

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 05.05.2025 11:37:27 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bf09815bbcb77a486b9a878808522525	Рабочая программа дисциплины "Теоретическая физика" по направлению подготовки (специальности) "Наноинженерия", направленности (профилю) Нанотехнологии в материаловедении ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

## Рабочая программа дисциплины (модуля)\*

Теоретическая физика

Направление подготовки (специальность)

28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль)

Нанотехнологии в материаловедении

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2023

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2023 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Теоретическая физика» состоит в обучении основам теоретической физики.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основ теоретической механики, основных понятий, законов и моделей теоретической механики;

- изучение основ классической (не квантовой) теории электромагнитного поля;

- изучение основ квантовой физики, основных понятий, законов и моделей квантовой физики;

- изучение математического аппарата квантовой физики;

- изучении фундаментальных основ описания равновесных и неравновесных термодинамических систем на основе общих методов термодинамики и статистической физики; знакомство с некоторыми приложениями термодинамики;

- получение навыков решения задач в области теоретической физики.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач;

УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.03

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физика

Математический анализ

Дифференциальные уравнения

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Физика прочности и механические свойства материалов

Физические свойства твердых тел

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

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

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

#### **Знать:**

Для достижения УК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики, электродинамики, квантовой теории, термодинамики и статистической физики; начала термодинамики, основные распределения статистической физики

#### **Уметь:**

Для достижения УК-1.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями теоретической физики для проведения комплексных исследований; использовать поиск, критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач, используя теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической физики

#### **Владеть:**

Для достижения УК-1.2: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теоретической физики

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

#### **3.1 Знать:**

3.1.1 теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики, электродинамики, квантовой теории, термодинамики и статистической физики; начала термодинамики, основные распределения статистической физики



**3.2 Уметь:**

- 3.2.1 пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями теоретической физики для проведения комплексных исследований; использовать поиск, критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач, используя теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической физики

**3.3 Владеть:**

- 3.3.1 навыком решения конкретных задач в области теоретической физики; физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теоретической физики

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость	<b>12 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 432 в том числе : аудиторные занятия : 208 самостоятельная работа : 96,4 часов на контроль : 90 контактная работа: 245,6 ИКР: 37,6	Виды контроля в семестрах:  экзамены 5, 6, 7, 4

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Теоретическая механика</b>			
1.1	Уравнения движения: Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц. /Лек/	4	10	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Уравнения движения: Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц. /Пр/	4	5	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.3	Уравнения движения: Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц. /Ср/	4	8	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.4	Законы сохранения: Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Уравнения Гамильтона. /Лек/	4	6	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.5	Законы сохранения: Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Уравнения Гамильтона. /Пр/	4	3	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.6	Законы сохранения: Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Уравнения Гамильтона. /Ср/	4	8	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.7	Движение в центральном поле: Одномерное движение. Приведённая масса. Движение в центральном поле. Задача Кеплера. Рассеяние частиц. /Лек/	4	10	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.8	Движение в центральном поле: Одномерное движение. Приведённая масса. Движение в центральном поле. Задача Кеплера. Рассеяние частиц. /Пр/	4	5	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.9	Движение в центральном поле: Одномерное движение. Приведённая масса. Движение в центральном поле. Задача Кеплера. Рассеяние частиц. /Ср/	4	6,6	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



1.10	Колебания: Свободные колебания. Вынужденные колебания. Колебания молекул. Затухающие колебания. Ангармонические колебания. /Лек/	4	8	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.11	Колебания: Свободные колебания. Вынужденные колебания. Колебания молекул. Затухающие колебания. Ангармонические колебания. /Пр/	4	5	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.12	Колебания: Свободные колебания. Вынужденные колебания. Колебания молекул. Затухающие колебания. Ангармонические колебания. /Ср/	4	6	Л1.1 Л1.6 Л1.8 Л1.12Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 2. Электродинамика</b>				
2.1	Определение электродинамики. Историческая справка. Разделы электродинамики. Ключевые понятия: электромагнитное поле, геометрия пространства-времени, принцип относительности, электрический заряд, электрическое поле, магнитное поле. Применение электродинамики. /Лек/	5	2	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Повторение векторного анализа. Повторение законов электричества и магнетизма: таблица (название, рисунок, формула в СИ, формула в СГС). /Пр/	5	2	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Повторение векторного анализа. Повторение законов электричества и магнетизма: доработка таблицы. /Ср/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.4	Элементы теории относительности: Вехи истории, постулаты теории относительности. Интервал. Вывод и анализ преобразований Лоренца. Преобразование скорости. /Лек/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.5	Повторение законов электричества и магнетизма. Запись уравнений Максвелла в виде текста. Преобразования Лоренца. /Пр/	5	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.6	Запись уравнений Максвелла в виде текста. Поясняющие рисунки. Преобразования Лоренца. /Ср/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.7	Движение частиц в электромагнитном поле: Импульс частицы. Сила. Энергия и Гамильтониан свободной частицы. Центр инерции. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Уравнение движения частицы в электромагнитном поле. Постоянное или однородное электромагнитное поле. Движение в постоянном однородном электрическом и/или магнитном поле. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля. /Лек/	5	8	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.8	Импульс частицы. Центр инерции. Сила Лоренца. Энергия частицы в электрическом поле. Движение в постоянном однородном электрическом и/или магнитном поле. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля. /Пр/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.9	Импульс частицы. Сила Лоренца. Энергия частицы в электрическом поле. Движение в постоянном однородном электрическом и/или магнитном поле. Преобразования Лоренца для поля. /Ср/	5	4,6	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.10	Уравнения электромагнитного поля в вакууме: Первая пара уравнений Максвелла. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии. /Лек/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.11	Первая пара уравнений Максвелла. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии. /Пр/	5	2	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.12	Первая пара уравнений Максвелла. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии. /Ср/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



