

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Идеальная и реальная структура конденсированных сред

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 «Идеальная и реальная структура конденсированных сред» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки **03.03.02 – Физика**, профиль подготовки: Фундаментальная физика от 07 августа 2020г. № 891.

Разработчик(и): кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,

д.ф.-м.н., профессор Мурлиева Ж.Х. и к.ф.-м.н., доцент Исхаков М.Э.



Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании Кафедры 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 Идеальная и реальная структура конденсированных сред входит в вариативную часть ОПОП бакалавриата по направлению (специальности) 03.03.02 – физика.

Дисциплина входит в блок **Б1.В.ДВ.01.01.** реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физикой конденсированного состояния, а именно с изучением различных типов кристаллических структур, упругих и прочностных свойств кристаллов, возможных структурных дефектов, их влияния на механические и другие свойства твёрдых тел, а также с изучением различных методов исследования структур и структурных дефектов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1 и ОПК-2 профессиональных – ПК-10, ПК-11.

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, коллоквиум и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины **144** часа, **4** зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия							Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экза- мен	
	Все- го	из них						
Лек- ции		Лаборатор- ные заня- тия	Практи- ческие занятия	КСР	консультации			
5	144	12		36			60+36	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Идеальная и реальная структура конденсированных сред» являются: формирование у студентов системы знаний по физике конденсированного состояния, общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

В результате изучения данной дисциплины студенты приобретают знания о симметрии и структуре кристаллов, о различных типах связей в кристаллах, о зависимости структуры и физических свойств от типа связи, об интерференции электромагнитных волн и

корпускулярных излучений в кристаллах, о реальной структуре и методах ее исследования. Поскольку физические свойства зависят как от типа структуры, так и от степени ее совершенства, более основательно рассмотрены механические свойства твердых тел, которые, как и все остальные, определяются характером сил межатомной связи. Это относится как к традиционным, классическим веществам, так и к новым композиционным материалам, которые, как правило, гетерогенны и обладают различной степенью пористости, что необходимо учитывать при оценке их эксплуатационных параметров (упругость, прочность, трещиностойкость, твердость и др.).

Изучение этого спецкурса будет способствовать формированию навыков при решении задач и постановке простейших экспериментов, использования компьютера для математического моделирования процессов, необходимых для расширения кругозора, понимания и дальнейшего изучения различных разделов физики. В конечном итоге, все это направлено на подготовку профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики конденсированного состояния, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина *«Идеальная и реальная структура конденсированных сред»* входит в вариативную часть дисциплин по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 03.03.02 - физика.

Настоящая программа по дисциплине «Идеальная и реальная структура конденсированных сред» предназначена для подготовки бакалавров по направлению «Физика» в соответствии с требованиями, отраженными в государственных образовательных стандартах. Особенность программы состоит в фундаментальном характере изложения дисциплины с целью не только сообщения студентам определенной суммы конкретных сведений, но и формирования у них физического мировоззрения как базы общего естественно - научного и развития соответствующего способа мышления.

В условиях возросшей актуальности в разработке технологии новых конструкционных материалов, в частности наноразмерных, необходимо повышение уровня образования студентов за счет изучения влияния размерных эффектов на прочность, трещиностойкость, термостойкость и др. этих материалов. Изучение механических свойств расширяет возможности для понимания процессов, происходящих в твердых телах, связанных с динамикой решетки атомов.

Микроскопическое рассмотрение природы формирования механических свойств вырабатывает способность к абстрактному мышлению, применению математического аппарата, выявлению в том или ином процессе причинно-следственной связи. Совокупность приобретенных знаний может быть полезной при создании и аттестации эксплуатационных характеристик новых конструкционных материалов.

Наряду с выше изложенным, изучение настоящего спецкурса необходимо для облегчения усвоения студентами других разделов физики твердого тела: физики диэлектриков, физики полупроводников, физики металлов и физики магнитных явлений.

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

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
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	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности; - типы симметрии кристаллов и их структуру; пространственные и кристаллические решётки; кристаллографические обозначения; кристаллографические системы координат; структуры с различным типом связи; - истинные и условные деформацию и напряжение; тензор деформации; тензор напряжений; обобщенный закон Гука; реологические свойства твердых тел; динамический модуль Юнга; коэффициенты поглощения и затухания; выражения, описывающие прочность и трещиностойкость, а так же твердость и трещиностойкость; связь между временем до разрушения изделия из хрупкого материала. Умеет: - понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию об идеальной и реальной структуре твердого тела, влиянии дефектов на его упругие и прочностные свойства; • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований, а также при интерпретации свойств наносистем. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную	Устный опрос

		сущность проблем. •методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области кристаллографии и механических свойств, •методами диагностики прочностных свойств изделий из хрупких материалов; •методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области кристаллографии и механических свойств.	
	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности	Знает: - основы методов рентгеноструктурного анализа; • методы неразрушающего и разрушающего контроля прочности, твердости и трещиностойкости материалов; Умеет: - пользоваться современным автоматизированным рентгеновским дифрактометром, автоматизированным оптическим спектрометром и другой приборной базой для проведения экспериментальных и теоретических физических исследований структуры и прочностных свойств материалов, в том числе, наноструктурированных; анализировать устройство используемых приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; Владеет: - навыками исследования физических процессов, протекающих в твердых телах в различных средах; •навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического	Устный опрос

		оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • способностью анализировать влияния структуры на особенности физических свойств и прогнозировать механические свойства реальных тел, в том числе наноструктурированных	
	ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.	Знает: - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. Умеет: - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. Владеет: - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.	Устный опрос
ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1. Выбирает или самостоятельно формулирует тему исследования, составляет программу исследования.	Знает: - актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники. - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной 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 поставлен-	Устный опрос

		ной задачи.	
	ОПК-2.2. Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования.	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.	Устный опрос
	ОПК-2.3. Анализирует, интерпретирует, оценивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.	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.	Устный опрос
ПК-10 Владеет методами теоретиче-	ПК-10.1. Владеет специальными знания-	Знает: основные физические явления и основные принципы квантовой	Устный опрос

ской физики в применении к профессиональным задачам.	ми в области квантовой теории.	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. 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. 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	
	ПК-10.2. Владеет специальными знаниями в области теоретической механики и электродинамики	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 меха-	Устный опрос

		ники, электродинамики; движение материальной точки при больших скоростях; основные уравнения гидродинамики и электродинамики. Умеет: объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью 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. Владеет: 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	
	ПК-10.3. Применяет методы математической физики для постановки и решения задач в профессиональной деятельности	Знает: теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений математической физики. Умеет: понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений математической физики. Владеет:	Устный опрос

		методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.	
	ПК-10.4. Способен использовать основные методы теоретической физики.	Знает: 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. Умеет: критически оценивать следствия тех 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. Владеет: возможностью применять методы 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	Устный опрос
ПК-11 Способен пони-	ПК-11.1. Базовые теорети-	Знает: типы связей в конденсированных	Устный опрос

мать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества	ческие знания по физике конденсированного состояния из фундаментальных разделов общей и теоретической физики;	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	
	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: определять типы кристаллических решеток, направления и плоскости решеток; определять элементы симметрии; плотность упаковки элементарных ячеек; расшифровывать результаты дифракционного анализа. Владеет: знаниями об идеальных и реальных структурах; методами определения направления и плоскости решеток, а так же элементов симметрии; методами оценки плотности упаковки элементарных ячеек; методами дифракционного анализа	Устный опрос
	ПК-11.3. Современные представления о формировании физических свойств конден-	Знает: формирование зарядовых возбуждений и их релаксацию; процессы формирования механических свойств; температурные за-	Устный опрос

	сированных сред.	зависимости свойств конденсированных сред; связь структуры с механическими электрическими, тепловыми свойствами. Умеет: интерпретировать температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных свойств конденсированных сред. Владеет: методами оценки параметров температурных зависимостей механических свойств конденсированных сред по экспериментальным данным; методами теоретической оценки параметров механических и тепловых свойств; процессов формирования равновесных и транспортных свойств; методами интерпретации связи структуры с механическими и тепловыми свойствами.	
	ПК-11.4. Особенности свойств в монокристаллических, керамических и наноматериалах	Знает: физику отличительных особенностей формирования свойств в монокристаллических, керамических и наноматериалах. Умеет: интерпретировать зависимость механических свойств керамических материалов от размера зерен. Владеет: методами исследования механических свойств микро- и наноструктурированных материалов	Устный опрос

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

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

4.2. Структура дисциплины.

