

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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальный физический практикум

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: **Базовая**

Махачкала, 2021 год

Рабочая программа дисциплины «Специальный физический практикум» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки **03.04.02** – Физика, профиль подготовки: «Физика наносистем» от 07 августа 2020г. № 914.

Разработчик(и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем, Мурлиева Ж.Х., д.ф.-м.н.; профессор, Хамидов М.М., д.ф.-м.н., профессор; Исхаков М.Э., к.ф.-м.н., доцент.



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

1. Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «30» июня 2021г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«09» июля 2021г.



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Специальный физический практикум»_входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – физика, профиль подготовки «Физика наносистем».

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов физики конденсированного состояния, а именно изучение основ метода и оборудования для зондовой локальной спектроскопии; изучение различных технологических режимов получения нанопорошков и нанокерамики, а также исследование их структуры, морфологии и свойств.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – **УК-3**; общепрофессиональных **ОПК-2, ОПК-4**; профессиональных – **ПК-4, ПК-5, ПК-6**.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лабораторные занятия, самостоятельная работа. Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – отчёт по выполненным работам, итоговый контроль в форме зачета и **дифференцированного зачёта**.

Объем дисциплины **324** часа, **9** зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	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							
	Всего	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
9	108		32				76	зачёт
10	108		28				80	зачёт
11	108		48				60	диф.зачет
	324		108				216	

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у студентов практических навыков по спецдисциплинам: «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия» и «Физика и технология функциональных материалов», «Оптические свойства наносистем» и «Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем» – относится к дисциплинам профессионального цикла ОПОП ВО магистратуры по магистерской программе «Физика наносистем». Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области квантовой механики, электричества, атомной физики, физики

твердого тела и физики наносистем для решения конкретных практических задач по изучению твердых тел в микро- и нано- состояниях.

В результате выполнения специального физического практикума студенты приобретают знания о функциональных особенностях и правилах эксплуатации новейшего высокотехнологического оборудования; синтезе современных функциональных наноструктурированных материалов; методах исследования их структуры, морфологии и свойств. Учащиеся получают практические навыки научных исследований и анализа полученных результатов. В конечном итоге, выполнение специального физического практикума направлено на подготовку профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики наносистем, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «*Специальный физический практикум*» входит в блок **Б1.В.01.04 ОПОП** магистратуры по направлению **03.04.02** – «Физика», профиля подготовки «Физика наносистем».

Настоящий специальный физический практикум предназначен для подготовки магистров по направлению «Физика» в соответствии с требованиями, отраженными в государственных образовательных стандартах. Особенность программы состоит в фундаментальном характере изложения дисциплины с целью не только сообщения студентам определенной суммы конкретных сведений, но и формирования у них физического мировоззрения как базы общего естественно - научного и развития соответствующего способа мышления.

Совокупность приобретенных знаний может быть полезной при создании и аттестации эксплуатационных характеристик новых конструкционных материалов.

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

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	ИУК-3.1. Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели; ИУК-3.2. Организует и корректирует работу команды, в т.ч. на основе коллегиальных решений. ИУК-3.3. Разрешает конфликты и противоречия при деловом общении на основе учета интересов всех сторон опыта профессиональной деятельности, динамично изменяю-	<u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда; <u>Умеет:</u> - расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески	Устный опрос

	щихся требований рынка труда и стратегии личного развития.	использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития. <u>Владеет:</u> навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста.	
ОПК-2 Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научноисследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики.	ОПК-2.1. Владеет навыками организации научноисследовательской деятельности	- актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники. - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной задачи. Умеет: - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. Владеет: - навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи.	Устный опрос
	ОПК-2.2. Способен находить и принимать решения, необходимые для решения поставленной задачи	Умеет: - 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. Владеет: - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и	

		алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности	
	ОПК-2.3. Анализирует, интерпретирует, оценивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.	Знает: - основные приемы обработки и представления результатов выполненного исследования; - передовой отечественный и зарубежный научный опыт и достижения по теме исследования. Умеет: - использовать основные приемы обработки, анализа и представления экспериментальных данных; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по выполненной работе. Владеет: - навыками обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе; - оценивать, представлять и защищать результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.	Устный опрос Тестирование Коллоквиум
	ОПК-2.4. Самостоятельно вы-	Знает: - современные инноваци-	Устный опрос

