



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепловые свойства конденсированных систем

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа
03.03.02 – Физика

Профиль подготовки:
Фундаментальная физика

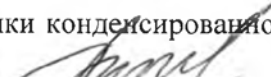
Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

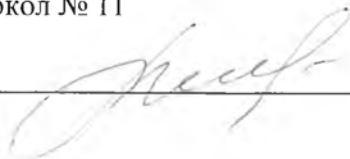
Статус дисциплины:
по выбору

Махачкала, 2018


Рабочая программа дисциплины «Тепловые свойства конденсированных систем» составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 03.03.02 – Физика (уровень бакалавриат) от 07 августа 2014 г. № 937

Разработчик (и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем, доктор ф.-м.н., профессор Палчаев Д.К. 

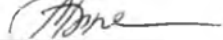
Рабочая программа дисциплины одобрена:
/ на заседании кафедры физика конденсированного состояния и наносистем
от 16 июня 2018 г. протокол № 11

/ Зав. кафедрой  Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета
от 28.06. 2018 г. протокол № 10

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«2» июля 2018 г.  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Тепловые свойства конденсированных систем» 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 тепловых свойств конденсированных систем, с учетом гетерогенной структуры систем, в том числе наноструктурированных систем, физической сущности явлений, происходящих в этих объектах при тепловых возбуждениях и наличии градиента температуры.

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 зачета с оценкой

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

Се- мestr	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Все го	Контактная работа обучающихся с преподавателем						
		из них						
	Лек- ции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации	СРС, в том числе экзамен		
7	144	32	-	32	-	-	80	дифференцированный зачет

Цель спецкурса заключается в том, чтобы раскрыть природу тепловых свойств конденсированных систем, с учетом структурных особенностей систем, в том числе гетерогенных функциональных материалов, в том числе наноструктурированных систем, физической сущности явлений, происходящих в этих системах при тепловых возбуждениях и наличии градиента температуры.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина **Б1.В.ДВ.10.2.** «Тепловые свойства конденсированных систем» 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, неравновесной термодинамики, теплофизики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач теплофизики конденсированных систем.

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 сохра-

нения энергии, импульса и момента количества движения в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, проводить измерения и тепловых характеристик.

Данная дисциплина является базовой для изучения равновесных, кинетические свойства конденсированных систем.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны иметь современные представления о гармонических и ангармонических колебаниях атомов решетки конденсированных сред.

Знать: физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации; взаимосвязь структуры материалов с их тепловыми свойствами.

Уметь: оценивать явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных эксплуатационных факторов; обоснованно выбирать материал;

Владеть: навыками работы с приборами, позволяющими определять тепловые свойства и оценивать характеристики гетерогенные материалы.

<u>Компетенции</u>	<u>Формулировка компетенции из ФГОС ВО</u>	<u>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</u>
<u>ОК – 7</u>	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • способы реализации самоорганизации; • способы, обеспечивающие реализацию самообразование; • способы организации самостоятельной работы для содержания дисциплины. <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необходимые ресурсы для их достижения. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • методами организации и планирования самостоятельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач; • способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию.
<u>ОПК-2</u>	Способность 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><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • основы современной физики теплоемкости теплового расширения и теплопроводности, а так же фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики этих явлений; • теоретические модели процессов конденсированных сред, в том числе гетерогенных системах. <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • определять, как формируются температурные зависимости свойств материалов,

		<p>представляющих собой гетерогенные системы;</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические расшифровывать теоретические модели при интерпретации соответствующих свойств материалов. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением условий формирования тепловых свойств в материалах; • современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств материалов.
<u>ПК-1</u>	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать суть явлений, происходящих при формировании структуры и тепловых свойств материалах; • Как проводить научные исследования для установления структуры и свойств материалов. <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; • применять полученные знания в области физики при исследованиях и решениях задач связанных с интерпретацией структуры и свойств; • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований; • навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования); • навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.
<u>ПК-2</u>	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физиче-	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспе-