№	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежу-
---	---------------------------	---------	-----------------	--	------------------------	--

п/п				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самостоятел. раб.		точной аттестации (по семестрам)
	Модуль 1. Структура кристаллов.								
1.	Тема. 1. Симметрия в кристаллах. Основные формулы структурной кристаллографии. Кристаллическая и пространственная решетки. Обратная решетка.	5	1-2	2	6	0		10	Контр. работа
2	Тема. 2. Типы связей в кристаллах. Структуры с различными типами связей. Дефекты кристаллической решетки. Методы исследования дефектов	5	3-4	2	6	0		10	Контр. работа
	Итого по модулю 1: 36 час.			4	12	0		20	
	Модуль 2. Методы исследования структуры. Упругие и прочностные свойства кристаллов								
3	Тема. 1. Рентгеноструктурный анализ. Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах. Рентгеновские методы исследования структур	5	5-6	2	6	0		10	коллоквиум
4	Тема 2. Истинные и условные: деформация, напряжение. Тензора деформации и напряжения. Обобщенный закон Гука.	5	7-8	2	6	0		10	Контр. работа
	Итого по модулю 2: 36 час.			4	12	0		20	
	Модуль 3. Прогнозирование свойств реальных тел								
5	Тема 1. Реологические	5	9-10	2	6	0		10	Контр. работа

	свойства твердых тел. Ползучесть, прочность, трещиностойкость. Термостойкость материалов.								
6	Тема 2.Твердость. Пересчет эффективных значений прочности на нулевую пористость. Прогнозирование времени до разрушения.	5	11-12	2	6	0		10	коллоквиум
	Итого по модулю 3: 36 час.			4	12	0		20	
Модуль 4. Подготовка к экзамену									
7	Подготовка к экзамену	5						36	экзамен
	Итого: 144 часа			12	36	0		60+36	

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Структура кристаллов.

Тема 1.Симметрия в кристаллах.

Основные формулы структурной кристаллографии. Кристаллическая и пространственная решетки. Обратная решетка.

Тема 2.Типы связей в кристаллах.

Структуры с различными типами связей.

Дефекты кристаллической решетки. Методы исследования дефектов

Модуль 2. Методы исследования структуры. Упругие и прочностные свойства кристаллов

Тема 1.Рентгеноструктурный анализ.

Интерференция рентгеновских лучей в кристаллах. Рентгеновские методы исследования структур

Тема 2.Виды деформации

Истинные и условные: деформация, напряжение. Тензора деформации и напряжения. Обобщенный закон Гука.

Модуль 3. Прогнозирование свойств реальных тел

Тема 1. Реологические свойства твердых тел.

Ползучесть. Прочность, трещиностойкость, термостойкость материалов.

Тема 2.Прочность

Твердость. Пересчет эффективных значений прочности на нулевую пористость. Прогнозирование времени до разрушения.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине (Практические занятия.)

Модуль 1. Структура кристаллов

1. Характеристика кристаллического и аморфного состояний вещества. Классы симметрии и пространственные группы.
2. Пространственные и кристаллические решётки. Обратная решетка.
3. Теоремы о сложении элементов симметрии.
4. Решетки Бравэ.
5. Индексы узла, направления плоскости. Кристаллографические системы координат.
6. Формулы для расчёта периода идентичности, объёма элементарной ячейки, расстояний и углов между атомными плоскостями.

Модуль 2. Методы исследования структуры. Упругие и прочностные свойства кристаллов

1. Методы получения рентгеновского излучения.
2. Типы счётчиков квантов рентгеновского излучения.
3. Расшифровки типовых дифрактограмм.
4. Природа сил упругого взаимодействия.
5. Уравнение движения элемента объема при неоднородном напряжении упругого тела.
6. Обобщенный закон Гука в матричном виде. Соотношения Коши.

Модуль 3. Прогнозирование свойств реальных тел

1. Модели Гука, Ньютона, Максвелла и Зинера.
2. Коэффициенты поглощения и затухания упругих колебаний в реальных средах.
3. Диаграмма напряжение – деформация. Механизмы ползучести.
4. Модель Гриффитца.
5. Методы исследования твердости и трещиностойкости.
6. Определение прочности «каркаса» в пористых материалах.
7. Построение диаграмм прогнозирования срока службы изделий по результатам лабораторных исследований.

