



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Зондовая локальная микроскопия

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

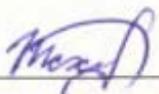
Статус дисциплины:
Вариативная по выбору

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Зондовая локальная микроскопия» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, профиль подготовки «Физика наносистем» (уровень: магистратура) от «28» августа 2015 г. №913.

Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Исхаков М.Э., к.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «22» 02 2020г., протокол № 6

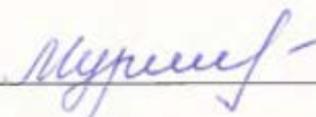
/ Зав.кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «__» _____ 2020 г., протокол №__.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «23» 03 2020 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» входит в вариативную часть, по выбору Блока 1 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

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, выступление на семинаре фронтальный опрос и промежуточной аттестации экзамен.

Объем дисциплины **6** зачетных единиц, в том числе в академических часах **144** 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						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
9	144	16		18	36		74	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Основная цель данного курса, согласно ОПОП ВО, состоит в том, чтобы магистры, изучающие данную дисциплину, получили основные сведения и базовые 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 в блок Б1.В.ОД.4. образовательной программы (ФГОС ВО) магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика», профиля подготовки «Физика наносистем».

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 Рентгено-структурный 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.

Код компетенции из ФГОС ВО	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>Знает:</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>Умеет:</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>Владеет:</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>Знает:</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>Умеет:</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>Владеет:</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 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>Знает:</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>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и 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>Владеет:</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>Знает:</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 ли-

		<p>тературой, 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>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать полученные 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>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками получения качественных результатов сканирования; • навыками 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 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах	Самостоятельн.	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семест-
-------	-------------------	---------	-----------------	--	----------------	--

				Лекции	Практич. занятия	Лаборатор. занятия	Контрольсам.ра		ра) Форма промежуточной 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
Рубежная контрольная сам. работа							2		Контрольная работа
Всего за модуль				4	2		2	16	
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
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
Рубежная контрольная сам. работа							2		
Всего за модуль				6	8		2	20	Контрольная работа
Модуль 3									
4	Сканирующая туннельная микроскопия. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение вольтампер-	9		2	2			14	Самостоятельная работа Фронтальный

	ных характеристик туннельного контакта. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Туннельная спектроскопия.			1	2				опрос
5	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.	9		2	2			14	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
	Рубежная контрольная сам. работа							2	Контрольная работа
	Всего за модуль			6	8			2	28
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.

Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы

1. Основные компоненты СЗМ и их назначение
2. Виды датчиков и принципы их действия
3. Понятие пьезоэлектрического эффекта и принцип пьезоэлектрического двигателя
4. Общая конструкция СЗМ
5. Конструкция зондового датчика туннельного тока и принцип его действия
6. Механизм подвода зонда к образцу, параметры, определяющие силу взаимодействия зонда с образцом
7. Принцип сканирования и работы системы обратной связи. Критерии выбора параметров сканирования
8. Основные компоненты СТМ и их назначение. принцип работы СТМ на примере туннельного контакта 2х проводников
9. Устройство и принцип действия туннельного сенсора. основные параметры, определяемые в работе.
10. Режим постоянного тока и постоянной высоты. V- и Z- модуляция. Применение
11. Туннельная спектроскопия. Влияние направления туннелирования электронов на изображение поверхности кремния.
12. Факторы, определяющие качество изображения в СТМ. Требования предъявляемые к СТМ- зонду
13. Зависимость силы взаимодействия от расстояния зонд-образец.
14. Основные режимы работы АСМ.
15. Основные способы детектирования силы в контактном режиме АСМ.
16. Принцип работы неконтактного АСМ.

17. Использование режима измерения фазового контраста при работе в неконтактном режиме АСМ
18. Устройство и принцип действия неконтактного силового датчика прибора CPV
19. Режим выполнения спектроскопии в приборе СЗМ
20. Сканирующий зондовый микроскоп как инструмент для считывания и записи информации. физические основы зондовой нанотехнологии.
21. Сканирующая зондовая литография. Основные её виды.
22. Особенности динамической силовой литографии на приборе NanoEducator.
23. Критерии выбора образцов для проведения динамической силовой литографии.

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

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 9 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.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-6		<p>Знает:</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>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области зондовой локальной микроскопии и спектроскопии; • 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>Владеет:</p>	Устный опрос, письменный опрос

		<ul style="list-style-type: none"> • навыками работы с учебным СЗМ «nanoeeducator», • 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>Знает:</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>Умеет:</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>Владеет:</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; 	Устный опрос, письменный опрос

		<p>пии.</p> <ul style="list-style-type: none"> • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. 	
ПК-3		<p>Знает:</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>Умеет:</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>Владеет:</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>Знает:</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; 	Устный опрос, письменный опрос

		<p>Умеет:</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>Владеет:</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. 	
--	--	---	--

7.2. Типовые контрольные задания и тесты

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.

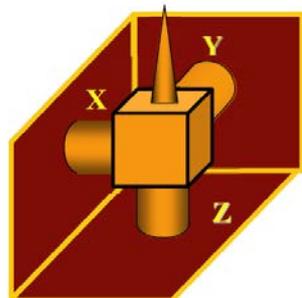
12. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью.
13. Формирование и обработка СЗМ изображений.
14. Вычитание постоянной составляющей.
15. Вычитание постоянного наклона.
16. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера.
17. Фильтрация СЗМ изображений. Медианная фильтрация.
18. 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
- дефект
- гистерезис
- скрип

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

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

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

- 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 k варьируются в диапазоне

- 10^{-2} - 1 Н/м
- 10^{-9} - 100 Н/м

- 10-20 Н/м
- 10^{-3} - 10 Н/м

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

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

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 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.

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/>

Интернет-ресурсы

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

1. ЭБСIPRbooks:<http://www.iprbookshop.ru/>Лицензионный договор № 2693/17от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека лайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ кэлектронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания(доступ будет продлен).
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки та <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. Springer.Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
14. SCOPUS<https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.(доступ будет продлен)
15. WebofScience - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г.(доступ будет продлен)
16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). – базаданных зарубежных – диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента

подписания по 31.12.2017г.(*доступ будет продлен*)

17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.(*доступ будет продлен*)
18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г.pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.(*доступ будет продлен*)
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS)<http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.(*доступ будет продлен*)

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 «nanoeeducator», ПК Applei-Mac с выходом в интернет).
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием