

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
Т.А. Хазмиев
подпись
« 31 » 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.04 Физика твердого тела

Направление подготовки/специальность: 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) / специализация: Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика

Программу составил(и):

Е.В. Строганова, профессор,

доктор физико-математических наук, доцент

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание


подпись

Рабочая программа дисциплины «Физика твердого тела» утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий
протокол № 4 «16» апреля 2025 г.

Декан ФТФ

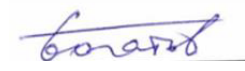
Е.В. Строганова
фамилия, инициалы


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета/института ФТФ протокол № 11 «21» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета/института Богатов Н.М.

фамилия, инициалы


подпись

Рецензенты:

Цема А.А., кандидат физико-математических наук, руководитель направления ПАО «Ростелеком»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Изучение основных процессов, происходящих в твердых телах, процессов, влияющих на структуру твердого тела, его кристаллическую решетку; влияние структуры твердого тела на его свойства, в том числе, на спектрально-люминесцентные характеристики твердого тела.

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение способов получения кристаллических искусственных соединений, в том числе, монокристаллов различных составов;
- изучение способов построения диаграмм состояний, фазовых превращений и описание их свойств;
- изучение кристаллографических особенностей твердого тела, разнообразия кристаллических структур;
- изучение свойств твердых тел и влияние структуры твердого тела на его параметры.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика твердого тела» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Дисциплины, необходимые для ее изучения, обеспечивающие преемственность получаемых знаний студентов: Термодинамика, Теоретическая механика и основы механики сплошных сред, Квантовая механика и основы квантовой теории поля. Последующие дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей в соответствии с учебным планом: Физика полупроводников, Физика и технология радиоэлектронных материалов, компонентов и устройств, Физическая электроника, Квантовая радиофизика и Квантовая электроника.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	
ИОПК-1.1. Понимает теоретические и методологические основания избранной области физики и радиофизики	Знает основы методологии познания радиофизических процессов в физике твердого тела
	Умеет применять на практике теоретические и методологические принципы познания в области физики твердого тела
	Владеет навыками применения знаний в области радиофизики и физики в профессиональной области
ИОПК-1.2. Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Знает основные тенденции развития физики твердого тела
	Умеет использовать тенденции современной физики твердого тела в своей профессиональной деятельности
	Владеет навыками применения теоретических знаний в области физики твердого тела на практике.
ОПК – 3. Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	
ИОПК-3.1. Выбирает соответствующие содержанию профессиональных задач инструментарий обработки и анализа данных, современные информационные технологии и программное обеспечение	Знает современные информационные технологии и программные средства при решении задач в области моделирования процессов физики твердого тела
	Умеет применять инструментарий современных информационных технологий для обработки и анализа данных в области моделирования процессов в физике твердого тела
	Владеет навыками применения современных вычислительных и информационных технологий при исследованиях в области физики твердого тела
ИОПК-3.2. Осуществляет визуализацию данных и презентацию решений в информационной среде и содержательно интерпретирует полученные результаты анализа	Знает способы визуализации и презентации результатов анализа
	Умеет использовать информационные ресурсы в презентационных материалах
	Владеет навыками интерпретации результатов процессов моделирования, анализа данных при помощи информационных технологий в области физики твердого тела
ПК-1. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследований с целью создания новых перспективных средств для систем передачи информации	
	Знает основное программное обеспечение, позволяющее моделировать различные системы

ИПК-1.1. Владеет современными информационными системами и технологиями с целью моделирования сложных технических систем	Умеет применять на практике различные пакеты прикладных программ с целью расчетов и моделирования различных процессов в твердом теле.
	Владеет навыками моделирования различных процессов в твердом теле, используя современные информационные системы и технологии
ИПК-1.2. Способен применять современное материально-техническое оборудование для исследовательских целей	Знает параметры и технические характеристики материально-технических средств, необходимых для получения и исследования твердых тел
	Умеет пользоваться материально-техническими средствами по изучению твердого тела.
	Владеет навыками выбора необходимого оборудования для получения и исследования твердого тела

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			5семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		52	52
занятия лекционного типа		18	18
лабораторные занятия			
практические занятия		34	34
семинарские занятия			
<i>Указываются виды работ в соответствии с учебным планом</i>			
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		5	5
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		50,8	50,8
<i>Проработка теоретического материала</i>		12	12
<i>Выполнение заданий (подготовка отчетов, презентаций)</i>		36	36
<i>Реферат</i>		2	2
<i>Подготовка к текущему контролю</i>		0,8	0,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену			
Общая трудоемкость	час.	108	108
	в том числе контактная работа	57,2	57,2
	зач. ед	3	3

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
 Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (3 курсе) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Структура кристаллов и способы ее определения	13	2		6	5
2.	Межатомное взаимодействие. Основные типы связей в твердых телах	8	2			6
3.	Дефекты в твердых телах	11,8	2		4	5,8
4.	Колебания атомов кристаллической решетки	8	2			6
5.	Механические и тепловые свойства твердых тел	13	2		6	5
6.	Основы зонной теории твердых тел. Электрические свойства твердых тел	14	2		6	6
7.	Свойства диэлектриков. Оптические свойства твердых тел.	13	2		6	5
8.	Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.	8	2			6
9.	Физические свойства аморфных твердых тел.	14	2		6	6
	ИТОГО по разделам дисциплины	102,8	18		34	50,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Структура кристаллов и способы ее определения	Точечная симметрия кристаллов. Пространственная решетка кристаллов. Трансляционная симметрия. Кристаллографические символы. Трансляционные элементы симметрии. Обратная решетка. Симметрия и физические свойства кристаллов.	КВ / ЛР / Д / Р
2.	Межатомное взаимодействие. Основные типы связей в твердых телах	Классификация твердых тел. Типы связи. Энергия связи. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлы.	КВ / ПЗ / Д / Р
3.	Дефекты в твердых телах	Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Тепловые дефекты в бинарных кристаллах. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Напряжения, необходимые для образования дислокаций в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения и энергия дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Источники дислокаций. Дефекты упаковки и частичные дислокации.	КВ / ЛР / Д / Р
4.	Колебания атомов кристаллической решетки	Одномерные колебания однородной структуры. Упругие волны в монокристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки. Колебания одномерной	КВ / ПЗ / Д / Р

		решетки с базисом. Колебания атомов трехмерной решетки.	
5.	Механические и тепловые свойства твердых тел	Напряженное и деформированное состояние твердых тел. Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Теплоемкость, связанная с представлениями фононов. Теплоемкость металлов. Теплопроводность твердых тел. Диффузия в твердых телах.	КВ / ЛР / Д / Р
6.	Основы зонной теории твердых тел. Электрические свойства твердых тел	Классификация твердых тел по величине электропроводности. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Свойства волнового вектора. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Энергетический спектр электронов в кристалле. Заполнение зон электронами. Эффективная масса электрона. Энергетические уровни примесных центров в кристаллах. Локализованные состояния, связанные с поверхностью. Основные свойства металлов. Электропроводность металлов. Собственная проводимость полупроводников, примесная. Электропроводность диэлектриков. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Эффект Холла. Влияние поверхностных уровней на электрические свойства твердых тел.	КВ / ЛР / Д / Р
7.	Свойства диэлектриков. Оптические свойства твердых тел.	Поляризация диэлектриков. Основные характеристики. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация. Особенности тепловой поляризации. Электронная тепловая поляризация. Дипольная тепловая поляризация. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Сегнетоэлектрики. Диэлектрические потери. Виды взаимодействия света с твердым телом. Оптические константы. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Спонтанное и индуцированное излучение. Твердотельные лазеры.	КВ / ЛР / Д / Р
8.	Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.	Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма. Спиновые волны. Антиферромагнетизм и ферромагнетизм. Ферромагнитные домены. Магнитный резонанс. Нулевое сопротивление. Поглощение электромагнитного излучения. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость. Теория сверхпроводимости Ф. и Г. Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Куперовские пары. Теория Бардина-Купера-Шриффера.	КВ / ПЗ / Д / Р
9.	Физические свойства аморфных твердых тел.	Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Аморфные	КВ / ЛР / Д / Р

		полупроводники. Применение аморфных полупроводников. Аморфные диэлектрики. Аморфные металлы.	
--	--	--	--

2.3.2 Занятия лабораторного типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий / работ	Форма текущего контроля
1.	Структура кристаллов и способы ее определения	Дифрактометрическое определение параметров элементарной ячейки кристаллов	отчёт по заданию в лабораторной работе
2.	Дефекты в твердых телах	Определение времени жизни точечных дефектов в твердом теле	отчёт по заданию в лабораторной работе
3.	Механические и тепловые свойства твердых тел	Фазовые переходы в твердых телах	отчёт по заданию в лабораторной работе
4.	Основы зонной теории твердых тел. Электрические свойства твердых тел	Исследование свойств полупроводников и p-n перехода	отчёт по заданию в лабораторной работе
5.	Свойства диэлектриков. Оптические свойства твердых тел.	Спектроскопия активированных диэлектриков	отчёт по заданию в лабораторной работе
6.	Физические свойства аморфных твердых тел	Исследование параметров оптических стекол	отчёт по заданию в лабораторной работе

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 4 от 18.04.2024
2	Подготовка к защите лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 4 от 18.04.2024.
3	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93331 . Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93303

4	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ- Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=446660 .
---	---	--

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого- педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала,
- подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и зачету).

В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно- исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения физико-химических свойств веществ в конденсированном состоянии, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Для проведения лабораторных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего студентам воспринимать особенности изучаемого материала и выполнения экспериментов.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем (проективные техники, дебаты, обмен мнениями);
- творческие задания;
- работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ролевой игры, ситуационных задач* и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерный перечень вопросов и заданий

Основные понятия и определения:

1. Термодинамическая система
2. Термодинамические параметры
3. Гомогенная система
4. Вещество
5. Индивидуальное вещество
6. Гетерогенная система
7. Фаза
8. Раствор
9. Компоненты системы
10. Число степеней свободы
11. Правило Фаз Гиббса

12. Симметрия кристаллов.
13. Решетки Браве для 2-х и 3-х мерных кристаллов.
14. Способы получения объемных монокристаллов.
15. Способы получения оптической керамики.
16. Метод твердофазной диффузии.

Контрольная работа

Вариант 1

Используя диаграмму состояния углерода (рис.5), ответьте на следующие вопросы:

1. Сколько точек невариантных равновесий на диаграмме состояния углерода имеется в области исследованных температур и давлений и каким фазам они соответствуют?
2. Какова последовательность фазовых превращений, происходящих с графитом при повышении давления от 1 до 10^4 Кбар при различных температурах?
3. Как меняется соотношение между плотностью графита и жидкой фазы при повышении давления?
4. Какая из кристаллических модификаций углерода имеет меньшую плотность, чем жидкий углерод?



Рис. 5. Диаграмма состояния углерода в широком интервале давлений и температур
(1 Кбар = $1 \cdot 10^8$ Па = 986,9 атм)

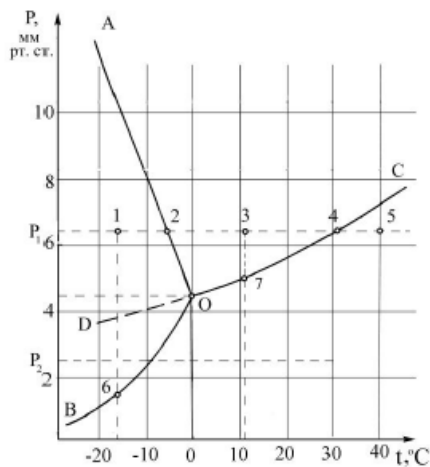


Рис. 6. Диаграмма состояния воды при низком давлении
($P_0 = 4,6$ мм рт. ст.,
 $t_0 = 0,0076$ °C)

Вариант 2

Исходя из диаграммы состояния воды при низком давлении (рис. 6), выполните следующие задания:

1. Скопируйте и обозначьте поля диаграммы. Назовите каждую из наклонных линий, определите, какими фазами они соответствуют и каково соотношение плотностей этих фаз. Какое число степеней свободы имеет вода на полях диаграммы, на линиях и в тройной точке?
2. Определите, какие фазовые превращения будут происходить с водой, если: а) охлаждать пар под давлением P_1 (от точки 5 до точки 1)? б) повышать давление водяного пара при температурах -17 и 11 °C?
3. Ниже какого давления вода ни при каких температурах не может существовать в жидком состоянии? Какие изменения, судя по диаграмме, должны происходить с головой кометы из льда при ее приближении к Солнцу и при последующем удалении от него? Давление считать равным P_2 .