	<p>бирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования</p>	<p>онные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - предлагать новые методы научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению поставленных задач; - самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. 	
<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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы внедрения результатов научных исследований в области своей 	<p>Устный опрос</p>
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p>профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. 	<p>Устный опрос</p>
	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концеп- 	

		ции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения.	
<p>ПК-4. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках</p>	<p>ПК-4.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований</p>	<p>Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований; адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования в выбранной области и смежных с физикой науках; - современной аппаратурой и информационными тех-</p>	Устный опрос
	<p>ПК-4.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>		
	<p>ПК-4.3. Анализирует и обобщает результаты научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники.</p>		

		нологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности.	
ПК-5 Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.	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.	Устный опрос
	ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии		
	ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.		
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного со-	ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	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 ис-	Устный опрос
	ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.		

стояния.	ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния	следований 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. Объем дисциплины составляет 9 зачетные единицы, 324 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учеб. раб., включая самост. раб. студ. и трудоемкость (в часах)					Форма текущего контроля успеваемости. (по неделям семестра.) Форма промежуточной аттестации (по неделям семестра)
			Лекции	Практич. занятия	Лаборн. занятия	Конт. за самост. работой.	Самост. работа	
	Модуль 1. Сканирующая зондовая (СЗМ) микроскопия							

1.	Изучение зондовой нанолаборатории (NTEGRA- SPECTRA). Основные компоненты сканирующей зондовой микроскопии. Конструкция зондового датчика туннельного тока и принцип его действия.	9			10		26	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
Итого по модулю 1: 36 часов					10		26	<i>Отчет</i>
Модуль 2. Сканирующая туннельная (СТМ) микроскопия								
1	Туннельная спектроскопия. Принцип действия туннельного сенсора. Факторы, определяющие качество изображения.	9			10		26	
Итого по модулю 2: 36 часов					10		26	<i>Отчет</i>
Модуль 3. Атомно-силовая (АСМ) микроскопия								
1	Основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и неконтактный режимы АСМ. Фазовый контраст.	9			6		12	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
2	Сканирующая зондовая литография. Принцип работы прибора NanoEducator. Основы зондовой нанотехнологии	9			6		12	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
Итого по модулю 3: 36 часов					12		24	<i>Отчет</i>
Итого за семестр: 108 часа					32		76	Зачет
Модуль 4. Получение нанопорошков с перовскитоподобной структурой								
1	Метод сжигания нитра-органических прекурсоров. Расчет массы навесок неорганических (нитратов) и органических (глицин и глицерин) компонентов.	10			2		7	Опрос
2	Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ с использованием глицина.	10			3		6	Нанопорошки
3	Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ с использованием глицерина.	10			3		6	Нанопорошки

4	Синтез нанопорошков BiFeO_3 с использованием глицина.	10			3		6	Нанопорошки
Итого по модулю 4: 36 часов					11		25	<i>Отчёт</i>
Модуль 5. Получение образцов наноструктурированной керамики. Исследование ее структуры и морфологии								
1	Метод искрового плазменного спекания (ИПС). Экспериментальные установки и режимы.	10			2		8	Образцы керамики
2	Получение наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3 из изготовленных порошков.	10			4		9	Результаты исследования
3	Изучение дифрактограмм, фазового состава и морфологии нанопорошков и нанокерамик $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3 .	10			4		9	Результаты исследования
Итого по модулю 5: 36 часов					10		26	<i>Отчёт</i>
Модуль 6. Изучение приборной базы для исследования электрических и оптических свойств материалов на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3								
1	Изучение работы Спектрометрического комплекса на базе монохроматора МДР-41.	10			4		14	Опрос
2	Изучение принципа работы комплекса LCR – 78110G				3		15	
Итого по модулю 6: 36 часов		10			7		29	
Итого за семестр: 108 часа		10			28		80	Зачёт
Модуль 7. Исследование электрических свойств полученных материалов								
1	Исследования электросопротивления нанокерамики на основе BiFeO_3 при высоких температурах.	11			4		5	Результаты исследования
2	Проверка эффекта Мейснера и исследования электросопротивления нанокерамики на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ от азотных до комнатных температур	11			4		5	Результаты исследования

