



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
по выбору

Махачкала, 2017 год

Рабочая программа дисциплины «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС+ ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (уровень: магистратура), профиль подготовки: **Физика наносистем.**

Разработчик(и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем, Исхаков М.Э., к.ф.-м.н.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «25» марта 2017г., протокол №7.

Зав. кафедрой _____ Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г, протокол №7.

Председатель _____ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «03» 04 _____ 2017г. _____ Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» входит в Блок 1, вариативная часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основ Зондовой локальной микроскопии и спектроскопии: принципы работы сканирующих зондовых микроскопов и методики сканирующей зондовой микроскопии, виды сканирующих элементов (сканеров) зондовых микроскопов, устройства для прецизионных перемещений зонда и образца, методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий, способы формирования и обработка СЗМ изображений, методы сканирующей зондовой микроскопии, основы сканирующей туннельной микроскопии, основы атомно-силовой микроскопии.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных*: ОПК–6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–3, ПК–4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, коллоквиум и пр.) и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины в зачетных единицах, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
	Все го	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
9	144	16		18	74		110	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1, читаемых для магистров по направлению 03.04.02 - Физика на кафедре физики конденсированного состояния и наносистем Даггосуниверситета в 1 семестре магистратуры.

Учебная цель курса состоит в том, чтобы дать знания:

– об основных видах СЗМ, нашедших наиболее широкое применение в научных исследованиях сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), атомно-силовая микроскопия (АСМ);

– о методах и методиках исследования различных характеристик материалов и физических свойств твердых тел. Направления применения методов исследования поверхностей сканирующей туннельной микроскопией (СТМ) и атомно-силовой микроскопией (АСМ) в области физики и технологии твердотельных микро- и наноструктур.

Основной задачей преподавания дисциплины «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» является формирование у студента знаний в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии и приобретение студентами навыков практической работы.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» входит как курс по выбору Блока 1 вариативной части образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные способностью использовать теоретические знания в области квантовой механики, электричества, теоретической физики, атомной физики, физики твёрдого тела для решения конкретных практических задач по изучению материалов в микро- и нано- состояниях.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания по электричеству, механике, физике твердого тела, о природе межатомного взаимодействия.

Данная дисциплина является одной из основных при исследовании различных свойств наноматериалов и наноструктур наряду с такими дисциплинами как Рентгеноструктурный анализ наносистем, Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов, а также научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Студенты в ходе изучения дисциплины должны освоить базовые понятия в области сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии, устройство и принцип работы СЗМ «nanoeducator», особенности методов получения СЗМ различными методиками, разнообразные практические приложения.

Знать принципы работы сканирующих зондовых микроскопов и методы сканирующей зондовой микроскопии; виды сканирующих элементов (сканеров) зондовых микроскопов; устройства для прецизионных перемещений зонда и образца; методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий; способы формирования и обработка СЗМ изображений; методы сканирующей зондовой микроскопии; основы сканирующей туннельной микроскопии. Основы атомно-силовой микроскопии.

Уметь получать сканы различных поверхностей методами, изученными в данном курсе.

Владеть: навыками работы с учебным СЗМ «nanoeducator», обработкой полученных СЗМ изображений рельефа поверхности образцов.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК – 6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные представления о зондовой локальной микроскопии и спектроскопии • особенности методов получения СЗМ различными методиками • принципы работы сканирующих зондовых микроскопов, • разнообразные практические приложения. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии;

		<ul style="list-style-type: none"> • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • проводить научные исследования в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками работы с учебным СЗМ «nanoeducator», • получением СЗМ изображений рельефа поверхности образцов, • навыками обработкой полученных СЗМ изображений рельефа поверхности образцов, • навыками решения задач по интерпретации связи свойств поверхности с полученными СЗМ изображениями.
ПК-2	<p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • физические основы зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями получения СЗМ изображений. <p>Владеть:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • экспресс анализом и диагностическими методами исследования nano размерных образцов; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии. • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК-3	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно – технологической деятельности.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • как получать различные сканы nano размерных образцов методами СЗМ и СТМ; • инновационные методы исследований рельефа и свойств поверхности исследуемых образцов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта • исследовать топографию поверхности и свойств наносистем и композиционных материалы, с заданными физическими свойствами <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов методами СТМ и СЗМ, • Экспресс анализом, полученных результатов топографии поверхности • владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем
ПК-4	способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; • критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях

		<p>информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать получены сканы топографии поверхности исследуемых образцов; • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками получения качественных результатов сканирования; • навыки для анализа полученных результатов при исследовании нано размерных образцов; • навыками проведения научных исследований в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. • Методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы **144** часов в том числе **32** спецпрактикум.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма про-
-------	-------------------	---------	--	---

			Лекции	Практич. занятия	Лабор. занятия	Контрольсам.работ	межуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1							
1	Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Нелинейность пьезокерамики. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики.	9	2 2	2		16	Самостоятельная работа Фронтальный опрос Контрольная работа
Модуль 2							
2	Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Шаговые электродвигатели. Шаговые пьезодвигатели. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью.	9	2 1	2 2		16	Самостоятельная работа Фронтальный опрос Контрольная работа
3	Формирование и обработка СЗМ изображений. Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению.	9	2 1	2 2		14	Самостоятельная работа Фронтальный опрос Контрольная работа
Модуль 3							
4	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Туннельная спектроскопия.	9	2 1	2 2		14	Самостоятельная работа Фронтальный опрос Контрольная работа
5	Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-	9	2	2		14	Самостоятельная работа Фронтальный опрос

силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера АСМ. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ.		1	2			Контрольная работа
Модуль 4						
Итоговый контроль знаний. Экзамен.	9	Подготовка к экзамену			Экзамен	
Итого	144	16	18		74	36

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1

Тема №1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.

Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов

Нелинейность пьезокерамики. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики (**Лекция**).

Тема №2. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов

Нелинейность пьезокерамики. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики. (**Практическое занятие**)

Модуль 2

Тема №3. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Шаговые электродвигатели. Шаговые пьезодвигатели. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью. (**Лекция**)

Тема №4. Шаговые электродвигатели. Шаговые пьезодвигатели. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью. (**Практическое занятие**)

Тема №5. Формирование и обработка СЗМ изображений

Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению (**Лекция**)

Тема №6. Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению. (**Практическое занятие**)

Модуль 3

Тема №7. Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Туннельная спектроскопия. (**Лекция**)

Тема №8. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Туннельная спектроскопия. (**Практическое занятие**)

Тема №9. Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим

колебаний кантилевера АСМ. «Полуконтактный» режим колебаний кантилевера АСМ. (Лекция)

Тема №10. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера АСМ. «Полуконтактный» режим колебаний кантилевера АСМ. (Практическое занятие)

Модуль 4.

Подготовка к экзамену.

Темы практических (семинарских) занятий

Тема 1. Получение и обработка СЗМ изображения

Вопросы к теме:

1. Назовите основные компоненты СЗМ и их назначение?
2. Назовите виды датчиков и принципы их действия?
3. Объясните понятие пьезоэлектрического эффекта и принцип пьезоэлектрического двигателя?
4. Опишите общую конструкцию СЗМ?
5. Объясните конструкцию зондового датчика туннельного тока и принцип его действия?
6. Опишите механизм подвода зонда к образцу, поясните параметры, определяющие илу взаимодействия зонда с образцом?
7. Объясните принцип сканирования и работы системы обратной связи. Критерии выбора параметров сканирования?

Тема 2. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.

Вопросы к теме:

1. Назовите основные компоненты СТМ и их назначение. Объясните принцип работы СТМ на примере туннельного контакта 2х проводников?
2. Поясните устройство и принцип действия туннельного сенсора. Опишите основные параметры, которые вы определять в работе.
3. Что такое режим постоянного тока и постоянной высоты. Что такое V- и Z- модуляция? Для чего они применяются?
4. Туннельная спектроскопия. Объясните влияние направления туннелирования электронов на изображение поверхности кремния.
5. Назовите факторы, определяющие качество изображения в СТМ. Какие требования предъявляются к СТМ- зонду?