2.13	Постоянное электромагнитное поле: Вывод закона Кулона. Электростатическая энергия системы зарядов. Дипольный момент. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитный момент. Электростатическое поле проводников и диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость среды. Постоянный ток. Намагниченность тела и магнитная проницаемость среды. /Лек/	5	10	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.14	Электростатическая энергия системы зарядов. Дипольный момент. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитный момент. Электростатическое поле проводников и диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость среды. Постоянный ток. Намагниченность тела и магнитная проницаемость среды. /Пр/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.15	Электростатическая энергия системы зарядов. Дипольный момент. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитный момент. Электростатическое поле проводников и диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость среды. Постоянный ток. Намагниченность тела и магнитная проницаемость среды. /Ср/	5	6	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.16	Переменное электромагнитное поле: Квазистационарное приближение. Приближение магнитной газодинамики. Электромагнитные волны в вакууме. Электромагнитные волны в диэлектриках. /Лек/	5	6	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.17	Квазистационарное приближение. Приближение магнитной газодинамики. Электромагнитные волны в вакууме. Электромагнитные волны в диэлектриках. /Пр/	5	4	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.18	Квазистационарное приближение. Приближение магнитной газодинамики. Электромагнитные волны в вакууме. Электромагнитные волны в диэлектриках. /Ср/	5	6	Л1.5 Л1.11 Л1.13Л2.4 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Квантовая теория</b>				
3.1	Область применения квантовой теории. Переход от квантовой к классической механике. Объекты, которые изучает квантовая теория. Их характеристики. Явления, которые не объясняются с помощью классической физики. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля. Волновой пакет. Дуализм: волна – частица. /Лек/	6	4	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Область применения квантовой теории. Переход от квантовой к классической механике. Объекты, которые изучает квантовая теория. Их характеристики. Явления, которые не объясняются с помощью классической физики. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля. Волновой пакет. Дуализм: волна – частица. /Ср/	6	2	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Математический аппарат квантовой теории: Принцип неопределенности. Периодические граничные условия для свободной частицы. Построение операторов физических величин. Волновая функция. Статистическая трактовка волновой функции. Коммутационные соотношения для операторов физических величин. Свойства операторов физических величин. Собственные функции и собственные значения операторов физических величин. Операторы координаты, импульса, энергии. /Лек/	6	6	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.4	Математический аппарат квантовой теории: Принцип неопределенности. Периодические граничные условия для свободной частицы. Построение операторов физических величин. Волновая функция. Статистическая трактовка волновой функции. Коммутационные соотношения для операторов физических величин. Свойства операторов физических величин. Собственные функции и собственные значения операторов физических величин. Операторы координаты, импульса, энергии. /Пр/	6	3	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



3.5	Математический аппарат квантовой теории: Принцип неопределенности. Периодические граничные условия для свободной частицы. Построение операторов физических величин. Волновая функция. Статистическая трактовка волновой функции. Коммутационные соотношения для операторов физических величин. Свойства операторов физических величин. Собственные функции и собственные значения операторов физических величин. Операторы координаты, импульса, энергии. /Ср/	6	2	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.6	Простейшие задачи квантовой теории: Уравнение Шредингера, зависящее от времени. Стационарное уравнение Шредингера. Частица в пространстве, свободном от сил. Частица в яме с бесконечно высокими стенками. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Дискретный спектр. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Непрерывный спектр. Прямоугольный потенциальный барьер (туннелирование). Одномерный гармонический осциллятор. Условия одновременной измеримости физических величин. Уравнение непрерывности для плотности вероятности нахождения частицы в заданных координатах. Квазиклассическое движение. /Лек/	6	10	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.7	Простейшие задачи квантовой теории: Уравнение Шредингера, зависящее от времени. Стационарное уравнение Шредингера. Частица в пространстве, свободном от сил. Частица в яме с бесконечно высокими стенками. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Дискретный спектр. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Непрерывный спектр. Прямоугольный потенциальный барьер (туннелирование). Одномерный гармонический осциллятор. Условия одновременной измеримости физических величин. Уравнение непрерывности для плотности вероятности нахождения частицы в заданных координатах. Квазиклассическое движение. /Пр/	6	5	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.8	Простейшие задачи квантовой теории: Уравнение Шредингера, зависящее от времени. Стационарное уравнение Шредингера. Частица в пространстве, свободном от сил. Частица в яме с бесконечно высокими стенками. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Дискретный спектр. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Непрерывный спектр. Прямоугольный потенциальный барьер (туннелирование). Одномерный гармонический осциллятор. Условия одновременной измеримости физических величин. Уравнение непрерывности для плотности вероятности нахождения частицы в заданных координатах. Квазиклассическое движение. /Ср/	6	2	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.9	Движение частицы в поле центральных сил: Задача движения двух тел. Сведение к задаче трех переменных. Разделение переменных в сферических координатах. Зависимость волновых функций от углов. Радиальное уравнение. Асимптотика радиальной части волновой функции. Движение в кулоновском поле. Классификация уровней энергий. Теория оператора момента импульса. Свойства оператора момента импульса. /Лек/	6	6	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.10	Движение частицы в поле центральных сил: Задача движения двух тел. Сведение к задаче трех переменных. Разделение переменных в сферических координатах. Зависимость волновых функций от углов. Радиальное уравнение. Асимптотика радиальной части волновой функции. Движение в кулоновском поле. Классификация уровней энергий. Теория оператора момента импульса. Свойства оператора момента импульса. /Пр/	6	5	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



3.11	Движение частицы в поле центральных сил: Задача движения двух тел. Сведение к задаче трех переменных. Разделение переменных в сферических координатах. Зависимость волновых функций от углов. Радиальное уравнение. Асимптотика радиальной части волновой функции. Движение в кулоновском поле. Классификация уровней энергий. Теория оператора момента импульса. Свойства оператора момента импульса. /Ср/	6	2	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.12	Приближенные методы квантовой теории: Теория возмущения без вырождения уровней энергий. Теория возмущения при наличии вырождения уровней энергий. Вариационный принцип. Метод канонических преобразований. Межатомные взаимодействия. /Лек/	6	4	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.13	Приближенные методы квантовой теории: Теория возмущения без вырождения уровней энергий. Теория возмущения при наличии вырождения уровней энергий. Вариационный принцип. Метод канонических преобразований. Межатомные взаимодействия. /Пр/	6	5	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.14	Приближенные методы квантовой теории: Теория возмущения без вырождения уровней энергий. Теория возмущения при наличии вырождения уровней энергий. Вариационный принцип. Метод канонических преобразований. Межатомные взаимодействия. /Ср/	6	1,6	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.15	Теория представлений: Координатное представление. Энергетическое представление. Импульсное представление. Скобочные обозначения Дирака. Понятие об унитарных преобразованиях. Представление Шредингера. Представление Гейзенберга. Представление Дирака (Представление взаимодействия). Представление чисел заполнения. Операторы рождения, уничтожения, числа частиц. Нахождение энергетического спектра гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. Нахождение волновых функций гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. Нахождение энергетического спектра ангармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. /Лек/	6	4	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.16	Теория представлений: Координатное представление. Энергетическое представление. Импульсное представление. Скобочные обозначения Дирака. Понятие об унитарных преобразованиях. Представление Шредингера. Представление Гейзенберга. Представление Дирака (Представление взаимодействия). Представление чисел заполнения. Операторы рождения, уничтожения, числа частиц. Нахождение энергетического спектра гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. Нахождение волновых функций гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. Нахождение энергетического спектра ангармонического осциллятора в представлении чисел заполнения. /Ср/	6	1	Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 4. Термодинамика и статистическая физика</b>				
4.1	Введение, начала термодинамики: Термодинамика и статистическая физика как различные методы изучения закономерностей теплового движения в равновесных и неравновесных макроскопических системах. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. Основные понятия и исходные положения термодинамики. Термодинамические системы и термодинамические параметры; изолированные системы. Термодинамическое равновесие, температура тела. Понятия о квазистатических и нестатических процессах. /Лек/	7	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



4.2	Введение, начала термодинамики: Термодинамика и статистическая физика как различные методы изучения закономерностей теплового движения в равновесных и неравновесных макроскопических системах. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. Основные понятия и исходные положения термодинамики. Термодинамические системы и термодинамические параметры; изолированные системы. Термодинамическое равновесие, температура тела. Понятия о квазистатических и нестатических процессах. /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	Введение, начала термодинамики: Внутренняя энергия системы; работа и теплота. Уравнение первого начала термодинамики; теплоемкость. Термические и калорические уравнения состояния системы. Уравнение состояния идеального и реального газов. Основные термодинамические процессы и их уравнения. /Лек/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.4	Введение, начала термодинамики: Первое начало термодинамики. Теплота и работа, первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнения термодинамических процессов. /Пр/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.5	Введение, начала термодинамики: Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы; принцип адиабатической недостижимости. Понятия об энтропии и абсолютной температуре. Уравнение 2-го начала термодинамики для равновесных процессов. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов; связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Вычисление энтропии. Второе начало термодинамики для нестатических процессов. Закон возрастания энтропии в адиабатически замкнутой системе; неравенство Клаузиуса. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Цикл Карно и теоремы Карно. /Лек/	7	7	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.6	Введение, начала термодинамики: Второе начало термодинамики. Энтропия. Словесные формулировки второго начала. Эмпирическая и абсолютная энтропия. Связь между эмпирической и абсолютной температурой. Основное уравнение термодинамики. Вычисление энтропии. Теорема Гиббса. Второе начало для неравновесных процессов, закон возрастания энтропии. Цикл Карно. Теоремы Карно. /Пр/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.7	Введение, начала термодинамики: Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Поведение термических коэффициентов и теплоемкостей при низких температурах; вырождение идеального газа. /Лек/	7	1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



4.8	Введение, начала термодинамики: Внутренняя энергия системы; работа и теплота. Уравнение первого начала термодинамики; теплоемкости. Термические и калорические уравнения состояния системы. Уравнение состояния идеального и реального газов. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы; принцип адиабатической недостижимости. Понятия об энтропии и абсолютной температуре. Уравнение 2-го начала термодинамики для равновесных процессов. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов; связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Вычисление энтропии. Второе начало термодинамики для нестатических процессов. Закон возрастания энтропии в адиабатически замкнутой системе; неравенство Клаузиуса. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Цикл Карно и теоремы Карно. Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Поведение термических коэффициентов и теплоемкостей при низких температурах; вырождение идеального газа. /Ср/	7	4,6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.9	Методы термодинамики: Метод круговых процессов (циклов) и метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы для простой системы и связь между ними. Термодинамические потенциалы систем с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал. /Лек/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.10	Методы термодинамики: Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы простых систем. Метод циклов. /Пр/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.11	Методы термодинамики: Метод круговых процессов (циклов) и метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы для простой системы и связь между ними. Термодинамические потенциалы систем с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал. /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.12	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Фазовые переходы: Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости различных систем. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье-Брауна. Химическое равновесие в однородной системе. Условия равновесия в гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого и второго рода; уравнения Клаперона - Клаузиуса и Эренфеста. /Лек/	7	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.13	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Фазовые переходы: Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Равновесие и устойчивость гомогенных систем. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Химическое равновесие в гомогенной системе. Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона- Клаузиуса. /Пр/	7	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.14	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Фазовые переходы: Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости различных систем. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье-Брауна. Химическое равновесие в однородной системе. Условия равновесия в гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого и второго рода; уравнения Клаперона - Клаузиуса и Эренфеста. /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



4.15	Общие методы равновесной статистической механики: Статистическая физика как физическая теория. Предмет и задачи. Основные постулаты классической статистической физики. Статистические ансамбли и фазовая плотность вероятности. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля. Основные постулаты квантовой статистической физики. Матрица плотности. Уравнение Неймана. /Лек/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.16	Общие методы равновесной статистической механики: Статистическая физика как физическая теория. Предмет и задачи. Основные постулаты классической статистической физики. Статистические ансамбли и фазовая плотность вероятности. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля. Основные постулаты квантовой статистической физики. Матрица плотности. Уравнение Неймана. /Пр/	7	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.17	Общие методы равновесной статистической механики: Статистическая физика как физическая теория. Предмет и задачи. Основные постулаты классической статистической физики. Статистические ансамбли и фазовая плотность вероятности. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля. Основные постулаты квантовой статистической физики. Матрица плотности. Уравнение Неймана. /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.18	Равновесные ансамбли. Канонические распределения: Классическое микроканоническое распределение. Квантовое микроканоническое распределение. Канонический ансамбль. Классическое каноническое распределение. Статистический интеграл. Квантовое каноническое распределение. Статистическая сумма. Термодинамический смысл параметров канонического распределения. Распределение Максвелла. Теорема о равномерном распределении средней кинетической энергии по степеням свободы. Теорема о вириале. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма. Термодинамический смысл параметров большого канонического распределения. Термодинамическая эквивалентность статистических ансамблей. /Лек/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.19	Равновесные ансамбли. Канонические распределения: Классическое микроканоническое распределение. Квантовое микроканоническое распределение. Канонический ансамбль. Классическое каноническое распределение. Статистический интеграл. Квантовое каноническое распределение. Статистическая сумма. Термодинамический смысл параметров канонического распределения. Распределение Максвелла. Теорема о равномерном распределении средней кинетической энергии по степеням свободы. Теорема о вириале. /Пр/	7	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.20	Равновесные ансамбли. Канонические распределения: Классическое микроканоническое распределение. Квантовое микроканоническое распределение. Канонический ансамбль. Классическое каноническое распределение. Статистический интеграл. Квантовое каноническое распределение. Статистическая сумма. Термодинамический смысл параметров канонического распределения. Распределение Максвелла. Теорема о равномерном распределении средней кинетической энергии по степеням свободы. Теорема о вириале. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма. Термодинамический смысл параметров большого канонического распределения. Термодинамическая эквивалентность статистических ансамблей. /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.21	Распределение Максвелла – Больцмана. Теплоемкость газов /Ср/	7	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 5. Иная контактная работа</b>				



5.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	4	9,4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	5	9,4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.3	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	9,4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.4	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	7	9,4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Тест  
Отчеты по задачам (по практическим занятиям)  
Контрольная работа  
Вопросы к экзаменам

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Задачи к практическим занятиям и пример варианта контрольной работы представлены в Фонде оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине "Теоретическая физика"; задачи к практическим занятиям раздела "Термодинамика и статистическая физика" - в приложении 1.

Задачи к практическим занятиям (4 семестр)

1. Решить задачу о свободном падении тела в однородном поле тяжести в разных инерциальных системах отсчёта: в первой – начальная координата  $z(0)=0$ , скорость  $v(0)=0$ , во второй –  $z(0)=h$ ,  $v(0)=v_0$ .
2. Вычислить Лоренц-фактор электрона ( $m=9.1 \cdot 10^{-31}$  кг,  $e=1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл) в кинескопе с ускоряющим напряжением 10 кВ. В каких задачах можно описывать движение такого электрона с помощью нерелятивистской механики?
3. Вычислить действие частицы, свободно падающей в однородном поле тяжести.
4. Найти функцию Лагранжа одномерного подвесного маятника.
5. Найти функцию Лагранжа одномерного пружинного маятника.