	<p>ских исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>риментальной и теоретической информации по теплоемкости, теплового расширения и теплопроводности материалов;</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики тепловых явлений, наблюдаемых в материалах; давать интерпретацию температурным зависимостям теплофизическим свойствам материалов; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений, происходящих в материалах. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации для интерпретации теплофизических свойств; • методами измерения температурных зависимостей теплофизических свойств материалов; • разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
<p><u>ПК-5</u></p>	<p>Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы метода измерения температурных зависимостей теплоемкости, теплопроводности и теплового расширения твердых тел в одном эксперименте; • принципы формирования температурных зависимостей тепловых свойств конденсированных систем; • связь структуры с тепловыми свойствами конденсированных систем. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств; • применять полученные знания в экспериментальных исследованиях и их интерпретации; • проводить научные исследования структуры и свойств на высокотехнологичном оборудовании

		<ul style="list-style-type: none"> • Владеет: • инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных тепловых свойств в материалах; • методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

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

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учеб. раб., включая самост. раб. студ. и трудоем- кость (в часах)				самостоят. работа	Формы текущего кон- троля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. зан.	Контр. сам. Раб.		
Модуль 1. Физические основы тепловых свойств									
1	Физические основы теплового расширения и теплоемкости материалов в твердом состоянии.	7	1-3	6	2			9	Фронтальный опрос
2	Особенности теплового расширения и теплоемкости гетерогенных материалов.	7	4-6	6	2			9	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа					2				
Итого за модуль: 36 ч.				12	6			18	
Модуль 2. Теплопроводность в кристаллах, в аморфных и гетерогенных материалах									
3	Физические основы решеточной и электронной теплопроводности материалов в твердом состоянии.	7	7-9	6	2			9	семинарское занятие
4	Теплопроводность в аморфных и гетерогенных материалах.	7	10-12	6	2			9	семинарское занятие
Рубежная контрольная сам. работа					2				
Итого за модуль: 36 ч.				12	6			18	
Модуль 3. Особенности тепловых свойств в материалах, претерпевающих фазовые переходы									
5	Особенности температурных зависимостей теплового расширения в материалах, претерпевающих фазовые переходы.	7	13-15	2	6			11	семинарское занятие
6	Особенности температурных зависимостей теплопроводности и теплоемкости в, материалах претерпевающих фазовые переходы.			2	4			11	
Рубежная контрольная сам. работа					2				
Итого за модуль: 36 ч.				4	12			20	

Модуль 4. Тепловые свойства конденсированных систем									
б	Интерпретация теплового расширения и теплоемкости и теплопроводности в материалах, представляющих собой конденсированные системы.		16-17	4	6			24	семинарское занятие
	Рубежная контрольная сам. работа				2				
	Итого за модуль: 36 ч.			4	8			24	
	Итого: 144 ч.			32	32			80	Зачет

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

4.3. 1. Содержание лекционного материала по дисциплине

Модуль 1. Физические основы тепловых свойств

Тема 1. Физические основы теплового расширения и теплоемкости.

Физические основы теплового расширения и теплоемкости материалов в твердом состоянии. Модели Эйнштейна и Дебая.

Тема. 2. Особенности теплового расширения и теплоемкости гетерогенных материалов, представляющих конденсированные системы.

Модуль 2. Теплопроводность в кристаллах, в аморфных и гетерогенных материалах

Тема. 3. Физические основы решеточной и электронной теплопроводности материалов в твердом состоянии. Нормальные процессы и процессы переброса.

Тема. 4. Теплопроводность в аморфных и гетерогенных материалах. Гармонические и ангармонические колебания кристаллической решетки. Теплопроводность при положительном и отрицательном ангармонизмах колебаний.

Модуль 3. Особенности тепловых свойств в материалах, претерпевающих фазовые переходы

Тема 5. Особенности температурных зависимостей теплового расширения, теплопроводности и теплоемкости, в материалах претерпевающих атомные, магнитные и сегнетоэлектрические фазовые переходы.

Модуль 4. Тепловые свойства конденсированных систем

1. Тема. 6. Интерпретация теплового расширения, теплоемкости и теплопроводности в материалах, представляющих собой конденсированные системы. Тепловые свойства высокотемпературных сверхпроводников, мультиферроиков и т.д.

4.3. 2. Содержание практических занятий материала по дисциплине

Модуль 1. Физические основы тепловых свойств

Тема 1. Физические основы теплового расширения и теплоемкости.

Фононный, магнитный и электронный вклады в тепловое расширение и теплоемкость.

Модуль 2. Теплопроводность в кристаллах, в аморфных и гетерогенных материалах

Тема 3. Решеточная и электронная теплопроводности.

Интерпретация физического смысла длины свободного пробега квазичастиц.

Тема. 4. Теплопроводность в аморфных и гетерогенных материалах.

Теплопроводность при положительном и отрицательном ангармонизмах колебаний.

Особенности изгибных колебаний на примере решетки кремния.

Модуль 3. Особенности тепловых свойств в материалах, претерпевающих фазовые переходы

Тема 5. Особенности температурных зависимостей теплового расширения теплопроводности и теплоемкости, материалах претерпевающих фазовые переходы второго рода: атомные, магнитные и сегнетоэлектрические. Критерий Пиктэ и его применение при интерпретации теплопроводности.

Модуль 4. Тепловые свойства конденсированных систем

Тема. 6. Интерпретация теплового расширения, теплоемкости и теплопроводности в материалах, представляющих собой конденсированные системы.

Особенности поведения тепловых свойств в материалах с перовскитоподобной структурой.

Тепловые свойства ВТСП на примере $YBaCuO$, мультиферроиков – на примере феррита висмута.

5. Образовательные технологии:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентного 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.

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 (зачет, 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 (соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Процедура освоения
<u>ОК – 7</u>	<u>Способностью к самоорганизации и самообразованию</u>	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>способы реализации самоорганизации;</u> • <u>способы, обеспечивающие реализацию самообразования;</u> • <u>способы организации самостоятельной работы для поддержания дисциплины.</u> <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необходимые ресурсы для их достижения.</u> <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>методами организации и планирования самостоятельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач;</u> • <u>способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию.</u> 	<u>Устный опрос, письменный опрос</u>
<u>ОПК-2</u>	Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фун-	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • основы современной физики теплоемкости теплового расширения и теплопровод- 	<u>Устный опрос, письменный опрос</u>

	<p>даментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>ности, а так же фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики этих явлений;</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические модели процессов конденсированных сред, в том числе гетерогенных системах. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять, как формируются температурные зависимости свойств материалов, представляющих собой гетерогенные системы; • теоретические расшифровывать теоретические модели при интерпретации соответствующих свойств материалов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением условий формирования тепловых свойств в материалах; • современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств материалов. 	
ПК-1	<p>Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать суть явлений, происходящих при формировании структуры и тепловых свойств материалов; • Как проводить научные исследования для установления структуры и свойств материалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами; • применять полученные знания в области физики при исследованиях и решениях 	<p><u>Устный опрос,</u> <u>письменный опрос</u></p>

		<p>задач связанных с интерпретацией структуры и свойств;</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований; • навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования); • навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. 	
ПК-2		<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации по теплоемкости, тепловому расширению и теплопроводности материалов; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики тепловых явлений, наблюдаемых в материалах; давать интерпретацию температурным зависимостям теплофизическим свойствам материалов; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации яв- 	

		<p>лений, происходящих в материалах.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации для интерпретации теплофизических свойств; • методами измерения температурных зависимостей теплофизических свойств материалов; • разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. 	
<p><u>ПК-5</u></p>	<p>Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы метода измерения температурных зависимостей теплоемкости, теплопроводности и теплового расширения твердых тел в одном эксперименте; • принципы формирования температурных зависимостей тепловых свойств конденсированных систем; • связь структуры с тепловыми свойствами конденсированных систем. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств; • применять полученные знания в экспериментальных исследованиях и их интерпретации; • проводить научные исследования структуры и свойств на высокотехнологичном оборудовании <p>• Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • инновационными методами 	

		<p>исследований структуры равновесных и неравновесных тепловых свойств в материалах;</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой. 	
--	--	---	--

