

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП

С.А. Тишкова

«07» мая 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой физики

С. А. Тишкова

«07» мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Физика конденсированного состояния. Термодинамика.
Статистическая физика. Физическая кинетика**

Составитель(-и)	Кириллова Т.В., к.п.н., доцент кафедры физики
Направление подготовки / специальность	03.03.02 ФИЗИКА
Направленность (профиль) ОПОП	ИНЖЕНЕРНАЯ ФИЗИКА
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	очная
Год приема	2023
Курс	4
Семестры	7, 8

Астрахань– 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины (модуля) «Физика конденсированного состояния. Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» является:

- изучение методологических подходов к построению, анализу и применению математических моделей в задачах научных исследований;
- приобретение знаний, необходимых для использования компьютера как инструмента исследовательской деятельности;
- изучение возможности практического использования моделей при решении физических задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- развитие представлений студентов о теории строения твердых тел, о явлениях, связанных с движением и взаимодействием электронов и атомных ядер в конденсированном веществе;
- формирование у них также представлений о термодинамическом и статистическом методах теоретического изучения материи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Дисциплина «Физика конденсированного состояния. Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» относится к обязательной части. Изучается в 7 и 8 семестрах.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами: Аналитическая геометрия, линейная алгебра, Математический анализ, Квантовая теория, Молекулярная физика.

Знания: основные физические явления, величины и законы; границы применимости законов и их применение в важнейших практических приложениях; физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения. Векторы, проекция вектора на некоторое направление, сложение и вычитание векторов, умножение вектора на скаляр, умножение вектора на вектор, разложение вектора на составляющие; производная, основные правила дифференцирования, дифференциал, определённые и неопределённые интегралы, комплексные числа, комплексно сопряжённые числа.

Умения: объяснять наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; определять, какие законы описывают данное явление или эффект; объяснять смысл физических понятий и законов; применять методы физического и математического моделирования, физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем. Дифференцировать элементарные функции, вычислять производные высшего порядка и частные производные; вычислять неопределённые и определённые интегралы от элементарных функций, осуществлять действия над векторами.

Навыки: применение основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; обработка и интерпретирование результатов эксперимента.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Физика реального кристалла, Теплофизика, при написании ВКР и курсовой работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

- а) общепрофессиональных (ОПК): способен применять базовые знания в области

физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1).

б) профессиональных (ПК): способен применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин. (ПК-5).

Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ИОПК-1.1.1 основные понятия, методы и модели физики конденсированного состояния, термодинамики, статистической физики и физической кинетики, квантовую природу движения частиц, роль трансляционной симметрии в изучении свойств кристаллов, основы метода квази-частиц.	ИОПК-1.2.1 использовать методы термодинамики, квантовой и статистической физики к изучению конденсированного состояния вещества, анализировать механизмы явлений в твердых телах.	ИОПК-1.3.1 навыками решения задач по физике конденсированного состояния, по феноменологической термодинамике, по статистической физике и физической кинетике.
ПК-5. Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.	ИПК-5.1.1. знать фундаментальные понятия, законы и теории, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ИПК-5.2.1. уметь применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.	ИПК-5.3.1. владеть фундаментальными понятиями и законами, полученными при освоении профильных физических дисциплин

Где в наименовании индикатора: **И** – показать индикатора; **УК** – код типа компетенции; **первое число** – код компетенции; **второе число** – код вида индикатора (1 – индикатор «Знать», 2 – индикатор «Уметь», 3 – индикатор «Владеть»);

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины – 216 часов, из них лекций – 48 часов (26 часов в 7 семестре и 22 часа в 8 семестре), практических занятий – 48 часов (26 часов в 7 семестре и 22 часа в 8 семестре), 102 часа самостоятельной работы. Зачетных единиц 6. Зачет в 7 семестре и экзамен в 8 семестре. Курсовая работа в 7 семестре (18 часов).

Таблица 2 - Структура и содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Раздел 1. Физика конденсированного состояния								
1.	Типы твердых тел	7	2	2			2	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
2.	Симметрия кристаллов	7	4	4			6	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
3.	Динамика кри-	7	4	4			6	Решение задач, контрольная

	сталлической решетки						работа №1, коллоквиум
4.	Электронные состояния кристаллов	7	4	4		6	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
5.	Электронные свойства	7	4	4		6	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
6.	Оптические свойства	7	4	4		6	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
7.	Кооперативные явления	7	4	4		6	Решение задач, контрольная работа №1, коллоквиум
Итого за 7 семестр			26	26		18	38
Раздел 2. Термодинамика							
1.	Термодинамическое состояние и первый закон термодинамики	8	2	2		5	Решение задач, контрольная работа №2, тест
2.	Второй закон термодинамики	8	2	2		5	Решение задач, контрольная работа №2, тест
3.	Термодинамические функции и условия равновесия	8	2	2		5	Решение задач, контрольная работа №2, тест
4.	Равновесие фаз и химическое равновесие	8	2	2		5	Решение задач, контрольная работа №2, тест
Раздел 3. Статистическая физика. Физическая кинетика							Решение задач, контрольная работа №3, тест
1.	Основные положения статистической механики	8	2	2		8	Решение задач, контрольная работа №3, тест
2.	Постулат о равновесности микросостояний	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
3.	Канонические распределения	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
4.	Классические газы	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
5.	Квантовые статистики	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
6.	Флуктуации и броуновское движение	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
7.	Кинетические уравнения	8	2	2		6	Решение задач, контрольная работа №3, тест
Итого за 8 семестр			22	22		64	Экзамен
Итого:			48	48		18	102

Условные обозначения:

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия; ЛР – лабораторные работы; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа по отдельным темам.

Таблица 3 - Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции		
		ОПК-1	ПК-5	общее количество компетенций
Раздел 1. Физика конденсированного состояния	108	+	+	2
Раздел 2. Термодинамика	36	+	+	2
Раздел 3. Статистическая физика. Физическая кинетика	72	+	+	2
Итого	216			2

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)
7 семестр

Раздел 1. «Физика конденсированного состояния»

Тема 1. Типы твердых тел. Тепловое движение и состояние вещества. Конденсированные и неконденсированные состояния. Межатомное и межмолекулярное взаимодействие в конденсированных системах. Типы связей в кристаллах.

Адиабатическое приближение Борна-Оппенгеймера. Описание движения электронов и ионов в кристаллах.

Тема 2. Симметрия кристаллов. Кристаллические структуры. Трансляционная симметрия кристаллической решетки. Решетки Браве, решетки с базисом. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.

Тема 3. Динамика кристаллической решетки. Динамика простой решетки в гармоническом приближении. Нормальные колебания кристалла. Закон дисперсии. Колебания решетки с базисом. Акустические и оптические ветви закона дисперсии.

Квантование решеточных колебаний. Фононы. Энергетический спектр фононов. Теплоемкость кристаллической решетки, модели Эйнштейна и Дебая. Роль ангармонизма колебаний. Тепловое расширение и теплопроводность решетки. Дефекты решетки.

Тема 4. Электронные состояния кристаллов. Электрон в периодическом поле решетки. Теорема Блоха. Приближения слабой связи и сильной связи. Зонный энергетический спектр электронов в кристалле. Типы кристаллических тел: металлы и диэлектрики. Полупроводники и полуметаллы. Статистика Ферми для электронов. Электронная теплоемкость. Диамагнетизм свободных электронов. Спиновый парамагнетизм Паули.

Примеси. Примесные состояния. Квантовая теория поверхностных и примесных состояний. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

Тема 5. Электронные свойства. Динамика электрона в кристалле. Тензор эффективной массы. Дырочные состояния. Электроны в металлах. Поверхность Ферми. Плазменные колебания. Плазмоны.

Электрон-фононное взаимодействие. Фактор Дебая-Валлера. Полярон Фрелиха. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации. Электропроводность металлов. Температурная зависимость электропроводности. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Термоэлектрические явления. Электроны и дырки в полупроводниках. Температурная зависимость проводимости собственного полупроводника.

Тема 6. Оптические свойства. Проникновение света в металл. Межзонное поглощение. Поглощение света примесными центрами в диэлектриках. Влияние электрон-фононного взаимодействия на переходы. Квантовые возбуждения кристаллов. Экситоны Френкеля и Ванье. Взаимодействие света с решеткой, поляритоны.

Тема 7. Кооперативные явления. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Модель Гейзенберга. Понятие об антиферромагнетизме и ферромагнетизме. Спиновые волны. Магноны. Температурная зависимость намагниченности.

Сверхпроводимость. Электрон-фононное взаимодействие. Куперовские пары. Микроскопическая теория низкотемпературной сверхпроводимости (БКШ). Высокотемпературная сверхпроводимость.

Раздел 2. «Термодинамика»

Тема 1. Термодинамическое состояние и первый закон термодинамики. Термодинамические системы. Внутренняя энергия. Взаимодействия в термодинамике. Тепловое равновесие. Температура как характеристика теплового равновесия. Термодинамические величины. Термодинамические процессы. Первый закон термодинамики, внутренняя энергия. Тепло и энтальпия. Инфинитезимальные процессы. Термодинамические силы и координаты. Количество вещества и химический потенциал. Теплоемкость. Уравнение состояния. Замена независимых переменных.

Тема 2. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. КПД цикла Карно. Абсолютная температурная шкала. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Общая формулировка второго закона термодинамики. Основное термодинамическое тождество. Свободная энергия и потенциал Гиббса. Направление термодинамических процессов. Максимальная и минимальная работа.

Тема 3. Термодинамические функции и условия равновесия. Термодинамические функции. Преобразования Лежандра. Уравнение Гиббса-Дюгема. Соотношения Максвелла. Третий закон термодинамики. Равновесие двух систем. Общие условия равновесия. Устойчивость термодинамического равновесия. Принцип Ле-Шателье.

Тема 4. Равновесие фаз и химическое равновесие. Фаза. Равновесие между фазами чистого вещества. Кривая равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Равновесие в многокомпонентной многофазной системе. Правило фаз. Гиббса. Химическое равновесие, закон действующих масс.

8 семестр

Раздел 3. «Статистическая физика. Физическая кинетика»

Тема 1. Основные положения статистической механики. Квантовое и классическое описание микросостояний. Фазовое пространство. Статистический ансамбль. Функция распределения и матрица плотности. Термодинамические величины как средние по ансамблю. Эргодическая гипотеза. Классическое и квантовомеханическое уравнение Лиувилля. Равновесные и неравновесные состояния многочастичной системы. Условие равновесия. Связь равновесной функции распределения с энергией.

Тема 2. Постулат о равновероятности микросостояний. Микроканоническое распределение. Статистический вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Статистический характер необратимости. Температура, ее статистический смысл. Изменение энергии при адиабатическом изменении внешних параметров. Давление. Основное термодинамическое тождество. Тепло и работа, их микроскопический смысл.

Тема 3. Канонические распределения. Канонический ансамбль и каноническое распределение. Статистическая сумма и ее связь со свободной энергией. Вычисление термодинамических параметров (средней энергии, давления, энтропии). Статистический интеграл и каноническое распределение в классической теории.

Большой канонический ансамбль и большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма. Среднее число частиц в равновесной системе.

Тема 4. Классические газы. Статистический интеграл идеального газа, энтропия и энергия. Уравнение состояния идеального газа. Распределение Максвелла-Больцмана для молекул идеального газа.

Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкостей идеальных газов. Квантовая теория теплоемкостей двухатомных газов, характеристические температуры.

Неидеальные системы. Конфигурационный интеграл и его вычисление для неплотных газов. Вириальные коэффициенты. Смысл коэффициентов в уравнении Ван дер Ваальса.

Тема 5. Квантовые статистики. Квантовые идеальные газы, распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Условия перехода от квантовых статистик к классической статистике, критерий вырождения. Равновесное излучение как фотонный газ. Законы излучения абсолютно черного тела. Бозе-конденсация. Сверхтекучесть.

Тема 6. Флуктуации и броуновское движение. Флуктуации энергии системы в термостате. Вероятность флуктуаций для системы в термостате. Флуктуации объема, энтропии и числа частиц системы.

Тема 7. Кинетические уравнения. Частичные функции распределения. Уравнение Лиувилля и N-частичная функция распределения. Приведенное уравнение Лиувилля для s-частичной функции распределения неравновесной системы. Цепочка уравнений Боголюбова (ББГКИ). Характерные времена. Понятие об анализе Боголюбова уравнений ББГКИ. Корреляционные функции.

Кинетическое уравнение Больцмана. Вывод кинетического уравнения Больцмана из уравнений ББГКИ. Интеграл столкновений Больцмана и его свойства. Кинетические коэффициенты. Закон возрастания энтропии. H-теорема Больцмана.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Студенты получают в ЭИОС вуза доступ к:

1. Конспекты лекций в электронном виде;
2. Задачи для решения по данному курсу;
3. Вспомогательные материалы: таблицы физических постоянных, периодическая система элементов.

Указанные выше материалы, необходимые для изучения курса, размещаются на платформе электронного образовательного ресурса LMS Moodle.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер радела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
1.	Квантовые возбуждения кристаллов. Экситоны Френкеля и Ванье. Взаимодействие света с решеткой, поляритоны.	38	<i>Изучение материала, подготовка к контрольной работе, коллоквиуму. Самостоятельное решение задач.</i>
2.	Электрон-фононное взаимодействие. Фактор Дебая-Валлера. Полярон Фрелиха. Сверхпроводимость. Электрон-фононное взаимодействие. Куперовские пары. Микроскопическая теория низкотемпературной сверхпроводимости (БКШ). Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости.	20	
3.	Диамagnetизм свободных электронов. Спиновый парамагнетизм Паули. Проникновение света в металл. Меж-	44	

	зонное поглощение. Поглощение света примесными центрами в диэлектриках. Влияние электрон-фононного взаимодействия на переходы.		
--	--	--	--

1. *

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

По данной дисциплине в 7 семестре предусмотрено написание курсовой работы.

Примерная тематика курсовых работ

- Тема 1. Электронно-колебательные спектры сложных молекул.
- Тема 2. Сверхпроводники I и II рода.
- Тема 3. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
- Тема 4. Ионное распыление.
- Тема 5. Ядерный магнитный резонанс.
- Тема 6. Гравитационные волны.
- Тема 7. Большой Взрыв и эволюция Вселенной.
- Тема 8. Теплопроводность твердых тел.
- Тема 9. Гигантское магнитное сопротивление.
- Тема 10. Контактные явления в полупроводниках.
- Тема 11. Фуллерены и углеродные нанотрубки.
- Тема 12. Квантовый эффект Холла.
- Тема 13. Физическая природа магнетиков.
- Тема 14. Перестраиваемые лазеры на красителях.
- Тема 15. Полупроводниковые лазеры.
- Тема 16. Жидкие кристаллы.
- Тема 17. Стандартная модель элементарных частиц.
- Тема 18. Эффект Мёссбауэра и мессбауэровская спектроскопия.
- Тема 19. Ускорители заряженных частиц. Коллайдеры.
- Тема 20. Оже-спектроскопия.
- Тема 21. Фотонные кристаллы.
- Тема 22. Графен, его свойства и перспективы применений.
- Тема 23. Статистическая теория атома: модель Томаса-Ферми-Дирака.

Требования к оформлению курсовой работы:

Курсовая работа должна быть отпечатана на одной стороне листа белой бумаги формата А4 с полуторным интервалом. Допускается печать с одинарным интервалом. Шрифт «Times New Roman», размер 14 пт. Поля должны оставаться по всем четырем сторонам листа. Размер левого поля – 35 мм, правого – не менее 20 мм, размер верхнего и нижнего полей – не менее 20 мм.

Курсовая работа должна включать титульный лист; основную часть; список литературы; приложения (если в них имеется необходимость).

В список литературы включают все использованные источники литературы. Источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте отчета (можно в алфавитном порядке).

Для защиты курсовой работы необходимо подготовить доклад и презентацию.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Раздел 1. Физика конденсированного состояния	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Раздел 2. Термодинамика			
Раздел 3. Статистическая физика. Физическая кинетика			

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line в формах: лекций-презентаций, видеоконференции, собеседования в режиме чат, форума, чата.

6.2. Информационные технологии:

использование электронных учебников и сайтов Интернета в качестве источника информации;

использование возможностей электронной почты преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками); 3) использование презентаций при проведении занятий.

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии система управления обучением LMS Moodle «Электронное образование»).

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 10 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Mozilla Firefox	Браузер
Paint.NET	Растровый графический редактор
VLC Player	Медиапроигрыватель
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех» <https://biblio.asu.edu.ru> (Учётная запись образовательного портала АГУ)

2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»

Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15000 наименований изданий. www.studentlibrary.ru (Регистрация с компьютеров АГУ)

3. Образовательная платформа ЮРАЙТ, <https://urait.ru/>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Физика конденсированного состояния. Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 - Соответствие изучаемых разделов, результатов обучения и оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы, темы дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	Физика конденсированного состояния	ПК-5, ОПК-1	Решение задач/контрольная работа №1/коллоквиум
2	Термодинамика	ПК-5, ОПК-1	Решение задач /контрольная работа №2/тест
3	Статическая физика. Физическая кинетика	ПК-5, ОПК-1	Решение задач/контрольная работа №3/тест

Текущий контроль осуществляется на основе проверки заданий для самостоятельной работы, результатов контрольных работ и ответа на коллоквиуме (зачете, экзамене).

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Критерии оценивания курсовой работы:

➤ оценка «отлично» выставляется студенту, если полностью раскрыта тема курсовой– работы, оформление соответствует предъявляемым требованиям, подготовлена презентация доклада и при защите курсовой работы студентом даны ответы на все возникшие вопросы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если полностью раскрыта тема курсовой– работы, оформление соответствует предъявляемым требованиям, подготовлена презентация доклада, но при защите студент не смог ответить на некоторые поставленные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если раскрыта тема курсовой– работы, но в её оформлении имеются недочеты, не подготовлена презентация доклада, а при защите работы студент не смог ответить на поставленные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если тема курсовой работы не– раскрыта.

Таблица 8. Критерии оценивания решения задач

5 «отлично»	- свободно применяет полученные знания при решении задачи; - выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий.
4 «хорошо»	выполнены требования к оценке «отлично», но допущены 2 – 3 недочета при решении задачи и студент может их исправить самостоятельно или при небольшой помощи преподавателя
3 «удовлетворительно»	- задача решена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы; - в ходе решения задачи студент продемонстрировал слабые практические навыки, были допущены ошибки; - студент умеет применять полученные знания при решении простых задач по готовому алгоритму.
2 «неудовлетворительно»	- задача решена не полностью и объем выполненной работы не позволяет сделать правильных выводов, у студента имеются лишь отдельные представления об изученном материале, большая часть материала не усвоена.

Таблица 9. Критерии оценки ответов на вопросы коллоквиума.

5 «отлично» (32-40 баллов)	-демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - свободное и правильное обоснование проблемных ситуаций; -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
4 «хорошо» (21-31 баллов)	-демонстрируются знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех предлагаемых вопросов; -допускаются некоторые неточности в ответе или в решении проблемных ситуаций.
3 «удовлетворительно» (11-20 баллов)	-усвоение содержания основных разделов учебной программы, необходимых для дальнейшего обучения; - фрагментарный, несистематизированный характер знаний, недостаточно правильная формулировка базовых понятий, - нарушения логической последовательности в изложении программного материал.
2 «неудовлетворительно» (0-10 баллов)	- незнание большей части основного содержания учебной программы дисциплины; - допущение грубых ошибок в формулировках основных понятий дисциплины.

Таблица 10. Критерии выставления оценок за тест

Время выполнения работы: 40-60 минут

5 «отлично» (14-15 баллов)	18-20 правильных ответов
4 «хорошо» (10-13 баллов)	14-17 правильных ответов
3 «удовлетворительно» (7-9 баллов)	12-16 правильных ответов
2 «неудовлетворительно» (0-6 баллов)	менее 11 правильных ответов

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

1. Вопросы к коллоквиуму по физике конденсированного состояния

2. Тепловое движение и состояние вещества. Конденсированные и неконденсированные состояния.
3. Межатомное и межмолекулярное взаимодействие в конденсированных системах. Типы связей в кристаллах.
4. Адиабатическое приближение Борна-Оппенгеймера. Описание движения электронов и ионов в кристаллах.
5. Кристаллические структуры. Трансляционная симметрия кристаллической решетки. Решетки Браве, решетки с базисом.
6. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
7. Динамика простой решетки в гармоническом приближении. Нормальные колебания кристалла. Закон дисперсии.
8. Колебания решетки с базисом. Акустические и оптические ветви закона дисперсии.
9. Квантование решеточных колебаний. Фононы. Энергетический спектр фононов.
10. Теплоемкость кристаллической решетки, модели Эйнштейна и Дебая.
11. Роль ангармонизма колебаний. Тепловое расширение и теплопроводность решетки.
12. Дефекты решетки.
13. Электрон в периодическом поле решетки. Теорема Блоха.
14. Приближения слабой связи и сильной связи. Зонный энергетический спектр электронов в кристалле.
15. Типы кристаллических тел: металлы и диэлектрики. Полупроводники и полуметаллы.
16. Динамика электрона в кристалле. Тензор эффективной массы. Дырочные состояния.
17. Статистика Ферми для электронов. Электронная теплоемкость.
18. Электроны в металлах. Поверхность Ферми. Плазменные колебания. Плазмоны.
19. Электропроводность металлов. Температурная зависимость электропроводности. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации.
20. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Термоэлектрические явления.
21. Электроны и дырки в полупроводниках. Температурная зависимость проводимости собственного полупроводника.
22. Примеси и примесные состояния. Поверхностные состояния.
23. Диэлектрические свойства вещества. Поляризация и дисперсия. Формула Ланжевена.
24. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Модель Гейзенберга. Понятие об антиферромагнетизме и ферримагнетизме.
25. Спиновые волны. Магноны. Температурная зависимость намагниченности.

2. Примерные варианты контрольной работы по физике конденсированного состояния

Билет 1

1. Показать, что теплоемкость одномерной решетки из одинаковых атомов в модели Дебая пропорциональна температуре в области низких температур.
2. Найдите энергию нулевых акустических колебаний дебаевского кристалла объемом V и числом элементарных ячеек N . Скорости волн продольной и поперечной поляризации равны c .

Билет 2

1. Часто для энергии связи ионного кристалла в расчете на одну пару ионов используют формулу

$$U = -\frac{\alpha q^2}{4\pi\epsilon_0 r} + A \exp\left(-\frac{r}{R}\right),$$

где α и q имеют прежний смысл; A и R – некоторые новые постоянные. Найти выражение для энергии связи в равновесном состоянии.

2. Слиток полупроводника изготовлен из сплава 100 г германия и $6,44 \cdot 10^{-6}$ г сурьмы. Предполагая равномерное распределение атомов сурьмы вычислить их концентрацию. Плотность германия $5,46 \text{ г/см}^3$, атомная масса сурьмы $121,75 \text{ г/моль}$.

Билет 3

1. Пространственная решетка кристалла серебра является кубической гранецентрированной. Найдите объем зоны Бриллюэна, если плотность серебра $10,5 \text{ г/см}^3$.

2. Часто для энергии связи ионного кристалла в расчете на одну пару ионов используют формулу

$$U = -\frac{\alpha q^2}{4\pi\epsilon_0 r} + A \exp\left(-\frac{r}{R}\right),$$

где α и q имеют прежний смысл; A и R – некоторые новые постоянные. Найти выражение для коэффициента сжимаемости кристаллов с решетками типа NaCl в равновесном состоянии.

Билет 4

1. Часто для энергии связи ионного кристалла в расчете на одну пару ионов используют формулу

$$U = -\frac{\alpha q^2}{4\pi\epsilon_0 r} + A \exp\left(-\frac{r}{R}\right),$$

где α и q имеют прежний смысл; A и R – некоторые новые постоянные. Найти выражение для коэффициента теплового расширения кристалла.

2. Найдите плотность упаковки атомов для простой кубической решетки.

3. Примерные варианты контрольной работы по термодинамике

Билет 1

1. Идеальный газ участвует в процессе, описываемом уравнением $T \cdot V^4 = \text{const}$, где T и V – температура и объем газа. Найдите его молярную теплоемкость в данном процессе.

2. Показать, что $\left(\frac{\partial C_v}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_V$.

Билет 2

1. Доказать, что для вещества, внутренняя энергия которого не зависит от объема, теплоемкость при постоянном объеме C_v зависит только от температуры T .

2. Найдите изотермическую сжимаемость $\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ газа Берглю, определяемого (для

одного моля) уравнением состояния $\left(p + \frac{a}{TV^2}\right)(V - b) = RT$, где R – газовая постоянная; a, b – положительные постоянные.

Билет 3

1. Уравнение состояния резиновой полосы имеет вид $f = A \cdot T \cdot [L/L_0 - (L_0/L)^2]$, где f – сила натяжения, L – длина, A и L_0 – постоянные. Пользуясь термодинамическим тождеством $T \cdot dS = dU - f \cdot dL$, показать, что внутренняя энергия U зависит только от температуры T .

2. Покажите, что $C_p - C_v = \left[V - \left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_T \right] \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$.

Билет 4

1. Считая теплоемкость C_v постоянной, найдите уравнение адиабатного процесса для газа, описываемого уравнением $(p + \frac{a}{V})(V - b) = RT$.
2. Пользуясь основным термодинамическим тождеством докажите соотношение Максвелла: $\left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = - \left(\frac{\partial p}{\partial S} \right)_V$.

4. Примерные варианты контрольной работы по статистической физике и физической кинетике

Билет 1

1. Частица массы m , имеющая энергию E , находится в одномерном поле с потенциалом $U(x) = a \cdot |x|$, где a – положительная постоянная. Найдите уравнение фазовой траектории для $x < 0$ и $x > 0$. Начертите фазовую траекторию.
2. Двумерный идеальный газ, состоящего из N классических частиц массы m , движущихся в пределах круга площадью Σ , имеет энергию U . Найдите фазовый объем Γ , энтропию S и температуру T . Найдите уравнение состояния двумерного идеального газа.

Билет 2

1. Одномерное движение частицы подчиняется уравнениям: $\dot{x} = \alpha p$, $\dot{p} = -\beta x + \gamma$, где α , β и γ – положительные постоянные. Найдите уравнение фазовой траектории и начертите ее, если $x(0) = 0$, $p(0) = 0$.
2. Частица массы m заключена в объеме V и имеет кинетическую энергию E . Найдите фазовый объем Γ и число квантовых состояний W в интервале энергий $(E; E + \Delta E)$.

Билет 3

1. Классическая частица массой m и кинетической энергией E находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме ширины L . Вычислить фазовый объем Γ , ограниченный гиперповерхностью энергии $H(p, x) = E$.
2. Частица массой m и энергией E движется в одномерном поле $U(x) = k \cdot x^2/2$ при $x > 0$ и $U(x) = \infty$ при $x < 0$. Найти фазовый объем Γ , ограниченный гиперповерхностью энергии $H(p, x) = E$, и число квантовых состояний W в интервале энергий $(E; E + \Delta E)$.

Билет 4

1. Вычислить фазовый объем Γ , ограниченный гиперповерхностью энергии $H(p, x) = E$, для частицы массой m и энергией E в одномерном потенциальном поле $U(x) = a \cdot |x|$, где a – положительная постоянная.
2. Найдите число квантовых состояний в интервале энергий $(E; E + \Delta E)$ для бесспиновой частицы массы m , которая может двигаться только в некоторой плоскости в пределах круга радиуса R .

5. Примерный вариант теста

1. Количество молекул азота в 1 м^3 при нормальных условиях равно

1. $1,20 \cdot 10^{25}$
2. $2,69 \cdot 10^{25}$
3. $6,02 \cdot 10^{24}$
4. $12,04 \cdot 10^{23}$

2. Размерность импульсного пространства системы $N = 30$ бесструктурных частиц

1. 60 2. 180 3. 90 4. 120

3. Размерность конфигурационного пространства системы из $N = 25$ молекул метана CH_4 , если связь атомов можно считать жесткой, равна

1. 225 2. 125 3. 75 4. 150

4. Уравнение фазовой траектории свободно падающей частицы массы m в однородном поле тяжести с нулевой начальной скоростью

1. $x = x_0 - \frac{p^2}{2mg^2}$ 2. $x = \frac{p^2}{2mg}$ 3. $x = x_0 + \frac{p^2}{2m^2g}$ 4. $p = \frac{(x - x_0)^2}{2mg}$

5. Фазовый объем системы из N свободных частиц массы m , занимающих объем V , и имеющих энергию в интервале $(E; E + \Delta E)$ равен при $N = 1$

1. $\Delta\Gamma = \frac{4\pi V}{3} (2mE)^{3/2} \cdot \Delta E$ 2. $\Delta\Gamma = 4\pi V m \sqrt{2mE} \cdot \Delta E$
 3. $\Delta\Gamma = 4\pi V (2mE)^{3/2} \cdot \Delta E$ 4. $\Delta\Gamma = \frac{4\pi V}{3} \sqrt{2mE} \cdot \Delta E$

6. Среднее значение термодинамической величины определяется как

1. $w_n = \rho(q, p) \cdot h^{3N}$ 2. $\bar{F} = \int F(q, p) \rho(q, p) dq dp$
 3. $\Gamma = \int_{H(q, p) \leq E} dq dp$ 4. $\int \rho(q, p) dq dp = 1$

7. Условие термодинамического равновесия выражается равенством

1. $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0$ 2. $\frac{d\rho}{dt} = 0$
 3. $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ 4. $\sum_{i=1}^{3N} \left(\frac{\partial H}{\partial p_i} \frac{\partial \rho}{\partial q_i} - \frac{\partial H}{\partial q_i} \frac{\partial \rho}{\partial p_i} \right) = 0$

8. Какое из приведенных ниже утверждений всегда является верным?

1. В замкнутой равновесной системе все микросостояния одинаковы 2. В равновесной системе все микросостояния равновероятны
 3. В замкнутой системе все микросостояния равновероятны 4. Среднее по времени равно среднему по ансамблю

9. Связь классического и квантового распределений выражается формулой

1. $\sum_n w_n = 1$ 2. $w_n = \rho(q, p) \cdot h^{3N}$
 3. $W = \frac{1}{h^{3N}} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial E} \right) \Delta E$ 4. $w_n = \begin{cases} 1/W, & E \leq E_n \leq E + \Delta E, \\ 0, & E_n < E, E_n > E. \end{cases}$

10. Какое из приведенных ниже определений энтропии является верным?

1. $S = kW \ln W$ 2. $S = k \langle \ln w_n \rangle$ 3. $S = -k \ln \Delta\Gamma + S_0$ 4. $S = k \ln W$

11. При изотермическом увеличении объема одного моля идеального газа в 8 раз изменение энтропии составит

1. $\Delta S = 4N_A k \ln 2$ 2. $\Delta S = 2N_A k \ln 2$ 3. $\Delta S = 3N_A k \ln 2$ 4. $\Delta S = -4N_A k \ln 2$

12. Второй закон термодинамики выражается соотношением

1. $TdS = dU + PdV$ 2. $\delta Q = dU + PdV$ 3. $TdS = dQ$ 4. $TdS \geq \delta Q$

13. Элементарная работа системы определяется в статистической физике выражением

1. $dA = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$ 2. $dA = \left(\frac{\partial U}{\partial \lambda}\right)_S d\lambda$ 3. $dA = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_S dV$ 4. $dA = \left(\frac{\partial U}{\partial \lambda}\right)_\lambda d\lambda$

14. Термодинамическая шкала температур определяется соотношением

1. $\eta = 1 - Q_2 / Q_1$ 2. $\eta = 1 + Q_2 / Q_1$ 3. $\eta^{\text{обп}} \geq \eta$ 4. $\eta^{\text{обп}} = 1 - T_2 / T_1$

15. Какая из приведенных формул для теплоемкостей не может быть верной?

1. $C_P - C_V = Nk$ 2. $C_V = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_V$ 3. $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ 4. $C_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P$

16. Какое из приведенных ниже соотношений имеет место в термодинамике?

1. $F + TS - U = 0$ 2. $S = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V$ 3. $P = -\left(\frac{\partial G}{\partial V}\right)_T$ 4. $F - G - PV = 0$

17. Нормированное каноническое распределение Гиббса для системы с температурой T

1. $w_n = \exp\left(\frac{F - E_n}{kT}\right)$ 2. $w_n = \frac{1}{Z} \exp\left(\frac{E_n}{kT}\right)$ 3. $w_n = \exp\left(\frac{\mu - E_n}{kT}\right)$ 4. $w_n = \exp\left(\frac{-E_n}{kT}\right)$

18. Во сколько раз средняя скорость молекул водяного пара в атмосфере больше средней скорости молекул кислорода?

1. 1,33 2. 1,78 3. 1,1 4. 2,12

19. Распределение Бозе-Эйнштейна выражается формулой

1. $n_k = \frac{1}{e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}} - 1}$ 2. $n_k = \frac{e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}}}{e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}} + 1}$ 3. $n_k = \frac{e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}}}{1 - e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}}}$ 4. $n_k = \frac{1}{1 - e^{\frac{\mu - \epsilon}{kT}}}$

20. Средняя энергия свободных электронов с концентрацией n в металле равна

1. $\bar{\epsilon} = \frac{3h^2}{40m} \cdot \left(\frac{3n}{\pi}\right)^{2/3}$ 2. $\bar{\epsilon} = \frac{h^2}{8m} \cdot \left(\frac{3n}{\pi}\right)^{2/3}$
 3. $\bar{\epsilon} = \frac{h^2}{16m} \cdot \left(\frac{3n}{\pi}\right)^{2/3}$ 4. $\bar{\epsilon} = \frac{5h^2}{24m} \cdot \left(\frac{3n}{\pi}\right)^{2/3}$

Для промежуточной аттестации (экзамен / дифференцированный зачёт) приводится полный перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен / дифференцированный зачёт.

Перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен / зачёт

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.				
1.	Задание закрытого типа	Количество молекул азота в 1 м^3 при нормальных условиях равно 1. $1,20 \cdot 10^{25}$ 2. $2,69 \cdot 10^{25}$ 3. $6,02 \cdot 10^{24}$ 4. $12,04 \cdot 10^{23}$	2	3
2.		Какое из приведенных ниже утверждений всегда является верным? 1. В замкнутой равновесной системе все микросостояния одинаковы 2. В равновесной системе все микросостояния равновероятны 3. В замкнутой системе все микросостояния равновероятны 4. Среднее по времени равно среднему по ансамблю	4	3
3.		Среднее значение термодинамической величины определяется как: 1. $w_n = \rho(q, p) \cdot h^{3N}$ 2. $\bar{F} = \int F(q, p) \rho(q, p) dq dp$ 3. $\Gamma = \int_{H(q, p) \leq E} dq dp$ 4. $\int \rho(q, p) dq dp = 1$	2	3
4.		Уравнение фазовой траектории свободно падающей частицы массы m в однородном поле тяжести с нулевой начальной скоростью 1. $x = x_0 - \frac{p^2}{2mg^2}$ 2. $x = \frac{p^2}{2mg}$ 3. $x = x_0 + \frac{p^2}{2m^2g}$	3	3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		4. $p = \frac{(x - x_0)^2}{2mg}$		
5.		<p>Фазовый объем системы из N свободных частиц массы m, занимающих объем V, и имеющих энергию в интервале $(E; E + \Delta E)$ равен при $N = 1$</p> <p>1. $\Delta\Gamma = \frac{4\pi V}{3} (2mE)^{3/2} \cdot \Delta E$</p> <p>2. $\Delta\Gamma = 4\pi V m \sqrt{2mE} \cdot \Delta E$</p> <p>3. $\Delta\Gamma = 4\pi V (2mE)^{3/2} \cdot \Delta E$</p> <p>4. $\Delta\Gamma = \frac{4\pi V}{3} \sqrt{2mE} \cdot \Delta E$</p>	2	3
5.	Задание открытого типа	Какой формулой выражается распределение Бозе-Эйнштейна?	$n_k = \frac{e^{\frac{\mu - \varepsilon}{kT}}}{1 - e^{\frac{\mu - \varepsilon}{kT}}}$	3
6.		Размерность импульсного пространства системы $N = 30$ бесструктурных частиц	90	3
7.		Размерность конфигурационного пространства системы из $N=25$ молекул метана CH_4 , если связь атомов можно считать жесткой, равна	150	3
8.		Во сколько раз средняя скорость молекул водяного пара в атмосфере больше средней скорости молекул кислорода?	1,33	3
9.		Каким равенством выражается условие термодинамического равновесия?	$\frac{\partial p}{\partial t} = 0$	3
10.	Задание комбинированного типа	Первое начало термодинамики справедливо для каких процессов?	Первое начало справедливо для произвольных процессов, но для равновесных процессов оно совпадает с термодинамическим тождеством. Поэтому для равновесных процессов получаем связь теплоты, т.е. энергии,	3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			полученной системой в процессе теплообмена, с изменением энтропии.	
ПК-5. Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.				
1.	Задание закрытого типа	<p><i>Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответов.</i></p> <p>По характеру сил, связывающих между собой атомы и ионы, твердые тела подразделяются на кристаллы:</p> <p>А. ионные Б. аморфные В. ковалентные Г. металлические Д. молекулярные</p>	А,В,Г,Д	1
2.		<p><i>Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответов</i></p> <p>Если элементарная ячейка содержит два или более атома, то решетку называют:</p> <p>А. решеткой Браве Б. сложной В. простой Г. решеткой с базисом</p>	Б,Г	1
3.		<p><i>Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа</i></p> <p>Закон Дюлонга и Пти выражается формулой:</p> <p>А. $C_V = \partial U / \partial T = 3Nk$ Б. $U = 3NkT$ В. $\chi = hv/kT$ Г. $CV = T^3 \text{ const}$</p>	А	1
4.		<p><i>Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответов</i></p> <p>По своей природе дефекты решетки реального кристалла разделяются на:</p> <p>А. химические Б. структурные В. оптические Г. электронные</p>	А,Б	1
5.		<i>Прочитайте текст и установите соответствие</i>	1.А, 2.В., 3.Б.	3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>1. Механическое взаимодействие –</p> <p>2. Тепловое взаимодействие –</p> <p>3. Материальное взаимодействие –</p> <p>А. взаимодействие, когда одна система совершает работу над другой системой с помощью механических или электромагнитных сил.</p> <p>Б. взаимодействие, которое состоит в обмене веществом между двумя системами.</p> <p>В. взаимодействие, которое приводит к изменению энергии и совершается в форме передачи тепла. Система называется адиабатически изолированной, если отсутствует тепловое взаимодействие с другими системами.</p>		
6.	Задание открытого типа	<p><i>Дополните предложение</i></p> <p>В ферромагнетиках при достаточно низкой температуре (ниже точки Кюри) имеется самопроизвольная ...</p>	намагниченность	2
7.		<p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i></p> <p>В термодинамике принято различать следующие величины: термодинамические величины, термодинамические переменные, интенсивные и экстенсивные величины. Приведите примеры термодинамических величин.</p>	К термодинамическим величинам относятся, например, температура, давление, внутренняя энергия, энтальпия и энтропия.	3
8.		<p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i></p> <p>Механическая энергия может быть полностью преобразована в тепловую (внутреннюю) энергию тел, а обратное преобразование невозможно осуществить без ограничений. Эти ограничения устанавливаются вто-</p>	Невозможно построить периодически действующую машину, единственным результатом которой было бы совершение механической работы за счет охлаждения теплового резервуа-	5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		рым законом термодинамики. Из нескольких эквивалентных формулировок этого закона приведите закон в формулировке Планка.	ра. Другими словами невозможно построить «вечный двигатель второго рода»	
9.		<i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i> В результате изменения внешних параметров вещество может испытывать фазовый переход, т.е. переходить из одной фазы в другую через состояние равновесия фаз. При этом скачкообразно изменяются некоторые термодинамические функции. Если эти функции выражаются через первые производные термодинамических потенциалов, то такой переход называется фазовым переходом первого рода. Приведите примеры фазовых переходов первого рода.	К фазовым переходам первого рода относятся: испарение (конденсация); плавление (кристаллизация); изменение кристаллической модификации.	3
10.	Задание комбинированного типа	<i>Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</i> Нулевой закон (нулевое начало) термодинамики. Существует функция состояния – А. внутренняя энергия Б. элементарная теплота В. температура Г. элементарная работа	В Равенство температур во всех точках есть условие теплового равновесия двух систем или двух частей одной и той же систем	3

