



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем**

Кафедра Физики конденсированного состояния и наносистем физического факультета

Образовательная программа магистратуры  
**03.04.02 – Физика**

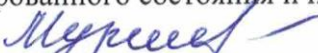
Направленность (профиль) программы:  
**Физика наносистем**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
дисциплина **вариативная**

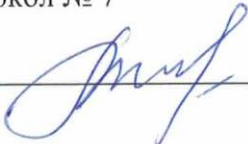
**Махачкала 2022 год**

Рабочая программа дисциплины «Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» от «07» августа 2020 г. № 914.

Разработчик: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,  
Мурлиева Ж.Х., д.ф.-м.н., профессор. 

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры физика конденсированного состояния и наносистем  
от 19.03.2022 г. протокол № 7


Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании Методической комиссии физического факультета  
от 23.03.2022 г. протокол № 7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

« 31 » 03 2022 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений 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, связанных с физикой наносистем, а именно с изучением особенностей механических, кинетических и магнитных свойств наноразмерных объектов и влияния поверхности частиц на эти свойства.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – УК-6; общепрофессиональных ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4; профессиональных – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и итоговый контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины **144** часа, **4** зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекц ии		Лабора торные занятия	Практические занятия					
<b>2</b>	<b>144</b>	<b>16</b>		<b>28</b>			<b>100</b>	<b>экзамен</b>

#### 1. Цели освоения дисциплины

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

В результате изучения данной дисциплины студенты приобретают знания о специфических особенностях физических свойств наносистем, характерные размерные особенности которых проявляются с уменьшением геометрических размеров частиц. Это особенно существенно, когда число атомов на поверхности наночастицы становится соизмеримым с числом атомов в ее объеме. В колебательных спектрах нанокристаллов эффекты размерного квантования проявляются как в области акустических, так и оптических колебаний. Изучение этого спецкурса будет способствовать формированию навыков при решении задач и постановке простейших экспериментов по исследованию свойств новых наноструктурированных материалов.

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем» вариативная, входит в блок **Б1.В.01.01** образовательной программы магистратуры по направлению **03.04.02– Физика**, профиль подготовки: «**Физика наносистем**».

Особенность программы состоит в фундаментальном характере изложения дисциплины не только с целью сообщения магистрантам определенной суммы конкретных сведений, но и для формирования у них базы общего естественно – научного мировоззрения и развития соответствующего способа мышления.

Для успешного изучения этого курса необходимы базовые знания математики, физики конденсированного состояния, атомной и квантовой физики, а так же общего курса химии. В условиях возросшей актуальности в разработке *технологии новых функциональных материалов с заданными свойствами*, в частности наноразмерных, необходимо изучение влияния размерных эффектов на механические и магнитные свойства, электропроводность, теплопроводность и др. свойства этих материалов.

Совокупность приобретенных знаний может быть полезной при создании и аттестации эксплуатационных характеристик новых конструкционных наноматериалов, в том числе ВТСП.

## 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-6. Способен определять и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.	<u>Знает:</u> Методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения, собственной деятельности; <u>Умеет:</u> Решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования; <u>Владеет:</u> Способностью расставлять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Устный опрос
	УК-6.2. Определяет	<u>Знает:</u>	

	<p>приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.</p>	<p>основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда;  <u>Умеет:</u>          Применять методики самооценки и самоконтроля;  <u>Владеет:</u>          технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик..</p>	
	<p>УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p><u>Знает:</u>          Основные принципы мотивации и стимулирования карьерного развития;  <u>Умеет:</u> находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития  <u>Владеет:</u>          способностью ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций</p>	
<p><b>ОПК-1</b>          Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления</p>	<p><b>ОПК-1.1.</b>          Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p><u>Знает:</u>          - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности          - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники;          - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики;  <u>Умеет:</u>          - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами</p>	<p>Письменный опрос</p>

педагогической деятельности		<p>педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</li> <li>- основами педагогики, для осуществления преподавательской деятельности.</li> </ul>	
	<p><b>ОПК-1.2.</b> Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы физики конденсированного состояния: основы зонной теории, физику металлов и полупроводников, механические, тепловые и магнитные свойства.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать фундаментальные знания в области физики конденсированного состояния при решении научно-исследовательских задач в области наносистем.</li> <li>- реализовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области физики наносистем</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области физики наносистем.</li> </ul>	
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности.</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности;</li> <li>- выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при</li> </ul>	

		необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> - специальными технологиями и методами для реализации преподавательской деятельности.	
<b>ОПК-3.</b> Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.	<b>ОПК-3.1.</b> Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.	<b>Знает:</b> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. <b>Умеет:</b> - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. <b>Владеет:</b> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.	Круглый стол
<b>ОПК-4.</b> Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	<b>ОПК-4.1.</b> Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	<b>Знает:</b> - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <b>Умеет:</b> - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <b>Владеет:</b> - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции.	Устный опрос
	<b>ОПК -4.2.</b> Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной	<b>Знает -</b> возможные варианты внедрения результатов исследований в область технологии получения материалов с заданными свойствами;	

	деятельности.	<u>Умеет:</u> определять ожидаемые результаты научных исследований; <b>Владеет:</b> - методами описания результатов научных исследований для их внедрения	
	ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	<u>Знает</u> - проблемы и современные тенденции в области применения наноматериалов с заданными тепловыми, механическими и магнитными свойствами; <u>Умеет:</u> применять основные подходы на базе последних достижений науки и техники к решению задач современной nanoиндустрии, <b>Владеет:</b> методами проведения оценки эффективности эксперимента и интерпретации его результатов.	
<b>ПК-3.</b> Способен организовать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области	<b>ПК-3.1.</b> Способен на основе знаний в области физики конденсированного состояния и наносистем определять содержание учебно- проектной деятельности обучающихся	<b>Знает:</b> содержание учебно- проектной деятельности обучающихся; <b>Умеет:</b> определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно- проектной деятельности; <b>Владеет:</b> способами организации учебно- проектной деятельности обучающихся учащихся.	Устный опрос
	<b>ПК-3.2.</b> Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в области физики конденсированного состояния и наносистем.	<b>Знает:</b> способы организации индивидуальной и коллективной учебно- проектной деятельности обучающихся в области физики конденсированного состояния и наносистем; <b>Умеет:</b> совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; <b>Владеет:</b> приемами разделения обязанностей и организации работы научного коллектива.	
	<b>ПК-3.3.</b> Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и	<b>Знает:</b> Основы планирования эксперимента и последовательность этапов организации индивидуальной и совместной учебно- проектной	



	проведения проектной и учебно-исследов. деятельности обучающихся.	деятельности. <b>Умеет:</b> организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся; <b>Владеет:</b> способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся.	
<b>ПК-5.</b> Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	<b>ПК-5.1.</b> Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в обл. фундаментальной физики.	<b>Знает:</b> Основы патентного поиска; <b>Умеет:</b> Проводить патентный поиск, используя электронные ресурсы; <b>Владеет:</b> Способом оформления результатов патентного поиска по заданной теме.	Устный опрос
	<b>ПК-5.2.</b> Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.	<b>Знает:</b> способы обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; <b>Умеет:</b> проводить испытания, и обработку результатов, для построения теоретических моделей; <b>Владеет:</b> навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	
	<b>ПК-5.3.</b> Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.	<b>Знает:</b> правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. <b>Умеет:</b> проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. <b>Владеет:</b> навыками поиска и анализа материала для составления рефератов и отчетов и библиографии	
	<b>ПК-5.4.</b> Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по	<b>Знает:</b> культуру научной дискуссии и способы представления научных результатов; <b>Умеет:</b> выступать с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований;	

	тематике проводимых исследований.	<u>Владеет:</u> ораторским искусством, умением вести дискуссию и отстаивать свое мнение.	
<b>ПК-6.</b> Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.	<b>ПК-6.1.</b> Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	<u>Знает:</u> Методы исследования физических свойств на современном оборудовании. <u>Умеет:</u> пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и теоретических исследований структуры и свойств наносистем; <u>Владеет:</u> методикой и основами анализа экспериментальной и теоретической информации полученных результатов.	Устный опрос
	<b>ПК-6.2.</b> Имеет представления о теории и методах физических исследований в физике конденсированного состояния и наносистем.	<u>Знает:</u> Теорию физических свойств материалов в конденсированном и наноструктурированном состоянии. <u>Умеет:</u> пользоваться современными методами для проведения экспериментальных и теоретических исследований структуры и свойств наносистем; <u>Владеет:</u> методами анализа экспериментальной и теоретической информации полученных результатов.	
	<b>ПК-6.3.</b> 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	<u>Знает:</u> Способы обработки результатов исследования физических свойств материалов, владеет пакетом стандартных математических программ. <u>Умеет:</u> пользоваться пакетом компьютерных программ и специального программного обеспечения: <u>Владеет:</u> методами обработки полученных результатов с помощью программ: Statistica Education, Mathcad Academic CorelDraw MS Excel	

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа в т.ч.	
<b>Модуль 1. Общие понятия и механические свойства наноструктур</b>							
1	Виды наноструктур. Функция распределения плотности состояний наноструктур. Учет влияния поверхности на размерные эффекты свойств нано материалов.	2	2	2		6	семинарское занятие
2	Формирование механических свойств в наноразмерных структурах.		2	4		7	семинарское занятие
3	Нормальный и аномальный Холл-Петч эффект.		2	4		7	семинарское занятие
<b>Итого по модулю 1: 36 часов</b>			<b>6</b>	<b>10</b>		<b>20</b>	
<b>Модуль 2. Кинетические свойства наноструктур</b>							
1	Формирование кинетических свойств наноструктур. Связь свойств наноструктурированных материалов с особенностями изменения межатомного расстояния Ангармонизм в наноструктурах.	2	2	4		6	семинарское занятие
2	Электросопротивление. Баллистическая проводимость.		2	4		6	семинарское занятие
3	Теплопроводность наноматериалов		2	4		6	контрольная работа
<b>Итого по модулю 2: 36 часов</b>			<b>6</b>	<b>12</b>		<b>18</b>	
<b>Модуль 3. Магнитные свойства наноструктур</b>							
1	Влияние поверхности на формирование магнитного порядка и температуру Кюри в классических 3d-металлах.	2	2	2		12	семинарское занятие
2	Суперпарамагнетизм. Гигантское магнетосопротивление. Магнитные свойства функциональных наноструктурированных матер.		2	4		14	коллоквиум

	<i>Итого по модулю 3: 36 часов</i>		4	6		26	
<b>Модуль 4.</b>							
	<b>Итоговый контроль знаний.</b>	2	Подготовка к экзамену			<b>36</b>	экзамен
	<b>Итого за дисциплину: 144 часа</b>		<b>16</b>	<b>28</b>		<b>100</b>	

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

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### *Модуль 1. Общие понятия и механические свойства наноструктур*

###### Тема 1. Виды наноразмерных структур.

Квантовые точки, квантовые нити. Классификация наноматериалов по структуре. Функция распределения плотности состояний наноструктур. Квантово-размерные эффекты в колебательных спектрах квантовых точек и нанокристаллах.

###### Тема 2. Механические свойства.

Общая характеристика механических свойств: прочность, твердость, ползучесть, трещиностойкость. Виды дефектов.

Тема 3. Особенности формирования механических свойств в наноразмерных структурах. Влияние границ. Размерная зависимость поверхностного натяжения. Нормальный и аномальный Холл-Петч эффект.

##### *Модуль 2. Кинетические свойства наноструктур*

Тема 1. Формирование кинетических свойств наноструктур. Связь свойств наноструктурированных материалов с особенностями изменения межатомного расстояния. Анггармонизм в наноструктурах.

###### Тема 2. Проводимость.

Электросопротивление. Баллистическая проводимость квантовых нитей..

###### Тема 3. Теплопроводность наноматериалов.

Особенности процесса теплопередачи в наноструктурированных материалах: керамике, углеродных нанотрубках.

##### *Модуль 3. Магнитные свойства наноструктур*

Тема 1. Влияние поверхности и искажений на магнитные свойства.

Влияние поверхности на формирование магнитного порядка и температуру Кюри в классических 3d-металлах.

Тема 2. Магнитные свойства функциональных наноструктурированных материалов. Магнитная однодоменность нанокластеров и наноструктур. Суперпарамагнетизм. Гигантское магнитосопротивление. Наноуглеродные ферромагнетики. Ферромагнитные жидкости.

##### 4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

##### *Модуль 1. Общие понятия и механические свойства наноструктур*

Тема 1. Учет влияния поверхности на размерные эффекты механических, термических и Размерное ограничение фононов. Энергия и химическая активность наночастиц.

Тема 2. Вклад зернограничного проскальзывания в общую долю деформации наноструктурированных материалов при комнатной температуре. Особенности поведения силы трения в наноструктурированных материалах.

Тема 3. Модели, качественно объясняющие степенной характер зависимости предела текучести от размера зерна на основе представлений об особенностях механизмов работы поверхностных или зернограничных дислокационных источников в процессе скольжения. Способы оценки размерной зависимости поверхностного натяжения зерен.

Тема 4. Методы атомно-силовой микроскопии и наноиндентирования для экспериментальных исследований механических свойств наночастиц и наноматериалов.

### **Модуль 2. Кинетические свойства наноструктур**

Тема 1. Термодинамика формирования кинетических свойств.

Термодинамика формирования кинетических свойств в наноразмерных структурах. Особенности потенциала межатомного взаимодействия в наночастицах, проявления ангармонизма. Расчет энергии образования вакансий в наноструктурах

Тема 2. Кинетические свойства.

Диффузия. Электросопротивление. Зависимость электросопротивления от диаметра нанопроволок. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Роль термической деформации в формировании кинетических свойств наноструктурированных материалов на примере металлических нанопроволок.

Тема 3. Особенности фононного спектра.

Особенности фононного спектра в наноразмерных структурах. Функция распределения частот в наночастицах. Теплопроводность наносистем. Влияние знака ангармонизма на теплосопротивление наноструктур. Особенности теплоемкости.

### **Модуль 3. Магнитные свойства наноструктур**

Тема 1. Однодоменность нанокластеров и наноструктур. Зависимость температуры Кюри и коэрцитивной силы от размера в наноструктурированных системах. Эффект Кондо. Магнитные фазовые переходы первого рода в наноструктурах. Расчет магнетосопротивления.

Тема 2. Связь температурной зависимости свойств наноструктурированных материалов с особенностями изменения межатомного расстояния.

Тема 3. Метаматериалы и их особенности и применение

Тема 4. Магнитные и электрические свойства наноструктурированных мультиферроиков на примере чистого и допированного феррита висмута.

Тема 5. Применение магнитных наноструктур с гигантским магнетосопротивлением в сенсорных элементах.

Тема 6. Методы получения и исследования наноматериалов. Атомно-силовая спектроскопия, оптические методы исследования наноструктур.

### **Модуль 4. Подготовка к экзамену.**

#### **5. Образовательные технологии**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентностного подхода дисциплины «Механические, кинетические и магнитные свойства наносистем» 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 процессе преподавания спецдисциплины применяются следующие традиционные образовательные технологии: вводная лекция, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Лекции сопровождаются представлением материалов виде презентаций, выходом на сайты, где представлены соответствующие иллюстрации и демонстрации для излагаемого материала. В плане реализации современных технологий используются: научная дискуссия и опережающая самостоятельная работа.

При проведении занятий используется аудитории, оснащенные современной компьютерной техникой: мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками, дискуссия), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин. В целом, в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 из 24 часов аудиторных занятий.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

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

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- подготовки к семинарам и контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- работы с периодическими изданиями – научными статьями и обзорами по теме;
- составление обзора по механическим, кинетическим и магнитным свойствам перспективных наноматериалов на основе публикаций из рейтинговых отечественных и зарубежных журналов.

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

#### **Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов**

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
<b>Текущая СРС</b>			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	<b>20</b>		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	<b>10</b>		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	<b>14</b>		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	<b>10</b>		
подготовка к экзамену	<b>36</b>		
<b>Творческая проблемно-ориентированная СРС</b>			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	<b>10</b>		
<b>Итого СРС:</b>	<b>100 часов</b>		

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

### 7.1. Типовые контрольные задания

*Примерные темы заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.*

1. Методы получения и виды наноструктурированных объектов и их особенности.
2. Критерии наноразмерности. Структура нанозерна. Ультрамелкие и мезозерна.
3. Чему равны координационные числа и число атомов, приходящиеся на одну ячейку для различных решеток?
4. Соотношение Холл-Петча для наночастиц.
5. Зависимость напряжения от деформации в нанометаллах и сплавах. Скольжение на границах. Явление сверхпластичности.
6. Природа границ зерен в наноматериалах. Методы управления их свойствами.
7. Диффузионная подвижность при деформации.
8. Влияние размера частиц на модули упругости, предел прочности, твердость.
9. Влияние размера частиц на энергию межатомного взаимодействия.
10. Особенности температур Дебая и плавления в наноматериалах.
11. Энергетический спектр фононов в наночастицах. Теплоемкость.
12. Причины, приводящие к снижению теплопроводности наноразмерных объектов.
13. Механизмы, приводящие к возрастанию электросопротивления наноразмерных материалов. Нанопроволоки .
14. Магнитные свойства наноматериалов.
15. Влияние размера частиц на размер доменов, температуру Кюри, коэрцитивную силу.
16. Суперпарамагнетизм.
17. Методы комбинационного рассеяния в исследовании свойств наноматериалов.
18. Метод магнитного кругового дихроизма в исследовании свойств наноматериалов.