Тема 3. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме

Вопросы к теме:

1. Опишите зависимость силы взаимодействия от расстояния зонд-образец.
2. Назовите основные режимы работы АСМ и их название.
3. Объясните основные способы детектирования силы в контактном режиме АСМ.
4. Объясните принцип работы неконтактного АСМ.
5. Для чего используется режим измерения фазового контраста при работе в неконтактном режиме АСМ?
6. Поясните устройство и принцип действия неконтактного силового датчика прибора CPV
7. Опишите режим выполнения спектроскопии в приборе СЗМ

Тема 4. Сканирующая зондовая литография

Вопросы к теме:

1. Сканирующий зондовый микроскоп как инструмент для считывания и записи информации. Расскажите о физических основах зондовой нанотехнологии.
2. Что такое сканирующая зондовая литография? Расскажите об основных её видах.
3. Расскажите об особенностях динамической силовой литографии на приборе NanoEducator.
4. Назовите критерии выбора образцов для проведения динамической силовой литографии.

Спецпрактикум физике наносистем (Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия)

В учебном плане магистратуры по направлению 03.04.02 – Физика предусмотрен специальный физический практикум, в которой выполняются лабораторные работы, в том числе и по Зондовой локальной микроскопии спектроскопии.

Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения спецпрактикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. На кафедре имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копий периодических изданий, и т. д. необходимой для информационного обеспечения самостоятельной работы студентов по освоению как теоретических, так и практических вопросов по дисциплине

Спецпрактикум магистрами выполняется в специальных учебных лабораториях и на научных установках НОЦ «Нанотехнологии».

К Работам имеются Пособия и методические указания.

Ниже в виде примера дана краткая характеристика типовых работ, выполняемых магистрами.

№№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
Лабораторная работа № 1. Получение и обработка СЗМ изображения		
Лабораторная работа № 2. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии		
Лабораторная работа № 3. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме		
Лабораторная работа № 4. Сканирующая зондовая литография		

5. Образовательные технологии: В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены лекции в сочетании с научными экспериментами на установках кафедры. Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов из 20 часов аудиторных занятий.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется

лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок. Для выполнения физического практикума по физике наносистем и подготовке к практическим (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках *лабораторного практикума* по вопросам дисциплины «Физики и технология композиционных материалов» используется: знания природы формирования композитных материалов и наноразмерных систем; умение магистров получать нанопорошки, керамические, в том числе наноструктурированные материалы, тонкие пленки и многослойные структуры; владение техникой и технологией получения наноматериалов.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов, академических институтов России и зарубежных ученых.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль. В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к лабораторно-практическим работам;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;

Итоговый контроль. Экзамен в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-6	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные представления о зондовой локальной микроскопии и спектроскопии • особенности методов получения СЗМ различными методиками • принципы работы сканирующих зондовых микроскопов, • разнообразные практические приложения. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области 	Устный опрос, письменный опрос

	<p>зондовой локальной микроскопии и спектроскопии;</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • проводить научные исследования в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками работы с учебным СЗМ «nanoeducator», • получением СЗМ изображений рельефа поверхности образцов, • навыками обработкой полученных СЗМ изображений рельефа поверхности образцов, • навыками решения задач по интерпретации связи свойств поверхности с полученными СЗМ изображениями. 	
ПК-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • физические основы зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями получения СЗМ изображений. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • экспресс анализом и диагностическими методами исследования нано размерных образцов; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии. • владеть разделами физики, необходимыми для реше- 	Устный опрос, письменный опрос

	<p>ния научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</p>	
ПК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • как получать различные сканы нано размерных образцов методами СЗМ и СТМ; • инновационные методы исследований рельефа и свойств поверхности исследуемых образцов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта • исследовать топографию поверхности и свойств наносистем и композиционных материалы, с заданными физическими свойствами <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов методами СТМ и СЗМ, • Экспресс анализом, полученных результатов топографии поверхности • владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наносистем 	Устный опрос, письменный опрос
ПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине; • критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать получены сканы топографии поверхности исследуемых образцов; • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками получения качественных результатов сканирования; 	Устный опрос, письменный опрос

