппаратура для АСМ. Основные метрологические параметры зондов АСМ. Оптическая система регистрации перемещений зонда. 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. Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанобъектов. Калибровка АСМ. Шаговые периодические структуры для передачи линейных размеров (МШПС, TGZ).

4	Метрологическое обеспечение растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	Сравнение метрологических характеристик различных видов катодов для электронных пушек. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность). Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Степень уменьшения зонда в электронной колонне. Теоретический диаметр электронного зонда в кроссовере и разрешение электронноскопических изображений. Причины влияющие на разрешение электронного микроскопа. Виды контраста. Сравнительные метрологические характеристики датчиков вторичных и обратнорассеянных электронов. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная). Причины влияющие на астигматизм электромагнитных линз и его коррекция. Совместный учёт аберраций для определения оптимального угла схождения электронного пучка (оптимального расстояния до объекта). Глубина фокуса в электронной микроскопии. Использование шаговых периодических структур для передачи линейных размеров в электронной микроскопии (TGX). Использование прикладного программного обеспечения для определения геометрических параметров структур. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Основы методов электронной дифракции. Преобразования Хуга.
5	Метрологическое обеспечение электронно-зондового рентгеновского микроанализа и рентгеновских методов исследования.	Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый закон Мозли. Понятие энергетического разрешения и причины влияющие на его значение. Условия и особенности работы полупроводникового детектора для регистрации квантов характеристического рентгеновского излучения. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. Метрологические особенности проведения элементного анализа на ЭДС и его калибровка. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра, и дифрактометра малоуглового рентгеновского рассеяния и их метрологического обеспечения.
6	Организационные основы нанометрологии	Метрологическое обеспечение измерений в нанотехнологиях. Основные понятия и определения в области стандартизации. Особенности стандартизации в области нанотехнологий. Работа российских и зарубежных организаций по стандартизации в области нанотехнологий. Проблемы и задачи нанометрологии.

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	Лаб	Пр			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Предмет и задачи метрологии. Погрешности измерений. Основы нанометрологии.	6	1	0	У-1,2,5,6 МУ-1,2	С2	ОПК-1 ПК-13

2	Технические средства и методы физико-технических измерений в нанотехнологиях.	4	1	0	У-1,2,3,5,6,9 МУ-1,2	С4 ЗР5	ОПК-1 ПК-13
3	Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанообъектов	4	2,3	0	У-2,3,4,7 МУ-1,2,3	КО7 ЗР8,9	ОПК-1 ПК-2 ПК-9 ПК-13
4	Метрологическое обеспечение растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	4	4,5	0	У-4,7,8 МУ-1,2,3	С10 ЗР11,12	ОПК-1 ПК-2 ПК-13
5	Метрологическое обеспечение электронно-зондового рентгеновского микроанализа и рентгеновских методов исследования.	4	6,7	0	У-3,4,7,8 МУ-1,2,3	С13 КО14 ЗР13,15	ОПК-1 ПК-2 ПК-9
6	Организационные основы нанометрологии	4		0	У-1,2,5 МУ-2	С17	ОПК-1 ПК-9

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

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№ зан.	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
1	2	3
1	«Экспериментальное определение распределения по размерам наночастиц по АСМ-топологии»	4
2	«Использование метрических шаговых структур МШПС, TGZ для определения масштабов на АСМ»	4
3	«Оценка влияния радиуса острия кантилевера на пространственное разрешение»	4
4	«Влияние аббераций и контаминации на локальное разрешение РЭМ»	4
5	«Использование периодических шаговых структур в электронной микроскопии»	4
6	«Энергетическое разрешение в энергодисперсионном спектрометре характеристических рентгеновских квантов»	4
7	«Энергодисперсионный анализ на «OXFORD instruments X-MAX ^N » и определение энергетического разрешения»	2
Итого:		26

4.3 Самостоятельной работы студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
1	Предмет и задачи метрологии. Погрешности измерений. Основы нанометрологии.	2 неделя	10
2	Технические средства и методы физико-технических измерений в нанотехнологиях.	6 неделя	10
3	Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанообъектов	12 неделя	10
4	Метрологическое обеспечение растровой и просвечивающей электронной микроскопии.	14 неделя	10
5	Метрологическое обеспечение электронно-зондового рентгеновского микроанализа и рентгеновских методов исследования.	16 неделя	8
6	Организационные основы нанометрологии	18 неделя	7,9
Итого:			55,9

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 литерату-

ры, современных программных средств.

