



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
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:
Вариативная по выбору

Махачкала, 2021 год

Рабочая программа дисциплины «Зондовая локальная микроскопия» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, профиль подготовки «Физика наносистем» (уровень: магистратура) от «07» августа 2020 г. №914.

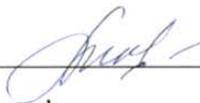
Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Исхаков М.Э., к.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «26» 06 2021г., протокол № 10

/ Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «30» 06 2021 г., протокол № 10

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «09» 07 2021 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: универсальных – УК-6; общепрофессиональных ОПК-1, ОПК, -3 ОПК-4; профессиональных – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

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 промежуточный контроль в форме: зачета, экзамен.

Объем дисциплины **6** зачетных единиц, в том числе в академических часах **144** по видам учебных занятий:

Объем дисциплины в очной форме

Се- местр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
9	144	16		28	64		100	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» являются: формирование у студентов системы знаний по физике наносистем, общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (профиль подготовки: Физика наносистем).

В результате изучения данной дисциплины студенты приобретают 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.

В конечном итоге, дисциплина будет способствовать подготовке профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики и технологии наносистем, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» входит в блок Б1. В.01.02 ОПОП магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика», профилю 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 и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее	ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания. ИУК-6.2. Определяет приори-	<u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда; <u>Умеет:</u>

<p>совершенствования на основе самооценки</p>	<p>теты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям. ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков. ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>- расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития. Владеет: навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста.</p>
<p>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p>Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники; - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; Умеет: - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную</p>

		<p>сущность проблем.</p> <ul style="list-style-type: none"> - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач. - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения

	<p>для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.</p>	<p>исследований и решения профессиональных задач. Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. Владеет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.</p>
<p>ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.</p>	<p>Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. Умеет: - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения.</p>
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	
	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	
<p>ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятель-</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно- проектной деятельности обучающихся</p>	<p>Знает: содержание учебно-проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся.</p>

ность обучающихся в соответствующей предметной области	<p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.</p>	<p>Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно- проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектной деятельность обучающихся; - работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу. Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>
	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	
<p>ПК-5 Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований</p>	<p>ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>
	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии</p>	
	<p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; физические основы структуры и свойств конденсированного состояния; Умеет: пользоваться современной приборной базой для прове-</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	

физике конденсированного состояния.	ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния	дения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; 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. Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния; некоторыми диагностические методы исследования конденсированного состояния; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния, физических процессов, протекающих в конденсированной среде.
	ПК-6.4. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы **144** академических часов

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	...	Самостоятельн. работа	
Модуль 1. Устройство и принцип работы СЗМ								
1	Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.	9	2	4			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос

2	Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Элементы защиты СЗМ		2	2			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
	Рубежная контрольная сам. работа						2	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 1:</i>		4	6			2	18
Модуль 2. Формирование и обработка СЗМ изображений								
3	Построение СЗМ изображений	9	2	2			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
4	Обработка СЗМ изображений	9	2	4			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
	Рубежная контрольная сам. работа						2	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>		4	6			2	18
Модуль 3. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ)								
5	Конструкция и Особенности СТМ	9	2	4			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
6	Методики СТМ для исследования Образцов.	9	2	4			9	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
	Рубежная контрольная сам. работа						2	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>		4	8			2	18
Модуль 4. Атомно силовая микроскопия (АСМ)								
7	Конструкция и Особенности АСМ		2	4			10	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
8	Методики АСМ для исследования Образцов.	9	2	4			10	Самостоятельная работа Фронтальный опрос
	Рубежная контрольная сам. работа						2	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 4:</i>		4	8			20	
	Экзамен (подготовка, сдача)							36
	ИТОГО: 144		16	28			64	100

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1 Устройство и принцип работы СЗМ

Тема №1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.

Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.

Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов

Нелинейность пьезокерамики. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики.

Тема №2. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Элементы защиты СЗМ

Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.

Шаговые пьезодвигатели. Шаговые электродвигатели. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью.

Модуль 2 Формирование и обработка СЗМ изображений

Тема №3. Построение СЗМ изображений

Формирование и обработка СЗМ изображений

Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона.

Тема №4. Обработка СЗМ изображений

Устранение искажений, связанных с не идеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению.

Модуль 3. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и Атомно силовая микроскопия (АСМ)

Тема №5. Конструкция и Особенности СТМ

Сканирующая туннельная микроскопия. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Зонды для туннельных микроскопов.

Тема №6. Методики СТМ для исследования Образцов.

Режим постоянного тока и постоянной высоты. Измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта. Туннельная спектроскопия.

Тема №7. Конструкция и Особенности АСМ

Атомно-силовая микроскопия. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Контактная атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера АСМ. «Полуконтактный» режим колебаний кантилевера АСМ.

Тема №8. Методики АСМ для исследования Образцов.

Контактная атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера АСМ. «Полуконтактный» режим колебаний кантилевера АСМ.

Модуль 4. Экзамен

Подготовка к экзамену.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы

Модуль 1 Устройство и принцип работы СЗМ

Тема №1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.

1. Основные компоненты СЗМ и их назначение.
2. Общая конструкция СЗМ.
3. Сканирующий зондовый микроскоп как инструмент для считывания и записи информации. физические основы зондовой нанотехнологии.

Тема №2. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Элементы защиты СЗМ

4. Понятие пьезоэлектрического эффекта и принцип пьезоэлектрического двигателя.
5. Виды датчиков и принципы их действия.
6. Механизм подвода зонда к образцу, параметры, определяющие силу взаимодействия зонда с образцом.

Модуль 2 Формирование и обработка СЗМ изображений

Тема №3. Построение СЗМ изображений

7. Принцип сканирования и работы системы обратной связи. Критерии выбора параметров сканирования.

Тема №4. Обработка СЗМ изображений

8. Устранение искажений, связанных с не идеальностью сканера.
9. Фильтрация СЗМ изображений.
10. Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона.
11. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению.

Модуль 3. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и атомно силовая микроскопия (АСМ)

Тема №5. Конструкция и Особенности СТМ

12. Конструкция зондового датчика туннельного тока и принцип его действия.
13. Основные компоненты СТМ и их назначение. принцип работы СТМ на примере туннельного контакта 2х проводников.
14. Устройство и принцип действия туннельного сенсора. основные параметры, определяемые в работе.

Тема №6. Методики СТМ для исследования Образцов.

15. Режим постоянного тока и постоянной высоты. V- и Z- модуляция. Применение.
16. Туннельная спектроскопия. Влияние направления туннелирования электронов на изображение поверхности кремния.
17. Факторы, определяющие качество изображения в СТМ. Требования, предъявляемые к СТМ- зонду.
18. Режим выполнения спектроскопии в приборе СЗМ.

Тема №7. Конструкция и Особенности АСМ

19. Зависимость силы взаимодействия от расстояния зонд-образец.
20. Основные режимы работы АСМ.

21. Основные способы детектирования силы в контактном режиме АСМ.

Т е м а №8. Методики АСМ для исследования Образцов.

22. Принцип работы неконтактного АСМ.

23. Использование режима измерения фазового контраста при работе в неконтактном режиме АСМ.

24. Устройство и принцип действия неконтактного силового датчика прибора СЗМ.

Т е м а №9. СЗМ Литография.

25. Сканирующая зондовая литография. Основные её виды.

26. Особенности динамической силовой литографии на приборе Nano Educator.

27. 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 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 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 2 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	18		
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	10		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	6		
подготовка к экзамену (экзаменам)	36		
другие виды СРС (указать конкретно)			
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
выполнение расчётно-графических работ			
выполнение курсовой работы или курсового проекта			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме			
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах			
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных			
другие виды ТСРС (указать конкретно)			
Итого СРС:	100		

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.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПО-ОП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p>УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.</p> <p>ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.</p> <p>ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p><u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда;</p> <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста. 	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педа-</p>	<p>ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития 	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

<p>гоики, необходимы для осуществления преподавательской деятельности</p>		<p>современной физики, а также смежных областей науки и техники;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем. - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности. 	
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области фи-</p>	<p>Умеет: - использовать фундаментальные знания в области физи-</p>	

	<p>зики при решении научно-исследовательских задач.</p>	<p>ки при решении научно-исследовательских задач.</p> <p>- реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.</p>	
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает:</p> <p>- современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет:</p> <p>- получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Владеет:</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		- навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.	
	ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.	Знает: - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. Владет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.	
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты внедрения результатов исследований в	Устный опрос, письменный опрос
	ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессио-		

	<p>нальной деятельности.</p> <p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>области профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований.</p> <p>Владет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения.</p>	
<p>ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся</p> <p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.</p>	<p>Знает: содержание учебно-проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-</p>	<p>Устный опрос</p>

	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	<p>проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся; - работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу. Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>	
<p>ПК-5 Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований</p>	<p>ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p> <p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии</p> <p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	<p>Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оцен-</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		ки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; физические основы структуры и свойств конденсированного состояния; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; 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. Владет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>		
	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния</p>		
	<p>ПК-6.4. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>		

		<p>физики конденсированного состояния; некоторыми диагностические методы исследования конденсированного состояния; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния, физических процессов, протекающих в конденсированной среде.</p>	
--	--	--	--

7.2. Типовые контрольные задания

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 не идеальностью 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.

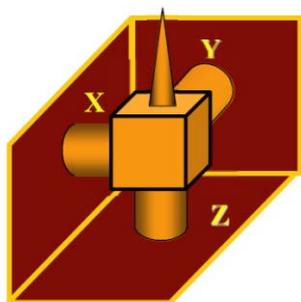
32. Вынужденные колебания кантилевера.
 33. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ.

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
- 1мкм
- 1нм
- 10нм

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.

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий __10__ бал.
- участие на лекциях __15__ бал.
- участие на практических занятиях __15__ бал.
- выполнение домашних работ __15__ бал.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60__ бал.
- доклады, рефераты __ 15__ бал.
- самостоятельная работа __ 20__ бал.
- контрольная работа __ 40__ бал.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса:

<http://phys.dgu.ru/>

б) Основная литература:

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. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 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 к электронной 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 Даггосуниверситета <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 обра-

зования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 гг., 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). - базаданныхзарубежных – 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. AmericanChemicalSociety. 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 (академическомужурналу 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), MSWord, AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, интерактивная доска.
2. Программное обеспечение в МНИЛ «Нанотехнологии и наноматериалы»: Mac OS X, Nova, MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, 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