



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»

Общий факультет (Фрязино)

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.
Фрязино

_____ Макарова Л.А.

«__» _____ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
Статистическая физика**

Читающее подразделение	кафедра общенаучных дисциплин
Направление	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	4 з.е.

Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
5	4	144	32	0	32	35	4,35	40,65	Экзамен, Курсовая работа

Программу составил(и):

ассистент, Степанов Дмитрий Сергеевич _____

доцент, Троицкая Людмила Анатольевна _____

Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

кафедра общенаучных дисциплин

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щучкин Григорий Григорьевич _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году
на заседании кафедры
кафедра общенаучных дисциплин

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году
на заседании кафедры
кафедра общенаучных дисциплин

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году
на заседании кафедры
кафедра общенаучных дисциплин

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году
на заседании кафедры
кафедра общенаучных дисциплин

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Статистическая физика» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность:	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Обязательная часть
Общая трудоемкость:	4 з.е. (144 акад. час.).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-1 - Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ОПК-2 - Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

ОПК-2 : Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

ОПК-2.1 : Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи

Знать:

- Методы поиска и анализа информации для решения задач по статистической физике

Уметь:

- Использовать необходимую информацию при решении задач по статистической физике

Владеть:

- Основными приемами решения задач по статистической физике

ОПК-2.2 : Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки

Знать:

- Физические и математические законы в области статистической физики, позволяющие решать задачи несколькими путями

Уметь:

- Выбрать оптимальный путь решения задачи по статистической физике

Владеть:

- Основными методами решения задач по статистической физике

ОПК-2.3 : Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение

Знать:

- Основные типы задач статистической физики

Уметь:

- Выделять элементарные подзадачи в рамках основной задачи в области статистической физики

Владеть:

- Умениями решать элементарные подзадачи в области статистической физики

ОПК-2.4 : Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач

Знать:

- Типичные оценки различных величин в области статистической физики

Уметь:

- Получать оценки различных величин в области статистической физики и использовать их для оценки результата выделенной задачи

Владеть:

- Методами получения оценок, решения задач по статистической физике

ОПК-1 : Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ОПК-1.1 : Осваивает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

Знать:

- Основные принципы термодинамики и статистической физики

Уметь:

- Применять основные принципы термодинамики и статистической физики для объяснения физи-ческих явлений

Владеть:

- Физическими и математическими законами, стоящими за основными принципами термодина-мики и статистической физики

ОПК-1.2 : Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

Знать:

- Математические формулировки физических законов из области статистической физики

Уметь:

- Решать задачи по статистической физике, используя математические формулировки физических законов из области статистической физики

Владеть:

- Методиками решения задач по статистической физике

УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.

Знать:

- Основы термодинамики и статистической физики, основные российские и зарубежные источники информации, посвященные фундаментальным вопросам термодинамики и статистической физики

Уметь:

- Решать задачи по фундаментальным вопросам термодинамики и статистической физики

Владеть:

- Методиками решения задач по базовым вопросам термодинамики и статистической физики

УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применяет системный подход для решения поставленных задач

Знать:

- Методики анализа и синтеза информации при решении задач по статистической физике

Уметь:

- Применять теоретические модели при решении задач по термодинамике и статистической физике

Владеть:

- Методиками обработки экспериментальных данных, методиками анализа экспериментальных за-висимостей при решении практических задач по статистической физике

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН**Знать:**

- Математические формулировки физических законов из области статистической физики
- Типичные оценки различных величин в области статистической физики
- Основные принципы термодинамики и статистической физики
- Основные типы задач статистической физики
- Физические и математические законы в области статистической физики, позволяющие решать задачи несколькими путями
- Методы поиска и анализа информации для решения задач по статистической физике
- Методики анализа и синтеза информации при решении задач по статистической физике
- Основы термодинамики и статистической физики, основные российские и зарубежные источники информации, посвященные фундаментальным вопросам термодинамики и статистической физики

Уметь:

- Использовать необходимую информацию при решении задач по статистической физике
- Выделять элементарные подзадачи в рамках основной задачи в области статистической физики
- Выбрать оптимальный путь решения задачи по статистической физике
- Решать задачи по фундаментальным вопросам термодинамики и статистической физики
- Применять основные принципы термодинамики и статистической физики для объяснения физических явлений
- Применять теоретические модели при решении задач по термодинамике и статистической физике
- Решать задачи по статистической физике, используя математические формулировки физических законов из области статистической физики
- Получать оценки различных величин в области статистической физики и использовать их для оценки результата выделенной задачи