- путем разработки:
 - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
 - заданий для самостоятельной работы;
 - тем рефератов и докладов;
 - вопросов к зачету;
 - методических указаний к выполнению лабораторных 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	Лабораторная работа «Использование метрических шаговых структур МШПС, TGZ для определения масштабов на АСМ»	Разбор конкретных ситуаций	4
2	Лабораторная работа «Оценка влияния радиуса острия кантилевера на пространственное разрешение»	Разбор конкретных ситуаций	2
Итого:			6

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. Содер-

жание 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
ПК-1 Способен измерять характеристики изделий из композиционных материалов	Учебно-исследовательская работа студентов	Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы) Метрология, стандартизация и сертификация Физика и химия полимеров Технология nano- и микроструктурированных полимерных материалов	Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы) Избранные главы производства, анализа и модификации композиционных материалов Производственная эксплуатационная практика

		Производственная технологическая практика	
ПК-2 Способен внедрять новое оборудование для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Физика и химия полимеров Учебно-исследовательская работа студентов	Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы) Метрология, стандартизация и сертификация Технология нано- и микроструктурированных полимерных материалов Основы поиска научнотехнической информации и реализации проектов/Основы инженерного творчества Производственная технологическая практика	Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы) Методы и приемы поддержания режимов технологических процессов Избранные главы производства, анализа и модификации композиционных материалов Производственная эксплуатационная практика Производственная преддипломная практика
ПК-4 Способен определять параметры функционирования оборудования для контроля технологии производства с ведением установленных форм отчетности	Балансовые расчеты/ Статистическая обработка в химической практике	Методы и приемы поддержания режимов технологических процессов Производственная технологическая практика	Избранные главы производства, анализа и модификации композиционных материалов Методы и приемы поддержания режимов технологических процессов

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	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
ПК-1/ основной	ПК-1.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих наноконпоненты аппа-	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Обучающийся нуждается в постоянных под-	Знать: демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Знания обучающегося имеют поверхностный	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-1. Знания обучающегося являются прочными и глубокими,

Код компетенции/этап	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
	рата ПК-1.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	сказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	характер, имеют место неточности и ошибки.	знания; допускает неточности.	имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
		Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-1.
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-1, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-1, доведены до автоматизма.
ПК-2/основной	ПК-2.3 Проводит измерения параметров наноматериалов	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; до-	Знать: демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося имеют поверхностный характер,	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допус-	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют систем-

Код компетенции/этап	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
		пускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	имеют место неточности и ошибки.	кает неточности.	ный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
		Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, доведены до автоматизма.
ПК-4/ основной	ПК-4.1 Со-блюдают контроль технологии производства по времени и количеству материала ПК-4.3 Со-блюдают ведение установленных	Знать: демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-4. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые	Знать: демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-4. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место	Знать: демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-4. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточно-	Знать: демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-4. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер.

Код компетенции/этап	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
	форм отчетности	ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	неточности и ошибки.	сти.	Обучающийся свободно оперирует знаниями.
		Уметь: демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-4.	Уметь: в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-4.	Уметь: сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-4.	Уметь: хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-4.
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-4, не развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-4, развиты на элементарном уровне.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-4, хорошо развиты.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-4, доведены до автоматизма.

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

Таблица 7.3 Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля

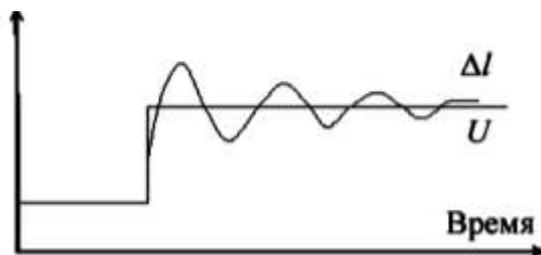
№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкалы оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7

1.	Предмет и задачи метрологии. Погрешности измерений. Основы нанометрологии	ОПК-1 ПК-13	Лекция, СРС, лабораторная работа	С	№1, МУ-1	согласно табл 7.2
				Задания к лаб.№1	1-6	
				Контрольные вопросы к лаб.№1	1-3	
2.	Технические средства и методы физико-технических измерений в нанотехнологиях	ОПК-1 ПК-13	Лекция, СРС, лабораторная работа	КО, ЗР	№1, МУ-1 Зад. 1-9	согласно табл 7.2
				Задания к лаб.№1	7-13	
				Контрольные вопросы к лаб.№1	3-6	
3.	Метрологическое обеспечение зондовых методов исследования нанообъектов	ОПК-1 ПК-2 ПК-9 ПК-13	Лекция, СРС, лабораторная работа	С ЗР	№2,3, МУ-1	согласно табл 7.2
				Задания к лаб.№2,3	1-9 1,2	
				Контрольные вопросы к лаб.№2, 3	1-6 1-3	
4.	Метрологическое обеспечение растровой и просвечивающей электронной микроскопии	ОПК-1 ПК-2 ПК-13	Лекция, СРС, лабораторная работа	КО, ЗР	№4,5, МУ-1	согласно табл 7.2
				Задания к лаб.№4,5	1-14 1-8, 1-4	
				Контрольные вопросы к лаб.№4,5	1-9 1-4	
5.	Метрологическое обеспечение электронно-зондового рентгеновского микроанализа и рентгеновских методов исследования	ОПК-1 ПК-2 ПК-9	Лекция, СРС, лабораторная работа	С ЗР	№6,7, МУ-1	согласно табл 7.2
				Задания к лаб.№6,7	1-9, 1-6 1-19, 1-3	
				Контрольные вопросы к лаб.№6,7	1-5 1-5	
6.	Организационные основы нанометрологии	ОПК-1 ПК-9	Лекция, СРС,	Тесты	1-100	согласно табл 7.2

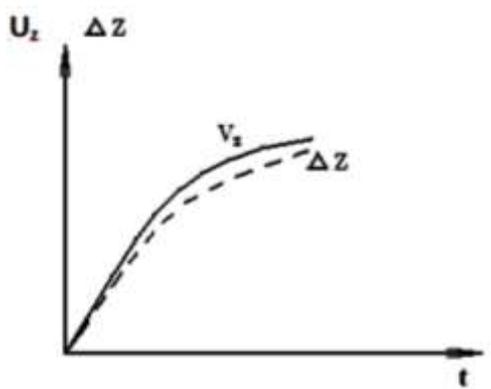
Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Тест

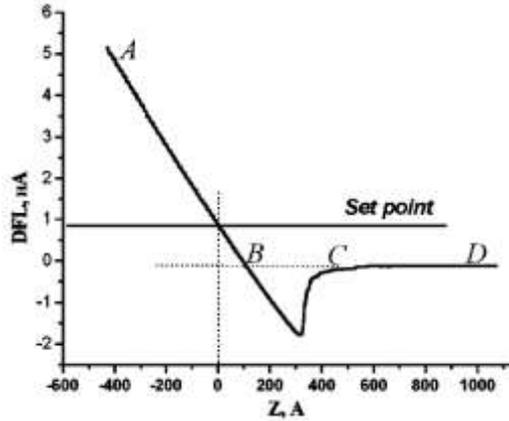
- Для ионизации электрическим полем острий или тонких проволочек требуются значения напряжённостей: 1) $10E3 - 10E5$ В/см; 2) $10E2 - 10E3$ В/см; 3) $10E7 - 10E8$ В/см; 4) $10E9 - 10E10$ В/см; 5) $10E2 - 10E3$ кВ/см.
- Обратный пьезоэлектрический эффект - это: 1) Возникновение электрического поля при деформации пьезоэлектрика; 2) Возникновение деформации при нагреве пьезоэлектрика; 3) Возникновение деформации пьезоэлектрика при протекании по нему тока; 4) Возникновение деформации пьезоэлектрика, при приложении электрического поля; 5) Возникновение электрического тока при деформации пьезоэлектрика.
- Согласно теории автоматического регулирования, вырабатываемый системой обратной связи сигнал коррекции представляется: 1) Суммой двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной; 2) Разности двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной; 3) Из суммы двух компонент отклика интегральной и дифференциальной вычитается пропорциональная; 4) Суммой трёх компонент отклика: пропорциональной компоненты, интегральной и дифференциальной; 5) Суммой двух компонент отклика: интегральной и пропорциональной.
- На рисунке показано: 1) Начальная зависимость петли гистерезиса для пьезокерамики ЦТС 19; 2) Неоднозначный ход зависимости деформации от подаваемой на пьезокерамику разности потенциалов; 3) Запаздывание деформации пьезосканера от управляющего напряжения; 4) Дребезг пьезокерамики при резком изменении управляющего сигнала.



- Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец: 1) Экспоненциально растущая ; 2) Линейная; 3) Экспоненциально убывающая; 4) Квадратичная; 5) Гиперболическая.
- Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали: 1) Корневая; 2) Линейная; 3) Обратно пропорциональная; 4) Обратная корневая; 5) Экспоненциальная.
- На рисунке показано: 1) Начальная зависимость петли гистерезиса для пьезокерамики ЦТС 19; 2) Неоднозначный ход зависимости деформации от подаваемой на пьезокерамику разности потенциалов; 3) Запаздывание деформации пьезосканера от управляющего напряжения; 4) Дребезг пьезокерамики при резком изменении управляющего сигнала.



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



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

$$FBO = W_P + W_I + W_D$$

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

10. Выберите правильно объяснение для выражения:

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

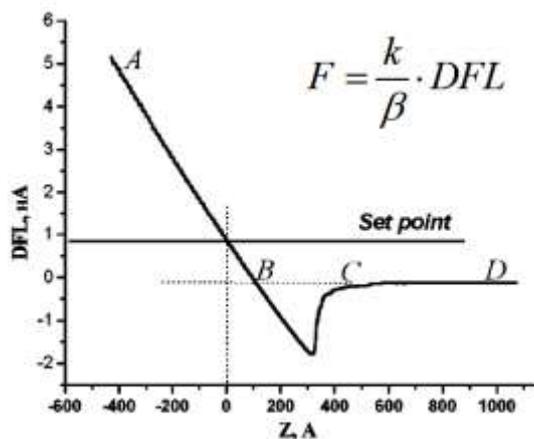
1) выражение для туннельного тока при $eV < \phi^*$, когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец; 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии; 3) выражение для туннельного тока при $eV > \phi^*$, когда коэффициент перед экспонентой сильно зависит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

11. 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 $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

12. 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 .

13. В чём преимущество использования тензолеверов перед кантилеверами с оптическим определением положения зонда.

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



15. Что определяет величина

$$\varphi^* = \frac{1}{2}(\varphi_P + \varphi_S)$$

в расчёте тока на туннельном контакте:

1) работу выхода электронов с уровня Ферми в вакуум с вершины зонда; 2) среднюю работу выхода электронов с уровня Ферми в вакуум с поверхности образца; 3) среднюю работу выхода электронов из металла зонда и металла образца; 4) высоту прямоугольного потенциального барьера на контакте зонд-образец; 5) среднюю высоту барьера произвольной формы между зондом и образцом.

16. Оцените характеристическое время метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) для радиоизлучения с длиной электромагнитной волны $\lambda \sim 5$ м:

- 1) 3,4 пс 2) 1,4 мкс; 3) 2,7 нс; 4) 28 пс; 5) 40 нс.

2. Собеседование

1. Экспериментальные методы исследования и метрология: Современные тенденции развития метрологии. Метрологические проблемы в исследованиях микро- и наноструктур: понятие многократного измерения и метрологического обеспечения.
2. Принципы эталонирования. Понятие эталона. Классификация эталонов: первичный, специальный, вторичный, эталоны-свидетели, рабочие эталоны. Физические законы и эффекты лежащие в основе разработки эталонов.
3. Проблемы интерпретации электронно-микроскопических и микронзондовых изображений наноструктур.
4. Классификация измерений. Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Классификация измерений по условиям измерений (статические, динамические) и условиям, определяющим точность результата (эталонные, контрольно-проверочные, технические).
5. Основные характеристики измерительных систем: Пространственное и энергетическое разрешение, время отклика, порог обнаружения, класс точности прибора.
6. Скелетная схема измерения. Основные характеристики измерительных систем: чувствительность, разрешающая способность, динамический диапазон.
7. Типы измерений. Влияние шумов и аксиомы корректности. Приборные, схемные и системные ограничения.
8. Фундаментальные термодинамические и квантовомеханические ограничения на точность и величины измерений.
9. Общая характеристика дифракционных методов. Условие применения дифракционного метода.
10. Естественная ширина спектральных линий. Критерий Релея.
11. Характеристическое время метода для волн и частиц. Пример с псевдповращением Бери.
12. Статистические методы обработки результатов измерений физических и биологических объектов: точность измерений, классификация погрешностей (случайные, систематические, промахи, инструментальные (прогрессивные, периодические, сложные)) и способов их обнаружения.

13. Статистические методы обработки результатов измерений физических и биологических объектов: функции распределения результатов наблюдения или случайных величин (Гаусса, Пуассона, биномиальное, равномерное), математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение, доверительный интервал и доверительная вероятность.
14. Математическое выражение закона Гаусса. Доверительный интервал, вероятность, границы. Надёжность и ширина доверительного интервала. Условие нормировки. Среднеквадратичное отклонение, как мера ширины кривой Гаусса.
15. Критерии согласия Пирсона.
16. Энергетическое разрешение и причины влияющие на его значение.
17. Методы измерений: метод отклонений, разностный, нулевой и примеры. Физические принципы, положенные в основу измерений, определяющих параметры объектов исследования.
18. Метрологическое обеспечение микроскопических методов исследования нанообъектов. Шаговые периодические структуры для передачи линейных размеров (МШПС, TGZ).
19. Бесконтактные (неразрушающие) и контактные методы диагностики.
20. Разрешение в атомно-силовой и электронной микроскопии и причины влияющие на их значения.

3. Контрольные вопросы для лаб. раб.

1. Какие самые распространенные структуры для калибровки микроскопа вы знаете?
2. С каким шагом расположены выступы в структуре TGZ?
3. Что такое калибровка?
4. По какой формуле вычисляют среднее значение из измерений каждой величины периода структуры TGZ?
5. Перечислите последовательность операций по юстировке микроскопа.
6. Где расположены основные элементы управления микроскопом?
7. Как влияет величина применяемого ускоряющего напряжения на разрешающую способность электронного микроскопа?
8. Что оказывает влияние на интенсивность пиков характеристического рентгеновского излучения?
9. На каком расстоянии от детектора ЭДС до поверхности образца устанавливается значение координаты Z?
10. Что такое «мертвое время»?
11. Что такое фактор биннинга?

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 (Экспериментальное определение распределения по размерам наночастиц по АСМ-топологии)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»

Лабораторная работа № 2 (Использование метрических шаговых структур МШПС, TGZ для определения масштабов на АСМ)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 3 (Оценка влияния радиуса острия кантилевера на пространственное разрешение)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 4 (Влияние аббераций и контаминации на локальное разрешение РЭМ)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 5 (Использование периодических шаговых структур в электронной микроскопии)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 6 (Энергетическое разрешение в энергодисперсионном спектрометре характеристических рентгеновских квантов)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 7 (Энергодисперсионный анализ на «OXFORD instruments X-MAX ^N » и определение энергетического разрешения)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
СРС	10		20	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Зачёт	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. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции nanoиндустрии : учебное пособие / [Анашина О. Д. и др.] ; под ред. В. Н. Крутикова. - Москва : Логос, 2011. - 590 с. - Текст : непосредственный.
2. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов; - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943>(дата обращения 19.09.2023). - Режим доступа: по подписке. - Текст : электронный.
3. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / М. Мастепаненко, И. Шарипов, И. Воротников, Ш. Ж. Габриелян, С. В. Мишуков. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2020. - 144 с. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614089> (дата обращения 26.08.2023) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

8.2 Дополнительная учебная литература

4. Сергеев, А. Г. Нанометрология : монография / А. Г. Сергеев. - Москва : Логос, 2011. - 415 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986> (дата обращения 19.09.2023) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.
5. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов [и др.]. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 397 с. - Текст : непосредственный.
6. Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294> (дата обращения 19.09.2023) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

1.3 Перечень методических указаний

1. Выбор средства измерения для определения параметров с требуемой точностью: методические указания по выполнению лабораторно-практической и самостоятельной работы / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. – Курск, 2023. – 10 с. – Текст электронный.
2. Самостоятельная работа студентов: методические указания по организации самостоятельной работы студентов / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. – Курск, 2023. – 13 с. – Текст электронный.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:

1. Журналы «Стандарты и качество». – М.: РИА «Стандарты и качество».
2. Законодательная и прикладная метрология: научно-технический журнал.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. <http://biblioclub.ru> - электронно-библиотечная система
2. www.edu.ru - федеральный портал «Российское образование»
3. www.elibrary.ru/defaultx.asp - научная электронная библиотека.

4. <http://viniti.ru> - официальный сайт Всероссийского института научной и технической информации РАН

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

1. <http://library.kstu.kursk.ru> – Электронная библиотека ЮЗГУ
2. <http://thesaurus.rusnano.com/>. nano-obr.ru – междисциплинарное обучение в сфере нанотехнологий;
3. <http://www.ntmdt.ru> – сайт крупнейшего в России производителя сканирующих зондовых микроскопов;
4. <http://www.microscopy.ethz.ch/history.htm> - сайт по электронной микроскопии
5. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека «Elibrary»
6. www.diss.rsl.ru – электронная библиотека диссертаций
7. <http://fictionbook.ru> – электронная библиотека
8. <http://biblioclub.ru> - электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»
9. <http://www.iqlib.ru> – электронная библиотека образовательных и просветительных изданий
10. <http://biblioteka.org.ua> – электронная библиотека
11. <http://www.lib.msu.su/index.html> - Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова
12. <http://www.rsl.ru/> - [Российская Государственная Библиотека](#)
13. <http://onlinelibrary.wiley.com> - поисковая система публикаций
14. <http://www.scopus.com/> - сайт для поиска публикаций в scopus
15. <http://viniti.ru> - официальный сайт Всероссийского института научной и технической информации РАН
16. <http://danp.sinp.msu.ru/ngchposob.htm> - Чеченин Н.Г. Просвечивающая электронная микроскопия (лекции)
17. <http://www.nanoscopy.org> - сайт учебно-научного центра Бионаноскопия
18. nist.gov/ - Национальный институт стандартов и технологии США
19. nano-obr.ru – междисциплинарное обучение в сфере нанотехнологий (Межуниверситетская сетевая система междисциплинарной подготовки и профессиональной переподготовки кадров для nanoиндустрии)

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» 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, ве-

дения 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.

По согласованию с преподавателем или по его заданию студенты готовят 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 закрепления освоенного материала является конспектирование, без которого немислима серьезная работа над литературой. Систематическое конспектирование помогает научиться правильно, кратко и четко излагать своими словами прочитанный материал.

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

ей к преподавателю по вопросам дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» с целью усвоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» - 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):

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 OmegaScore)

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

Проектор NEC NP216 (22302); Экран настенный Classic Norma 203x153 (3776); Программно-аппаратный комплекс для исследования морфологии, элементного, фазового состава и молекулярной структуры вещества и материалов (в т.ч: сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 6610lv с модулем энергодисперсионного анализа Oxford X-Max (S1-XXM1002), оснащенный современным программным комплексом с выходом в Интернет; Установка для нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; Технологическая установка для нанесения нанослоев методом магнетронного распыления МВУ ТМ Магна (Россия); Источник бесперебойного питания irron 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).

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 про-

цедур 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			