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 активных и интерактивных форм занятий в виде: лекций, практических занятий, консультаций, контрольных работ, коллоквиума, экзамена. В процессе преподавания дисциплины «Идеальная и реальная структура конденсированных сред» применяются следующие образова-

тельные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения.

При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, лекция - беседа, 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. Для проведения 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..

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 50%, 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 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;
- написания рефератов по проблемам дисциплины "Физика конденсированного состояния".

6.1. Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.
----------------------------	------------------------------

	Очная	Очно- заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	10		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	10		
подготовка к экзамену (экзаменам)	36		
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	10		
Итого СРС:	96 часов		

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

7.1. Типовые контрольные задания

7.1.1. Примерные вопросы для семинарских занятий

1. Назовите отличительные особенности кристаллического и аморфного состояний
2. Сформулируйте теоремы о сложении элементов симметрии
3. Чем отличаются точечные группы от пространственных групп?
4. Чему равны координационные числа и число атомов, приходящиеся на одну ячейку для различных решеток?
5. Как обозначаются индексы узла, направления и плоскости в трехосной и четырехосной системах координат?
6. По каким формулам вычисляются объём элементарной ячейки, период идентичности, расстояние и угол между плоскостями?
7. Какая связь между линейными и угловыми параметрами элементарных ячеек прямой и обратной решеток?
8. Какова природа ионной, ковалентной, металлической и межмолекулярной связей?
9. Структуры, каких типов образуются с помощью названных типов связей?
10. Какие методы существуют для исследования структуры кристаллов? Назовите их преимущества и недостатки.
11. Какие дефекты структуры существуют в реальных кристаллах?
12. Какими методами можно исследовать совершенство структуры?
13. Как рассчитать условные и истинные значения напряжения и относительной деформации?
14. Вывести выражение для расчета объемной деформации.
14. Симметричность тензора напряжений для неоднородно напряженного состояния.

15. Примеры проявления реологических свойств веществ.
16. Характеристика методов исследования твердости.
17. Зависимость прочностных свойств от пористости.
18. Зависимость прочностных свойств от температуры и окружающих условий.
19. Методы оценки термостойкости.
20. Принцип работы с диаграммами прогнозирования срока службы.

7.1.2. Примерные тесты по дисциплине

1. Кристаллическое и аморфное состояние твердого тела:

1. В кристаллическом состоянии расстояние между атомами больше чем в аморфном.
2. У аморфного вещества существует точка плавления, а у кристаллического не существует;
3. В кристаллическом состоянии атомы расположены во всех направлениях в определенном порядке;
4. В аморфном состоянии существует дальний порядок расположения атомов;
5. В кристаллическом состоянии расстояния между атомами во всех направлениях одинаковы

2. Какие элементы симметрии существуют для конечных фигур ?

1. Плоскость симметрии, оси симметрии 1,2,3,4,5,6 порядков;
2. Плоскость симметрии, простые оси симметрии 2,3,4,5,6 порядков, зеркальные оси 4,5,6 порядков, центр симметрии;
3. Центр симметрии, простые оси 2,3,4,6 порядков, зеркальные оси 4 и 6 порядков и плоскость симметрии;
4. Простые оси 1,2,3,4,5,6 порядков и зеркальные оси 5,6 порядков, плоскость симметрии;
5. Плоскость симметрии, центр симметрии, простые оси 2,3,4,6,8 и зеркальные оси 4,6 порядков.

3. Чему равно координационное число k и число атомов в элементарной ячейке n для кубической гранецентрированной решетки ?

1. $k=8, n=8$; 2. $k=10, n=3$; 3. $k=12, n=4$; 4. $k=6, n=4$; 5. $k=12, n=1$

4. Определить отрезки, отсекаемые на осях решетки плоскостью (125)

1. 5,2,1; 2. 1,2,5; 3. 2,5,10; 4. 10,5,2; 5. 2,5,1

5. Даны грани (320) и (110). найти символы ребра их пересечения.

1. [010]; 2. [001]; 3. [100]; 4. [110]; 5. [011].

6. Вычислить в кубических ангстремах объём элементарной ячейки тригональной решетки, у которой $a=5\text{Å}$, угол между рёбрами $\alpha=60^\circ$.

1. 43.4; 2. 87.5; 3. 63.6; 4. 94.8; 5. 78.9

7. Определить угол между плоскостями (110) и (101) кубической решетки.