	<ul style="list-style-type: none"> • навыки для анализа полученных результатов при исследовании нано размерных образцов; • навыками проведения научных исследований в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. • Методами планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций. 	
--	---	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	уметь использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Ознакомлен с использованием знаний современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Демонстрирует знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Показывает навыки успешного использования современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Ознакомлен с разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Демонстрирует свободное владение разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Показывает навыки успешного владения разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

				тельности
--	--	--	--	-----------

ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Ознакомлен с методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Демонстрирует свободное владение методами для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Показывает навыки успешного владения методами, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Ознакомлен с планированием и организацией физических исследований, семинаров и конференций	Демонстрирует умение планировать и организовывать физические исследования, семинары и конференции	Показывает навыки успешного планирования и организации физических исследований, семинаров и конференций.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания**Контрольные вопросы**

1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.
2. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
3. Сканирующий элемент в виде трипода, собранный на трубчатых пьезоэлементах.
4. Нелинейность пьезокерамики.
5. Крип пьезокерамики.
6. Гистерезис пьезокерамики.
7. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.
8. Шаговые электродвигатели.

9. Шаговые пьезодвигатели.
10. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Защита от вибраций.
11. Защита от акустических шумов.
12. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью.
13. Формирование и обработка СЗМ изображений.
14. Вычитание постоянной составляющей.
15. Вычитание постоянного наклона.
16. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера.
17. Фильтрация СЗМ изображений. Медианная фильтрация.
18. Усреднение по строкам.
19. Фурье - фильтрация СЗМ изображений.
20. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению.
21. Сканирующая туннельная микроскопия.
22. Зонды для туннельных микроскопов.
23. Измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта.
24. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов.
25. ВАХ контакта металл-металл.
26. ВАХ контакта металл-полупроводник.
27. Атомно-силовая микроскопия.
28. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов.
29. Контактная атомно-силовая микроскопия.
30. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом.
31. Колебательные методики АСМ.
32. Вынужденные колебания кантилевера.
33. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ.

Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля:

1. В системе ОС формируется разностный сигнал, пропорциональный величине

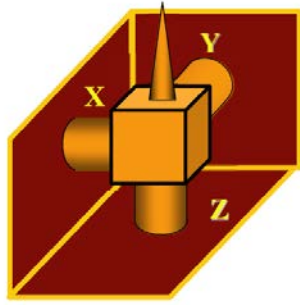
● $\Delta P = P - P_0$

● $\Delta P = P + P_0$

● $\Delta P = P / P_0$

● $\Delta P = P_0 - P$

2. Соединение трех трубок в один узел позволяющее организовать прецизионные перемещения зонда микроскопа в трех взаимно перпендикулярных направлениях называется



- биморфом
- диодом
- триподом
- сканером

3. Как называются две пластины пьезоэлектрика, склеенные между собой таким образом, что вектора поляризации в каждой из них направлены в противоположные стороны

- сканером
- триподом
- диодом
- биморфом

4. Как называется явление запаздывание реакции на изменение величины управляющего электрического поля, в пьезокерамике

- крип
- деффект
- гистерезис
- скрип

5. Какой способ обработки изображения используется для удаления высокочастотных случайных помех в СЗМкадрах

- фурье фильтрация
- медианная фильтрация
- усреднения по строкам
- вычитание постоянного наклона

6. Какой способ обработки изображения используется для удаления наклонной составляющей в СЗМкадрах

- фурье фильтрация
- медианная фильтрация
- усреднения по строкам
- вычитание постоянного наклона

7. Какой способ обработки изображения используется для устранения нежелательных эффектов, связанных с резким изменением спектральной функции на краю фильтра и на границах кадра

- фурье фильтрация
- медианная фильтрация
- усреднения по строкам
- вычитание постоянного наклона