Владеть:

- Умениями решать элементарные подзадачи в области статистической физики
- Методами получения оценок, решения задач по статистической физике
- Физическими и математическими законами, стоящими за основными принципами термодинамики и статистической физики
- Методиками обработки экспериментальных данных, методиками анализа экспериментальных за-висимостей при решении практических задач по статистической физике

- Методиками решения задач по базовым вопросам термодинамики и статистической физики
- Основными методами решения задач по статистической физике
- Основными приемами решения задач по статистической физике
- Методиками решения задач по статистической физике

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
1. Принципы термодинамики				
1.1	Основные понятия термодинамики (Лек). Контакт макросистем, микро- и макросостояния, внутренние и внешние параметры состояния, макроскопический процесс. Понятие теплового равновесия. Уравнения состояния.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
1.2	Основные понятия термодинамики (Лек). Законы (начала) термодинамики. Теорема Нернста. Дифференциальная форма первого и второго законов термодинамики. Химический потенциал. Условия равновесия макросистем.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
1.3	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на начала термодинамики	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
1.4	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на начала термодинамики	5	2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-1.1, ОПК-1.2
1.5	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение и изучение пройденного материала	5	1	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
1.6	Термодинамические потенциалы и соотношения. (Лек). Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. Энтропия как термодинамический потенциал. Свободная энергия. Термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия. Термодинамический потенциал для систем с переменным числом частиц. Соотношения между производными термодинамических величин. Вычисление термодинамических величин с помощью уравнений состояния.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
1.7	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на термодинамические потенциалы	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

1.8	Основные принципы неравновесной термодинамики (Лек). Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Термодинамические потенциалы в неравновесных процессах. Экстремальные свойства термодинамических потенциалов.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1
1.9	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на термодинамические потенциалы	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.4
1.10	Выполнение курсовой работы (проекта) (Ср). Выполнение курсового проекта	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2. Введение в статистическую физику. Канонические распределения Гиббса				
2.1	Основные понятия статистической физики. (Лек). Матрица плотности и статистический оператор квантовых систем. Понятие статистического ансамбля. Основные свойства матрицы плотности и статистического оператора. Статистическая энтропия.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
2.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на распределение Максвелла	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.3	Распределения Гиббса (Лек). Общий вид равновесной статистической энтропии. Квантовое микроканоническое распределение. Связь равновесной термодинамической энтропии изолированной системы со статистическим весом.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
2.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение и изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.5	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.4
2.6	Распределения Гиббса (Лек). Квантовое каноническое распределение. Большое квантовое каноническое распределение. Связь статистических распределений с термодинамическими потенциалами.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
2.7	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на распределение Максвелла, канонические распределения Гиббса	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

2.8	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на распределение Максвелла, канонические распределения Гиббса	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.9	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.10	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение и изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.11	Равновесные флуктуации. Классические равно-весные распределения. Квантовая механика системы частиц. (Лек). Флуктуации энергии подсистемы в термостате. Флуктуации числа частиц в открытых макросистемах. Классическая функция распределения в фазовом пространстве. Равновесные статистические распределения для классических систем. Волновая функция и динамические переменные системы частиц. Гамильтониан системы частиц. Тождественные частицы. Симметрия волновых функций.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
2.12	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на основы квантовой механики	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.13	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.14	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение и изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
2.15	Выполнение курсовой работы (проекта) (Ср). Выполнение курсового проекта	5	3	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3. Квазиклассическое предел квантовых распределений				
3.1	Равновесные неидеальные системы. (Лек). Квазиклассический предел квантовых канонических распределений. Статистический интеграл и свободная энергия классических неидеальных газов и жидкостей. Вириальное разложение для неидеального газа	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2

3.2	Выполнение практических заданий (Пр). Вывод квазиклассических пределов некоторых канонических распределений	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.5	Статистика идеальных газов. (Лек). Основные типы идеальных газов. Понятие Больцмановского газа. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
3.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на распределение Больцмана	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.9	Термодинамические потенциалы Больцмановского газа. (Лек). Свободная энергия Больцмановского газа. Термодинамический потенциал Гиббса для Больцмановского газа. Энтропия Больцмановского газа.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
3.10	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на термодинамические потенциалы Больцмановского газа	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.11	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
3.12	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

3.13	Выполнение курсовой работы (проекта) (Ср). Выполнение курсового проекта	5	3	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4. Идеальные квантовые газы.				
4.1	Идеальные квантовые газы. (Лек). Базисные квантовые состояния для бозонов. Базисные квантовые состояния для фермионов. Понятие чисел заполнения. Принцип Паули для фермионов. Большое каноническое распределение для идеальных квантовых газов. Статистика Бозе-Эйнштейна. Статистика Ферми-Дирака. Энтропия идеальных квантовых газов.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
4.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на статистику Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4.5	Основное состояние идеальных квантовых газов. (Лек). Спектр импульса частицы в конечном объеме. Основное состояние идеального ферми-газа. Понятие импульса Ферми и энергии Ферми. Основное состояние идеального бозе-газа. Бозе-Эйнштейновский конденсат.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
4.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на импульс и энергию Ферми, бозе-эйнштейновский конденсат	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
4.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

4.9	Выполнение курсовой работы (проекта) (Ср). Выполнения курсового проекта	5	3	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5. Гармонические осцилляторы.				
5.1	Системы невзаимодействующих осцилляторов. (Лек). Статистическая сумма гармонического осциллятора. Внутренняя энергия и теплоёмкость квантового газа. Внутренняя энергия и теплоёмкость классического газа.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
5.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на внутреннюю энергию и теплоёмкость газа	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.5	Равновесное электромагнитное излучение (Лек). Понятие идеального чёрного тела. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2
5.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на равновесное электромагнитное излучение	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета, соответствующих указанному преподавателем варианту.	5	1,5	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,5	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
5.9	Теплоёмкость твёрдых тел. (Лек). Понятие твёрдого тела. Степени свободы чёрного тела. Модель Эйнштейна теплоёмкости твёрдого тела. Модель Дебая твёрдого тела. Закон Дюлонга и Пти.	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2
5.10	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на внутреннюю энергию и теплоёмкость газа	5	2	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

5.11	Выполнение курсовой работы (проекта) (Ср). Продолжение выполнения курсового проекта	5	3	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
6. Промежуточная аттестация (экзамен)				
6.1	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).	5	33,65	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
6.2	Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).	5	2,35	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
7. Промежуточная аттестация (курсовая работа)				
7.1	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (КР).	5	7	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4
7.2	Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).	5	2	УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Статистическая физика», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

- 1) Теоретические вопросы
 1. Первое начало термодинамики. Химический потенциал. Калорическое уравнение состояния.
 2. Второе начало термодинамики для равновесного процесса в формулировке Клаузиуса. Невозможность существования вечных двигателей второго рода.
 3. Получить систему уравнений для расчета удельной внутренней энергии термодинамической системы по заданным уравнениям состояния и решить ее для газа Ван-дер-Ваальса.
 4. Получить систему уравнений для расчета удельной энтропии термодинамической системы по заданным уравнениям состояния и решить ее для газа Ван-дер-Ваальса.
 5. Теорема Карно и её связь с формулировкой Клаузиуса второго начала термодинамики. Понятие абсолютной температуры.
 6. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов и его следствия. Экстремальные свойства термодинамических потенциалов.