1. 45° ; 2. 60° ; 3. 90° ; 4. 120° ; 5. 145°

8. Определить величину отрезка вдоль направления $[322]$ от начала координат до первого атома в триклинной решетке с параметрами: $a=11\text{Å}$, $b=9\text{Å}$, $c=8\text{Å}$, $\alpha=94^\circ$, $\beta=95^\circ$, $\gamma=96^\circ$

1. $40\overset{\circ}{\text{\AA}}$; 2. $54\overset{\circ}{\text{\AA}}$; 3. $42\overset{\circ}{\text{\AA}}$; 4. $65\overset{\circ}{\text{\AA}}$; 5. $70\overset{\circ}{\text{\AA}}$

9. Положение плоскостей в гексагональной системе определяется с помощью четырех индексов (hkil), найти индекс i для плоскостей (100).

1. -2; 2. 1; 3. -1; 4. 2; 5. 0

10. Найти число элементарных ячеек в одном кубическом см кристалла со структурным типом меди если известно, что параметр $a=3\overset{\circ}{\text{\AA}}$.

1. 11×10^{22} ; 2. 25×10^{22} ; 3. 31×10^{22} ; 4. 37×10^{22} ; 5. 45×10^{22}

11. Найти векторы и углы обратной решетки для ромбоэдрического кальцита, если $a=6.36\overset{\circ}{\text{\AA}}$, $\alpha=46^\circ 6'$

1. $a^*=0.24$, $\alpha^*=114^\circ$; 2. $a^*=0.28$, $\alpha^*=120^\circ$; 3. $a^*=0.32$, $\alpha^*=125^\circ$; 4. $a^*=0.38$, $\alpha^*=130^\circ$ 5. $a^*=0.41$, $\alpha^*=135^\circ$

12. Какая часть объема элементарной ячейки структурного типа молибдена занята атомами?

1. 45%; 2. 57%; 3. 68%; 4. 74%; 5. 80%.

13. Какая часть объема элементарной ячейки структурных типов меди и магния приходится на пустоты?

1. 18%; 2. 26%; 3. 32%; 4. 36%; 5. 40%

14. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью краевой дислокации?

1. 0° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

15. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью винтовой дислокации?

1. 0° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

16. Определить под каким углом произойдет отражение первого порядка рентгеновских лучей, если длина волны будет равна расстоянию между плоскостями, от которых происходит отражение?

1. 30° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

17. Почему для исследования структуры кристаллов используют рентгеновские, а не видимые лучи?

1. Видимые лучи сильно поглощаются веществом. 2. Видимые лучи не проникают в исследуемое вещество. 3. Рентгеновские лучи обладают большей проникающей способностью. 4. Длина волны рентгеновского излучения соизмерима с межплоскостными расстояниями кристалла. 5. Видимые лучи плохо отражаются от кристалла

18. Какой из перечисленных методов исследования совершенства кристаллической структуры можно отнести к методам неразрушающего контроля?

1. Метод избирательного травления. 2. Метод декорирования.
3. Электронномикроскопический метод. 4. Металлографический метод.
5. Рентгенотопографический метод

19.Какая из перечисленных химических связей обеспечивает наибольшую механическую прочность кристаллов?

- 1.Металлическая. 2.Ковалентная. 3.Ионная. 4.Межмолекулярная 5.Водородная

20.Структурный тип сфалерита отличается от структурного типа алмаза тем, что в первом случае кристалл состоит из атомов двух сортов. К каким особенностям физических свойств кристаллов приводит этот фактор?

- 1.У кристаллов со структурой сфалерита увеличивается механическая прочность
- 2.Из-за наличия доли ионной связи кристаллы со структурой сфалерита ведут себя как диэлектрики
- 3.Кристаллы со структурой сфалерита обладают пьезоэффектом, а кристаллы с алмазной структурой не обладают
- 4.Кристаллы со структурой алмаза обладают пьезоэффектом, а со структурой сфалерита не обладают
- 5.Кристаллы со структурой алмаза имеют полярное направление

21. Разрушение называют хрупким, когда:

- а) тело разрушается мгновенно; б) разрушению предшествует слабая пластическая деформация; в) разрушению не предшествует пластическая деформация.

22. Идеальная прочность твердых тел принимается равной:

- а) $\sigma = E$; б) $\sigma = 0.1E$; в) $\sigma = 0.001E$.

