



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Диэлектрические и теплофизические свойства
наноструктурированных материалов**

Кафедра физика конденсированного состояния и наносистем физического факультета

Образовательная программа магистратуры
03.04.02 – Физика

Направленность (профиль) программы:
Физика наносистем

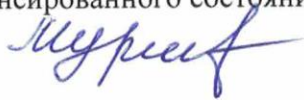
Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
дисциплина по выбору

Махачкала, 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Диэлектрические и тепловые свойства наноструктурированных материалов» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки **03.04.02 – Физика** от 07 августа 2020г. № 914.

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



Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедра физики конденсированного состояния и наносистем от «19» марта
2022 г., 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 2022 г.

/ Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов» входит в вариативную часть, по выбору Блока 1, образовательной программы магистратуры по направлению **03.04.02– Физика, профиль** подготовки: **Физика наносистем**.

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических свойств и структурных особенностей функциональных материалов, в том числе наноструктурированных систем, физической сущности явлений, происходящих в этих материалах при воздействии на них различных факторов, влияющих как на структуру, так и на 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, выступление на семинаре фронтальный опрос и промежуточной аттестации зачет.

Объем дисциплины **3** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий: **108** ч.

Се- местр	Учебные занятия						Форма проме- жуточной атте- стации зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе зачет		
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консультации			
2	108	16		14			78	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Основная цель данного курса состоит в том, чтобы магистры, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о структуре, физических свойствах и их связи в диэлектрических и наноструктурированных материалах при различных внешних воздействиях (температура, примеси и др.).

В лекциях будет обращаться внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться магистранты, при исследовании и интерпретации структуры и свойств диэлектрических материалов и наносистем.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов» входит в блок Б1.В.ДВ.03.01 образовательной программы ОПОП магистратуры по направлению **03.04.02– «Физика»**, профиля подготовки «**Физика наносистем**».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики функциональных материалов.

Магистры, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания в объеме знаний курса общей физики и физики конденсированного состояния и нано-

систем, квантовой механики, статистической физики, физики фазовых переходов. Данная дисциплина является базовой для дальнейшего изучения дисциплин: физические свойства диэлектрических и наноструктурированных материалов, а так же научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны современные представления о диэлектрических и теплофизических свойствах наноструктурированных материалов.

Знать: физическую сущность явлений, происходящих в объемных и наноструктурированных материалах в условиях производства и эксплуатации; взаимосвязь структуры материалов с их свойствами; области применения материалов;

уметь: оценивать поведение материала при воздействии на них различных эксплуатационных факторов; обоснованно выбирать материал;

владеть: навыками работы с приборами, позволяющими определять свойства и оценивать функциональные характеристики материалов.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-6. Способен определять и реализовывать 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.	Знает: Как оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания Умеет: Оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания Владеет: Методами оценки своих ресурсов и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания	Устный или письменный опрос
	УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.	Знает: Как определять приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям Умеет:	

		Определят приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям Владеет: Методами определения приоритетов профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям	
	УК-6.3. Выбирает и реализует, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.	Знает: Как выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков. Умеет: Выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков. Владеет: Методами выбора и реализации, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.	Устный или письменный опрос

	УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.	Знает: Как выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития. Умеет: Выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития. Владеет: Навыками выстраивания гибкой профессиональной траектории, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития	
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники; - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; Умеет: - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информа-	

		цию, выявлять естественную научную сущность проблем. - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.	
	ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.	Знает - фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач. Умеет: - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. Владеет: - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.	
	ОПК-1.3. Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности.	Знает: - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. Умеет: - применять специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности; - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. Владеет: - специальными технологиями и методами для реализации преподавательской деятельности.	
ОПК-3. Способен при- менять знания в	ОПК-3.1. Владеет основными методами	Знает: - современные принципы поиска, хранения, обработки, анали-	Устный или

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.	поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.	за и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. Умеет: - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. Владеет: - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.	письменный прос
	ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности..	Знает: - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. Владеет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.	
	ОПК-3.3. Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования	Знает: - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; - эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования.	

		Умеет: - разрабатывать эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. Владеет: - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач.	
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	Знает: - о необходимости прогноз 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;	Устный или письменный опрос
	ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.	Знает: - варианты необходимых результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Умеет: - выбирать сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; Владеет: - выбором возможных вариантов внедрения	

	ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	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;	
ПК-3. Способен участвовать в разработке основных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты в том числе при углубленном изучении учебных дисциплин.	ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно- проектной деятельности обучающихся	Знает: содержание учебно-проектной деятельности; Умеет: организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся. Владеет: Способностями и знаниями в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся	Устный или письменный опрос
	ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.	Знает: Демонстрирует знания и способности организовывать индивидуальную и совместную учебно- проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области. Умеет: совместно формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности; Владеет: Навыками организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся;	

	ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.	Знает: Как разрабатываются план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся. Умеет: Разрабатывать план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся. Владеет: Способами планирования и осуществления руководства действиями в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.	
ПК-5. Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.	ПК-5.1. Способен самостоятельно анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.	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.	Устный или письменный опрос
	ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.	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.	
	ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.	Знает: Свойства исследуемых объектов в целях формирования теоретических моделей как осуществлять сбор научной информации, представлять обзоры, аннотации, составлять рефераты. Умеет: Осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии. Владеет: Владеет способностями осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии	
	ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.	Знает: Процедуры защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований. Умеет: Дискутировать по соответствующему предмету и Участвует в научных семинарах Владеет: Способностями выступать с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.	
ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного	ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.	Знает: Как проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; Умеет: Проводить, обработку и анализ результатов испытаний и измерений. Владеет: Навыками проведения физических исследований с помощью современного оборудования	Устный или письменный опрос

состояния.	ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.	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.	
	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	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.	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

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

			Лекции	Практич. занятия	Лаб. за- нят.			Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Общие характеристики диэлектриков и наносистем								
1	Основные диэлектрические характеристики материалов, в том числе наноматериалов	1	2				7	Фронтальный опрос
2	Сегнетоэлектрики. Фазовые переходы и критические явления	1	2	2			12	семинарское занятие
3	Пьезоэлектрики, пьезоэлектрики, сегнеторелаксоры, мультиферроики	1	2				7	
<i>Итого: Модуль 1: 36 часов</i>			6	2			28	
Модуль 2. Энергетический спектр фононов.								
4	Энергетический спектр фононов. Анггармонизм колебаний решетки. Роль объема в формировании тепловых свойств	1	2	2			14	семинарское занятие
5	Тепловые свойства конденсированных сред. Тепловое расширение, теплоемкость, теплопроводность	1	2	2			14	Устный опрос
<i>Итого: Модуль 2: 36 часов</i>			4	4			28	
Модуль 3. Особенности формирования диэлектрических свойств в наносистемах								
6	Особенности формирования диэлектрических свойств в наноматериалах.	1	4	4			10	семинарское занятие
7	Особенности формирования тепловых свойств в наноматериалах.	1	4	4			10	семинарское занятие
<i>Итого: Модуль 3: 36 часов</i>			8	8			20	
Итого		108	16	14			78	Зачет

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1.

Тема 1. Структура и симметрия кристаллов.

Кристаллические и аморфные твердые тела. Базис и кристаллическая структура. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов.

Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

Тема 2. Фазовые переходы второго рода и критические явления.

Фазовые переходы второго рода. Структурные сегнетоэлектрические переходы. Магнитные фазовые переходы. Термодинамическая теория фазовых переходов. Флуктуационные эффекты и критические явления.

Тема 3. Пьезоэлектрики, пирозэлектрики

Модуль 2.

Тема 1. Колебания кристаллической решетки. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Фононы. Энергетический спектр фононов. Анггармонизм колебаний решетки. Роль объема в формировании тепловых свойств. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость.

Тема 2. Диэлектрические и магнитные свойства. Поляризация диэлектриков. Основные механизмы поляризации. Диэлектрическая проницаемость. Полярные материалы. Доменная структура, гистерезис. Намагниченность и восприимчивость.

Модуль 3.

Тема 5. Наноматериалы. Размерные эффекты. Квантовые размерные эффекты. Особенности формирования диэлектрических свойств в наноматериалах. Сегнеторелаксоры, мультиферроики. Диэлектрические свойства нанокристаллических соединений.

Тема 6. Физические свойства наноструктурированных диэлектрических материалов. Тепловые свойства (теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение) наноструктурированных диэлектрических материалов.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах. Основные диэлектрические характеристики материалов, в том числе наноматериалов.

Тема 2. Сегнетоэлектрики. Фазовые переходы и критические явления. Пьезоэлектрики, пирозэлектрики.

Тема 3. сегнеторелаксоры, мультиферроики

Модуль 2.

Тема 1. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

Тема 2. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики, антиферромагнетики. Природа ферромагнетизма. Роль обменного взаимодействия. Сегнетоэлектрические и ферромагнитные домены.

Модуль 3.

Тема 1. Особенности физических свойств в области фазовых переходов наноструктурированных диэлектрических материалах.

Тема 2. Особенности формирования тепловых свойств в наноматериалах. Связь между свойствами и особенностями структуры наноматериалов.