2	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных нанопорошков на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.	11			4		5	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
3	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных нанопорошков на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.	11			4		5	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
4	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных нанопорошков на основе BiFeO_3	11			4		5	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
Итого по модулю 7: 36 часов					16		20	<i>Отчёт</i>
Модуль 8. Исследование оптических свойств наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3								
1	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики BiFeO_3	11			8		6	Результаты исследования
2	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$				8		6	Результаты исследования
3	Исследования диэлектрической проницаемости и тангенса потерь нанокерамики на основе BiFeO_3				4		4	Результаты исследования
Итого по модулю 8: 36 часов					20		16	Отчёт
Модуль 9. Исследование термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3								
1	Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.	11			8		10	Результаты исследования
2	Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик BiFeO_3				8			Результаты исследования

	Итого по модулю 9: 36 часов				16		20	<i>Отчёт</i>
	Итого за семестр: 108 часа	11			48		60	Дифф. Зачёт
	Итого за дисциплину: 324 часа				108		216	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине

Модуль 1. Сканирующая зондовая (СЗМ) микроскопия

Тема 1. Получение и обработка СЗМ изображения.

Модуль 2. Сканирующая туннельная (СТМ) Микроскопия

Тема 1. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.

Модуль 3. Атомно-силовая (АСМ) микроскопия

Тема 1. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в не-контактном режиме

Тема 2. Сканирующая зондовая литография

Модуль 4. Получение нанопорошков с перовскитоподобной структурой

Тема 5. Метод сжигания нитрат-органических прекурсоров.

Тема 6. Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$

Модуль 5. Получение наноструктурированной керамики и исследование структуры, морфологии и электрических свойств

Тема 7. Получение наноструктурированной керамики на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$ методом искрового плазменного спекания.

Тема 8. Изучение дифрактограмм и морфологии нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$ и нанокерамики керамики на их основе.

Модуль 6. Изучение приборной базы для исследования электрических и оптических свойств материалов на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$.

Тема 9. Изучение работы Спектрометрического комплекса на базе монохроматора МДР-41 с оптическим азотно-проточным криостатом для исследования люминесценции и пропускания 0,2-25,8 мкм.

Тема 10. Изучение принципа работы комплекса LCR – 78110G. Измерение комплексного сопротивления на переменном токе (R, Z, X), сопротивления постоянному току (R_{dc}), проводимости (G, Y, B) ёмкости, индуктивности, тангенса угла потерь, добротности, фазового сдвига.

Модуль 7. Исследование электрических свойств полученных материалов

Тема 11. Исследования электросопротивления нанокерамики на основе $BiFeO_3$ при высоких температурах.

Подготовка образцов, нанесение контактов из серебрясодержащей пасты.

Тема 12. Исследования электросопротивления нанокерамики $BiFeO_3$ на переменном токе. Построение температурных и частотных зависимостей проводимости. Оценка энергии активации E_A процесса проводимости.

Тема 13. Проверка эффекта Мейснера в нанокерамике на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$. Исследования электросопротивления этой керамики в интервале от азотных до комнатных температур.

Тема 14. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных прессованных нанопорошков на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$.

Тема. 15. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных прессованных нанопорошков на основе BiFeO_3

Модуль 8. Исследование оптических свойств наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3

Тема. 16. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики BiFeO_3 .

Тема. 17. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$

Тема. 18. Исследования диэлектрической проницаемости и тангенса потерь нанокерамики на основе BiFeO_3

Модуль 9. Исследование термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3

Тема. 19. Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$. Обработка результатов.

Тема. 20. Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик BiFeO_3 . Обработка результатов.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС 3+ВО реализация компетентностного подхода дисциплины предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В течение семестра студенты последовательно решают проблемы согласно разработанному плану. Зачет выставляется после выполнения всех лабораторных работ, обработки и анализа экспериментальных данных. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и, в целом, в учебном процессе по данной дисциплине они в часах должны составлять не менее 30% от общего количества часов аудиторных занятий.

Занятия по специальному физическому практикуму проводятся в специально оборудованных лабораториях **НОЦ «Нанотехнологии» ДГУ:**

- «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия», оснащенной атомно-силовым микроскопом NTEGRA SPECTRA;
- технологический участок с необходимыми реактивами, оснащенный вытяжкой и другим современным измерительным и технологическим оборудованием;
- лаборатория рентгено-дифракционных методов исследования («Empyrean series 2» PANalytical);
- лаборатория рентгенофлуоресцентного анализа; лаборатория для исследования электросопротивления на установке, реализующей 4-х зондовый метод и метод кварцевого дилатометра (автоматизированная установка для исследования электросопротивления и теплового расширения при низких температурах).

