



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

*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Ангармонические эффекты в конденсированных средах**

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа  
**03.03.02 – Физика**

Профиль подготовки:  
**Фундаментальная физика**

Уровень высшего образования:  
**Бакалавриат**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**по выбору**

**Махачкала, 2021**

Рабочая программа дисциплины «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, профиль подготовки: Фундаментальная физика от «\_7\_» августа 2020 г., № 891.

Разработчик: Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,

Палчаев д.ф.-м.н., профессор



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

/: Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х. .

Утверждена на заседании методической комиссии физического факультета от «\_30\_» июня 2021 г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «\_9\_» июля 2021 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» входит в вариативную часть, по выбору Блока 1 образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02– Физика.

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением природы кинетических свойств, термической деформации, в том числе отрицательной, установления вкладов эффекта ангармонизма в формирование свойств конденсированных сред, а также дать знания, необходимые для оценок этих вкладов и в каких вопросах нельзя пренебрегать этим эффектом.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общекультурных* (ОК-7); *общепрофессиональных* ОПК– 2; *профессиональных* ПК-1, ПК–2, ПК–5.

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, промежуточный контроль и пр. и в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- мestr	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
<b>7</b>	<b>108</b>	<b>34</b>		<b>34</b>			<b>4</b>	<b>экзамен</b>

#### 1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» является одним из цикла специальных курсов, читаемых для студентов по направлению «Физика» на кафедре физики конденсированного состояния и наносистем Даггосуниверситета в 7 семестре. Основная цель спецкурса заключается в том, чтобы раскрыть природу кинетических свойств, термической деформации, в том числе отрицательной, установить вклады эффектов ангармонизма в формирование других свойств, а также дать знания, необходимые для оценок этих вкладов и связи кинетических свойств с термической деформацией конденсированных сред.

При этом будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться бакалавры, при исследовании и интерпретации различных свойств с учетом эффекта ангармонизма

#### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина **Б1.В.ДВ.02.04.** «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» входит в вариативную часть блока 1 и является дисциплиной по выбору образовательной программы ФГОС ВО – бакалавриата по направлению 03.03.02– «Физика» (профиль – фундаментальная физика).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики колебаний атомов кристаллической решетки.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения о принципе формирования свойств соответствующих конденсированных сред, уметь создавать и анализировать теоретические модели явлений, характеризующих равновесные и неравновесные свойства. Иметь базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, проводить измерения и расчеты ангармонических характеристик.

Данная дисциплина является базовой для изучения равновесных, кинетических и нелинейных неравновесных свойства конденсированных сред.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны освоить основы физики наносистем и современные представления о фазовых равновесиях в конденсированных системах.

**Знать:** суть эффекта ангармонизма колебаний кристаллической решетки; физические основы ангармонизма колебаний атомов и значимость этого эффекта в формировании свойств конденсированных сред; свойства конденсированных сред обусловлены эффектом ангармонизма колебаний атомов в среднем по решетке.

**Уметь:** решать задачи связанные с интерпретацией свойств с учетом ангармонизма; анализировать базовую информацию в области физики явлений обусловленных ангармонизмом колебаний решетки атомов; применять полученные знания при решении задач по учету ангармонизмом колебаний;

**Владеть:** экспериментальной и теоретической информации, позволяющей учитывать ангармонизм колебаний решетки атомов; знаниями явлений непосредственно связанных с ангармонизмом колебаний решетки атомов; методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств, определяемых ангармонизмом колебаний.

<b>Код и наименование компетенции из ОПОП</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии ОПОП)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Процедура освоения</b>
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности</li> <li>- тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научнотехническую 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</li> </ul>	Устный опрос и письменный опрос

		естественнонаучную сущность проблем.	
	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики;</li> <li>- новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</li> </ul> <p>Владеет:</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 профессиональной деятельности.</li> </ul>	
	ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценить эффективность выбранного метода.</li> </ul>	
ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, об-	ОПК-2.1. Выбирает или самостоятельно формулирует тему исследования, составляет програм-	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники.</li> <li>- принципы планирования экспериментальных исследований для решения по-</li> </ul>	Устный опрос и письменный опрос

<p>рабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>му исследования.</p>	<p>ставленной задачи. Умеет: - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. Владеет: - навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи.</p>	
	<p>ОПК-2.2. Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования.</p>	<p>Знает: - современные инновационные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств. Умеет: - предлагать новые методы научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению поставленных задач; - самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. Владеет: -навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования</p>	
	<p>ОПК-2.3. Анализирует, интерпретирует, оценивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.</p>	<p>Знает: - основные приемы обработки и представления результатов выполненного исследования; - передовой отечественный и зарубежный научный опыт и достижения по теме исследования. Умеет: - использовать основные приемы обработки, анализа и представления экспериментальных данных; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по выполненной работе. Владеет: - навыками обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе.</p>	

<p>ПК-10 Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.</p>	<p>ПК-10.1. Владеет специальными знаниями в области квантовой теории.</p>	<p>Знает: - основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки.</p> <p>Умеет: - объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем.</p> <p>Владеет: - навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</p>	<p>Устный опрос и письменный опрос</p>
<p>ПК-10.2. Владеет специальными знаниями в области теоретической механики и электродинамики</p>	<p>Знает: - основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек; основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета; колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики; законы и принципы аналитической механики, электродинамики; движение материальной точки при больших скоростях; основные уравнения гидродинамики и электродинамики.</p> <p>Умеет: - объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью</p>		

		<p>законов и методов теоретической механики и электродинамики; определить какие законы описывают данное явление или эффект; использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области теоретической механики и электродинамики.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-основными физическими законами и принципами использования теоретической механики и электродинамики в практических приложениях; методами использования основных методов теоретического анализа для решения естественно-научных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</li> </ul>	
	<p>ПК-10.3. Применяет методы математической физики для постановки и решения задач в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений математической физики.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений математической физики.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.</li> </ul>	<p>Устный опрос и письменный опрос</p>
	<p>ПК-10.4. Способен использовать основные методы теоретической физики.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные этапы развития и возникновения теоретической физики, об ученых, внесших основной вклад в развитии теоретической физики; основные законы и методы теоретической физики; возможности применения этих законов и методов для освоения, изучения дисциплин, как квантовая механика, термодинамика, статфизика и т.д.; основные стандарты, формы, правила составления научной документации и их отдельные особенности.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- критически оценивать следствия тех</li> </ul>	



		или иных решений, открытий в теоретической физике, на дальнейший ход развития науки в целом; применять знания, полученные при изучении теоретической физики, для решения конкретных физических задач; разработать вариант решения различных задач смежных дисциплин на основе законов теоретической физики; написать статьи, доклады для выступления на различных форумах, заседаниях, семинарах. Владеет: - возможностью применять методы теоретической физики, ход и историю развития теоретической физики для формирования общих взглядов на характер науки, научных исследований; типовыми методологиями, приемами, технологиями, применяемыми при написании, составлении обзоров проведенных научных исследований; существующими методами, законами теоретической физики, которые можно применить для решения задач в различных областях человеческой деятельности	
ПК-11 Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества	ПК-11.1. Базовые теоретические знания по физике конденсированного состояния из фундаментальных разделов общей и теоретической физики;	Знает: - типы связей в конденсированных средах, классификацию веществ – металлы полупроводники и диэлектрики; связь структуры и свойств конденсированных сред; диаграммы состояния многоатомных материалов. Умеет: - оценивать тип связи в конденсированных средах согласно их классификации – металлы полупроводники и диэлектрики; строить бинарные диаграммы состояния материалов. Владеет: - знаниями об энергии взаимодействия между атомами для различных типов связей; знаниями по расшифровке диаграмм состояния многоатомных материалов.	Устный опрос и письменный опрос
	ПК-11.2. Физические основы и природа кристаллических классов и пространственных групп.	Знает: - принципы формирования структуры и элементы кристаллофизики: типы кристаллических решеток; сингонии; плотность упаковки элементарных ячеек; виды дефектов в кристаллах; методы дифракционного анализа. Умеет:	

		<p>-определять типы кристаллических решеток, 40 40 направления и плоскости решеток; определять элементы симметрии; плотность упаковки элементарных ячеек; расшифровывать результаты дифракционного анализа.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями об идеальных и реальных структурах; методами определения направления и плоскости решеток, а также элементов симметрии; методами оценки плотности упаковки элементарных ячеек; методами дифракционного анализа.</li> </ul>	
	<p>ПК-11.3. ной работы Современные представления о формировании физических свойств конденсированных сред</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование зарядовых возбуждений и их релаксацию; процессы формирования равновесных и транспортных свойств; температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред; связь структуры с механическими электрическими, тепловыми, магнитными и оптическими свойствами.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать параметры зарядовых возбуждений и их релаксации при формировании транспортных свойств; интерпретировать температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами оценки параметров температурных зависимостей механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред по экспериментальным данным; методами теоретической оценки параметров механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств; процессов формирования равновесных и транспортных свойств; методами интерпретации связи структуры с механическими электрическими, тепловыми, магнитными, и оптическими свойствами.</li> </ul>	
	<p>ПК-11.4. Особенности свойств в монокри-</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физику отличительных особенностей формирования свойств в моно- и микрорешетчатых, керамических и на-</li> </ul>	

	сталлических, керамических и нано материалах	но материалах. Умеет: получать монокристаллические, керамические и наноматериалы. Владеет: - технологиями получения и исследования свойств монокристаллических, керамических и нано материалов.	
--	--	---	--

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

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

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельн. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. занят.	Контроль сам. раб		
<b>Модуль 1</b>									
1	Гармонический осциллятор - простейший аналог колебаний атомов. Комплексное представление гармонических колебаний. Периодические негармонические колебания. Затухающие колебания и обоснование понятия времени релаксации.	9	1-3	5	5				Фронтальный опрос
2	Ангармонический осциллятор – реальный аналог колебаний атомов. Квантовый гармонический осциллятор. Квантовый ангармонический осциллятор. Положительная и отрицательная термическая деформации. Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия.	9	3-5	5	5				семинарское занятие
3	Потенциал межатомного притяжения, восстановленный по данным изобарной термической деформации. Положительная и отрицательная тер-	9	6-9	7	7				семинарское занятие

	мическая деформации. Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия.									
	Рубежная контрольная сам. работа		10					2	контрольная работа	
	Всего за модуль			<b>17</b>	<b>17</b>			<b>2</b>		
<b>Модуль 2</b>										
4	Роль ангармонизма колебаний атомов при формировании равновесных и неравновесных свойств веществ. Интерпретация закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе феноменологической теории.	9	10-12	5	5				семинарское занятие	
5	Характеристические фононные тепло- и электро-сопротивления (микроскопическая расшифровка), определяемые верхним пределом ангармонизма. Связь параметра порядка с термической деформацией	9	12-14	5	5				семинарское занятие	
6	Анализ результатов теоретической интерпретации свойств твердого тела в гармоническом и квазигармоническом приближениях. Количественные соотношения между кинетическими параметрами рассеяния электронов и фононов и изобарной термической деформацией.		15-17	7	7					
	Рубежная контрольная сам. работа		17					2	контрольная работа	
	Всего за модуль			<b>17</b>	<b>17</b>			<b>4</b>		
<b>Модуль 3.</b>										
<b>Итоговый контроль знаний. Экзамен.</b>		А	Подготовка к экзамену					Экзамен		
<b>Итого: 108ч.</b>				<b>3</b>	<b>34</b>			<b>4</b>	<b>36</b>	
				<b>4</b>						

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

#### Модуль 1. Классический и квантовый, гармонический и ангармонические осцилляторы

**Тема 1.** Гармонический осциллятор - простейший аналог колебаний атомов. Квантовый гармонический осциллятор. Ангармонический осциллятор – реальный аналог колебаний атомов.

**Лекции. Практические занятия**

**Тема 2.** Комплексное представление гармонических колебаний. Периодические негармонические колебания. Затухающие колебания и обоснование понятия времени релаксации. .

Квантовый ангармонический осциллятор **Лекции. Практические занятия**

**Тема 3.** Потенциал межатомного притяжения, восстановленный по данным изобарной термической деформации. Положительная и отрицательная термическая деформации. **Лекции.**

**Практические занятия**

**Модуль 2.** Роль ангармонизма колебаний атомов при формировании равновесных и неравновесных свойств веществ. Закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией.

**Тема 4.** Ангармонические колебаний решетки Формировании равновесных и неравновесных свойств веществ. Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия **Лекции и Практические занятия**

**Тема 5.** Интерпретация закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе феноменологической теории. Теоретическая интерпретация свойств твердого тела в гармоническом и квазигармоническом приближениях.

**Лекции и Практические занятия.**

**Тема 7.** Количественные соотношения между кинетическими параметрами рассеяния электронов и фононов и изобарной термической деформацией.

**Лекции и Практические занятия.**

#### Модуль 3.

##### Подготовка к экзамену.

### 5. Образовательные технологии.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены. В процессе преподавания дисциплины применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Лекции сопровождаются представлением материалов виде презентаций с использованием анимации, выход на сайты, где представлены соответствующие иллюстрации и демонстрации для излагаемого материала. При проведении занятий используются компьютерные классы, 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), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом, в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 20 часов аудиторных занятий. Число лекций от общего числа аудиторных занятий определено учебной программой.

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

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 40 ч., 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 студентов оценивается по результатам выполненных ими контрольных работ, и учитываются при аттестации (экзамен). Перед лекцией проводятся: тестирование, экспресс-опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;

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

### **7.1. Перечень компетенций в процессе освоения образовательной программы приведены в П 3. (настоящей рабочей программе дисциплины)**

### **7.2. Примерные темы для самостоятельной работы**

- методы описания нелинейных неравновесных процессов и ознакомить с методами учета нелокальности в физике неравновесных процессов;
- методы описания положительной и отрицательной термической деформации;
- роль ангармонизма при формировании различных равновесных и неравновесных свойств;
- метод восстановления ангармонической части потенциала межатомного притяжения по экспериментальным данным термической деформации;
- эмпирическую закономерность, указывающую на однозначную связь между кинетическими коэффициентами и одним из основных параметров равновесной термодинамики – изобарной термической деформацией;
- обоснование эмпирической закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе феноменологической теории;
- обоснование эмпирической закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе теоремы вириала для конденсированных сред.
- следствия из эмпирической закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией, в том числе критерии перехода веществ в сверх текучее, а так же в электронное и фононное сверхпроводящие состояния.
- значениями расчета потенциала межатомного взаимодействия по данным упругости и изобарной термической деформации.
- анализ экспериментальных данных и теорий равновесных и неравновесных свойств.
- восстановление силы межатомного взаимодействия по известному потенциалу межатомного взаимодействия при положительном и отрицательном термической деформации.
- восстановление потенциала межатомного притяжения, по данным изобарной термической деформации для веществ с различным типом межатомной связи.

На самостоятельную работу студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к лабораторно-практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, выполнение курсовых работ, подготовка к научным докладам на семинарах и т. д.

### 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

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

#### Практика - Текущий контроль

(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. |

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

#### Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

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

а) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

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

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

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

1. Черевко А.Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Черевко. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
2. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки [Электронный ресурс] / И.В. Разумовская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 64 с. — 978-5-4263-0032-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9611.html>
3. Брандт, Николай Борисович. Электроны и фононы в металлах : Учеб. пособие для физ. спец. вузов / Брандт, Николай Борисович, Чудинов, Сергей Михайлович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1990. - 333,[1] с. : ил. - 0-0.

- Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
4. Брандт, Николай Борисович. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фонов в металлах : (Физ. основы) / Брандт, Николай Борисович, Чудинов, Сергей Михайлович. - М. : Изд-во МГУ, 1983. - 405 с. : ил. ; 22 см. - 4-10. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
  5. Рейсленд, Дж. Физика фононов : пер.с англ. / Рейсленд, Дж. ; под ред. Г.С.Жданова. - М. : Мир, 1975. - 365 с. - 55-00.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
  6. Энергетический спектр фонов и тепловые свойства конденсированных сред : учебно-метод. пособие / [Д.К.Палчаев и др.] Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2014. - 55-00.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
  7. Лейбфрид Г., Людвиг В. Теория ангармонических эффектов в кристаллах М.: ИЛ – 1963
  8. Кителль Ч., Найт У., Рудерман М. Механика (Берклиевский курс физики). Т.1.- М.: Наука.- 1971
  9. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1.- М.: Наука.- 1974.
  10. Новикова С.И. Тепловое расширение кристаллических твердых тел.- М.: Наука.- 1974.
  11. Займан Дж. Электроны и фононы. – М.: ИЛ.- 1962.

***Дополнительная литература:***

1. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. Т.1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ. А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 с. : ил. - Библиогр.: с. 7 (7 назв.).- Библиогр. в конце глав. - 2-60.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
2. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. [Т.]2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ.: К.И.Кугеля и А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 392-417. - 2-90.  
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
3. Кацнельсон, Альберт Анатольевич. Введение в физику твёрдого тела : пособие для студ. физ. спец. ун-тов / Кацнельсон, Альберт Анатольевич. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. - 294 с. - 0-85. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
4. Займан, Дж. Принципы теории твёрдого тела / Займан, Дж. ; Под ред. проф. В.Л. Бонч-Бруневича. - М. : Мир, 1974. - 472 с. : с черт. ; 22 см. - Список лит.: с. 455-464. Предм. указ.: с. 465-469. - 2-21. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
5. Тепловые свойства твёрдых тел : задания для проведения лаб. работ / М-во образования РФ, Дагест. гос. ун-т; [Сост. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х., Палчаева Х.С.] . - Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2002. - 38 с. - 5-00.
6. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2009. — 648 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11505.html>
7. Румянцев А.В. Введение в физику конденсированного состояния вещества [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Румянцев. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2012. — 119 с. — 978-5-9971-0221-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23770.html>
8. Физика конденсированного состояния в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов» / В.Н. Белко [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 79 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72951.html>



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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://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](http://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](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 Росаккредитации (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

### *Интернет-ресурсы*

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

1. ЭБС IPRbooks: ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г. Срок действия договора со 02.10.2020 г. по 02.10.2021 г.
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru). Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. Срок действия договора с 01.10.2020 до 30.09.2021 г. 537наименований.
3. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
4. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
6. Web of Science: Web of Science Core Collection базы данных Clarivate. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 07.07.2020 г. № 692 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Clarivate в 2020 г. [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
7. Scopus: Scopus издательства Elsevier B.V. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении 32 лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2020 г. <https://www.scopus.com>
8. Международное издательство Springer Nature Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2020 г. на условиях национальной подписки

<https://link.springer.com/>

9. Журналы American Physical Society. Базы данных APS (American Physical Society). Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2020 г. <http://journals.aps.org/about>.
10. Университетская информационная система РОССИЯ <https://uisrussia.msu.ru/>

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

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

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по колебания решетки;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

### **Самостоятельная работа студентов:**

- 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;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование процессов формирования материалов из газовой, жидкой и твердой фаз.

## **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.

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

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб.
2. При проведении занятий используются компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой.
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.
4. Комплект мультимедийных слайд-лекций по всем разделам дисциплины.
5. Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.