6. Вывести изменение размеров тела из преобразований Лоренца в случае одномерного движения.
7. Найти изменение скорости частицы при пересечении плоскости разрыва потенциальной энергии.
8. Два человека, находившиеся на противоположных концах лодки, поменялись местами. Насколько сместится лодка?
9. Вывести преобразование энергии частицы из преобразований Галилея.
10. Оценить отношение моментов импульса Земли и Марса относительно Солнца, если Марс находится в 1.5 раза дальше и легче в 9 раз, чем Земля.
11. Найти функцию Гамильтона частицы в декартовых и цилиндрических координатах.
12. Укажите области финитного и инфинитного движения частицы при синусоидальной зависимости потенциальной энергии от координаты.
13. Вычислить приведенную массу для системы протон-электрон.
14. Рассчитать эффективную потенциальную энергию для системы Солнце-Земля ( $M_z = 6 \cdot 10^{24}$  кг,  $M_c = 333000 M_z$ ,  $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн. км}$ ,  $v_z = 30 \text{ км/с}$ ).
15. Каким будет угол рассеяния частиц на шаре, если прицельный параметр равен а) нулю, б) половине радиуса шара?
16. Опишите алгоритмы теоретической и экспериментальной оценок коэффициента затухания малых колебаний маятника.
17. Придумайте пример уравнения ангармонических колебаний.
18. Нарисуйте схематические графики периодического и аперидического затухания колебаний.
19. Найти количество степеней свободы двухатомной молекулы. Сколько уравнений Лагранжа описывают её движение?

#### Пример варианта контрольной работы (4 семестр)

1. Однородная нить длины  $L$ , часть которой лежит на гладком горизонтальном столе, движется под действием силы тяжести другой части, которая свешивается со стола. Определить промежуток времени  $T$ , по истечению которого нить покинет стол, если известно, что в начальный момент длина свешивающейся части равна  $l$ , а начальная скорость равна нулю.
2. Три груза массы  $M$  каждый соединены нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок. Два груза лежат на гладкой горизонтальной плоскости, а третий – подвешен вертикально. Определить ускорение системы и натяжение нити между первым и вторым грузами. Массой нити и блока пренебречь.
3. Решить предыдущую задачу с учётом массы блока, считая, что при движении грузов блок вращается вокруг неподвижной оси. Масса блока – сплошного однородного диска – равна  $2M$ .

#### Примеры вопросов для тестирования (5 семестр)

1. Одно из уравнений Максвелла гласит:
  - а) Магнитный момент контура с током равен произведению силы тока на площадь поверхности, опирающейся на контур;
  - б) Циркуляция напряжённости электрического поля в контуре пропорциональна темпу изменения магнитного потока через поверхность, опирающуюся на контур;
  - в) Ротор электрической индукции равен плотности тока плюс темп изменения напряжённости электрического поля.
2. Одно из уравнений Максвелла гласит:
  - а) Дивергенция магнитной индукции равна произведению силы тока на площадь поверхности, опирающейся на контур;
  - б) Циркуляция индукции электрического поля пропорциональна темпу изменения тока;
  - в) Ротор электрической напряжённости пропорционален темпу изменения магнитной индукции.
3. Одно из уравнений Максвелла гласит:
  - а) Дивергенция магнитной индукции равна нулю;
  - б) Плотность потока электромагнитной энергии пропорциональна векторному произведению напряжённостей электрического и магнитного поля;
  - в) Ротор напряжения равен силе тока плюс скорость изменения магнитного потока.
4. Одно из уравнений Максвелла гласит:
  - а) Поток магнитной индукции через замкнутую поверхность равен нулю;
  - б) Скорость изменения заряда в области пространства равна потоку заряда через поверхность этой области;
  - в) Индукция магнитного поля витка с током максимальна в центре витка.
5. Одно из уравнений Максвелла гласит:
  - а) Дивергенция векторного потенциала электромагнитного поля равна нулю;
  - б) Поток электрической напряжённости через поверхность некоторой области пропорционален заряду этой области;
  - в) Градиент электростатического потенциала равен напряжённости электрического поля со знаком минус.



6. Одно из уравнений Максвелла гласит:
- a) Градиент векторного потенциала равен темпу изменения напряжённости магнитного поля;
  - b) Циркуляция скалярного потенциала магнитного поля равна скорости изменения потока электрической индукции;
  - c) Дивергенция напряжённости электрического поля пропорциональна плотности заряда.
7. Одно из уравнений Максвелла гласит:
- a) Ротор напряжённости магнитного поля равен линейной комбинации плотности тока и темпа изменения напряжённости электрического поля;
  - b) Градиент напряжённости магнитного поля равен сумме силы тока и скорости изменения электрического поля;
  - c) Дивергенция индукции магнитного поля равна разности силы тока и темпа изменения магнитного потока.
8. Одно из уравнений Максвелла гласит:
- a) Поток магнитной индукции в контуре равен сумме силы тока и темпа изменения циркуляции электрического поля через площадь поверхности опирающейся на контур;
  - b) Циркуляция напряжённости магнитного поля в контуре равна линейной комбинации силы тока и темпа изменения потока электрического поля через площадь поверхности опирающейся на контур;
  - c) Ротор электрической индукции пропорционален сумме плотности тока и темпа изменения напряжённости электрического поля.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену (4 семестр)

1. \* Предмет и особенности теоретической механики. Разделы: квантовая и классическая теории, нерелятивистская и релятивистская теории.
  2. \* Материальная точка. Степени свободы. Обобщённые координаты, скорости, ускорения. Функции координат и скоростей.
  3. \* Функция Лагранжа и действие системы. Уравнения Лагранжа. Свойства функции Лагранжа. Экстремальные принципы физики.
  4. \* Инерциальные системы отсчёта и свойства пространства-времени. Преобразования Галилея и Лоренца. Принципы относительности Галилея и Эйнштейна.
  5. Функция Лагранжа свободной частицы. Её вид в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.
  6. \* Функция Лагранжа системы частиц. Обратимость движения. Уравнения Ньютона. Нормировка потенциальной энергии. Система во внешнем поле.
  7. \* Интегралы движения. Закон сохранения энергии как следствие однородности времени.
  8. \* Закон сохранения импульса как следствие однородности пространства. Влияние внешнего поля. Обобщённые импульсы и силы. Релятивистский импульс.
  9. \* Условие покоя системы частиц. Центр инерции. Внутренняя энергия. Преобразование энергии.
  10. \* Закон сохранения момента импульса как следствие изотропии пространства. Семь аддитивных интегралов движения. Преобразование момента импульса.
  11. \* Функция Гамильтона системы. Канонические уравнения и условие сохранения энергии. Релятивистская кинетическая энергия.
  12. Вывод и неявное решение уравнения одномерного движения. Финитное и инфинитное движения. Точки остановки. Период произвольных колебаний.
  13. Задача двух тел. Их функция Лагранжа относительно центра инерции. Приведённая масса.
  14. Центральное поле. Сохранение момента импульса. Секториальная скорость. Неявное решение уравнения движения. Центробежная энергия. Точки разворота.
  15. Задача Кеплера. Форма траектории тела. Параметр и эксцентриситет орбиты. Период движения.
  16. Рассеяние частиц. Прицельное расстояние. Эффективное сечение рассеяния.
  17. \* Свободные колебания. Вывод и решение уравнения малых колебаний. Амплитуда, фаза, частота, комплексная амплитуда.
  18. Вынужденные колебания. Вывод и решение уравнения малых колебаний. Случай гармонической силы. Резонанс. Биения.
  19. Колебания молекул. Подсчёт степеней свободы. Исключение поступательного и вращательного движений. Типы колебаний плоских и линейных молекул.
  20. \* Затухающие колебания. Сила трения. Постулирование и решение уравнения малых колебаний. Аперриодическое затухание.
  21. Ангармонические колебания. Примеры модельных систем и уравнений.
- Примечание: \*отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

Вопросы к экзамену (5 семестр)



1. Постулаты теории относительности. Пространство Минковского. Интервал. \*
2. Вывод и анализ преобразований Лоренца.
3. Преобразование скорости. Предельные случаи.
4. Импульс частицы. Сила. \*
5. Энергия и Гамильтониан свободной частицы. \*
6. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля.
7. Уравнение движения частицы в электромагнитном поле. \*
8. Постоянное или однородное электромагнитное поле.
9. Движение в постоянном однородном электрическом или магнитном поле. \*
10. Движение в постоянных однородных электрическом и магнитном полях.
11. Преобразования Лоренца для поля. \*
12. Инварианты поля. \*
13. Первая пара уравнений Максвелла. \*
14. Вторая пара уравнений Максвелла. \*
15. Плотность и поток электромагнитной энергии. \*
16. Вывод закона Кулона.
17. Электростатическая энергия системы зарядов.
18. Дипольный момент.
19. Закон Био-Савара-Лапласа. \*
20. Магнитный момент.
21. Электростатическое поле проводников и диэлектриков.
22. Диэлектрическая проницаемость среды. \*
23. Постоянный ток.
24. Намагниченность тела и магнитная проницаемость среды. \*
25. Квазистационарное приближение.
26. Приближение магнитной газодинамики.
27. Электромагнитные волны в вакууме. \*
28. Электромагнитные волны в диэлектриках

Примечание: \*отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

#### Вопросы к экзамену (6 семестр)

1. Область применения квантовой физики. Переход от квантовой к классической физике.
2. Объекты, которые изучает квантовая физика. Их характеристики.
3. Явления, которые не объясняются с помощью классической физики. Явление фотоэффекта. Фотонная теория света.
4. Явления, которые не объясняются с помощью классической физики. Эффект Комптона.
5. Явления, которые не объясняются с помощью классической физики. Опыт Франка-Герца.
6. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля. Волновой пакет.
7. Дуализм: волна – частица. Принцип неопределенности.
8. Периодические граничные условия для свободной частицы.
9. Построение операторов физических величин.
10. Волновая функция. Статистическая трактовка волновой функции.
11. Коммутационные соотношения для операторов физических величин.
12. Свойства операторов физических величин.
13. Собственные функции и собственные значения операторов физических величин.
14. Операторы координаты, импульса, энергии.
15. Простейшие задачи квантовой механики. Уравнение Шредингера, зависящее от времени.
16. Простейшие задачи квантовой механики. Стационарное уравнение Шредингера.
17. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в пространстве, свободном от сил.
18. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в яме с бесконечно высокими стенками.
19. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Дискретный спектр.
20. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Непрерывный спектр.
21. Простейшие задачи квантовой механики. Прямоугольный потенциальный барьер.
22. Одномерный гармонический осциллятор.
23. Движение частицы в поле центральных сил. Задача движения двух тел. Сведение к задаче трех переменных.
24. Движение частицы в поле центральных сил. Разделение переменных в сферических координатах.
25. Движение частицы в поле центральных сил. Зависимость волновых функций от углов.



26. Движение частицы в поле центральных сил. Радиальное уравнение.
27. Движение частицы в поле центральных сил. Асимптотика радиальной части волновой функции.
28. Движение частицы в поле центральных сил. Движение в кулоновском поле.
29. Движение частицы в поле центральных сил. Классификация уровней энергий.
30. Теория оператора момента импульса.
31. Свойства оператора момента импульса.
32. Условия одновременной измеримости физических величин.
33. Уравнение непрерывности для плотности вероятности нахождения частицы в заданных координатах.
34. Приближенные методы квантовой механики. Теория возмущения без вырождения уровней энергий.
35. Приближенные методы квантовой механики. Теория возмущения при наличии вырождения уровней энергий.
36. Приближенные методы квантовой механики. Вариационный принцип.
37. Приближенные методы квантовой механики. Метод канонических преобразований.
38. Теория представлений. Координатное представление.
39. Теория представлений. Энергетическое представление.
40. Теория представлений. Импульсное представление.
41. Теория представлений. Скобочные обозначения Дирака.
42. Теория представлений. Понятие об унитарных преобразованиях.
43. Теория представлений. Представление Шредингера.
44. Теория представлений. Представление Гейзенберга.
45. Теория представлений. Представление Дирака (Представление взаимодействия).
46. Представление чисел заполнения. Операторы рождения, уничтожения, числа частиц.
47. Нахождение энергетического спектра гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения.
48. Нахождение волновых функций гармонического осциллятора в представлении чисел заполнения.
49. Нахождение энергетического спектра ангармонического осциллятора в представлении чисел заполнения.

Вопросы к экзамену (7 семестр)

1. Предмет и задачи ТД и статистической физики\*.
2. Нулевое начало ТД\*. Уравнения состояния\*.
3. Первое начало ТД\*.
4. Теплоемкости\*, термические коэффициенты.
5. Основные ТД процессы и их уравнения\*.
6. Словесные формулировки 2-го начала ТД.\*
7. Энтропия\*, переход от эмпирической энтропии к абсолютной.
8. Температура\*, связь эмпирической и абсолютной температур.
9. Основное уравнение ТД и следствия из него\*.
10. Вычисление энтропии\*. Теорема Гиббса.
11. Второе начало ТД для необратимых процессов\*.
12. Третье начало ТД\*и следствия из него.
13. Цикл Карно\*. Теоремы Карно\*.
14. ТД потенциалы простой системы\*.
15. ТД потенциалы систем с переменным числом частиц.
16. Метод круговых процессов.
17. Общие условия ТД равновесия\*.
18. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
19. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле -Шателье Брауна.
20. Химическое равновесие в однородной системе.
21. Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз Гиббса.
22. Классификация фазовых переходов\*.
23. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
24. Уравнения Эренфеста.
25. Основные постулаты классической статистики\*.
26. Уравнение Лиувилля\*.
27. Основные постулаты квантовой статистической физики. Матрица плотности.
28. Уравнение Неймана.
29. Микроканоническое распределение\*.
30. Термодинамический смысл параметров микроканонического распределения.
31. Каноническое распределение\*.
32. Термодинамический смысл параметров канонического распределения.
33. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.