Для выполнения специального физического практикума и подготовки к практическим занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. Готовятся к изданию новые пособия. В процессе выполнения лабораторного практикума у студентов появляются навыки производить расчеты с помощью пакета современных математических программ, что позволяет существенно приблизить уровень статистической культу-

ры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа является важнейшим компонентом образовательного процесса, формирующим личность студента, развивающим его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по рекомендуемой преподавателем учебной литературе, в подготовке к лабораторному практикуму, в выполнении домашнего задания выданного на практических занятиях, в широком использовании информационных технологий для выполнения поставленной задачи. Для облегчения самостоятельной работы студентов, наряду с основной рекомендованной и дополнительной литературой, изданы учебные пособия.

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 50%, от общего количества часов, в том числе и подготовка к зачету. Она необходима для более глубокого усвоения изучаемого курса, формирования навыков исследовательской работы и умения применять теоретические знания на практике. Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: экспресс-опрос, проверка и анализ результатов исследований и т.д. Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к лабораторно-практическим работам;
- оформлении лабораторно-практических работ (расчет навесок, заполнение таблиц, графиков, написание выводов);
- обобщение результатов и подготовка отчета о выполненной работе;

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	40		
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	20		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	60		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	-		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	80		
подготовка к зачёту	16		
Итого СРС:	216		

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

7.1. Типовые контрольные вопросы.

Модуль 1. Сканирующая зондовая (СЗМ) микроскопия

1. Назначение основных компонентов СЗМ.
2. Виды датчиков и принципы их действия.
3. Пьезоэлектрический эффект 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 работа системы обратной связи. Критерии выбора параметров сканирования.

Модуль 2. Сканирующая туннельная (СТМ) микроскопия

8. Основные компоненты СТМ и их назначение. Принцип работы СТМ на примере туннельного контакта 2х проводников.
9. Устройство и принцип действия туннельного сенсора.
10. Режим постоянного тока и постоянной высоты. Применение V- и Z- модуляции.
11. Туннельная спектроскопия. Влияние направления туннелирования электронов на изображение поверхности кремния.
12. Факторы, определяющие качество изображения в СТМ.

Модуль 3. Атомно-силовая (АСМ) микроскопия

1. Зависимость силы взаимодействия от расстояния зонд-образец.
2. Основные режимы работы АСМ.
3. Способы детектирования силы в контактном режиме АСМ.
4. Принцип работы неконтактного АСМ.
5. Использование режима измерения фазового контраста при работе в неконтактном режиме АСМ.
6. Устройство и принцип действия неконтактного силового датчика прибора CPV.
7. Сканирующий зондовый микроскоп как инструмент для считывания и записи информации.
8. Физические основы зондовой нанотехнологии.
9. Сканирующая зондовая литография и её основные виды.
10. Особенности динамической силовой литографии на приборе NanoEducator.
11. Критерии выбора образцов для проведения динамической силовой литографии

Модуль 4. Получение нанопорошков с перовскитоподобной структурой

1. Физические и химические методы получения нанопорошков сложных оксидов.
2. Преимущества метода сжигания нитра-органических прекурсоров.
3. Особенности структуры купратного ВТСП YBCO. Сверхпроводящие плоскости. Псевдощель.
4. Диаграмма системы Bi_2O_3 и Fe_2O_3 . Побочные фазы
5. Проблема получения однофазного нанопорошка феррита висмута.
6. Особенности структуры феррита висмута. Пространственно – модулированная спиновая циклоида.
7. Антиферромагнитный и сегнетоэлектрический фазовые переходы.
8. Магнето-электрический эффект в феррите висмута.

Модуль 5. Получение наноструктурированной керамики и исследование структуры, морфологии и электрических свойств

1. Отличительные особенности методов горячего прессования и искрового плазменного спекания при синтезе керамики.
2. Особенности механических, тепловых и электрических свойств нанообъектов.
3. Методика исследования электросопротивления керамики 4х зондовым методом.
4. Методика исследования электросопротивления керамики при низких температурах на автоматизированной установке.
5. Метод комбинационного рассеяния и его возможности.

6. Методика оценки погрешностей экспериментальных результатов исследования.

Модуль 6. Изучение приборной базы для исследования электрических и оптических свойств материалов на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3 .

1. Принцип работы комплекса LCR – 78110G. Методика исследования электросопротивления (ёмкости, индуктивности, тангенса угла потерь, добротности, фазового сдвига) керамики на переменном токе.
2. Температурные и частотные зависимости проводимости нанокерамики на основе BiFeO_3 в интервале температур 25–500°C.
3. Механизм образования вакансий кислорода в нанокерамике на основе BiFeO_3 .