Вариант 3

Пусть твердые шары радиуса b , соприкасающиеся друг с другом, расположены в простой кубической, гранецентрированной и объемцентрированной структурах. Найти радиус наибольшей сферы, которая помещалась бы в наибольшем объеме пространства между шарами.

Вариант 4

Показать, что объемцентрированная кубическая решетка может быть разделена на две простые кубические решетки А и В так, что ни одна пара ближайших соседей

исходной решетки не окажется в решетке A (и соответственно в решетке B). Показать также, что для соблюдения этого условия простая кубическая решетка должна разделиться на две гранецентрированные решетки, а гранецентрированная в свою очередь на четыре простые кубические решетки.

Реферат

Тематика рефератов и выступлений на круглом столе

Связь симметрии кристаллических тел с их свойствами.

Методы определения свойств и характеристик конденсированных сред.

Энергия кристаллической решетки и типы химической связи.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

1. Основные понятия и определения термодинамической системы.
2. Правило фаз Гиббса.
3. Пространственные диаграммы состояния.
4. Основы структурного анализа твердого тела.
5. Двухмерные кристаллы.
6. Двухмерные точечные группы Двухмерные кристаллографические точечные группы.
7. Двухмерные решетки Браве.
8. Трехмерные кристаллы, трехмерные точечные группы.
9. Трехмерные решетки Браве.
10. Методы получения конденсированных сред на примере кристаллов.
11. Методы активации твердых тел.
12. Методы синтеза поликристаллических материалов. Керамический метод синтеза.
13. Микроскопические методы исследования.
14. Оптическая спектроскопия.
15. Растровая электронная микроскопия.
16. Дифракционные методы исследования.
17. Методы определения элементного состава: рентгеноспектральные методы анализа.
18. Классификация твердых тел. Типы связи.
19. Энергия связи.
20. Классификация дефектов в твердых телах.
21. Дислокации. Энергия дислокации.
22. Напряженное и деформированное состояние твердых тел.
23. Упругость. Закон Гука для твердых тел.
24. Колебания атомов кристаллической решетки.
25. Теплоемкость твердых тел. Теория Эйнштейна, Дебая.
26. Основы зонной теории твердых тел. Уравнение Шредингера для твердого тела.
27. Поверхность Ферми.
28. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
29. Энергетические уровни примесных атомов в кристаллах.
30. Собственная и примесная проводимость твердых тел.
31. Поляризация диэлектриков.
32. Сверхпроводимость.
33. Оптические свойства твердых тел.
34. Физические свойства аморфных твердых тел.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М., Высшая школа. – 2000. – 497стр.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.- М., Физматгиз. – 1963. – 696 стр.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. – М., Мир. – 1988. – 608 стр.

4. Липин А.Б., Липин В.А. Фазовые диаграммы.: учеб. пособие. – СПб.: СПбГТУРП. – 2015. – 106 стр.

5. Гаврилова Л.Я. Методы синтеза и исследование перспективных материалов.: учеб.пособие. – Екатеринбург. – 2008. – 74 стр.

5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. Научный журнал «Физика твердого тела»
4. Научный журнал «Конденсированные среды и межфазные границы»

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);

4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий [http://mschool.kubsu.ru](http://mschool.kubsu.ru;);
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия.

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Физика конденсированного состояния».

Контроль осуществляется посредством устного опроса студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;

- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Химия конденсированного состояния» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

При использовании лаборатории указать ее наименование «Лаборатория...».

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	MS Office
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	MS Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 119С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: спектрально-люминесцентный комплекс на основе МДР-23, приемников излучения от 150 до 3500 нм.	MS Office

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной	MS Office Adobe Acrobat DC

	сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.212С, 120С, 122С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	MS Office Adobe Acrobat DC