8. Какая методика используется для получения атомарных разрешений в СТМ

- метод постоянной силы
- метод постоянной высоты
- метод постоянной силы тока
- метод постоянной частоты

9. Какая методика используется для сканирования поверхности образца методом контактной АСМ (не атомарные разрешения)

- метод постоянной силы
- метод постоянной высоты
- метод постоянной силы тока
- метод постоянной частоты

10. Какой метод чаще используется для АСМ сканирования поверхности биологических образцов

- *контактная методика*
- *полуконтактная*
- *литография*
- *спектроскопия*

11. Каков средний радиус кривизны острия кремниевого зонда для контактной АСМ

- 100 нм
- 1 мкм
- 1 нм
- 10 нм

12. Каким физическим параметром определяются частотные характеристики зонда

- плотность
- жесткость

- проводимость
- сопротивление

13. В каком году был изобретен АСМ

- 1960
- 1986
- 1989
- 1991

14. Коэффициенты жесткости кантилеверов варьируются в диапазоне

- 10^{-2} - 1 Н/м
- 10^{-9} - 100 Н/м
- 10-20 Н/м
- 10^{-3} - 10 Н/м

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __ 10 __ бал.
- активное участие на лекциях __ 15 __ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60 __ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __ 15 __ бал.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __ 10 __ бал.
- активное участие на практических занятиях __ 15 __ бал.
- выполнение домашних работ __ 15 __ бал.
- выполнение самостоятельных работ __ 20 __ бал.
- выполнение контрольных работ __ 40 __ бал.

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

Литература

Основная:

1. В.Ф.Дряхлушин, А.Ю.Климов, В.В.Рогов, С.А.Гусев – Зонд сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. // Приборы и техника эксперимента, № 2, с. 138-139 (1998).

2. В.И.Панов – Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия поверхности. // УФН, т.155, № 1, с.155 – 158 (1988).
3. В.С.Эдельман – Сканирующая туннельная микроскопия. // Приборы и техника эксперимента, № 5, с. 25 – 49 (1989).
4. В.С.Эдельман – Развитие сканирующей туннельной и силовой микроскопии. // Приборы и техника эксперимента, № 1, с. 24 – 42 (1991).
5. С.Н.Магонов – Сканирующая силовая микроскопия полимеров и родственных материалов. // Высокомолекулярные соединения, т. 38, № 1, с. 143 – 182 (1996).
6. В.А.Быков, М.И.Лазарев, С.А.Саунин - Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности. // “Электроника: наука, технология, бизнес”, № 5, с. 7 – 14 (1997).
7. "Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров" (Под редакцией И.В.Яминского), М.: Научный мир, 1997, 86 с.
8. А.П.Володин – Новое в сканирующей микроскопии. // Приборы и техника эксперимента, № 6, с. 3 – 42 (1998).
9. В.К.Неволин - "Основы туннельно-зондовой нанотехнологии: Учебное пособие", Москва, МГИЭТ (ТУ), 1996, 91 с.
10. С.А.Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с.
11. Р.З.Бахтизин, Р.Р.Галлямов - "Физические основы сканирующей зондовой микроскопии", Уфа, РИО БашГУ, 2003, 82с.

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

1. Интернет-сайт компании "НТ-МДТ": <http://www.ntmdt.ru/>
2. Интернет-сайт учебно-научного центра "Бионаноскопия": <http://www.nanoscopy.org/>
3. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
4. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
5. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
6. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
7. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
8. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
9. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
10. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;

- словарь терминов по Зондовой локальной микроскопии и спектроскопии;
- тезисы лекций,

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе и материалам из сети internet) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), MS Word, Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, интерактивная доска.
2. Программное обеспечение в МНИЛ «Нанотехнологии и наноматериалы»: Mac OS X, Nova, MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается лабораториями физического практикума – 4 лаб. работы (Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия).
2. При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием (Междисциплинарная научно-исследовательской лаборатория «Нанотехнологии и наноматериалы», Сканирующие зондовые микроскопы «nanoeducator», ПК Applei-Mac с выходом в интернет).
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием