



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальный физический практикум

Кафедра Физики конденсированного состояния и наносистем физического факультета

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Направленность (профиль) программы:
Физика наносистем

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

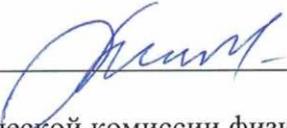
Махачкала, 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Специальный физический практикум» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки **03.04.02** – Физика, от 07 августа 2020г. № 914.

Разработчики - 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 «19» марта 2022г., протокол №7.

Зав. кафедрой  Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Специальный физический практикум» входит в *базовую* часть ОПОП *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			
1	108		28				80	зачёт
2	108		28				80	зачёт
3	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 ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<p>УК-3.1. Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели;</p> <p>УК-3.2. Организует и корректирует работу команды, в т.ч. на основе коллегиальных решений.</p> <p>УК-3.3. Разрешает конфликты и противоречия при деловом общении на основе учета интересов всех сторон 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. 	Устный опрос

<p>ОПК-2 Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики.</p>	<p>ОПК-2.1. Владеет навыками организации научно-исследовательской деятельности</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи. 	<p>Устный опрос</p>
	<p>ОПК-2.2. Способен находить и принимать решения, необходимые для решения поставленной задачи</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-2.3. Анализирует, интерпретирует, оценивает, представляет и защи-</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные приемы обработки и представления результатов выполненного 	<p>Устный опрос Тестирование</p>

	<p>щает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.</p>	<p>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.</p>	Коллоквиум
	<p>ОПК-2.4. Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования</p>	<p>Знает: - современные инновационные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств. Умеет: - предлагать новые методы научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению поставленных задач; - самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. Владеет: -навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования.</p>	Устный опрос

<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: - о необходимости прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Умеет: - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции;</p>	<p>Устный или письменный опрос</p>
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает: - варианты необходимых результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Умеет: - сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Владеет: - выбором возможных вариантов внедрения</p>	
	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: - области, где могут быть использованы результаты научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Умеет: - определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: - методами прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p>	

<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; Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки;</p>	<p>Устный опрос</p>	
	<p>ПК-4.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>	<p>Знает: -экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленных задач; Умеет -анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; Владеет: -адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках;</p>		
	<p>ПК-4.3. Анализирует и обобщает результаты научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники.</p>	<p>Знает: требования и области внедрения результатов современных научных разработок, актуальных для практического приложения Умеет: правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме</p>		

		<p>исследования;</p> <ul style="list-style-type: none"> - логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования в выбранной области и смежных с физикой науках; - современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности. 	
<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 самостоятельно анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: Методы исследований и обработки и анализа результатов испытаний и измерений, а также критерии выбора методов и методик исследований свойства исследуемых объектов Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; обобщать результаты патентного поиска; формировать предложения по внедрению результатов; участвовать в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; методом обобщения результаты выполняемых работ; выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	<p>Устный опрос</p>
	<p>ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.</p>	<p>Знает: Теоретические модели, позволяющие прогнозировать и как разрабатывать предложения по внедрению результатов. Умеет: Прогнозировать свойства исследуемых объектов и разрабатывать предложения по внедрению результатов. Владеет: Способностями разрабатывать предложения по внедрению результатов апробации теоретических моделей.</p>	

	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.</p>	<p>Знает: Свойства исследуемых объектов в целях формирования теоретических моделей как осуществлять сбор научной информации, представлять обзоры, аннотации, составлять рефераты.</p> <p>Умеет: Осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии.</p> <p>Владеет: Владеет способностями осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и 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: Процедуры защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p> <p>Умеет: Дискутировать по соответствующему предмету и Участвует в научных семинарах</p> <p>Владеет: Способностями выступать 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 физике конден-</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: Как проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов;</p> <p>Умеет: Проводить, обработку и анализ результатов испытаний и измерений.</p> <p>Владеет: Навыками проведения физических исследований с помощью современного оборудования</p>	<p>Устный опрос</p>

сированного состояния.	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	<p>Знает: Теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния. Умеет: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Владеет: Навыками проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.</p>	
	<p>ПК-6.3. 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>Знает: Критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов Умеет: Проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов а так же правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. 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>	

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 учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Форма текущего контроля успеваемости. (по неделям семестра.) Форма промежуточной аттестации (по неделям семестра)
			Лекции	Практич. занятия	Лаборн. занятия	.	Самост. работа	
Модуль 1. Получение нанопорошков с перовскитоподобной структурой								
1.	Метод сжигания нитра-органических прекурсоров. Расчет массы навесок неорганических (нитратов) и органических (глицин и глицерин) компонентов.	1			2		7	Опрос
2	Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с использованием глицина	1			3		6	Нанопорошки
3	Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с использованием глицерина.	1			3		6	Нанопорошки
4	Синтез нанопорошков $BiFeO_3$ с использованием глицина.	1			3		6	Нанопорошки
	Итого по модулю 1: 36 часов				11		25	Отчёт
Модуль 2. Получение образцов наноструктурированной керамики. Исследование ее структуры и морфологии								
1	Метод искрового плазменного спекания (ИПС). Экспериментальные установки и режимы.	1			2		8	Образцы керамики
2	Получение наноструктурированных керамик на основе $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ и $BiFeO_3$ из изготовленных порошков.	1			4		9	Результаты исследования
3	Изучение дифрактограмм, фазового состава и морфологии нанопорошков и нанокерамик $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ и $BiFeO_3$.	1			4		9	Результаты исследования
	Итого по модулю 2: 36 часов				10		26	Отчёт
Модуль 3. Изучение приборной базы для исследования электрических и оптических свойств материалов на основе $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ и $BiFeO_3$								