5. Образовательные технологии:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены лекции в сочетании с научными экспериментами на установках кафедры. Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра магистры решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов из 20 часов аудиторных занятий.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок. Для выполнения физического практикума по физике наносистем и подготовке к практическим (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

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

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов, академических институтов России и зарубежных ученых.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос и дискуссии на семинарских занятиях, проверка письменных работ и т.д.

Промежуточный контроль. В течение семестра студенты выполняют:

- повторение пройденного материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;

- написание курсовых работ по проблемам дисциплины «Физика наносистем».

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	22		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	20		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	20		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	6		
подготовка к экзамену (экзаменам)			
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	10		
Итого СРС:	78 часов		

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

7.1. Типовые контрольные задания и тесты

Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы

1. Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. Преобразования симметрии. Прямая и обратная решетки. Индексы Миллера. Работа с лекционным материалом.
2. Фазовые переходы второго рода. Термодинамическая теория Ландау. Особенности термодинамических свойств в области фазовых переходов. Структурные сегнетоэлектрические переходы. Сегнетоэлектрические фазовые переходы. Флуктуационные эффекты и критические явления.
3. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы. Классическая и квантовая теория теплоемкости твердого тела. Приближение Дебая. Тепловое расширение и теплопроводность твердого тела.
4. Поляризация диэлектриков и диэлектрическая проницаемость. Сегнетоэлектрики. Пироэлектрики. Пьезоэлектрики.
5. Намагниченность и магнитная восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Доменная структура сегнетоэлектриков и ферромагнетиков, доменные границы, гистерезис.
6. Основные диэлектрические характеристики материалов, в том числе наноматериалов. Роль объема в формировании тепловых свойств.

7. Квантовые размерные эффекты. Особенности формирования диэлектрических свойств в наноматериалах. Сегнеторелаксоры, мультиферроики. Диэлектрические свойства нанокристаллических соединений. Особенности физических свойств в области фазовых переходов наноструктурированных диэлектрических материалах.
8. Размерные эффекты. Наноструктуры и наноматериалы. Тепловые свойства (теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение) наноструктурированных диэлектрических материалов. Диэлектрические свойства нанокристаллических соединений. Особенности физических свойств в области фазовых переходов наноструктурированных диэлектрических материалах. Связь между свойствами и особенностями структуры наноматериалов.

Вопросы для текущей проверки знаний.

1. Кристаллическая решетка; элементы симметрии.
2. Решетки Браве. Базис кристаллической решетки.
3. Примитивная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца.
4. Кристаллографические направления и плоскости.
5. Обратная решетка.
6. Колебания линейных цепочек.
7. Общая классификация колебательных мод.; число различных мод; акустические и оптические колебания.
8. Закон Дюлонга и Пти. Область применения этого закона.
9. Понятие о функции распределения частот в твердом теле.
10. Колебания неидеальных решеток, локальные моды.
11. Квантование колебаний решетки; фононы.
12. Ангармонизм колебаний кристаллических решеток; распад и времена жизни фононов.
13. Основы теории Дебая теплоемкости твердых тел. Определение дебаевской температуры. Связь дебаевской температуры и скорости распространения волн в кристаллах.
14. Магнитные свойства веществ. Диамагнетизм и парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса.
15. Ферромагнетизм. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Магнитные домены. Антиферромагнетизм.
16. Сверхпроводимость. Основная феноменология. Эффект Мейсснера.
17. Высокотемпературные сверхпроводники.
18. Поляризация диэлектриков. Основные механизмы поляризации.
19. Диэлектрические потери.
20. Фазовые переходы в диэлектриках.
21. Сегнетоэлектрики. Спонтанная поляризация, сегнетоэлектрический фазовый переход. Доменная структура, гистерезис.
22. Пьезоэлектрики, пирозэлектрики, электреты.
23. Основные свойства неупорядоченных сред.
24. Наноструктуры. Размерные эффекты.
25. Методы получения нанопленок, нанотрубок и нанопорошков.
26. Атомно-силовая микроскопия.
27. Особенности теплофизических и диэлектрических свойств нанокерамических материалов.
28. Сегнетоэлектрики, мультиферроики.

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

петенций.**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

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.

а) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

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

б) Основная литература:

1. 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>
2. 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>
3. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева. — 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>
4. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 224 с.
5. Новые материалы / Под ред. Ю.С. Карабасова. М.: МИСИС, 2002.- 736 с.
6. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления
7. исследований / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. М.:Мир, 2002. - 292 с.
8. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / Р.З. Валиев, И.В. Александров. М.: Академкнига, 2007. - 398 с.
9. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 117 с.
10. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Изд-во «Машиностроение –1», 2003 – 112 с.

Дополнительная литература:

1. 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>
2. 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>

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.

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии». При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.

При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный проекционным оборудованием и интерактивной доской.