

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.11.2023 13:20:30
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«18» февраля 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСИСТЕМ

Направление подготовки

28.03.03 Наноматериалы

Направленность программы бакалавриата

Дизайн, синтез и применение наноматериалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет механический

Кафедра теоретических основ материаловедения

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Богданов С.П.

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования наносистем» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения
протокол от « 20 » 01 2022 № 4
Заведующий кафедрой

М.М.Сычев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «15» 02 2022 №7

Председатель

А.Н.Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Наноматериалы»		М.М. Сычев
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З.Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа	10
4.4.1. Лабораторные занятия	11
4.5. Самостоятельная работа обучающихся	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	15
10.2. Программное обеспечение	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	15
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	16

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-3 Готов использовать технические средства измерения и контроля, необходимые для проведения исследований наноматериалов и контроля процессов их получения.</p>	<p>ПК-3.3 Выбор методов исследования наноматериалов опираясь на фундаментальные знания о микро- и нано- материалах.</p>	<p>Знать: - физические принципы, лежащие в основе различных методов туннельно-зондовой микроскопии (ЗН-1);</p> <p>Уметь: - проводить исследования нано размерных материалов с использованием оборудования сканирующей зондовой микроскопии, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения (У-1); - формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью туннельно-зондовой нано технологии (У-2);</p> <p>Владеть: - оборудованием туннельно-зондовых нанотехнологий (Н-1); - туннельно-зондовыми технологиями конструирования наноматериалов и наносистем (Н-2).</p>
	<p>ПК-3.4 Проведение сравнительного анализа функциональных наноматериалов между собой.</p>	<p>Знать: - методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения (ЗН-2);</p> <p>Уметь: - выбрать метод математической обработки результатов теоретического и экспериментального исследования (У-3); - расставить приоритеты полученных результатов (У-4); - сделать выводы по результатам исследования (У-5).</p> <p>Владеть: - математическим аппаратом для описания и анализа результатов исследования (Н-3).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина является дисциплиной по выбору относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.В.ДВ.01.02) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Общее материаловедение и технологии материалов», «Аналитическая химия», «Физическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Методы исследования наносистем» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	7/252
Контактная работа с преподавателем:	130
занятия лекционного типа	54
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	72
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	86
Форма текущего контроля	опрос
Форма промежуточной аттестации	Экзамен (36)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение	2			10	ПК-3
2	Методы исследования наносистем	42		36	40	ПК-3
3	Формирование наноразмерных структур	10		36	36	ПК-3

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-3.3	Введение. Методы исследования наносистем. Формирование наноразмерных структур.
2.	ПК-3.4	Методы исследования наносистем. Формирование наноразмерных структур.

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Введение Классификация методов туннельно-зондовой микроскопии. Сравнительная характеристика методов микроскопического исследования материалов. Методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ): области применения, возможности и ограничения. Краткий обзор истории СЗМ. Устройство и принцип работы СЗМ.</p>	2	дискуссия
2	<p>Методы исследования наносистем Сканирующая туннельная микроскопия. Физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ). Одномерная модель протекания туннельного тока. Плотность тока при различных напряжениях между образцом и зондом. Устройство и принцип работы туннельного сенсора. Латеральное разрешение СТМ. Эффект последнего атома. СТМ-моды: режимы постоянного тока и постоянной высоты. Методика изготовления и особенности применения различных зондов СТМ. Возможности СТМ при исследовании материалов. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) Устройство и физические основы работы сенсора АСМ. Кантилеверы. Взаимодействие АСМ зонда с поверхностью твердого тела на микроскопическом уровне. Методы изготовления и особенности применения различных видов АСМ-зондов. Расчет параметров зондов АСМ. Математическая обработка и визуализация данных СЗМ. Выравнивание. Статистический анализ СЗМ данных. Параметры шероховатости. Цифровая фильтрация. Фурье-анализ. Фрактальный анализ. Контактная АСМ мода (Contact Mode). Режимы постоянной силы и постоянной высоты. Режим латеральной силы (Lateral Force Mode, LFM). Атомно-силовая акустическая микроскопия (Atomic Force Acoustic Microscopy, AFAM). Динамические контактные методики. Бесконтактная АСМ мода (Non-Contact Mode). Физические принципы работы зонда АСМ в бесконтактной моде. Линейная теория колебаний кантилевера. Добротность кантилевера. Режим периодического контакта (Tapping Mode). Режим фазового контраста (Phase Imaging Mode). Локальная силовая спектроскопия. Капиллярные и</p>	42	