34. Теорема о равномерном распределении средней кинетической энергии по степеням свободы.  
35. Теорема о вириале.  
36. Большое каноническое распределение\*.  
37. Термодинамический смысл параметров большого канонического распределения.  
38. Термодинамическая эквивалентность МКР и КР.  
39. Термодинамическая эквивалентность КР и БКР.  
Примечание: \*отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

#### 6.4. Критерии оценивания

Критерии оценивания (4 семестр):

Задания к практическим занятиям студенты выполняют в течение семестра на практических занятиях и дома. Задачи сгруппированы по темам практических занятий. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой теме. Отчет по теме считается сданным вовремя, если он сдан в течение месяца после изучения темы на практическом занятии. Отчет подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Максимальный балл за сдачу всех тем – 42 баллов. Максимальный балл за посещение лекционных занятий – 6 баллов, за посещение практических занятий – 3 балла.

Критерии оценивания:

Характеристики ответа Баллы

Решено > 80% задач, тема сдана вовремя. 6-7

Решено >80% задач, тема сдана не вовремя. 3-5

Решено <80% задач, тема сдана не вовремя. 1-3

Задачи не решены 0

Также в течение семестра проводится одна контрольная работа по разделам «Уравнения движения» и «Законы сохранения». На контрольной работе студенту предлагается решить 3 задачи. Максимальный балл за контрольную работу – 9 баллов.

Критерии оценивания:

Характеристики ответа Баллы

Правильно и с пояснениями решены три задачи 9

Решены три задачи, но есть ошибки 8-7

Правильно и с пояснениями решены две задачи 6

Решены две задачи, но есть ошибки 5-4

Правильно решена одна задача 3

Частично решена одна задача 2-1

Таким образом, за работу в семестре студент может получить максимум 60 баллов.

Экзамен проходит в письменной-устной форме по билетам. В билете два теоретических вопроса (один из базового уровня, второй – из продвинутого уровня) и одна задача. Максимальный балл за ответы по билету – 40 баллов.

Критерии оценивания:

Характеристики ответа Баллы

Ответил на оба вопроса билета, воспроизвел соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны незначительные ошибки. 35-40  
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода. 25-35

Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета. 10-20

Не может ответить на вопрос базового уровня 0

Если студент за время работы в семестре набрал 55-60 баллов, он освобождается от решения задачи на экзамене.

Если студент за время работы в семестре набрал менее 25 баллов, для него экзамен проходит в два этапа.

На первом этапе студент выполняет тест из 10 вопросов. Продолжительность – 20 минут. Содержание теста определяется следующим образом:

№ п/п Контролируемые разделы Кол-во вопросов порогового уровня

1 Уравнения движения 6



2 Законы сохранения 3  
3 Колебания 1

Критерии оценивания: каждый правильный ответ – 3 балла. Максимальное количество баллов – 30. Чтобы тест был зачтен, студент должен дать правильные ответы по крайней мере на 6 вопросов из 10.

Итоговый балл рассчитывается по формуле  $S=S_1+S_2$ , где  $S_1$ , – баллы, в течение семестра,  $S_2$  – баллы, полученные на экзамене,  $S$  – итоговый балл.

Критерии оценивания экзамена:

[0–50] баллов – неудовлетворительно; [51–70] – удовлетворительно; [71– 90] – хорошо; [91–100] – отлично.

Критерии оценивания (5 семестр):

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде контрольной работы, а также в виде отчетов по темам практических занятий, которые сдает студент в течение семестра. Отчет подразумевает самостоятельное решение задач по дисциплине. Контрольная работа проводится на практическом занятии в течение 45 минут, по нескольким темам практических занятий. На контрольной работе студенту предлагается решить две-три простых задачи по предыдущим темам. Номер варианта контрольных заданий назначается преподавателем.

Аттестационная оценка ставится на основе балльно-рейтинговой системы:

1. Посещение лекции: 0.5 балла, в сумме до 8 баллов;
2. Конспект лекции: 1 балл, в сумме до 16 баллов;
3. Посещение практического занятия: 0.5 балла, в сумме до 4 баллов;
4. Самостоятельное выполнение домашнего задания: 1-3 балла, в сумме до 31 балла;
5. Решение задач контрольной работы: 1-3 балла, в сумме до 9 баллов за семестр;
6. Изучение лекционного материала: 2-8 баллов за главу (раздел) в зависимости от объёма и сложности, в сумме до 32 баллов.

Сумма баллов соответствует следующим оценкам и уровням освоения проверяемых компетенций:

- 0-39 – неудовлетворительно (недостаточный уровень),  
40-59 – удовлетворительно (базовый уровень),  
60-79 – хорошо (средний уровень),  
80-100 – отлично (высокий уровень).

Критерии оценивания контрольной работы:

1. Правильно и с пояснениями решены все задачи – 3 балла (высокий уровень компетенций),
2. Задачи решены с небольшими ошибками – 2 балла (средний уровень компетенций),
3. Решена половина задач или задачи решены наполовину – 1 балл (базовый уровень компетенций),
4. Решений нет – 0 баллов (недостаточный уровень компетенций).

Критерии оценивания ответа на экзамене:

1. Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, решил задачу полностью, может пояснить решение; возможны несущественные ошибки – 25-32 балла (высокий уровень компетенций).
2. Твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки или пробелы при выводе формул и решении задачи – 15-24 балла (средний уровень компетенций).
3. Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин – 5-14 баллов (базовый уровень компетенций).
4. Не может ответить на большинство вопросов базового уровня – 0-4 балла (недостаточный уровень компетенций).

Вопросы «теоретического минимума» используются на сдаче или пересдаче экзамена, если студент не претендует на оценку выше, чем «удовлетворительно».

Критерии оценивания (6 семестр):

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде контрольных работ, а также в виде рабочих тетрадей по темам практических занятий, которые сдает студент в течение семестра. Номер варианта выполнения контрольных заданий назначается преподавателем.

Студент допускается к сдаче экзамена в конце семестра при успешном выполнении практических заданий.

Экзаменационная оценка ставится на основании письменного и устного ответов по экзаменационному билету.



Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Студенты, которые успешно отчитались в течение семестра о решенных задачах по темам практических занятий из предложенного списка задач в методических указаниях к курсу, освобождаются от 3-го вопроса в билете (т.е. решения задачи).

На экзамене студент получает оценку «удовлетворительно» в случае успешной сдачи «теоретического минимума», который включает: знание основных понятий, название и физический смысл величин, вид основных распределений и соотношений (без вывода), определяемых вопросом билета.

Оценка «хорошо» – студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.

Оценка «отлично» – студент должен продемонстрировать отличное знание материала, как лекционных занятий, так и тем, выносимых на самостоятельное обучение, ответив на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения; задача должна быть полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения.

#### Критерии оценивания (7 семестр):

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде контрольной работы, а также в виде отчетов по темам практических занятий, которые студент сдает в течение семестра.

1. Посещение лекционных занятий. Максимальный рейтинговый балл=6.
2. Практические задания
- 2.1 Посещение практических занятий. Максимальный рейтинговый балл=3.
- 2.2 Сдача задач по теме «Первое начало термодинамики. Теплоемкость». Максимальный рейтинговый балл=7.
- 2.3 Сдача задач по теме «Второе начало термодинамики. Вычисление энтропии». Максимальный рейтинговый балл=7.
- 2.4 Сдача задач по теме «Методы термодинамики». Максимальный рейтинговый балл=7.
- 2.5 Сдача задач по теме «Равновесие и устойчивость термодинамических систем. Фазовые переходы». Максимальный рейтинговый балл=7.
- 2.6 Сдача задач по теме «Общие методы равновесной статистической механики». Максимальный рейтинговый балл=7.
- 2.7 Сдача задач по теме «Равновесные ансамбли. Канонические распределения». Максимальный рейтинговый балл=7.
3. Контрольная работа по теме «Начала и методы термодинамики». Максимальный рейтинговый балл=9.

Итого: 60 баллов

Отчет по задачам подразумевает решение задач из предложенного списка задач к дисциплине и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы.

Студент получает:

7–6 баллов в том случае, если решено >80% задач, студент объясняет решение задач, тема сдана вовремя;

5–3 баллов, если решено >80% задач, студент объясняет решение задач, тема сдана не вовремя;

3-1 балл, если решено <80% задач, студент объясняет решение задач, тема сдана не вовремя.

На контрольной работе студенту предлагается решить три задачи. Контрольная работа, выполненная студентом, оценивается по 9-ти бальной шкале, руководствуясь при этом следующими критериями:

Студент получает:

9 баллов, если правильно и с пояснениями решены три задачи;

8-7 баллов, если решены три задачи, но есть ошибки;

6 баллов, если правильно и с пояснениями решены две задачи;

5–4 балла, если решены две задачи, но есть ошибки;

3 балла, если решена одна задача;

2–1 балл, если частично решена одна задача.

Если студент за время работы в семестре набрал 55–60 баллов, он освобождается от решения задачи на экзамене.

Если студент за время работы в семестре набрал менее 25 баллов, для него экзамен проходит в два этапа. На первом этапе студент выполняет тест из 10 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается в 3 балла. Чтобы тест был зачтен, студент должен дать правильные ответы по крайней мере на 6 вопросов из 10. На втором этапе студент отвечает на вопросы экзаменационного билета.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу.

За ответ по экзаменационному билету студент получает:

40–35 баллов, если он демонстрирует отличное знание материала, как лекционных занятий, так и тем, выносимых на самостоятельное обучение, ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает решение.



35–25 баллов, если студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствуют некоторых элементов вывода.  
25–10 баллов, если знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на базовый вопрос и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и смысл физических величин по другим вопросам билета.

Автоматическая оценка "удовлетворительно" выставляется за 51-60 баллов (баллы текущей аттестации).

Итоговая оценка "отлично" выставляется за 91-100 баллов;

Итоговая оценка "хорошо" выставляется за 71-90 баллов;

Итоговая оценка "удовлетворительно" выставляется за 51-70 баллов;

Итоговая оценка "неудовлетворительно" выставляется за 0-50 баллов.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Ландау Л. Д.	Краткий курс общей физики. Механика и молекулярная физика: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=474071">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=474071</a> )	Москва : Наука, 1969	ЭБС
Л1.2	Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш.	Термодинамика, статистическая физика и кинетика ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482845">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482845</a> )	Москва : Наука, 1977	ЭБС
Л1.3	Терлецкий Я. П.	Статистическая физика ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482849">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482849</a> )	Москва : Высшая школа, 1973	ЭБС
Л1.4	Базаров И. П.	Термодинамика: учебник для студентов вуза	Москва: Высшая школа, 1983	
Л1.5	Батыгин В. В., Топтыгин И. Н., Бредов М. М.	Сборник задач по электродинамике: учебное пособие для вузов	Москва : Физматгиз, 1962	
Л1.6	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Теоретическая физика. Т. 1 : Механика: в 10 томах : учебное пособие для физических специальностей университетов	Москва : Наука, 1988	
Л1.7	Галицкий В. М., Карнаков Б. М., Коган В. И.	Задачи по квантовой механике: учебное пособие для физических специальностей вузов	Москва : Наука, 1981	
Л1.8	Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц К. М.	Курс общей физики. Механика и молекулярная физика ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=494677">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=494677</a> )	Москва : МГУ, 1962	ЭБС
Л1.9	Давыдов А. С.	Квантовая механика: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499379">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499379</a> )	Москва : Наука, 1973	ЭБС
Л1.10	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Теоретическая физика. Том 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория): учебное пособие ( <a href="https://znanium.com/catalog/document?id=369173">https://znanium.com/catalog/document?id=369173</a> )	Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2016	ЭБС
Л1.11	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Теоретическая физика. Том 2. Теория поля: учебное пособие ( <a href="https://znanium.com/catalog/document?id=369175">https://znanium.com/catalog/document?id=369175</a> )	Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.12	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Теоретическая физика. Том 1. Механика: учебное пособие ( <a href="https://znanium.com/catalog/document?id=369177">https://znanium.com/catalog/document?id=369177</a> )	Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018	ЭБС
Л1.13	Батыгин В. В., Топтыгин И. Н.	Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210440">https://e.lanbook.com/book/210440</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Соколов А. А.	Введение в квантовую механику: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=257427">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=257427</a> )	Москва : Физматгиз, 1958	ЭБС
Л2.2		Задачи по термодинамике и статистической физике ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482853">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=482853</a> )	Москва : Мир, 1974	ЭБС
Л2.3	Ольховский И. И.	Курс теоретической механики для физиков: учебник для вузов	Москва: Издательство МГУ, 1978	
Л2.4	Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П.	Электродинамика ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492478">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492478</a> )	Москва : Высшая школа, 1980	ЭБС
Л2.5	Блохинцев Д. И.	Основы квантовой механики ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=495577">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=495577</a> )	Москва : Наука, 1976	ЭБС
Л2.6	Сивухин Д. В.	Общий курс физики: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82995">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82995</a> )	Москва : Физматлит, 2006	ЭБС
Л2.7	Бредов М. М., Румянцев В. В., Топтыгин И. Н.	Классическая электродинамика ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210194">https://e.lanbook.com/book/210194</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.8	Ансельм А. И.	Основы статистической физики и термодинамики ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210215">https://e.lanbook.com/book/210215</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л3.1	Зарезина А. С., Лаппа А. В.	Распределения Гиббса, Максвелла, Больцмана: методические указания	Челябинск : Челябинский государственный университет, 2009	

#### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблшинг. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: <a href="https://biblionline.ru">https://biblionline.ru</a>
Э4	Znaniium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: <a href="http://znaniium.com/">http://znaniium.com/</a>
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>

#### 7.3 Перечень информационных технологий

##### 7.3.1 Программное обеспечение



Adobe Reader

LMS Moodle

Adobe Connect Acrobat

### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челябин. гос. ун-т. – URL: <http://library.csu.ru/ru/> - Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медицентр) (учебный корпус №1) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Теоретическая физика» осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач по теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).