Модуль 7. Исследование электрических свойств полученных материалов

1. Полупроводниковый и металлический характер проводимости Степенной закон Джоншера, описывающий частотные зависимости проводимости в неупорядоченных структурах.
2. Уравнение Аррениуса для оценки энергии активации E_A .
3. Основные характеристики сверхпроводников. Эффект Мейснера.

Модуль 8. Модуль 8. Исследование оптических свойств наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3 ,

1. Особенности физических свойств наноразмерных материалов.
2. Учет размера зерен, влияния границ, тройных стыков на тепловые, оптические и электрические свойства наноструктурированных керамик.
3. Оптические характеристики. Край поглощения, ширина запрещенной зоны, энергия активации примесных центров.
4. Исследования спектров люминесценции и поглощения.

Модуль 9. Исследование термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ и BiFeO_3

1. Методика исследования термостимулированной проводимости.
2. Метод определения глубины залегания, концентрации ловушек и времени жизни носителей заряда на ловушке.
3. Перспективы использования метода ТСП для исследования наноструктурированных керамик.

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 лабораторных занятиях | __50__ бал. |
| ▪ выполнение домашних работ | __40__ бал. |

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- | | |
|------------------------------|-------------|
| ▪ устный опрос, тестирование | __40__ бал. |
| ▪ самостоятельная работа | __20__ бал. |
| ▪ лабораторная работа | __40__ бал. |

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса:

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

б) Основная литература:

1. Филяк М.М. Основные физические процессы в проводниках, полупроводниках и диэлектриках [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Филяк. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 134 с. — 978-5-7410-1188-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54132.html> (23.06.2021)
2. Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Ю.П. Солнцев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 336 с. — 978-5-93808-296-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67351.html>
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Ю.И. Головин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Машиностроение, 2012. — 656 с. — 978-5-94275-662-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>
4. Тарасова Н.В. Дисперсные системы. Дисперсионный анализ полидисперсных систем [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Н.В. Тарасова. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57594.html>
5. Физико-химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>
6. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 136 с. — 978-5-7996-1401-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68346.html>
7. В.К.Неволин - "Основы туннельно-зондовой нанотехнологии: Учебное пособие", Москва, МГИЭТ (ТУ), 1996, 91 с.
8. В.А.Быков, М.И.Лазарев, С.А. Саунин - Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности. // “Электроника: наука, технология, бизнес”, № 5,
9. с. 7 – 14 (1997).
10. С.А.Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с.
11. *Алымов М.И.* Порошковая металлургия нанокристаллических материалов. М.: Наука, 2007. - 169 с.
12. Консолидированные наноструктурные материалы / *А.В. Рагуля, В.В. Скороход.* Киев: Наукова думка, 2007.- 374 с.
13. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / *Р.З. Валиев, И.В. Александров.* М.: Академкнига, 2007. - 398 с.
14. Nanostructured materials: processing, properties and potential applications / Edited by Carl S. Koch. Noyes Publications, USA. 2002. - 612 p.
15. *Гегузин Я.Е.* Физика спекания. М.: Наука, 1967. 360 с.
16. Биокерамика на основе фосфатов кальция / *С.М. Баринов, В.С. Комлев.* М.: Наука, 2005. - 240 с.
17. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с.
18. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Изд-во «Машиностроение –1», 2003 – 112 с.

19. Получение нанопорошков $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ методами химической технологии: Учебно-методическое пособие/ Составители: Д.К. Палчаев, Ж.Х. Мурлиева, Ш.Ш. Хидиров, Ш.В. Ахмедов - Махачкала: Изд ДГУ, 2011. – 19с.
20. Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы: Учебное пособие (лабораторный практикум)/ А.М. Исмаилов, Р.А. Рабаданов, Ж.Х. Мурлиева, И.М. Шапиева - Махачкала: Изд ДГУ, 2012. – 51с.
21. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 1. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.К. Федотов. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2010. — 400 с. — 978-985-06-1918-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20161.html> (23.06.2021)
22. Перлин Е.Ю. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Ю. Перлин, Т.А. Вартанян, А.В. Федоров. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2008. — 217 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65343.html>
23. Плотников П.Г. Изучение полупроводников в курсе ФТТ [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Г. Плотников, Л.В. Плотникова. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 67 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66454.html>

в) дополнительная литература:

1. Тарасова Н.В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Н.В. Тарасова. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>
2. Нажипкызы М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р.Е. Бейсенов, З.А. Мансуров. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — 978-5-4486-0164-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
3. Прокофьева Н.И. Физические эффекты нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Прокофьева, Л.А. Грибов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — 978-5-7264-0745-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23754.html>
4. Рудской А.И. Нанотехнологии в металлургии [Электронный ресурс] / А.И. Рудской. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Наука, 2007. — 186 с. — 978-5-02-025312-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43970.html>
5. Дзидзигури Э.Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 71 с. — 978-5-87623-605-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56215.html>
6. Верещагина Я.А. Инновационные технологии. Введение в нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я.А. Верещагина. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 115 с. — 978-5-7882-0778-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61850.html>
7. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов НАНОМАТЕРИАЛЫ. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное посо-

- бие Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Уг-реша». Москва 2007- 125с
8. Морачевский А.Г., Воронин Г.Ф., Гейдерих В.А., Куценок И.Б. Электрохимические методы исследования в термодинамике металлических систем. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003
 9. Алымов М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
 10. Алымов М.И., Зеленский В.А. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов. - М.: МИФИ, 2005. – 52 с.
 11. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов/ Часть 2 МГУ им. М.В. Ломоносова Москва 2008 - 211с.
 12. Лабораторный практикум "Получение и исследование наносистем"/ С.В. Антоненко, И.Ю. Безотосный, Г.И. Жабрев, А.А. Тимофеев / Под ред. Г.И. Жабрева. – М.: МИФИ, 2007. – 72 с.
 13. Паринов И.А. Сверхпроводники и сверхпроводимость. Том 1. Получение и эксперимент [Электронный ресурс]: словарь-справочник / И.А. Паринов. — Электрон. текстовые данные. — Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2008. — 714 с. — 978-5-9275-0462-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47124.html>
 14. Кашкаров П.К., Тимошенко В.Ю.. Оптика твердого тела и низкоразмерных структур. М., Пульс, 2008, 292 с.
 15. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М., Издательство: Лань. 2010. 392 с.
 16. Алешкин В.Я. Современная физика полупроводников/ Курс лекций. Нижний Новгород 2013. 132 с.
 17. Методы оптической спектроскопии./ под ред. Кулаковой И.И., Фёдоровой О.А./ Методическое пособие. – М.: МГУ, 2015, 117 с.
 18. Суздаев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М. «Либроком» 2009.

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

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 № 5783/19 от 01.10.2019 об оказании услуг по предоставлению доступа на электронно- библиотечную систему «ЭБС IPRbooks.ru» (бессрочно)
2. Доступ к электронной библиотеке на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
3. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Обновление согласно лицензионному соглашению № 844 от 01.08.2019 г. до 01.08.2024 . (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
12. 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.
13. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № Scopus/ № Scopus /73 от 9 октября 2019 годаг. Договор действует с момента подписания (*доступ будет продлен*).
14. Web of Science - 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*)
15. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных 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*)
16. 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*)
17. 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*)
18. Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор продлен с 04. 10. 21.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время заня-

тий:

- учебно-методические пособия;
- инструкции и описания к экспериментальным установкам;

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

Программное обеспечение: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор; интернет, E-mail.

Обработка экспериментальных результатов осуществляется с помощью специальных компьютерных программ.

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

Выполнение специального физического практикума осуществляется на базе НОЦ «Нанотехнологии». Первые два модуля – в лаборатории «Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия», оснащенной атомно-силовым микроскопом NTEGRA SPECTRA. Учебными атомно-силовыми микроскопами «Nanoeducator».

Третий, четвертый и пятый модули в технологическом участке с необходимыми реактивами, оснащенном вытяжкой и другим современным измерительным и технологическим оборудованием, в том числе магнитная мешалка и высокотемпературная печь; в лаборатории рентгено-дифракционных методов исследования («Empyreanseries 2» PANalytical); лаборатории рентгено-флуоресцентного анализа (сканирующий электронный микроскоп ASPEXExpress; спектрометр EDX 800 HS); лаборатории для исследования электросопротивления на установке, реализующей 4-х зондовый метод и метод кварцевого дилатометра (автоматизированная установка для исследования электросопротивления и теплового расширения при низких температурах).

С шестого по девятый модули – на специализированном оборудовании НОЦ «Нанотехнологии: монохроматоре МДР-41 и комплекса LCR – 78110G ». Обработка экспериментальных результатов – с помощью специальных компьютерных программ