№ раздела дис- ципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>адгезионные силы. Зависимость силы взаимодействия между зондом и поверхностью образца от расстояния. Измерение упругих и адгезионных свойств поверхности твердых тел. Локальное наноиндентирование.</p> <p>Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Классическая, конфокальная и сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ). Теория дифракции света на субволновой апертуре. Распространение света в нестационарных оптических волноводах. Взаимодействие света с веществом. Гигантское усиление комбинационного рассеяния. Конструкции и режимы работы СБОМ. Пьезоэлектрический сенсор сдвиговой силы (Tuning Fork Shear-Force Sensor). Устройство и методы изготовления зондов СБОМ.</p> <p>Сканирующая ионная микроскопия. Физические принципы метода сканирующей ионной микроскопии (СИМ). Аналитические модели измерений. Изготовление нанопипеток. Методики проведения измерений. Комбинированные методы исследования.</p> <p>Методика проведения исследований методами СЗМ. Пробоподготовка наноразмерных и наноструктурированных материалов для СЗМ-исследований.</p> <p>СЗМ в различных средах (вакууме, газах, жидкостях). Применение СЗМ (СТМ, АСМ, СБОМ) для исследования твердотельных наноструктур, в материаловедении металлов, полупроводниковых, диэлектрических, пьезоэлектрических, полимерных материалов, в технологических исследованиях, химии, биологии.</p>		

№ раздела дис- ципли- ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p>Формирование наноразмерных структур Манипуляция атомами и молекулами. СЗМ-нанолитография. Наночеканка и наногравировка. Полимеризация фото- и электронно-резистивных материалов.</p> <p>Анодно-окислительная, электронно-лучевая, термическая и перьевая нанолитография.</p> <p>Локальная зарядка поверхности, глубина модифицирования. Локальное переключение поляризации в сегнетоэлектриках.</p> <p>Формирование наноразмерных структур с помощью проводящего зонда СЗМ в вакууме, жидких и газовых средах. Пластическая деформация подложки. Модифицирование среды между зондом и подложкой.</p> <p>Массоперенос.</p> <p>Элементная база нанoeлектроники. Формирование квазиодномерных микроконтактов и микропроводников. Создание регулярных элементов: резисторы, варисторы, транзисторы.</p> <p>Нанотехнологические устройства на базе СЗМ.</p> <p>Внедрение СЗМ в технологические процессы.</p> <p>Тенденции развития технологии и оборудования СЗМ для исследования и производства наноструктурированных материалов и изделий наноэлектроники. Кластеры нанолокальных технологий.</p> <p>Стандартизация в области нанотехнологий. Эталонные установки метрологической аттестации наноструктур.</p> <p>Меры нанометрового диапазона, калибровочные решётки, тестовые образцы.</p>	10	дискуссия

4.4. Занятия семинарского типа.

