

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталия Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 10.06.2025 10:02:51

Уникальный программный идентификатор:

6b5279da4e034bffa679172803da5b7b05080947

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано

деканом физико-математического факультета

«19» марта 2025 г.

/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета

Протокол «19» марта 2025 г. № 7

Председатель УМКом

/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой
фундаментальной физики и
нанотехнологии

Протокол от «11» марта 2025 г. № 11

Зав. кафедрой

/Холина С.А./

Москва

2025

Авторы-составители:

Барабанова Н.Н., кандидат физико-математических наук, доцент,
Васильчикова Е.Н., кандидат физико-математических наук, доцент,
Емельянов В.А., кандидат физико-математических наук, доцент.

Рабочая программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в модуль «Теоретическая физика» обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1	Планируемые результаты обучения	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3	Объем и содержание дисциплины	5
4	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	7
5	Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	9
6	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	17
7	Методические указания по освоению дисциплины	18
8	Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18
9	Материально-техническое обеспечение дисциплины	18

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины: ознакомление студентов с концептуальными основами современной физики конденсированного состояния и ее общими принципами и методами.

Задачи дисциплины: изучение основных понятий, общих принципов, законов физики конденсированного состояния; овладение методами решения физических задач, относящихся к разделу «Физика конденсированного состояния» теоретической физики.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в модуль «Теоретическая физика» обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Для освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» используются знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Химия», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Атомная физика», «Введение в физику жидких кристаллов».

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для изучения таких дисциплин, как, «Специальный физический практикум».

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Форма обучения
	Очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	4
Объем дисциплины в часах	144
Контактная работа:	96,2
Лекции	32
Практические занятия	64
из них, в форме практической подготовки	64
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
Зачет с оценкой	0,2
Самостоятельная работа	40
Контроль	7,8

Формой промежуточной аттестации является зачет с оценкой в 7 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) с кратким содержанием	Количество часов	
	Лекции	Практические занятия

		Общее кол-во	из них, в форме практич еской подгото вки
Тема 1. Введение. Конденсированные состояния. Основные типы конденсированных систем. Термодинамический и статистический подход к изучению макроскопических конденсированных систем.	2	4	4
Тема 2. Симметрия. Элементы и преобразования симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Решетки Браве и предельные группы Кюри.	2	4	4
Тема 3. Ближний и дальний порядок. Взаимоотношение симметрии системы и ее упорядоченности. Нарушение симметрии и квазисредние. Аморфное состояние вещества.	2	4	4
Тема 4. Экспериментальные методы исследования структуры и физических свойств конденсированных систем. Дифракционный структурный анализ. Рентгенография кристаллических, жидкокристаллических, жидких и аморфных систем. Уравнения Лауэ и формула Вульфа-Брэгга. Структурный фактор и радиальная функция распределения.	2	4	4
Тема 5. Основы квантовой теории межатомных и межмолекулярных взаимодействий. Приближение Борна Оппенгеймера. Обменные взаимодействия. Теория возмущений и мультипольные разложения. Парные и многочастичные взаимодействия. Модельные потенциалы взаимодействий.	2	4	4
Тема 6. Современные методы статистической теории конденсированного состояния. Вторичное квантование и метод функций Грина. Методы ренорм-группы, корреляционных функций, скобок Пуассона и функционала плотности. Метод реплик.	2	4	4
Тема 7. Твердые тела. Аморфные и кристаллические тела. Дальний порядок в кристаллах. Поликристаллы и мозаичность. Классификация кристаллов по типу связей, анизотропия кристаллов. Дефекты в кристаллах.	2	4	4

Тема 8. Упругие свойства кристаллов. Тензоры напряжений и деформаций. Распространение акустических волн в совершенных кристаллах; скорость звука и определение упругих модулей. Классическая теория скорости и поглощения звука в кристаллах. Термодинамическая теория термической релаксации. Динамика кристаллической решетки. Упругие волны, смещения атомов и фононы. Ангармонизм и тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Классическая теория и эксперимент. Закон Дюлонга и Пти. Модели Эйнштейна и Дебая. Основы квантовых представлений.	2	4	4
Тема 9. Квантовые кристаллы. Квантовые жидкости. Бозе-конденсация. Сверхтекучесть гелия. Куперовские пары. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Эффект Джозефсона. Применение сверхпроводимости	2	4	4
Тема 10. Состояния электронов в кристаллической решетке. Квазичастицы. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Поверхность Ферми. Псевдопотенциал. Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Жидкие металлы.	2	4	4
Тема 11. Теория простых жидкостей. Ближний порядок. Фундаментальные эксперименты. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Смачивание. Растворы.	2	4	4
Тема 12. Фазовые переходы. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма равновесия твердой и жидкой фаз. Плавление и кристаллизация. Полиморфные и полимезоморфные превращения.	2	4	4
Тема 13. Стекла и аморфы. Температурный интервал и обратимость стеклования. Спиновые стекла. Метод реплик.	1	2	2
Тема 14. Жидкие кристаллы. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы и их классификация. Полимезоморфизм. Электрические, оптические, магнитные, реологические и акустические свойства жидких кристаллов и их применение.	2	4	4
Тема 15. Полимеры. Жидкокристаллические полимеры. Классификация, физические свойства и применение.	1	2	2
Тема 16. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях. Особенности структуры и физических свойств систем пониженной размерности. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях.	2	4	4

Тема 17. Проблема создания материалов с заданными физическими свойствами. Расчет и предсказание физических свойств и структуры конденсированных систем. Проблема создания новых материалов с заранее заданными свойствами.	2	4	4
Итого:	32	64	64

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА.

Тема	Задание на практическую подготовку	Количество часов
Тема 1. Введение. Конденсированные состояния. Основные типы конденсированных систем. Термодинамический и статистический подход к изучению макроскопических конденсированных систем.	Решение задач	4
Тема 2. Симметрия. Элементы и преобразования симметрии. Точечные и пространственные группы симметрии. Решетки Браве и предельные группы Кюри.	Решение задач	4
Тема 3. Ближний и дальний порядок. Взаимоотношение симметрии системы и ее упорядоченности. Нарушение симметрии и квазисредние. Аморфное состояние вещества.	Решение задач	4
Тема 4. Экспериментальные методы исследования структуры и физических свойств конденсированных систем. Дифракционный структурный анализ. Рентгенография кристаллических, жидкокристаллических, жидких и аморфных систем. Уравнения Лауэ и формула Вульфа-Брэгга. Структурный фактор и радиальная функция распределения.	Решение задач	4
Тема 5. Основы квантовой теории межатомных и межмолекулярных взаимодействий. Приближение Борна-Оппенгеймера. Обменные взаимодействия. Теория возмущений и мультипольные разложения. Парные и многочастичные взаимодействия. Модельные потенциалы взаимодействий.	Решение задач	4
Тема 6. Современные методы статистической теории конденсированного состояния. Вторичное квантование и метод функций Грина. Методы ренорм-группы, корреляционных функций, скобок Пуассона и функционала плотности. Метод реплик.	Решение задач	4
Тема 7. Твердые тела. Аморфные и кристаллические тела. Дальний порядок в кристаллах. Поликристаллы и мозаичность. Классификация кристаллов по типу	Решение задач	4

связей, анизотропия кристаллов. Дефекты в кристаллах.		
Тема 8. Упругие свойства кристаллов. Тензоры напряжений и деформаций. Распространение акустических волн в совершенных кристаллах; скорость звука и определение упругих модулей. Классическая теория скорости и поглощения звука в кристаллах. Термодинамическая теория термической релаксации. Динамика кристаллической решетки. Упругие волны, смещения атомов и фононы. Ангармонизм и тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Классическая теория и эксперимент. Закон Дюлонга и Пти. Модели Эйнштейна и Дебая. Основы квантовых представлений.	Решение задач	4
Тема 9. Квантовые кристаллы. Квантовые жидкости. Бозе-конденсация. Сверхтекучесть гелия. Куперовские пары. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Эффект Джозефсона. Применение сверхпроводимости	Решение задач	4
Тема 10. Состояния электронов в кристаллической решетке. Квазичастицы. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Поверхность Ферми. Псевдопотенциал. Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Жидкие металлы.	Решение задач	4
Тема 11. Теория простых жидкостей. Ближний порядок. Фундаментальные эксперименты. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Смачивание. Растворы.	Решение задач	4
Тема 12. Фазовые переходы. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма равновесия твердой и жидкой фаз. Плавление и кристаллизация. Полиморфные и полимезоморфные превращения.	Решение задач	4
Тема 13. Стекла и аморфы. Температурный интервал и обратимость стеклования. Спиновые стекла. Метод реплик.	Решение задач	2
Тема 14. Жидкие кристаллы. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы и их классификация. Полимезоморфизм. Электрические, оптические, магнитные, реологические и акустические свойства жидких	Решение задач	4