23. Предел текучести – это:

- а) напряжение, при котором появляется площадка текучести;
- б) напряжение, равное половине предела прочности;
- в) напряжение, при котором зависимость σ - ε отклоняется от линейной.

24. Закон Гука в обобщенном виде:

- а) $F_i = -kx_i$; б) $\sigma_i = E\varepsilon_i$; в) $\sigma_{iklm} = C_{iklm} \varepsilon_{lm}$.

25. Коэффициент интенсивности напряжения – это параметр:

- а) трещиностойкости; б) прочности; в) упругости.

26. Напряжение при чистом сдвиге эквивалентно:

- а) комбинации растягивающих и сжимающих напряжений, направленных под прямым углом друг к другу и под углом 45° к первоначальным граням;
- б) комбинации растягивающих и сжимающих напряжений, направленных под прямым углом друг к другу и под углом 45° к диагоналям куба;
- в) комбинации растягивающих и сжимающих напряжений, направленных под прямым углом друг к другу и к первоначальным граням куба.

27. Выражение $\frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_3} + \rho g_1 = \rho \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$ представляет:

- а) уравнение движения элемента объема неоднородно- напряженного тела в направлении Ox_3 ; б) уравнение движения элемента объема неоднородно- напряженного тела в

направлении OX_2 ; в) уравнение движения элемента объема неоднородно- напряженного тела в направлении OX_1 .

28. Равенство нормальных компонент тензора деформации $\sigma_{11} = \sigma_{22} = \sigma_{33}$ соответствует условию:

- а) всестороннего сжатия;
- б) всестороннего растяжения;
- в) деформации сдвига.

29. Коэффициентом затухания называется:

- а) отношение энергии, поглощенной за 1 период единицей объема тела к энергии, запасенной в том же объеме;
- б) величина, обратная расстоянию, которое проходит упругая волна, прежде чем ее амплитуда уменьшится в e ($e \sim 2,718$) раз;
- в) величина, обратная времени, за которое амплитуда упругой волны уменьшится в e раз.

30. Идеально упругим называется твердое тело:

- а) в котором внутренние напряжения и внутренние деформации не изменяются со временем и мгновенно спадают при прекращении внешнего воздействия;
- б) не изменяющее форму при внешнем воздействии;
- в) в котором не возникают внутренние напряжения и внутренние деформации при внешнем воздействии.

31. Следующие значения нормальных компонент тензора напряжений $\sigma_{11} \neq 0$, $\sigma_{22} = \sigma_{33} = 0$ соответствуют условию:

- а) всестороннего сжатия; б) всестороннего растяжения; в) линейно-напряженного состояния.

32. При исследовании микротвердости методом Виккерса производится вдавливание:

- а) алмазной пирамидки правильной четырехугольной формы; б) алмазного ромба;
- в) стального шарика.

33. Коэффициентом поглощения называется:

- а) отношение энергии, поглощенной за 1 период единицей объема тела к энергии, запасенной в том же объеме;
- б) величина, обратная расстоянию, которое проходит упругая волна, прежде чем ее амплитуда уменьшится в e ($e \sim 2,718$) раз; в) величина, равная времени, за которое амплитуда упругой волны уменьшится в e раз.

34. Мерой внутреннего трения называется:

- а) $\operatorname{tg} \varphi$; б) $\cos \varphi$; в) $\exp(\varphi/\pi)$,
- где φ - отставание деформации от напряжения по фазе.

35. Скорость роста трещины на начальном участке K_I - v диаграммы в хрупких материалах с коэффициентом интенсивности напряжения K_I связана зависимостью:

а) $\nu = K_{IC}^n$; б) $\nu = \alpha \cdot K_{IC}^n$; в) $\nu = \alpha \cdot K_I^n$

36. Относительное изменение объема тела представляет:

- а) сумму диагональных компонент тензора деформации;
- б) произведение диагональных компонент тензора деформации;
- в) произведение относительных изменений линейных размеров.

37. Какой вывод следует из того факта, что коэффициент Пуассона $\nu < 1$:

- а) твердое тело легче растянуть, чем сжать;
- б) твердое тело легче сжать, чем растянуть; в) нет правильного ответа.

