



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

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

Образовательная программа
03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:
Физика наносистем

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная по выбору

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Диэлектрические и тепловые свойства наноструктурированных материалов» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика, профиль подготовки «Физика наносистем» (уровень: магистратура) от «28» августа 2015 г. №913.

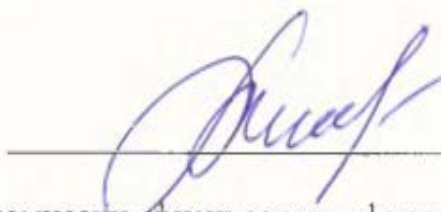
Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «22» 02 2020г., протокол № 6

Зав.кафедрой



Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «28» 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «23» 03 2020 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов» входит в Блок 1, вариативную часть – дисциплина по выбору, образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

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: *общепрофессиональных*: ОПК– 6; *профессиональных*: ПК–2, ПК–3.

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 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий: 72 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			
А	72	8		10			54	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 обращать 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.7.1.** образовательной программы (ФГОС ВО) 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 наносистем, квантовой механики, статистической физики, физики фазовых переходов. Данная

дисциплина является базовой для дальнейшего изучения дисциплин: физические свойства диэлектрических и наноструктурированных материалов, а также научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны 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 компетенции из ФГОС ВО	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК – 6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	Знать: • современные представления об особенностях фазовых состояниях; • модели формирования структуры и свойств наноструктурированных диэлектрических материалов; • основные особенности электрических, тепловых, магнитных свойств диэлектрических материалов; • разнообразные практические приложения. Уметь: • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики твёрдого тела и функциональных материалов; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физике функциональных материалов; • проводить научные исследования в области физики конденсированных сред с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. Владеть: • методами исследования диэлектриче-

		ских и наноструктурированных материалов; • методами термодинамических расчетов и анализа экспериментальных результатов; • навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.
ПК-2	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Знать: • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики функциональных и наноструктурированных материалов; • методики получения функциональных материалов; Уметь: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики функциональных и наноструктурированных материалов; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования функциональных и наноструктурированных материалов. Владеть: • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики функциональных и наноструктурированных материалов; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики функциональных и наноструктурированных материалов; • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК-3	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно – инновационных исследованиях и инженерно –	Знать: • инновационные методы исследований структуры и свойств наноструктурированных материалов и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой;

	технологической деятельности.	- что востребовано практикой на текущий момент и как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. Уметь: - самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта Владеть: - техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов, - методами термодинамических расчетов и анализа, - владеть знаниями, необходимыми для решения научно-инновационных задач физики наноструктурированных систем
--	-------------------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

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

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистров и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Контроль	самостоятельная раб.	
Модуль 1								
1	Структура и симметрия кристаллов	А	1	1	1		6	Фронтальный опрос
2	Фазовые переходы и критические явления. Сегнетоэлектрические и магнитные фазовые переходы.	А	2	1	2		6	семинарское занятие

3	Колебания кристаллической решетки. Тепловые свойства твердых тел.	A	3	1	1		5	семинарское занятие
4	Диэлектрические и магнитные свойства. Сегнетоэлектрики, магнетики.	A	4	1	1		5	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа			5			2		контрольная работа
Всего за модуль				4	5	2	22	
Модуль 2								
5	Нanomатериалы. Размерные эффекты. Методы получения наноматериалов	A	6,7	1	1		10	семинарское занятие
6	Методы исследования морфологии, структуры и свойства наноматериалов.	A	7-8	1	2		9	семинарское занятие
7	Физические свойства наноструктурированных диэлектрических материалов. Сегнеторелаксоры, мультиферроики.	A	9	2	2		9	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа			9			2		контрольная работа
Всего за модуль				4	5	2	28	
Итого				8	10	4	50	зачет

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

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.

Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

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. Колебания кристаллической решетки. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Фононы.

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю.

Тепловое расширение твердых тел. Анггармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

Тема 4. Диэлектрические и магнитные свойства.

Поляризация диэлектриков. Основные механизмы поляризации. Диэлектрическая проницаемость. Полярные материалы. Доменная структура, гистерезис.

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики, антиферромагнетики. Природа ферромагнетизма. Роль обменного взаимодействия. Ферромагнитные домены.

Модуль 2.

Тема 5. Наноматериалы. Размерные эффекты. Методы получения наноматериалов.

Наноструктуры. Квантовые размерные эффекты. Методы получения наноструктур и нанокристаллических материалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазный синтез, механосинтез, химический синтез, осаждение из коллоидных растворов и др.

Тема 6. Методы исследования морфологии, структуры и свойства материалов.

Атомно-силовая и туннельная микроскопия, электронная микроскопия, дифракционный метод. Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллитов.

Тема 7. Физические свойства наноструктурированных диэлектрических материалов.

Сегнеторелаксоры, мультиферроики. 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.

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.

Промежуточный контроль. В течение семестра магистры выполняют:

- повторение пройденного материала;
 - подготовка к лабораторно-практическим работам;
 - оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
 - подготовки к контрольным работам;
 - выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание курсовых работ по проблемам дисциплины "Диэлектрические, теплофизические свойства и фазовые переходы наноструктурированных материалов"

Итоговый контроль. Зачет в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-6	Знать: • современные представления о фазовых равновесиях в конденсированных системах • модели формирования структуры и свойств функциональных материалов • основные особенности электрических, тепловых, магнитных свойств функциональных материалов, • разнообразные практические приложения. Уметь: • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики и технологии функциональных материалов; • применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по физики и технологии функциональных материалов; • проводить научные исследования в области физики и технологии функциональных материалов с помощью современной приборной (в том числе сложного физического оборудования) и технологической базы и	Устный опрос, письменный опрос

	информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. Владеть: • технологиями получения наносистем и функциональных материалов, • методами исследования наносистем и функциональных материалов, • навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.	
ПК-2	Знать: • теоретические основы, основные понятия, законы и модели общей физики; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии функциональных материалов; • физические основы технологии функциональных материалов; Уметь: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики функциональных материалов; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике функциональных материалов; • пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования функциональных материалов. Владеть: • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии функциональных материалов; • экспресс анализом и диагностическими методами исследования функциональных материалов; • методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики функциональных материалов. • владеть разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	Устный опрос, письменный опрос
ПК-3	Знать: • как строить и использовать простейшие модели при разработке технологии соответствующих функциональных материалов; • инновационные методы исследований структуры и свойств функциональных материалов и как решаются задачи по интерпретации связи свойств со структурой. • что востребовано практикой на текущий момент и	Устный опрос, письменный опрос

	как решать научно – инновационные задачи и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности Уметь: - самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований в области физики наносистем и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта - получать наносистемы и композиционные материалы, с заданными физическими свойствами - генерировать идеи по разработке эффективных технологий синтеза и спекания, а также и их оптимизации, Владеть: - техникой экспериментальных исследований структуры и свойств материалов, - методами термодинамических расчетов реакций при формировании соответствующих функциональных структур, - Экспресс анализом, полученных материалов - владеть знаниями, необходимыми для решения - научно-инновационных задач физики наносистем	
--	--	--

7.2. 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. Магнитные 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, гистерезис.
6. Размерные эффекты. Наноструктуры и наноматериалы.
7. Методы синтеза наноструктур и наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазный синтез, механосинтез, химический синтез, осаждение из коллоидных растворов и др.
8. Методы исследования морфологии и структуры наноматериалов: атомно-силовая и туннельная микроскопия, электронная микроскопия, дифракционный метод и др.
9. 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. Прimitivesкая 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.

Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля

1. Какое из следующих выражений соответствует условию дифракции Брэгга в обратном пространстве:

$$1) 2d \sin Q = n\lambda \quad 2) \vec{G} = h\vec{a}^* + k\vec{b}^* + l\vec{c}^* \quad 3) \vec{c} \Delta \vec{k} = 2aI \quad 4) 2\vec{k}\vec{G} + G^2 = 0$$