7. Третье начало термодинамики. Поведение энтропии и теплоемкости вблизи абсолютного нуля температуры. Недостижимость абсолютного нуля температур.
8. Свободная энергия как термодинамический потенциал, ее экстремальные свойства, формула Гиббса-Гельмгольца, система уравнений для нахождения удельной свободной энергии.
9. Термодинамический потенциал Гиббса, его экстремальные свойства, связь с химическим потенциалом.
10. Энтальпия как термодинамический потенциал. Получить выражение для теплоемкости при постоянном давлении через энтальпию.
11. Устойчивость равновесной термодинамической системы под поршнем по отношению к механическим воздействиям. Получить критерий устойчивости.
12. Устойчивость термодинамической системы по отношению к тепловым воздействиям. Вывести условия, которым должны удовлетворять теплоемкости C_p, C_v .
13. Микроканоническое распределение Гиббса, статистический вес и его связь с термодинамическими характеристиками системы.
14. Вывести каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и ее связь со свободной энергией термодинамической системы. С помощью канонического распределения рассчитать дисперсию полной энергии системы.
15. Вывести большое каноническое распределение Гиббса. Большая статистическая сумма и ее связь с термодинамическим потенциалом. С помощью большого канонического распределения определить дисперсию полного числа частиц в системе. $S = -k_B \ln \Omega = -k_B \ln \sum_n \Omega_n e^{-\beta E_n}$
16. Показать, что в случае микроканонического, канонического и большого канонического распределений Гиббса для энтропии имеет место выражение
17. Принцип тождественности в квантовой и классической теориях. Критерий применимости квазиклассического приближения и температура статистического вырождения.
18. Принцип Паули для фермионов
19. Получить распределение Максвелла для компоненты скорости, абсолютного значения скорости и кинетической энергии частицы газа. Указать условия применимости распределения Максвелла.
20. Числа заполнения в квантовых системах одинаковых частиц. Вывести выражение для средних чисел заполнения в идеальном одноатомном ферми-газе. Выразить энтропию идеального ферми-газа через средние числа заполнения.
21. Числа заполнения в квантовых системах одинаковых частиц. Вывести выражение для средних чисел заполнения в идеальном одноатомном бозе-газе. Выразить энтропию идеального бозе-газа через средние числа заполнения.
22. Вырожденный нерелятивистский одноатомный ферми-газ. Структура основного состояния системы. Импульс Ферми. Энергия Ферми.
23. Идеальный нерелятивистский одноатомный бозе-газ. Структура основного состояния системы. Бозе-конденсат. Температура бозе-конденсации. Получить зависимость числа частиц, не участвующих в тепловом движении системы, от температуры.
24. Качественная теория теплоемкости твердых тел. Модель Эйнштейна.
25. Качественная теория теплоемкости твердых тел. Модель Дебая.
26. Статистическая сумма неидеального классического одноатомного газа. Конфигурационный интеграл.
27. Вычислить статистический интеграл для идеального классического газа и вывести выражение для его удельной энтропии $s(\rho, T)$ (формулу Сакура–Тетроде).
28. Вычислить среднее значение энергии гармонического осциллятора, находящегося при температуре T .
29. Получить формулу Планка для спектральной плотности энергии равновесного электромагнитного излучения.
30. Внутренняя энергия и энтропия как термодинамические потенциалы
31. Каноническое распределение Гиббса в квазиклассическом приближении
32. Микроканоническое распределение Гиббса в квазиклассическом приближении

2) Практические задания

На сколько изменится энтропия 1 кг льда при его плавлении. Начальная температура льда $0 (^{\circ}\text{C})$, удельная теплота плавления льда $333,5 \text{ кДж/кг}$.

Найти работу и КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно, если температуры холодильника и нагревателя 100 К и 200 К соответственно, а максимальное изменение энтропии в цикле 200 Дж/К .

Найти работу, совершаемой идеальным газом при изобарном расширении ($p=100 \text{ кПа}$), если его объём увеличился с $V_1=10 \text{ л}$ до $V_2=25 \text{ л}$

Оценить концентрацию частиц в воздухе, при температуре $30 (^{\circ}\text{C})$ и давлении 100 кПа

Найти энтропию газа в изолированной системе, который может находиться только в одном состоянии.

Найти вероятность каждого из состояний, в которых может находиться газ в изолированной системе, если энтропия системы $S=200 \text{ Дж/К}$.

Найти среднюю по модулю скорость атомарного водорода при температуре 300 К .

Найти среднеквадратичную по модулю скорость гелия при температуре 250 К

Определить температуру молекулярного водорода, если его среднеквадратичная по модулю скорость равна 1500 м/с .

Определить температуру одноатомного газа, удельная внутренняя энергия которого равна 2 эВ .

Найти теплоёмкость 1 моля некоторого твёрдого тела при температуре 10 К в рамках модели Эйнштейна, если частота осцилляций его атомов равна $\omega_0 = 10^{12} \text{ с}^{-1}$.

Вывести температуру равновесного теплового излучения, если известна его спектральная плотность энергии. Использовать формулу Рэлея-Джинса.