кристаллов и их применение.		
Тема 15. Полимеры. Жидкокристаллические полимеры. Классификация, физические свойства и применение.	Решение задач	2
Тема 16. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях. Особенности структуры и физических свойств систем пониженной размерности. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях.	Решение задач	4
Тема 17. Проблема создания материалов с заданными физическими свойствами. Расчет и предсказание физических свойств и структуры конденсированных систем. Проблема создания новых материалов с заранее заданными свойствами.	Решение задач	4

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Тема 1. Введение. Конденсированные состояния.	Статистический подход к изучению макроскопических конденсированных систем.	2	Работа с литературой, конспект, решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, презентация
Тема 2. Симметрия.	Пространственные группы симметрии. Решетки Браве.	2	Работа с литературой, конспект, решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 3. Ближний и дальний порядок.	Квазисреднее. Аморфное состояние вещества.	2	Работа с литературой, конспект, решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 4. Экспериментальные методы	Рентгенография кристаллических	2	Работа с литературой, конспект	Учебно-методическое	Конспект, доклад,

исследования структуры и физических свойств конденсированных систем.	ких, жидкокристаллических, жидких и аморфных систем.		решение задач	обеспечение дисциплины	, презентация
Тема 5. Основы квантовой теории межатомных и межмолекулярных взаимодействий.	Приближение Борна-Оппенгеймера. Обменные взаимодействия. Теория возмущений и мультипольные разложения.	4	Работа с литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, презентация
Тема 6. Современные методы статистической теории конденсированного состояния.	Методы ренорм-группы, скобок Пуассона и функционала плотности. Метод реплик.	4	Работа с литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 7. Твердые тела.	Поликристаллы и мозаичность. Дефекты в кристаллах.	2	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 8. Упругие свойства кристаллов.	Распространение акустических волн в совершенных кристаллах; скорость звука и определение упругих модулей. Классическая теория скорости и поглощения звука в	4	Работа с литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация

	кристаллах. Термодинамическая теория термической релаксации.				
Тема 9. Квантовые кристаллы. Квантовые жидкости.	Эффект Мейснера. Эффект Джозефсона. Применение сверхпроводимости	2	Работа литературой, конспект решение задач	с Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 10. Состояния электронов в кристаллической решетке. Квазичастицы.	Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков , металлов и полупроводников. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Жидкие металлы.	2	Работа литературой, конспект решение задач	с Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 11. Теория простых жидкостей.	Фундаментальные эксперименты. Поверхностный слой. Смачивание. Растворы.	2	Работа литературой, конспект решение задач	с Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема 12. Фазовые переходы.	Плавление и кристаллизация. Полиморфные и полиморфизм	2	Работа литературой, конспект решение задач	с Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи,

	фные превращения.			ины	презен тация
Тема13. Стекла и аморфы.	Спиновые стекла. Метод реплик.	2	Работа литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема14. Жидкие кристаллы.	Электрические, оптические, реологические и акустические свойства жидких кристаллов и их применение.	2	Работа литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема15. Полимеры.	Физические свойства и применение полимеров.	2	Работа литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема16. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях.	Тонкие пленки и нанотехнологии.	2	Работа литературой, конспект решение задач	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Тема17. Проблема создания материалов с заданными физическими свойствами.	Предсказание физических свойств и структуры конденсированных систем.	2	Работа литературой, конспект	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	Конспект, доклад, решенные задачи, презентация
Итого		40			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов физики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	Доклад, домашнее задание	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания домашнего задания
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов физики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей. Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов физики для создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации	доклад, домашнее задание, практическая подготовка	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания практической подготовки

			полученных результатов с учетом границ применимости моделей.		
--	--	--	--	--	--

Шкала и критерии оценивания докладов.

Критерии оценивания	Баллы
Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала и критерии оценивания домашних работ.

Критерии оценивания	Баллы
Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	8-10
Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	5-7
Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	2-4
Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-1

Шкала оценивания практической подготовки.

Критерии оценивания	Баллы
Если студент решил 71-90% от всех задач	16-20
Если студент решил 51-70% от всех задач	11-15
Если студент решил 31-50% от всех задач	6-10
Если студент решил 0-30% от всех задач	0-5

5.3. 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 список тем докладов.

1. Механика сплошных сред.
2. Электродинамика сплошных сред.
3. Физика твёрдого тела.
4. Физика жидкостей.
5. Мезоскопическая физика.
6. Мягкое конденсированное вещество.
7. Квантовый эффект Холла.
8. Сверхпроводимость.
9. Сильно коррелированные системы.
10. Спиновые цепочки.
11. Высокотемпературная сверхпроводимость.
12. Физика неупорядоченных систем.
13. Симметрия и законы сохранения в физике конденсированного состояния.
14. Теоремы Кюри.
15. Сегнетоэлектрические жидкие кристаллы.
16. Электреты.
17. Пьезоэлектрики.
18. Высокотемпературная сверхпроводимость.
19. Многочастичные взаимодействия.
20. Аморфное состояние вещества.
21. Классификация жидких кристаллов.