4.4.1. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<p>Методы исследования наносистем. Подготовка прибора NanoEducator к работе. Изучение морфологии поверхности стандартного образца методами СЗМ. Изучение возможностей различных режимов СТМ. Влияние формы острия зонда на изображение поверхности. Анализ и обработка изображений, полученных при исследовании материалов методами АСМ. Изучение возможностей различных режимов АСМ. Исследование морфологии поверхности кремниевой пластины на разных стадиях механической обработки. Применение АСМ для оценки размеров каналов и исследования морфологии поверхности пористых материалов. АСМ исследование объектов электронной промышленности (кремниевые пластины с разным рельефом, CD и DVD диски). Визуализация поверхности полимерных пленок до и после химического модифицирования. Исследование волокнистых материалов до и после нанесения функциональных нанопокровов. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии. Исследование поверхности композиционного материала с диспергированным наполнителем. Исследование биологических объектов методом атомно-силовой микроскопии. Влияние размера области сканирования на метрологические характеристики материала. Динамическая силовая зондовая нанолитография. Анодно-окислительная нанолитография.</p>	36	
3	<p>Формирование наноразмерных структур АСМ исследование объектов электронной промышленности (кремниевые пластины с разным рельефом, CD и DVD диски). Визуализация поверхности полимерных пленок до и после химического модифицирования.</p>	36	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<p>Введение. Классификация методов СЗМ</p> <p>Устройство, принципы работы и характеристики СЗМ сканеров. Характеристики пьезоэлектрических материалов. Нелинейность, гистерезис, ползучесть, дрейбзг, усталость. Методы линеаризации арактеристик сканеров. Артефакты пьезокерамики и конструкции сканера. Конволюционные артефакты. Устройство и принципы работы системы обратной связи (ОС) СЗМ. Аналоговая и цифровая ОС. Теория PID регуляторов. Постоянные цепи ОС: пропорциональная, интегральная, дифференциальная. Виброустойчивость. Шумоизоляция.</p>	10	Выступление на семинарских занятиях с докладом (1)
2	<p>Методы исследования наносистем. Сканирующая туннельная микроскопия. Сканирующая туннельная спектроскопия (СТС). Вольт-амперная характеристика туннельного контакта. СТС работы выхода и плотности состояний на поверхности образца. СТС адсорбированных атомов и нанокластеров на поверхности, кулоновская блокада, резонансное туннелирование. V-модуляция, Z-модуляция. Атомно-силовая микроскопия Особенности конструкции СЗМ. Подвод зонда к образцу. Контроль позиционирования зонда относительно образца. Технологии получения и контроль характеристик высокоразрешающих зондов. Многопроходные моды. Статическая и динамическая магнитная силовая микроскопия (Magnetic Force Microscopy, MFM). Электросиловая микроскопия (Electric Force Microscopy, EFM). Сканирующая Кельвиновская микроскопия (Kelvin Mode Microscopy). Сканирующая емкостная микроскопия (Scanning Capacitance Microscopy, SCM). Сканирующая термическая микроскопия (Thermal Scanning Microscopy, TSM). Микроскопия сопротивления растекания (Spreading Resistance Microscopy). Методика проведения исследований методами СЗМ Методические особенности исследований свойств материалов различной размерности: 0D, 1D, 2D, 3D методами СЗМ.</p>	40	Выступление на семинарских занятиях с докладом (1)
3	<p>Формирование наноразмерных структур.</p> <p>Формирование наноразмерных структур</p> <p>Методики формирования наноразмерных электронных компонентов. Электрические характеристики элементов. Кулоновская блокада, резонансное туннелирование. Внедрение СЗМ в</p>	36	Выступление на семинарских занятиях с докладом (1)

№ раздела дис- цип- ли- ны	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	технологические процессы Внедрение СЗМ в технологические процессы производства микро- и наноэлектроники. Метрология измерений методами СЗМ Метрология линейных измерений в нанометровой области. Особенности метрологии дисперсных наноматериалов. Метрология физико-химических свойств наноматериалов и наносистем. Подготовка к лабораторным работам.		

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется заданиями двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и практическая задача (для проверки умений и навыков), время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта заданий на экзамене:

Вариант № 1

1. Классификация и особенности методов Сканирующей зондовой микроскопии. Место СЗМ в иерархии методов высокого разрешения.
2. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии. Влияние формы туннельного барьера на туннельный ток.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев.- Москва : Физматлит, 2009.- 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8.

2. Соснов, Е.А. Исследование поверхности материалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов; Министерство

образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электрон. техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2006.- 36 с.

3. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие./ К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники.– Санкт-Петербург: [б. и.], 2010.- 63 с.

4. Соснов, Е.А., Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе / Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2011.- 26 с.

5. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2014.- 92 с.

6. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие / Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2015.- 52 с.

б) электронные издания:

1. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2014.- 92 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие./ Е.А.Соснов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2015.- 52 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие./ К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2010.- 64 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический

университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2011.- 26 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

- **Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)**

Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.lti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

www.consultant.ru - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство ИОР (Великобритания);

www.oxfordjournals.org - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Методы исследования наносистем» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Операционная система Microsoft Windows 10 Professional;
- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security;
- Apache OpenOffice.org (Apache 2.0) / LibreOffice (GNU LGPL 3+, MPL2.0);
- PTC Mathcad (ГК №19 от 13.10.08 г. на предоставление академической лицензии на MathCAD University Department Perpetual-200 Floating).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения мастер классов и демонстрации практической исследовательской работы используется следующее оборудование:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест.
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024x758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в специализированной аудитории, отвечающей следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональные компьютеры для обучаемых.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024x758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Программное обеспечение для обработки экспериментальных данных.
6. Доступ по локальной сети к сайту библиотеки СПбГИ(ТУ) и сети Internet.

Лабораторные занятия проводятся на базе Учебно-исследовательской лаборатории нанотехнологий на базе СЗМ NanoEducator.

Лаборатория должна быть обеспечена:

1. СЗМ NanoEducator (6 рабочих мест, объединенных в локальную сеть).
2. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером.
3. Цветной лазерный принтер
4. Комплект лицензионного программного обеспечения для управления СЗМ.
5. Комплект калибровочных решеток для метрологической аттестации

наноструктур.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Методы исследования наносистем»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-3	Готов использовать технические средства измерения и контроля, необходимые для проведения исследований наноматериалов и контроля процессов их получения.	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.3. Выбор методов исследования наноматериалов опираясь на фундаментальные знания о микро- и наноматериалах.	Знает: - физические принципы, лежащие в основе различных методов туннельно-зондовой микроскопии (ЗН-1);	Ответы на вопрос №4-7.	Имеет представление о природе явлений, лежащие в основе различных методов туннельно-зондовой микроскопии.	Способен связать метод исследования материала с происходящими при этом физико-химическими явлениями.	Знает современные методы туннельно-зондовой микроскопии. Способен выбрать метод на основе знаний о происходящих при этом физико-химических явлениях.
	Умеет: - проводить исследования наноразмерных материалов с использованием оборудования сканирующей зондовой микроскопии, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения (У-1);	Ответы на вопросы №4-7, 11, 22 и задания №4. Отчёты о лабораторных работах.	Имеет представление о существующих методах анализа зондовой микроскопии.	Может предложить из списка методы для анализа структуры и свойств конкретного материала.	Умеет выбирать методы для анализа свойств материалов, в т.ч. функциональных наноматериалов.
	- формулировать круг практических задач, которые можно решить с помощью туннельно-зондовой нано технологии (У-2);	Ответы на вопросы №27-41 и задания №3.	Имеет представление о задачах туннельно-зондовой нано технологии.	Может перечислить практические задачи туннельно-зондовой нано технологии.	Способен сформулировать практические задачи туннельно-зондовой нано технологии для конкретной цели.

	Владеет: - оборудованием туннельно-зондовых нанотехнологий (Н-1); - туннельно-зондовыми технологиями конструирования наноматериалов и наносистем (Н-2).	Ответы на вопросы №8-10, 12-22, 23-25. и задания №5-6.	Имеет представление о туннельно-зондовых технологиях.	Способен поставить задачу для туннельно-зондового оборудования.	Владеет методами работы на туннельно-зондовом оборудовании.
ПК-3.4. Проведение сравнительного анализа функциональных наноматериалов между собой.	Знает: - методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения (ЗН-2);	Ответы на вопросы №8-10, 12-22, 23-25.	Имеет представление о современных методах физико-химического анализа свойств твёрдого тела.	Способен привести примеры методов анализа конкретного объекта.	Знает современные теоретические и экспериментальные методы исследования нанообъектов и может выбрать метод для своего объекта исследования.
	Умеет: - выбрать метод математической обработки результатов теоретического и экспериментального исследования (У-3);	Ответы на вопросы №1-3, 26 и задания №1-2.	Имеет представление о математической обработке результатов исследований.	Способен выбрать метод обработки результатов исследования.	Умеет грамотно обрабатывать результаты теоретического и экспериментального исследования с помощью программных продуктов.
	- расставить приоритеты полученных результатов (У-4);	Отчёты о лабораторных работах.	Имеет представление о значимости научных результатов.	Способен сформулировать несколько результатов научного исследования.	Умеет расставлять приоритеты полученных результатов.
	- сделать выводы по результатам исследования (У-5).	Отчёты о лабораторных работах.	Имеет представление о структуре отчёта о научном исследовании.	Способен сформулировать выводы по работе и связать их с целью работы.	Умеет делать грамотные выводы по результатам своих исследований.
	Владеет: - математическим аппаратом для описания и анализа результатов исследования (Н-5).	Ответы на вопросы №1-3, и задания №1-2.	Имеет представление о погрешности средств и результатов измерения.	Способен оценить точность средств измерения и результатов исследования.	Владеет методами математической статистики.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:

Теоретический вопрос:

1. Виды погрешности экспериментальных результатов.
2. Погрешность метода и средства измерения.
3. Методы статистической обработки экспериментальных данных.
4. Классификация и особенности методов сканирующей зондовой микроскопии. Место СЗМ в иерархии методов высокого разрешения.
5. Общее устройство и принципы работы сканирующего зондового микроскопа. Виды исполнения основных конструктивных элементов. Организация обратной связи.
6. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии. Влияние формы туннельного барьера на туннельный ток.
7. Физические процессы в СТМ, влияние разности потенциалов "зонд-образец". Эффект последнего атома.
8. Режимы сканирования СТМ, их возможности, достоинства и недостатки.
9. Сканирующая туннельная спектроскопия. Вольт-амперные характеристики системы "зонд-образец".
10. Кулоновская блокада и резонансное туннелирование.
11. Физические принципы, лежащие в основе атомно-силовой микроскопии.
12. Зонды для АСМ: типы, конструктивные особенности, параметры, основные характеристики.
13. Влияние добротности на резонансные свойства зонда АСМ.
14. Взаимодействие зонда АСМ с поверхностью. Решение задачи Герца. Влияние контактных деформаций на результаты сканирования.
15. Влияние ван-дер-ваальсовых сил на взаимодействие "зонд-образец".
16. Адгезия. Модели адгезионного взаимодействия "зонд-образец".
17. Цели и виды математической обработки результатов сканирования.
18. Контактные методики АСМ: достоинства, недостатки, особенности реализации. АСАМ, контактные модуляционные методики, электросиловая микроскопия.
19. Физические явления, лежащие в основе бесконтактных методик АСМ.
20. Локальная силовая спектроскопия. Зависимость формы кривых от свойств исследуемого материала.
21. Определение локальной нанотвердости.
22. Классическая, конфокальная и сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия: разрешающая способность.
23. Взаимодействие света с веществом. Режимы СБОМ, разрешающая способность.
24. Зонды СБОМ: получение, особенности, недостатки.
25. Сканирующая ионная микроскопия: возможности, разрешающая способность, методики.
26. Метрология и стандартизация в нанотехнологиях.
27. Формирование наноразмерных структур с помощью проводящего зонда СЗМ: физические явления, влияние среды.
28. Пластическая деформация подложки с использованием СТМ (формирование рельефа, глубинная модификация, электродинамика).
29. Создание объектов наноэлектроники на углеродной основе.

30. Квантовые точки, одноэлектронные транзисторы: получение зондовыми методами, управление.
31. Направления развития оборудования СЗМ.
32. Оценка шероховатости и текстуры исследуемой поверхности.
33. Полуконтактный (прерывисто-контактный) метод АСМ: достоинства, недостатки, фазовый контраст.
34. Влияние пробоподготовки и условий проведения эксперимента на чувствительность СЗМ.
35. Установки высокой точности, меры, калибровочные решетки, стандартные образцы.
36. Модифицирование среды между зондом и подложкой, массоперенос.
37. Формирование квазиодномерных микроконтактов и микропроводников.
- 38.Arteфакты АСМ: причины, проявления, способы устранения.
39. Разрешающая способность АСМ в контактных режимах.
40. Особенности осуществления и возможности многопроходных методик АСМ. Факторы, определяющие пространственное разрешение в многопроходных методиках.
41. Виды нанолитографии: их возможности и особенности применения.

Практическое задание:

1. Постройте графическую зависимость по заданным результатам измерения и объясните её.
2. Рассчитать среднеквадратичное отклонение для массива данных.
3. Предложить набор задач, которые необходимо решить при заданной цели исследования.
4. Предложить методы и приборы для исследования заданного свойств объекта.
5. Определить потребности в ресурсах для проведения заданного исследования.
6. Описать порядок подготовки пробы для заданного анализа.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.