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Проектирование и проведение занятий в роли «преподавателя», активность и результативность на занятиях в роли «ученика» оцениваются по 100-бальной шкале. Итоговая оценка определяется как среднее арифметическое оценок, полученных студентом при выполнении всех видов деятельности.

Преподаватель, реализующий дисциплину (модуль), в зависимости от уровня подготовленности магистрантов может использовать иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

Таблица 11 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю) 7 семестр

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Решение задач на занятии</i>	2/5	10	-
2.	<i>Контрольная работа</i>	1/40	40	-
3.	<i>Коллоквиум</i>	1/40	40	
Всего			90	
Блок бонусов				
4.	<i>Посещение занятий</i>	5	5	-
5.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	5	5	-
Всего			10	
ИТОГО			100	

8 семестр

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
6.	<i>Решение задач на занятии</i>	1/5	5	
7.	<i>Контрольная работа</i>	2/10	20	
8.	<i>Тест</i>	1/15	15	
Всего			40	-
Блок бонусов				
9.	<i>Посещение занятий</i>	5	5	
10.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	5	5	
Всего			10	-
Дополнительный блок				
11.	<i>Экзамен</i>		50	
Всего			50	-
ИТОГО			100	-

Таблица 12 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-2
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-2
<i>Неготовность к занятию</i>	-2
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-2

Таблица 13 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале
--------------	----------------------------

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература

Литература по разделу «Физика конденсированного состояния»

1. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю.А. Байков - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018254.html>
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела.– М.: Мир, 1966.
3. Харрисон У. Теория твердого тела.– М.: Мир, 1972.
4. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников.– М.: Наука, 1978.
5. Свирский М.С. Электронная теория вещества.– М.: Просвещение, 1980.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.– М.: Наука, 1963.
7. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г.Дж. Голдсмида.– М.: Наука, 1976.
8. Джалмухамбетов А.У. Конспекты по физике конденсированного состояния (электронные конспекты).– 2022.
9. Джалмухамбетов А.У. Задачи по физике конденсированного состояния (в электронном виде).– 2022.

Литература по разделу «Термодинамика»

1. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика.– М.: Наука, 1983.
2. Кубо Р. Термодинамика (пер. с англ.).– М.: Мир, 1970.
3. Базаров И.П. Термодинамика.– М.: Физматгиз, 1961.
4. Радужкевич Л.В. Курс термодинамики.– М.: Просвещение, 1971.
5. Джалмухамбетов А.У. Конспекты по термодинамике (электронные конспекты).– 2022.
6. Джалмухамбетов А.У. Задачи по термодинамике (в электронном виде).– 2022

Литература по разделу «Статистическая физика. Физическая кинетика»

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика (сер. «Теоретическая физика», т. 5).– М.: Наука, 1964.
2. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики.– М.: Наука, 1973.
3. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика.– М.: Наука, 1983.
4. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика (сер. «Теоретическая физика», т. 10).– М.: Наука, 1979.
5. Сборник задач по теоретической физике. Авт.: Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков, О.Ф. Томасевич, А.М. Федорченко. – М.: Высшая школа, 1972.

6. Джалмухамбетов А.У., Фисенко М.А. Задачи-оценки и модели физических систем: учебное пособие.– Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012.– 110 с. - URL: <https://biblio.asu.edu.ru/reader/book/2015080616474214100002062517>
7. Джалмухамбетов А.У. Конспекты по статистической физике (электронные конспекты).– 2022.
8. Джалмухамбетов А.У. Задачи по статистической физике (в электронном виде).– 2022.

8.2. Дополнительная литература

11. 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>
12. Алиев, И.Н. Термодинамика и электродинамика сплошных сред: учебное пособие / И.Н. Алиев. - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 406 с. (Серия «Физика в техническом университете») - ISBN 978-5-7038-4877-7. - Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703848777.html>

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru
2. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовая_механика.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения занятий по данной дисциплине необходима аудитория, в которой имеется мультимедийная установка с компьютером, лекционная доска, мел или маркеры.

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).