Какова температура равновесного излучения, если длина волны, на которой спектральная плотность интенсивности достигает максимума равна 550 нм ?

Используя распределение Максвелла для модуля скорости v , определить наиболее вероятное значение площади сферы в пространстве скоростей.

Используя распределение Максвелла, определить число частиц газа в единицу времени, падающих на единицу площади стенки, и давление газа на идеально упругую стенку, если плотность числа частиц n газа и его температура θ заданы.

Используя распределение Максвелла, определить число частиц газа в единицу времени, падающих на единицу площади стенки, и подсчитать среднее число частиц максвелловского газа, падающих за 1 с на 1 см^2 поверхности стенки со скоростями, нормальные составляющие которых больше v_0 .

Используя распределение Максвелла, определить число частиц газа в единицу времени, падающих на единицу площади стенки, и рассчитать среднюю (в расчете на одну вылетающую частицу) энергию частиц максвелловского газа, вылетающих в вакуум из небольшого отверстия в стенке сосуда.

Используя распределение Максвелла, определить число частиц газа в единицу времени, улетающих с планеты радиуса R .

Определить количество атомов, теряемых атмосферой планеты радиуса R и массы M . Масса атома m , температура θ атмосферы считать постоянной по высоте.

Рассчитать среднюю потенциальную энергию молекул идеального газа, находящегося в вертикальном цилиндре высотой h .

Найти вес бесконечного столба воздуха, определяющий давление у поверхности Земли, при температуре $T=300 \text{ К}$. Считать воздух идеальным газом с молярной массой $\mu=29 \text{ г/моль}$. Плотность воздуха у поверхности Земли $n_0=2,69 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Считать атмосферу изотермической.

Найти среднюю потенциальную энергию молекулы идеального газа, находящегося в центрифуге радиуса R , вращающейся с постоянной угловой скоростью ω .

Найти энтальпию системы, если её теплоёмкость $C(p,N) = \alpha \theta^3 \ln p, V = (\beta \theta^4)/p$, $\alpha, \beta = \text{const}$.

Показать, что химический потенциал не зависит от числа частиц для системы под поршнем.

Оценить число молекул воздуха в атмосфере Земли. Радиус Земли 6400 км, температура 300 К, высота атмосферы 8 км. Считать воздух идеальным газом с молярной массой $\mu=29$ г/моль. Плотность воздуха у поверхности Земли $\rho_0=2,69 \cdot 10^{-19}$ г/см³.

Получить показатель адиабаты в случае адиабатической атмосферы. Температура у поверхности 300 К, высота атмосферы 8 км. Считать воздух идеальным газом с молярной массой $\mu=29$ г/моль.

Найти химический потенциал идеального газа.

Найти химический потенциал газа Ван-дер-Ваальса.

Используя распределение Максвелла-Больцмана, найти энтропию фотонного газа.

Найти долю частиц в Бозе-Эйнштейновской конденсации, если температура равна $\frac{1}{4}$ температуры Бозе-Эйнштейновской конденсации.

Найти число состояний твердого тела при низких температурах $\theta \ll \theta_D$.

Найти теплоёмкость твёрдого тела с температурой 300 К, в приближении низких температур $\theta \ll \theta_D$. Объём газа равен 1 л, приведённая скорость звука равна 1000 м/с.

Найти дебаевскую частоту, если приведённая скорость звука равна 1000 м/с, плотность вещества равна 10 г/см³, а его молярная масса 50 г/моль.

- 3) Темы курсовых работ
1. Уравнение состояния
 2. Теплоёмкость газа
 3. Теплоёмкость твёрдого тела
 4. Идеальное чёрное тело
 5. Распределение Максвелла

5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.3.1. Основная литература

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс]: - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167726>

2. Гавриленко В. Г., Петров Е. Ю. Сборник задач по курсу “Термодинамика и статистическая физика” [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 10 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/144963>
3. Бондарев Б. В., Калашников Н. П., Спиринов Г. Г. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества [Электронный ресурс]: Учебник для бакалавров. - Москва: Юрайт, 2019. - 369 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/425491>

6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
2. Естественно-научный образовательный портал <http://www.en.edu.ru>
3. Электроника НТБ - научно-технический журнал

<http://www.electronics.ru>

6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины

приведены в составе образовательной программы.

6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