7.2. Примерные темы для самостоятельной работы

7.2.1. Вопросы для текущего контроля, промежуточной аттестации

1. Колебания кристаллической решетки..
2. Общая классификация колебательных мод, число различных мод;
3. Акустические и оптические колебания.
4. Закон Дюлонга и Пти. Область применения этого закона.
5. Понятие о функции распределения частот в твердом теле.
6. Колебания неидеальных решеток, локальные моды.
7. Классическая и квантовая теория теплоемкости твердого тела.
8. Квантование колебаний решетки; фононы.
9. Фононная теплоемкость.
10. Электронная теплоемкость металлов
11. Приближение Эйнштейна и Дебая.
12. Основы теории Дебая теплоемкости твердых тел.
13. Определение дебаевской температуры.
14. Связь дебаевской температуры и скорости распространения волн в кристаллах.
15. Ангармонизм колебаний кристаллических решеток.
16. Тепловое расширение кристаллической решетки.
17. Положительное и отрицательное тепловое расширение.
18. Зависимость тепловых свойств (теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение) от пористости.
19. Связь фононной теплопроводности с коэффициентом тепловое расширение.
20. Тепловое расширение и теплоемкость гетерогенных материалов.
21. Микроскопическая теория теплового расширения.
22. Феноменологическая теория теплового расширения.
23. Магنونная теплоемкость.
24. Магнетокалорический эффект и магнитное охлаждение.
25. Тепловые свойства высокотемпературных сверхпроводников.
26. Тепловые свойства манганитов и мультиферроиков.
27. Теплопроводность в аморфных и гетерогенных материалах.
28. Нормальные процессы и процессы переброса для фононной теплопроводности
29. Теплопроводность при положительном и отрицательном ангармонизмах колебаний.
30. Тепловые свойства (теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение) при фазовых переходах.

7.2.2. Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля

1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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) $C = \frac{12}{5}\pi^4 Nk_0 \frac{T}{Q}^3$
 - 3) $C = \frac{9}{2}Nk_0$
 - 4) $C = \frac{\pi^2}{2}Nk_0 \frac{k_0T}{E_F}$
 - 5) $C = 3Nk_0$.
- 6) 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 .
- 7) Кванты энергии колебаний решетки названы:
- 1) фононами
 - 2) фотонами
 - 3) магнонами
 - 4) экситонами
 - 5) плазмонами.
- 8) Чему равна решеточная теплоемкость при $T=0$ К?
1. 0; 2. 1; 3. R; 4. 2R; 5. 3R.
- 9) В какой области температур решеточная теплоемкость пропорциональна T^3 ?
1. $T=0$ К; 2. $T<\theta_D$; 3. $T>\theta_D$; 4. $T<\theta_D/100$; 5. $T=T_{пл}$.

- 10) Чему равен коэффициент теплопроводности решетки при $T=0$ К?
 1) 0. 2) 1. 3) ∞ . 4) R. 5) $3/2R$.
- 11) Какой механизм переноса тепла является основным в металлах в области $T > \theta_D$?
 1) Фононный. 2) Электронный. 3) Фотонный. 4) Увлечения. 5) Фононный, электронный, фотонный, увлечение.
- 12) При какой температуре длина свободного пробега равна размеру образца?
 1) $T=0$; 2) $T > \theta_D$; 3) $T = T_{max}$; 4) $T = \theta_D$; 5) $T < \theta_D$.
- 13) В какой области температур спиновая теплоемкость магнитоупорядоченной фазы превосходит фононную?
 1) $T < \theta_D$; 2) $T = \theta_D$; 3) $T > \theta_D$; 4) $T = T_c$; 5) $T \ll \theta_D$.

На самостоятельную работу студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, выполнение курсовых работ, подготовка к научным докладом 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.

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. — 81 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
2. Физика твёрдого тела / Блейкмор, Джон ; Под ред. Д.Г. Андрианова, В.И. Фистуля. - М. : Мир, 1988. - 608 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 11-12. Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 599-606. - ISBN 5-03-001256-7 : 3-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
3. Балабанов, П. В. Теоретические и практические аспекты измерения теплофизических свойств гетерогенных материалов: монография / П. В. Балабанов, А. П. Савенков. – Тамбов.: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 188 с.
<http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2016/balabanov.pdf>
4. 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.
5. 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

Дополнительная литература

1. 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> (дата обращения: 14.06.18)
2. 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> (дата обращения: 14.06.18)
3. Киттель, Чарлз. Введение в физику твёрдого тела / Киттель, Чарлз ; пер. А.А.Гусева и А.В.Пахнева; под общ. ред. А.А.Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 с. : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 769-791. - 2-10. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

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, 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 Росаккредагентства (<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 онлайн» 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 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. (до-

ступ 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 студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- 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;

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.