



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:  
**Вариативная по выбору**

**Махачкала 2020**

Рабочая программа дисциплины «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, профиль подготовки «Фундаментальная физика» (уровень: бакалавриат) от «07» августа 2014 г. №937.

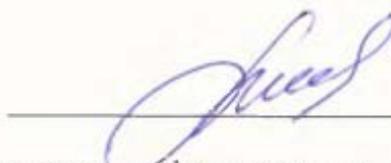
Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «26» 02 2020г., протокол № 6

/ Зав.кафедрой



Рабаданов М.Х.

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

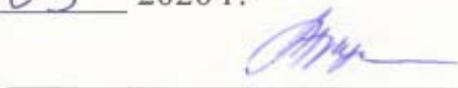
Председатель



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 «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- местр	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					СРС		
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
<b>7</b>	<b>144</b>	<b>18</b>		<b>30</b>	<b>60</b>		<b>96</b>	<b>экзамен</b>

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.8.2.** «Ангармонические эффекты в конденсированных средах» входит в вариативную часть образовательной программы (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению 03.03.02– «Физика», профиля подготовки «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, кинетические и магнитные 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.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы реализации самоорганизации</li> <li>• способы, обеспечивающие реализацию самообразование</li> <li>• способы организации самостоятельной работы для содержания дисциплины</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необходимые ресурсы для их достижения.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами организации и планирования самостоятельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач;</li> <li>• способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию.</li> </ul>
ОПК-2	Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, созда-	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы современной физики конденсированных сред;</li> <li>• фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретиче-</li> </ul>

	<p>вать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>ские положения физики конденсированных сред;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические модели призванные учитывать эффект ангармонизма при интерпретации свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определять значимость эффекта ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред.</li> <li>• определять пределы возможности интерпретировать свойства конденсированных сред обусловленные эффектом ангармонизма</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением роли эффекта ангармонизма колебаний атомов</li> <li>• современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств однозначно определяемых ангармонизмом колебаний атомов;</li> <li>• методом оценки вклада ангармонизма колебаний атомов в формировании свойств.</li> </ul>
ПК-1	<p>Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знать суть эффекта ангармонизма колебаний кристаллической решетки.</li> <li>• Как проводить научные исследования для понимания роли ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред;</li> <li>• Какие свойства конденсированных сред обусловлены эффектом ангармонизма колебаний атомов в среднем по решетке.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами</li> <li>• применять полученные знания в области физики при решении задач связанных с интерпретацией свойств с учетом ангармонизма.</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний.</li> </ul>

		<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований</li> <li>• навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования);</li> <li>• навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>
ПК-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• типы связей в конденсированных средах;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния;</li> <li>• физические основы ангармонизма колебаний атомов и значимость этого эффекта в формировании свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики явлений обусловленных ангармонизмом колебаний решетки атомов;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений обусловленных ангармонизмом колебаний атомов</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации, позволяющей учитывать ангармонизм колебаний решетки атомов;</li> <li>• методами измерения температурных зависимостей теплосопrotivления и теплового расширения явлений непосредственно связанных с ангармонизмом колебаний решетки атомов;</li> <li>• разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</li> </ul>

ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы метода измерения температурных зависимостей электросопротивления и теплового расширения твердых тел в одном эксперименте;</li> <li>• принципы формирования температурных зависимостей электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств конденсированных сред;</li> <li>• связь структуры с основными свойствами конденсированных сред и роль ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач по учету ангармонизмом колебаний;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики с помощью современной приборной базой оборудования.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств, определяемых ангармонизмом колебаний;</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.</li> </ul>
------	---	---

#### 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)				Самост. Раб.	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Прак. зан.	Лаб. Зан	Контр.		
<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.	A	1,2	2	2			5	Фронтальный опрос
2	Ангармонический осциллятор – реальный аналог колебаний атомов. Ангармонические колебаний решетки.	A	2,3	1	3			4	семинарское занятие
3	Квантовый гармонический осциллятор. Квантовый ангармонический осциллятор.	A	3,4	1	3			4	семинарское занятие
4	Положительная и отрицательная термическая деформации.		5,6	2	2			5	
Рубежная контрольная сам. работа			6				2		контрольная работа
Всего за модуль				<b>6</b>	<b>10</b>		<b>2</b>	<b>18</b>	
<b>Модуль 2</b>									
5	Роль ангармонизма колебаний атомов при формировании равновесных и неравновесных свойств веществ.	A	6,7	2	3			6	семинарское занятие
6	Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия.	9	8,9	2	3			6	семинарское занятие
7	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.		9,10	2	4			6	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа			10			2			контрольная работа
Всего за модуль				<b>6</b>	<b>10</b>	<b>2</b>		<b>18</b>	
<b>Модуль 3.</b>									
8	Интерпретация законо-		10,11	2	2			5	

	мерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе феноменологической теории.								
9	Характеристические фононные тепло- и электро-сопротивления (микроскопическая расшифровка), определяемые верхним пределом ангармонизма.		12,13	1	3			4	
10	Связь параметра порядка с термической деформацией		13,14	1	3			4	
11	Потенциал межатомного притяжения, восстановленный по данным изобарной термической деформации.		15,16	2	2			5	
	Рубежная контрольная сам. работа		16				2		
	Всего за модуль			6	10		2	8	
<b>Модуль 4.</b>									
<b>Итоговый контроль знаний. Экзамен.</b>	А	Подготовка к экзамену						Экзамен	
<b>Итого: 144 ч.</b>				<b>18</b>	<b>30</b>		<b>4</b>	<b>56</b>	<b>36</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. **Лекции.**

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

**Практические занятия**

**Тема 3.** Ангармонический осциллятор – реальный аналог колебаний атомов.

Ангармонические колебаний решетки. Квантовый ангармонический осциллятор.

**Практические занятия**

**Тема 4.** Положительная и отрицательная термическая деформации.

**Лекция и Практическое занятие**

**Модуль 2.** Формировании равновесных и неравновесных свойств веществ

**Тема 5.** Роль ангармонизма колебаний атомов при формировании равновесных и неравновесных свойств веществ.

**Лекция и Практическое занятие**

**Тема 6.** Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия.

**Лекция и Практическое занятие**

**Тема 7.** Теоретическая интерпретация свойств твердого тела в гармоническом и квазигармоническом приближениях. Количественные соотношения между кинетическими параметрами рассеяния электронов и фононов и изобарной термической деформацией.

**Лекция и Практическое занятие.**

**Модуль 3.** Закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией.

**Тема 8.** Интерпретация закономерности, связывающей кинетические коэффициенты с термической деформацией на основе феноменологической теории.

**Лекция и Практическое занятие.**

**Тема 9.** Характеристические фоновые тепло- и электросопротивления (микроскопическая расшифровка), определяемые верхним пределом ангармонизма. Связь параметра порядка с термической деформацией.

**Лекция и Практическое занятие.**

**Тема 10.** Потенциал межатомного притяжения, восстановленный по данным изобарной термической деформации.

**Лекция и Практическое занятие.**

**Модуль 4.**

**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 «Энергетический спектр электронов и фононов» 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.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. В процессе лабораторного практикума формируется у студентов умение производить расчеты с помощью пакета стандартных компьютерных математических программ, что позволяет существенно приблизить уровень культуры статистической обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах) по оценке погрешностей результатов измерений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях. В рамках учебного про-

цесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

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

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

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- подготовки 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;

## 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.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций ( <i>соответствии с ПООП (при наличии)</i> )	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Процедура освоения
ОК – 7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы реализации самоорганизации</li> <li>• способы, обеспечивающие реализацию самообразования</li> <li>• способы организации самостоятельной работы для содержания дисциплины</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необходимые ресурсы для их достижения.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами организации и планирования самостоя-</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос

		<p>тельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию.</li> </ul>	
ОПК-2	<p>способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы современной физики конденсированных сред;</li> <li>• фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики конденсированных сред;</li> <li>• теоретические модели призванные учитывать эффект ангармонизма при интерпретации свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определять значимость эффекта ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред.</li> <li>• определять пределы возможности интерпретировать свойствам конденсированных сред обусловленные эффектом ангармонизма</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением роли эффекта ангармонизма колебаний атомов</li> <li>• современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств однозначно определяемых ангармонизмом колебаний атомов;</li> <li>• методом оценки вклада ангармонизма колебаний атомов в формировании свойств.</li> </ul>	<p>Письменный опрос</p>

ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знать суть эффекта ангармонизма колебаний кристаллической решетки.</li> <li>• Как проводить научные исследования для понимания роли ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред;</li> <li>• Какие свойства конденсированных сред обусловлены эффектом ангармонизма колебаний атомов в среднем по решетке. <b>Уметь:</b></li> <li>• критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами</li> <li>• применять полученные знания в области физики при решении задач связанных с интерпретацией свойств с учетом ангармонизма.</li> <li>• пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований</li> <li>• навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования);</li> <li>• навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>	Устный опрос
ПК-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• типы связей в конденсированных средах;</li> <li>• базовые теоретические знания фундаментальных раз-</li> </ul>	Мини-конференция

	<p>ретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>делов общей и теоретической физики;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния;</li> <li>• физические основы ангармонизма колебаний атомов и значимость этого эффекта в формировании свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики явлений обусловленных ангармонизмом колебаний решетки атомов;</li> <li>• использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений обусловленных ангармонизмом колебаний атомов</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации, позволяющей учитывать ангармонизм колебаний решетки атомов;</li> <li>• методами измерения температурных зависимостей теплосопротивления и теплового расширения явлений непосредственно связанных с ангармонизмом колебаний решетки атомов.</li> <li>• разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</li> </ul>	
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы метода измерения температурных зависимостей электросопротивления и теплового расширения</li> </ul>	Устный опрос, круглый стол

	в избранной области	<p>твердых тел в одном эксперименте;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы формирования температурных зависимостей электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств конденсированных сред;</li> <li>• связь структуры с основными свойствами конденсированных сред и роль ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств;</li> <li>• применять полученные знания при решении задач по учету ангармонизмом колебаний;</li> <li>• проводить научные исследования в области физики с помощью современной приборной</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств, определяемых ангармонизмом колебаний;</li> <li>• методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.</li> </ul>	
--	---------------------	---	--

## 7.2. Примерные темы для контрольных работ и семинарских занятий

- методы описания нелинейных неравновесных процессов;
- 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;
- эмпирическая закономерность, указывающая на однозначную связь между кинетическими коэффициентами и равновесными свойствами;

- параметры 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;
- критерии перехода веществ в сверхтекучее, а также в электронное и фононное сверхпроводящие состояния.
- оценки потенциала межатомного взаимодействия по данным упругости и изобарной термической деформации.
- анализ экспериментальных данных на основе 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.
- комплексное представление гармонических колебаний. Периодические негармонические колебания;
- затухающие колебания и обоснование понятия времени релаксации;
- положительная и отрицательная термическая деформации;
- формировании равновесных и неравновесных свойств веществ;
- роль ангармонизма колебаний атомов при формировании равновесных и неравновесных свойств веществ;
- Фонон-фононные и электрон-фононные взаимодействия;
- теоретическая интерпретация свойств твердого тела в гармоническом и квазигармоническом приближениях:
- характеристические фононные тепло- и электросопротивления (микроскопическая расшифровка), определяемые верхним пределом ангармонизма;
- связь параметра порядка с термической деформацией.

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** включает:

- |  |               |
|--|---------------|
| ▪ 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** 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. |

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»-балльную 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.**

**Литература**

**Основная:**

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. - 81с.-2227-8397.- Режим доступа:
2. <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
3. 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>
4. 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
5. Брандт, Николай Борисович. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов 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
6. 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
7. Энергетический спектр фононов 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
8. Лейбфрид Г., Людвиг В. Теория ангармонических эффектов в кристаллах М.: ИЛ – 1963
9. Кителль Ч., Найт У., Рудерман М. Механика (Берклиевский курс физики). Т.1.- М.: Наука.- 1971
10. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1.- М.: Наука.- 1974.
11. Новикова С.И. Тепловое расширение кристаллических твердых тел.- М.: Наука.- 1974.

12. 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>

**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 Росаккредагентства (<http://www.fepo.ru/>)

12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

### **Интернет-ресурсы**

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки 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 онлайн» [www.biblioclub.ru](http://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 библиотеки 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.рф/>. 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 Даггосуниверситета <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](http://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 лицензионного 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 лицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. [pubs.acs.org](http://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 лицензионного 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 студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по нанотехнологиям;
- 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 исследования свойств и обработки данных обеспечивается в последующем в лабораториях при проведении Специального физического практикума (Б1.В.ОД.16). 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, копии периодических изданий и т. д.