### Примерные вопросы для промежуточного контроля

1. 0D-структуры. Нанокристаллы и нанокластеры.
2. 1D-структуры. Квантовые нити.
3. 2D-структуры. Тонкие пленки.
4. Нанотрубки. Углеродные нанотрубки, строение, методы получения и разделения. Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки.
5. Механические свойства углеродных нанотрубок. Электрофизические свойства углеродных нанотрубок.
6. Механические свойства. Повышение прочности нанокристаллических металлов. Дефектность вещества в нанокристаллическом состоянии.
7. Повышение пластичности керамических материалов в нанокристаллическом состоянии.
8. Фазовые переходы в нанокристаллическом состоянии, деформационные и пластические свойства наноматериалов.
9. Экситонные переходы в спектрах нанокристаллических полупроводников. Изменение ширины запрещенной зоны.
10. Оценка размеров наночастиц из спектральных данных.
11. Модель "частица в потенциальном ящике" для наноструктур "ядро в оболочке".
12. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера магнитной частицы. Переход в суперпарамагнитное состояние. Температура блокировки. Оценка размера наночастицы из данных по магнитной восприимчивости.
13. Магнитные свойства анизотропных наночастиц.

14. Применение наноматериалов. Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды.
15. Электронные механические системы (MEMS). Нейронные сети. Устройства для хранения информации. Каталитические систем.
16. Нанокompозитные материалы. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии. Способы защиты наночастиц от агрегации и внешних воздействий.
17. Нанокompозиты полимер-неорганическая наночастица. Наночастицы в неорганических матрицах. Биологические нанокompозитные материалы. Биомиметические подходы.

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

**Лекции**

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на лекциях – 5 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 30 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 10 баллов.

**Практические занятия**

- посещение занятий – 5 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 5 баллов,
- выполнение домашних работ – 10 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 10 баллов,
- выполнение контрольных работ – 20 баллов.

2. Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

**8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

- a) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

<http://cathedra.dgu.ru/Default.aspx?id=1503>

Адреса блогов: <http://jkafftt.blogspot.ru/> ссылка для студентов

<http://zhfft.blogspot.ru/> ссылка для студентов

**б) Основная литература:**

1. Алымов М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
2. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие Международного университета природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша». Москва 2007- 125с
3. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. М.:Мир, 2002. - 292 с.
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с.



1. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидунович. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2010. — 302 с. — 978-985-06-1783-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html>
2. Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс] : монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2016. — 192 с. — 978-5-98704-833-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66410.html>
3. Глущенко А.Г. Наноматериалы и нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Глущенко, Е.П. Глущенко. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75388.html>
4. Блесман А.И. Теоретические основы методов исследования наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Блесман, В.В. Даньшина, Д.А. Полонянкин. — Электрон. текстовые данные. — Омск: Омский государственный технический университет, 2017. — 78 с. — 978-5-8149-2506-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78478.html>
5. Илюшин В.А. Физикохимия наноструктурированных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Илюшин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 107 с. — 978-5-7782-2215-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45188.html>
6. Наноструктурные материалы - 2014. Беларусь - Россия - Украина (НАНО-2014) [Электронный ресурс] : материалы IV Международной научной конференции (Минск, 7-10 октября 2014 г.) / I.N. Anfimova [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2014. — 432 с. — 978-985-08-1762-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29586.html>

#### в) дополнительная литература:

1. Алымов М.И., Зеленский В.А. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов. - М.: МИФИ, 2005. — 52 с.
2. 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.
3. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 224 с.
4. Новиков А.Ф. Строение вещества [Электронный ресурс]: электронные оболочки атомов. Химическая связь. Конденсированное состояние вещества. Учебное пособие / А.Ф. Новиков. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 93 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68156.html>

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

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. *eLIBRARY.RU* [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. — Махачкала, г. — Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. — URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата

обращения 18.03.22)

3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, доступ свободный (дата обращения 18.03.22)
4. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
5. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Подготовка к семинарскому занятию включает закрепление и углубление теоретических знаний. В том числе: планирование самостоятельной работы, уяснение задания; подбор литературы; составление плана работы по пунктам.

Следующий этап – непосредственная подготовка к занятию – начинается с изучения рекомендованной литературы, т.к. на лекции рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Самостоятельная работа выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Во время самостоятельной работы обучающиеся должны изучать и конспектировать учебную, научную и справочную литературу, выполнять задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовиться к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

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

- презентации;
- тезисы лекций,
- ресурс электронных изданий по теме.

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

Программное обеспечение для лекций:

*Adobe Acrobat Reader, MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), средство просмотра изображений, табличный процессор, интернет, E-mail.*

Программное обеспечение для практических занятий:

1. *Statistica Education,*
2. *Mathcad Academic*
3. *CorelDraw*

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

1. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (интернет, интерактивная доска).
1. Практические занятия проводятся в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии», оснащенных современным технологическим и измерительным оборудованием. Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами для выполнения соответствующих курсовых и квалификационных работ. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий и т. д.