22. Ближний и дальний порядок в жидких кристаллах.
23. Дефекты в жидких кристаллах.
24. Жидкие кристаллы в электрических и магнитных полях.
25. Лиотропные жидкие кристаллы.
26. Динамика жидких кристаллов.
27. Ультразвуковые методы исследования конденсированных сред.
28. Математическое моделирование мезофаз.

Примерные варианты домашних заданий.

1. Найти элементы точечной симметрии нематического жидкого кристалла и кристалла поваренной соли.
2. Найти элементы пространственной симметрии простой кубической решетки.
3. Найти предельную группу Кюри для однородного электрического поля.
4. Какие элементы симметрии простой кубической решетки сохраняются при ее сжатии вдоль оси (1. 1. 1)?
5. Какие оси симметрии совместимы с кристаллической решеткой?

Задания на практическую подготовку.

1. Энергия взаимодействия между двумя атомами в молекуле зависит от расстояния следующим образом:

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^n} + \frac{\beta}{r^m}.$$

Межатомное расстояние в положении равновесия $r_0 = 3\text{Å}$, энергия диссоциации (расщепления нейтральной молекулы на противоположно заряженные ионы) молекулы $U_d = -4\text{ эВ}$. Вычислить значения коэффициентов α и β , если $n=2$, $m=10$. Найти силы, стремящиеся вернуть атомы в положение равновесия при изменении межатомного расстояния r_0 на 10 %.

2. Вычислить значение энергии кристаллической решетки NaCl $U_{\text{реш}}$ (в Дж/моль), если постоянная n , характеризующая потенциал сил отталкивания, равна 9,4, а постоянная Маделунга $A=1,75$. Постоянная решетки NaCl равна $a=5,62\text{ Å}$.
3. Рассчитать внутреннюю энергию $m = 200\text{ г}$ каменной соли, постоянная кристаллической решетки, которой равна $a = 5,64\text{ Å}$. Постоянная сил отталкивания $n = 9,4$.
4. Как изменится равновесное расстояние r_0 между ионами и энергия решетки NaCl, если заряд иона возрастет вдвое?
5. Известно, что в кристалле, в котором связи обусловлены силами Ван-дер-Ваальса, равновесное межатомное расстояние $r_0 = 1,50\text{ Å}$, а энергия на 10% меньше, чем в случае, когда учитываются только силы притяжения. Чему равна характерная длина ρ , входящая в выражение:

$$U = -\frac{A}{r^6} + B \exp\left(-\frac{r}{\rho}\right).$$

Примерный список вопросов к зачету с оценкой.

1. Конденсированные состояния. Основные типы конденсированных систем.
2. Термодинамический и статистический подход к изучению макроскопических конденсированных систем.

3. Симметрия. Элементы и преобразования симметрии.
4. Точечные и пространственные группы симметрии. Решетки Браве и предельные группы Кюри.
5. Ближний и дальний порядок. Взаимоотношение симметрии системы и ее упорядоченности. Нарушение симметрии и квазисредние. Аморфное состояние вещества.
6. Экспериментальные методы исследования структуры и физических свойств конденсированных систем. Дифракционный структурный анализ. Рентгенография кристаллических, жидкокристаллических, жидких и аморфных систем.
7. Уравнения Лауэ и формула Вульфа-Брэгга. Структурный фактор и радиальная функция распределения.
8. Основы квантовой теории межатомных и межмолекулярных взаимодействий. Приближение Борна-Оппенгеймера. Обменные взаимодействия.
9. Теория возмущений и мультипольные разложения. Парные и многочастичные взаимодействия. Модельные потенциалы взаимодействий.
10. Современные методы статистической теории конденсированного состояния.
11. Математическое моделирование конденсированных систем. Методы Монте-Карло и молекулярной динамики.
12. Твердые тела. Аморфные и кристаллические тела. Дальний порядок в кристаллах. Поликристаллы и мозаичность. Классификация кристаллов по типу связей, анизотропия кристаллов.
13. Упругие свойства кристаллов. Тензоры напряжений и деформаций. Распространение акустических волн в совершенных кристаллах; скорость звука и определение упругих модулей.
14. Классическая теория скорости и поглощения звука в кристаллах. Термодинамическая теория термической релаксации. Динамика кристаллической решетки. Упругие волны, смещения атомов и фононы.
15. Ангстремизм и тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Классическая теория и эксперимент. Закон Дюлонга и Пти. Модели Эйнштейна и Дебая. Основы квантовых представлений.
16. Квантовые кристаллы. Квантовые жидкости. Бозе-конденсация. Сверхтекучесть гелия.
17. Куперовские пары. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Эффект Джозефсона. Применение сверхпроводимости.
18. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Поверхность Ферми.
19. Псевдопотенциал.
20. Примеси и примесные уровни. Дефекты.
21. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье.
22. Теория простых жидкостей. Ближний порядок. Фундаментальные эксперименты.
23. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Смачивание.
24. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма равновесия твердой и жидкой фаз. Плавление и кристаллизация. Полиморфные и полимезоморфные превращения.
25. Стекла. Температура стеклования. Спиновые стекла.
26. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы и их классификация. Полимезоморфизм.
27. Электрические, оптические, магнитные, реологические и акустические свойства жидких кристаллов и их применение.
28. Полимеры. Жидкокристаллические полимеры. Классификация, физические свойства и применение.