$$5) |\vec{G}| = \frac{2\pi}{d_{hkl}}.$$

- 2) Какое из следующих выражений соответствует формуле Брэгга, при выполнении которого возникает интерференционный максимум:
- 1) $|\vec{G}| = \frac{2\pi}{d_{hkl}}$ 2) $\vec{G} = h\vec{a}^* + k\vec{b}^* + l\vec{c}^*$ 3) $\vec{c} \Delta \vec{k} = l\lambda$ 4) $2\vec{k}\vec{G} + G^2 = 0$ 5) $2d \sin Q = n\lambda$.
- 3) Как ориентирован вектор обратной решетки $\vec{G} = h\vec{a}^* + k\vec{b}^* + l\vec{c}^*$ относительно плоскости (h k l):
 1) перпендикулярен 2) параллелен 3) направлен под углом
 4) лежит на плоскости (h k l) 5) среди ответов а-г нет правильного.
- 4) Чему равно расстояние между плоскостями (111) в кубической решетке с параметром a :
 1) a 2) $a/\sqrt{2}$ 3) $2a$ 4) $a/\sqrt{3}$ 5) $3/2a$.
- 5) Число ближайших соседей, окружающих данный атом в кристалле, называют:
 1) символом узла; 2) числом состояний; 3) плотностью состояний;
 4) числом Лоренца; 5) координационным числом.
- 6) Кристаллическая решетка не может иметь ось симметрии:
 1) четвертого порядка; 2) второго порядка; 3) третьего порядка;
 4) пятого порядка; 5) шестого порядка.
- 7) Конечная величина теплопроводности твердых тел обусловлена:
 1) процессами переброса или U – процессами
 2) нормальными или N – процессами
 3) N- и U - процессами одновременно
 4) рассеянием электронов на фононах
 5) рассеянием электронов на примесях и дефектах.
- 8) Физический смысл температуры Дебая Q_D в том, что при этой температуре:
 1) частота $\omega_D = \frac{k_0 Q_D}{\hbar}$ имеет порядок минимальной частоты фононов
 2) тепловая энергия $k_0 Q_D$ равна минимальной энергии одного кванта колебаний решетки
 3) тепловая энергия $k_0 Q_D$ равна максимальной энергии одного кванта колебаний решетки
 4) тепловая энергия $k_0 Q_D$ равна средней энергии одного кванта колебаний решетки.
- 9) В цепочке, состоящей из атомов двух сортов, возможны два типа колебаний с одной и той же длиной волны – акустические и оптические. При этом:
 1) во всех модах колебания соседних атомов цепочки происходят в противофазе
 2) для акустических мод колебания соседних атомов цепочки происходят в противофазе, для оптических мод – в фазе
 3) во всех модах колебания соседних атомов цепочки происходят в фазе
 4) для акустических мод колебания соседних атомов цепочки происходят в фазе, для оптических мод – в противофазе;
 5) среди ответов а-г нет правильного.
- 10) При учете ангармонизма колебаний тепловое расширение твердых тел связано с тем, что при повышении температуры:
 1) увеличивается амплитуда колебаний атомов, а среднее расстояние между ними остается неизменным
 2) увеличивается не только амплитуда колебаний атомов, но также происходит увеличение средних расстояний между ними
 3) увеличивается среднее расстояние между атомами при неизменной амплитуде их колебаний
 4) амплитуда колебаний атомов и среднее расстояние между ними не изменяются

- 5) амплитуда колебаний атомов уменьшается, а среднее расстояние между ними возрастает.
- 11) Какое из приведенных выражений соответствует теплоемкости решетки при низких температурах по модели Эйнштейна:
- 1) $C = 3Nk_0 \frac{\hbar\omega}{k_0T} e^{-\frac{\hbar\omega}{k_0T}}$ 2) $C = \frac{12}{5}\pi^4 Nk_0 \frac{T}{Q}$ 3) $C = \frac{9}{2}Nk_0$
- 4) $C = \frac{\pi^2}{2}Nk_0 \frac{k_0T}{E_F}$ 5) $C = 3Nk_0$.
- 14) В объемном кристалле для каждого значения волнового вектора k имеет место три моды колебаний:
- 1) одна из них T соответствует поперечной, а две другие L_1 и L_2 – продольным волнам;
- 2) одна из них L соответствует продольной, а две другие T_1 и T_2 – поперечным волнам;
- 3) все три моды являются поперечными T_1 , T_2 и T_3 ;
- 4) все три моды являются продольными L_1 , L_2 и L_3 .
- 15) Кванты энергии колебаний решетки называются:
- 1) фононами 2) фотонами 3) магнонами 4) экситонами 5) плазмонами.

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

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

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

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __ 10 __ бал.
- активное участие на лекциях __ 15 __ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60 __ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __ 15 __ бал.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:
(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __ 10 __ бал.
- активное участие на практических занятиях __ 15 __ бал.
- выполнение домашних работ __ 15 __ бал.
- выполнение самостоятельных работ __ 20 __ бал.
- выполнение контрольных работ __ 40 __ бал.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Литература

Основная:

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 па: <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>

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика ков <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 Росаккредитования (<http://www.fepo.ru/>)

Интернет-ресурсы

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека лайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ к электронной библиотеке на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания(доступ будет продлен).
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
14. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному

договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. (*доступ будет продлен*)
16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных – диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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

- рабочие тетради магистров;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по физике газового разряда;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа магистров:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование кинетических процессов в плазме объемного разряда;

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.
- 3.

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 последующем в лабораториях при проведении Специального физического практикума (Б1.Б2) в 10 (А) семестре. При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.
2. При изложении теоретического материала используется лекционная аудитория, оснащенная проекционным оборудованием и интерактивной доской. Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения специального физического практикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копий периодических изданий и т. д.