38. Истинная относительная деформация определяется как:

- а) $\Delta\ell/\ell = (\ell_{\text{конч.}} - \ell_{\text{нач.}})/\ell_{\text{нач.}}$; б) $\Delta\ell/\ell = \ln(\ell_{\text{конеч.}}/\ell_{\text{нач}})$;
- в) $\Delta\ell/\ell = \ln[(\ell_{\text{конч.}} - \ell_{\text{нач.}})/\ell_{\text{нач.}}]$.

39. Пересчет эффективного значения прочности на нулевую пористость производит по формуле:

а) $\sigma = \sigma_0 e^{-bn}$; б) $\sigma = \sigma_0 e^{bn}$; в) $\sigma = 1 - e^{-bn}$.

40. При исследовании микротвердости методом Кнуппа производится вдавливание:

- а) алмазной пирамидки правильной четырехугольной формы; б) алмазного ромба;
- в) стального шарика.

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий _____ **10 бал.**
- участие на практических занятиях _____ **40 бал.**
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ _____ **50 бал.**

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос _____ - 40 баллов,
- письменная контрольная работа - 30 баллов,
- тестирование _____ - 30 баллов

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) адрес сайта: Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

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

Адреса блогов: <http://jkafftt.blogspot.ru/> [ссылка для студентов](#)

<http://zhfft.blogspot.ru/> [ссылка для студентов](#)

б) Основная литература:

1. Шаскольская, М. П.. Кристаллография: [учебник для вузов] / Шаскольская, Марианна Петровна. - М. : Высш. шк., 1984, 1976. - : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 384. - Предм. указ.: с. 396-389. - 1-52.
2. Павлов, Павел Васильевич. Физика твёрдого тела : учеб. для вузов по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / Павлов, Павел Васильевич ; А.Ф.Хохлов. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2000, 1993, 1985. - 493,[1] с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 480-481. - ISBN 5-06- 003770-3 : 0-0.
3. Пестриков, Виктор Михайлович. Механика разрушения твёрдых тел : Курс лекций / Пестриков, Виктор Михайлович. - СПб. : Профессия, 2002. - 300 с. - ISBN 5-93913-022-4 : 148- 21.
4. Попов, Георгий Михайлович. Кристаллография : учеб. для геол. спец. вузов / Попов, Георгий 18 физика (3-бак.) 25 0.72 Михайлович, И. И. Шафрановский. - Изд. 5-е, испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1972, 1964, 1955, 1941. - 352 с. : ил. ; 22 см. - Предм. указ.: с. 344- 348. - 0-85.
5. Белкин П.Н. Механические свойства, прочность и разрушение твёрдых тел [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Белкин. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 196 с. — 978-5-4487-0403-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79772.html>

в) дополнительная литература:

1. Кушта, Г.П. Введение в кристаллографию : учеб. пособие для студ-тов физических, химических и инженерно-физических специальностей вузов / Г. П. Кушта. - Львов : Вища школа, 1976. - 238 с. - 0-0.
2. В.С. Постников. Физика и химия твердого состояния. –М: Металлургия. – 1978. – 544 с.
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.
4. Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов : учебно- метод. пособие / [М.Х.Рабданов, Н.Г.Гасанов, Р.М.Эмиров] Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2014. - 69-00.
5. Механические свойства твёрдых тел : метод. пособие / [сост. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х.]; М-во образования и науки РФ, ДГУ. - Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2004. - 37 с.

6. Механические свойства твердых тел и методы их исследования: учебное пособие / [сост. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х., Исхаков М.Э., Гаджимагомедов С.Х.]. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2021. - 101 с.

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

1. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
2. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
3. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
5. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитования (<http://www.fepo.ru/>)
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу **Научной электронной библиотеки elibrary.ru**).
9. Научная электронная библиотека РФФИ (Elibrary) (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> — электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/elibrary/> — некоторые вузовские учебники (электронный вариант).

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 физике твердого тела;
- 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;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- 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:

Adobe Acrobat Reader, MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), средство просмотра изображений, табличный процессор, интернет, E-mail.

Программное обеспечение для практических занятий:

1. *Statistica Education,*
2. *Mathcad Academic*
3. *CorelDraw*

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

1. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (интернет, интерактивная доска).
2. Практические занятия проводятся в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии», оснащенных современным технологическим и измерительным оборудованием. Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами для выполнения соответствующих курсовых и квалификационных работ. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копий периодических изданий и т. д.