29. Особенности структуры и физических свойств систем пониженной размерности. Тонкие пленки. Общие представления о нанотехнологиях.

30. Проблема создания материалов с заданными физическими свойствами.

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

Ответ обучающегося на зачёте с оценкой оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

Шкала оценивания зачета с оценкой.

Критерии оценивания	Баллы
Полные и точные ответы на вопросы Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче зачета с оценкой.	21-30
Полные и точные ответы вопросы. Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета с оценкой.	15-20
Полный и точный ответ на один вопрос. Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов.	8-14
неполный и неточный ответ на один вопрос билета и менее.	0-7

Итоговая шкала выставления оценки по дисциплине.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение всего срока освоения дисциплины, а также баллы на промежуточной аттестации.

Баллы, полученные магистрантами в течение освоения дисциплины	Оценка по дисциплине
81 – 100	отлично
61 – 80	хорошо
41 – 60	удовлетворительно
0 – 40	неудовлетворительно

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Байков Ю. А. , Кузнецов В. М. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 296 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018254.html> (дата обращения: 23.03.2024). - Режим доступа : по подписке.

2. Пиралишвили, Ш. А. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния : учебное пособие для вузов / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-507-44597-4. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238496> (дата обращения: 23.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Дополнительная литература

1. Абрамчук, Н. С. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. Ю. Д. Третьякова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 368 с. - ISBN 978-5-9221-1048-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110488.html> (дата обращения: 23.03.2024). - Режим доступа : по подписке.
2. Базаров И.П., Геворкян Э.В. Статистическая физика жидких кристаллов. М., изд. МГУ, 1992.
3. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и статистической физике. М. «Высшая школа», 1997.
4. Воронов В. К., Подоплелов А. В. Физика на переломе тысячелетий. Конденсированное состояние М., ЛКИ, 2012.
5. Делоне, Н. Б. Основы физики конденсированного вещества / Делоне Н. Б. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - ISBN 978-5-9221-1261-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112611.html> (дата обращения: 23.03.2024). - Режим доступа : по подписке.
6. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела: учеб.пособие / Г. И. Епифанов. - 4-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2019. - 288с. – Текст: непосредственный.
7. Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. М., изд. МГУ, 1988.
8. Задачи по физике твердого тела. (ред.Голдсмит Г.Дж.) М., Наука, 1976.
9. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
10. Крокстон К. Физика жидкого состояния. М., 1978.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. Наука, 1987.
12. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике. М., Наука, 1982.
13. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. М., 1980.
14. Стрекалов, Ю.А. Физика твердого тела: учеб.пособие для вузов / Ю. А. Стрекалов, Н. А. Тенякова. - М. : Инфра-М, 2013. - 307с. – Текст: непосредственный.
15. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/959952> (дата обращения: 23.03.2024). – Режим доступа: по подписке.
16. Филимонова, Н. И. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Филимонова Н. И. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 136 с. - ISBN 978-5-7782-2960-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229600.html> (дата обращения: 23.03.2024). - Режим доступа : по подписке.
17. Фомин, А. В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие / Д. В. Фомин. - Изд. 2-е, стер. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. - 186 с. - ISBN 978-5-4499-0151-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785449901514.html> (дата обращения: 23.03.2024). - Режим доступа : по подписке.
18. Хеерман Д.Б. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. М., «Наука», 1990.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. http://mgou.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=614
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации

www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

7-zip

Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.