1	Изучение работы Спектрометрического комплекса на базе монохроматора МДР-41.	1			4		14	Опрос
2	Изучение принципа работы комплекса LCR – 78110G	1			3		15	
	Итого по модулю 6: 36 часов	<i>1</i>			7		29	
	Итого за семестр: 108 часа	1			28		80	Зачёт
Модуль 4. Сканирующая зондовая (СЗМ) микроскопия								
1	Изучение зондовой нанолaborатории (NTEGRA-SPECTRA). Основные компоненты сканирующей зондовой микроскопии. Конструкция зондового датчика туннельного тока и принцип его действия.	2			10		26	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 1: 36 часов	2			10		26	Отчет
Модуль 5. Сканирующая туннельная (СТМ) микроскопия								
	Туннельная спектроскопия. Принцип действия туннельного сенсора. Факторы, определяющие качество изображения.	2			10		26	
	Итого по модулю 2: 36 часов				10		26	Отчет
Модуль 6. Атомно-силовая (АСМ) микроскопия								
1	Основы атомно-силовой микроскопии. Контактный и неконтактный режимы АСМ. Фазовый контраст.	2			4		14	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
2	Сканирующая зондовая литография. Принцип работы прибора NanoEducator. Основы зондовой нанотехнологии	2			4		14	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 3: 36 часов	2			8		28	<i>Отчет</i>
	Итого за семестр: 108 часа	2			28		80	Зачет

Модуль 7. Исследование электрических свойств полученных материалов								
1	Исследования электросопротивления нанокерамики на основе BiFeO_3 при высоких температурах.	3			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	3			4		5	Результаты исследования
2	Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных нанопорошков на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.	3			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 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.	3			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	3			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 $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$								
1	Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$.	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 часов	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

Семестр 1.

Модуль 1. Получение нанопорошков с перовскитоподобной структурой

Тема 1. Метод сжигания нитрат-органических прекурсоров.

Тема 2. Синтез нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$.

Модуль 2. Получение наноструктурированной керамики и исследование структуры, морфологии и электрических свойств

Тема 1. Получение наноструктурированной керамики на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$ методом искрового плазменного спекания.

Тема 2. Изучение дифрактограмм и морфологии нанопорошков $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$ и нанокерамики керамики на их основе.

Модуль 3. Изучение приборной базы для исследования электрических и оптических свойств материалов на основе $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ и $BiFeO_3$.

Тема 1. 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 2. 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.

Семестр 2.

Модуль 4. Сканирующая зондовая (СЗМ) микроскопия

Тема 1. Получение и обработка СЗМ изображения.

Модуль 5. Сканирующая туннельная (СТМ) Микроскопия

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

Модуль 6. Атомно-силовая (АСМ) микроскопия

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

Тема 2. Сканирующая зондовая литография.

Семестр 3.**Модуль 7. Исследование электрических свойств полученных материалов**

Тема 1. Исследования электросопротивления нанокерамики на основе BiFeO_3 при высоких температурах.

Подготовка образцов, нанесение контактов из серебрясодержащей пасты.

Тема 2. Исследования электросопротивления нанокерамики BiFeO_3 на переменном токе. Построение температурных и частотных зависимостей проводимости. Оценка энергии активации E_A процесса проводимости.

Тема 3. Проверка эффекта Мейснера в нанокерамике на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$. Исследования электросопротивления этой керамики в интервале от азотных до комнатных температур.

Тема. 4. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров исходных и термообработанных прессованных нанопорошков на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$.

Тема. 5. 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. 1. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики BiFeO_3 .

Тема. 2. Исследования края поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесных центров нанокерамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$

Тема. 3. 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. 1. Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик на основе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$. Обработка результатов.

Тема. 2. Исследования термостимулированной проводимости наноструктурированных керамик BiFeO_3 . Обработка результатов.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС 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 обуча-

ющихся, 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 («Empyreanseries 2» PANanalytical);
- 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 культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности.

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.

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.

Семестр 1.

Модуль 1. 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 2. 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 нанобъектов.
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 3. 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 .

Семестр 2.

Модуль 4. 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 5. 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 6. 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.

Семестр 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 $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ 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.

7.2. 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 исследо-

- вательский 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, с. 7 – 14 (1997).
 10. С.А.Рыков - "Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур", СПб, Наука, 2001, 53 с.
 11. *Альмов 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 C. 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. Вартамян, 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 пособие Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша». 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. Суздальев 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 магистров по направлению **03.04.02 Физика:**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537 наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.

7. **Scopus.** Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
8. **Wiley Online Library.** Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
9. **Международное издательство Springer Nature**
10. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
11. **Журналы American Physical Society**
12. Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
13. **Журналы Royal Society of Chemistry.** База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
14. **Журнал Science (AAAS)** <http://www.sciencemag.org/>
15. **Единое окно** <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
16. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>
17. **Нэикон** <http://archive.neicon.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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

- 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, оснащенный 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); лабо-

ратории 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