При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

## 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой CleVu с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:



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

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

**Задачи к практическим занятиям**

**Практическое занятие 1. Работа и теплота. Уравнения состояний**

1. Оценить работу испарения 1 моля воды при переходе её в пар при  $t=100^\circ\text{C}$  и нормальном давлении.
2. Найти работу идеального газа при адиабатическом расширении от  $V_1$  до  $V_2$ . Даны также начальная температура  $T_1$  и показатель адиабаты.
3. Найти работу при изотермическом расширении газа Ван-дер-Ваальса.
4. Показать, что дифференциальное выражение для элементарной работы  $\delta W = \sum_i A_i da_i$  не является полным дифференциалом от совокупности независимых параметров, определяющих состояние системы.
5. Установить, что для простой системы справедливы тождества:
 
$$\left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial A}\right)_T = 1; \quad \left(\frac{\partial T}{\partial A}\right)_a \left(\frac{\partial A}{\partial a}\right)_T \left(\frac{\partial a}{\partial T}\right)_A = -1;$$
6. Показать, что связь между термическими коэффициентами растяжения  $\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ , сжатия  $\beta = -\frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$  и упругости  $\gamma = \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$  можно представить как  $\alpha = p_0 \beta \gamma$ .
7. Получить приведенное уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.

**Практическое занятие 2. Первое начало термодинамики. Определение теплоемкостей при различных процессах**

1. Доказать, что тепловой эффект химической реакции, протекающей при  $V = \text{const}$ , или при  $p = \text{const}$ , не зависит от промежуточных реакций, а определяется только начальным и конечным состояниями реагирующих веществ.
2. Найти  $C_p - C_v$  для идеального газа.
3. Найти  $C_p - C_v$  для газа Ван-дер-Ваальса.
4. Найти удельную теплоту изотермического расширения газа Ван – дер – Ваальса.
5. Определить теплоемкость идеального газа в следующих процессах: а)  $pV^2 = \text{const}$ , б)  $p^2V = \text{const}$ , в)  $\frac{p}{V} = \text{const}$ .
6. Известно, что  $C_v = a(V)T^3$ . Какое количество теплоты нужно передать системе, чтобы нагреть её изохорически от  $T_1$  до  $T_2$ ?
7. Является ли процесс релаксации квазистатическим и почему?

**Практическое занятие 3. Второе начало термодинамики. Вычисление энтропии**

1. Могут ли адиабаты пересекаться и почему?
2. Термическое и калорическое уравнения состояния электронного газа связаны

соотношением:  $pV = \frac{2}{3}U$ . Найти уравнение адиабаты в переменных  $p$ - $V$ .

3. В изобарическом процессе температура идеального газа увеличилась вдвое. Как изменилась энтропия?
4. Найти изменение энтропии газа Ван-дер-Ваальса при переходе  $T_1, V_1 \rightarrow T_2, V_2$ .
5. Термический коэффициент расширения  $\alpha$  для воды в интервале температур от  $0^\circ\text{C}$  до  $4^\circ\text{C}$  является величиной отрицательной. Нагревается или охлаждается вода при адиабатическом сжатии в этом интервале температур?
6. Найти работу идеального газа в цикле Карно. Известны температура холодильника и нагревателя и интервалы изменения объема.
7. Показать, что если теплоемкость  $C_V \sim T^\alpha$ , то энтропия системы имеет тот же характер зависимости от температуры.

### Практическое занятие 4, 5. Методы термодинамики

1. Найти свободную энергию газа Ван – дер – Ваальса.
2. Известна энтальпия:  $H = H(S, p)$ . Найти  $\beta_S = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_S$ .
3. Известна свободная энергия некоторой системы:  $F = -\frac{3}{2} RT \ln[a(V)T]$ . Найти  $C_V$ .
4. Известен потенциал Гиббса некоторой системы:  
$$G = aT(1 - \ln T) + RT \ln P - TS_0 + U_0. \quad (a, S_0, R, U_0 - \text{const}).$$

Найти термическое и калорическое уравнения состояния. Какой системе соответствует данный потенциал? Каков физический смысл постоянной  $a$ ?

5. Получить выражение для энтальпии 1 моля идеального газа.
6. Записать соотношение Максвелла для термодинамического потенциала, собственными переменными которого являются энтальпия  $H$  и давление  $p$ .
7. Получить энергию Гельмгольца смеси идеальных газов, состоящих из  $\nu_1$  молей одного и  $\nu_2$  другого компонента. Найти изменение энергии Гельмгольца при изотермической диффузии газа.
8. При низкой температуре энтропия электронного газа в металлах пропорциональна температуре. Найти температурную зависимость разности теплоемкостей  $C_p - C_V$ .

**Указание:** Не забывайте, что все выражения для термодинамических потенциалов необходимо записывать в собственных переменных.

### Практическое занятие 6. Основы статистической механики

1. Для частицы, движущейся в однородном гравитационном поле Земли (начальное направление движения – вертикально вверх), найти и начертить фазовую траекторию, проверить выполнимость теоремы Лиувилля, записать уравнение Лиувилля.
2. На фазовой плоскости  $(q, \dot{q})$ , где  $q = \dot{v}$  – скорость, найти фазовую траекторию и вычислить изменение со временем фазового объема  $dq d\dot{q}$  для свободной частицы, сила трения которой о среду пропорциональна скорости.
3. Для классического одномерного гармонического осциллятора найти и начертить фазовые траектории, проверить выполнимость теоремы Лиувилля, записать уравнение Лиувилля.
4. Для классического одномерного гармонического осциллятора найти объем фазового пространства, отвечающего значения энергии, меньше  $E$ . Записать микроканоническое

распределение.

5. Проверить справедливость теоремы Лиувилля для случая упругого соударения двух частиц, движущихся по одной прямой.

### Практические занятия 7,8. **Канонические распределения.**

1. Найти статистический интеграл  $A$  и статистическую сумму  $Z$  для одномерного гармонического осциллятора с частотой  $\omega$ , помещенного в термостат. Записать классическое и квантовое каноническое распределение.
2. Вычислить среднюю по каноническому распределению энергию гармонического осциллятора, погруженного в термостат. Рассмотреть классический и квантовый случаи.
3. Исходя из распределения Максвелла по импульсам, записать плотность распределения вероятностей для кинетической энергии  $E = p^2/2m$  и модуля скорости  $v = |\vec{p}|/m$  частиц в канонической системе.
4. Вычислить средние и наиболее вероятные значения энергии и модуля скорости в распределении Максвелла.
5.  $N$  частиц идеального газа заключены в объем  $V$  и подчиняются микроканоническому распределению с энергией  $E$ . Вычислить для этой системы фазовый объем и энтропию. Получить уравнение состояния.

