

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В.Ломоносова

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

---

**ПЛАН**

**ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА**

**«МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»**

**КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

Москва 2023

## ПЛАН ЛЕКЦИЙ

### Лекция 1.

Предмет молекулярной физики. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Статистический подход к описанию молекулярных явлений. Понятие о статистических закономерностях. Основные понятия теории вероятностей.

### Лекция 2.

Идеальный газ. Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа. Флуктуации плотности идеального газа. Биномиальное распределение.

### Лекция 3.

Предельные случаи биномиального распределения: распределения Пуассона и Гаусса. Примеры их применения.

### Лекция 4.

Распределение молекул газа по скоростям. Распределение Максвелла. Принцип детального равновесия. Наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости молекул. Распределение молекул по компонентам скоростей. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Уравнение Менделеева – Клапейрона.

### Лекция 5.

Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Опыты, подтверждающие распределения Максвелла и Больцмана. Опыты Перрена по определению числа Авогадро.

### Лекция 6.

Понятия равновесного состояния и температуры. Нулевое начало термодинамики. Температура и ее статистический смысл. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла – Больцмана. Принципы конструирования термометра. Эмпирическая шкала температур. Идеально-газовая шкала температур.

### Лекция 7.

Степени свободы термодинамической системы. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Броуновское движение. Формула Эйнштейна.

**Лекция 8.**

Столкновения молекул в газе. Длина свободного пробега. Частота соударений. Газокинетический диаметр. Рассеяние молекулярных пучков в газе. Молекулярно-кинетические характеристики жидкостей и твердых тел.

**Лекция 9.**

Явления переноса. Диффузия; закон Фика. Внутреннее трение (перенос импульса); закон Ньютона – Стокса. Теплопроводность; закон Фурье. Связь коэффициентов переноса с молекулярно-кинетическими характеристиками вещества.

**Лекция 10.**

Нестационарные явления переноса. Уравнение теплопроводности. Уравнение диффузии. Времена релаксации.

**Лекция 11.**

Термодинамический подход к описанию молекулярных явлений. Понятие термодинамического равновесия. Квазистатические процессы. Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Его применение к процессам в идеальном газе.

**Лекция 12.**

Теплоемкость системы. Теплоемкость идеального газа. Связь теплоемкости газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера. Политропический процесс. Уравнение политропы.

**Лекция 13.**

Классическая теория теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Развитие теории теплоемкости Эйнштейном и Дебаем.

**Лекция 14.**

Преобразование теплоты в работу. Циклические процессы. Нагреватель, рабочее тело, холодильник. Коэффициент полезного действия. Тепловой двигатель и холодильная машина. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Двигатель внутреннего сгорания.

**Лекция 15.**

Две теоремы Карно. Термодинамическая шкала температур, ее тождественность идеально-газовой шкале. Неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Томсона (Кельвина). Их эквивалентность.

**Лекция 16.**

Понятие энтропии. Энтропия идеального газа. Закон возрастания энтропии. Статистическая трактовка энтропии. Формула Больцмана. Понятие о самоорганизации. Термодинамические потенциалы.

**Лекция 17.**

Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Область двухфазных состояний. Метастабильные состояния. Критические параметры. Закон соответственных состояний.

**Лекция 18.**

Силы межмолекулярного взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса. Эффект Джоуля – Томсона. Методы получения низких температур. Третье начало термодинамики и его следствия.

**Лекция 19.**

Жидкости. Поверхностные явления. Коэффициент поверхностного натяжения. Краевой угол. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа. Капиллярные явления.

**Лекция 20.**

Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Скрытая теплота перехода. Тройная точка. Фазовые переходы второго рода.

**Лекция 21.**

Кристаллы. Симметрия кристаллов. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Решетки Браве. Обозначение плоскостей и направлений в кристалле. Индексы Миллера. Изоморфизм и полиморфизм. Дефекты в кристаллах. Дислокации. Понятие о жидких кристаллах.

**Лекция 22. Резервная.**

## **План семинаров.**

**Семинар 1.** Основные понятия теории вероятностей. Элементы комбинаторики.

**Семинар 2.** Статистическая система. Биномиальное распределение. Плотность вероятности.

**Семинар 3.** Распределения Пуассона и Гаусса.

**Семинар 4.** Термодинамические статистические системы. Состояние термодинамического равновесия. Температура. Распределение по энергии.

**Семинар 5.** Распределение Максвелла по скоростям. Характерные скорости теплового движения молекул газа.

**Семинар 6.** Распределение Максвелла по скоростям. Частота ударов молекул о стенку сосуда. Давление газа.

**Семинар 7.** Закон Дальтона. Распределение энергии по степеням свободы. Броуновское движение.

**Семинар 8.** Контрольная работа по разделу I.

**Семинар 9.** Распределение Больцмана. Газ в потенциальном поле Земли.

**Семинар 10.** Распределение Больцмана. Газ в потенциальном поле сил инерции. Система с двумя уровнями энергии.

**Семинар 11.** Молекулярно-кинетические характеристики газов, жидкостей и твердых тел.

**Семинар 12.** Стационарные явления переноса. Коэффициенты диффузии, вязкости и теплопроводности газов. Вязкость.

**Семинар 13.** Стационарные явления переноса. Теплопроводность.

**Семинар 14.** Явления переноса: диффузия. Нестационарные явления переноса. Времена релаксации.

**Семинар 15.** Контрольная работа по разделу II.

**Семинар 16.** Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Политропические процессы.

**Семинар 17.** Теплоемкость. Уравнения процессов в идеальном газе.

**Семинар 18.** Процессы в идеальном газе. Основные составляющие энергетического баланса.

- Семинар 19.** Циклические процессы. Обратимые циклы. КПД циклов.
- Семинар 20.** Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.
- Семинар 21.** Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропия и внутренняя энергия как термодинамические функции.
- Семинар 22.** Применение  $T$ - $S$  диаграмм для анализа циклов и расчета КПД тепловых машин.
- Семинар 23.** Контрольная работа по разделу III.
- Семинар 24.** Реальные газы и жидкости. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
- Семинар 25.** Реальные газы и жидкости. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критические параметры.
- Семинар 26.** Охлаждение и сжижение газов. Эффект Джоуля – Томсона. Энтальпия.
- Семинар 27.** Поверхностные явления. Свободная энергия Гельмгольца.
- Семинар 28.** Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
- Семинар 29.** Энтропия и теплоемкость систем при фазовых переходах. Потенциал Гиббса.
- Семинар 30.** Контрольная работа по разделу IV.

## ЛИТЕРАТУРА

### Учебники и учебные пособия

1. Алешкевич В.А. Молекулярная физика. М., Физматлит, 2016.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1987.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. СПб, Лань, 2007.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. М., Наука, 2011.
5. Рейф Ф. Статистическая физика. М., Наука, 1986.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып.4. Кинетика, теплота, звук. М., Мир, 1977.

### Задачники

1. Васильева О.Н., Салецкий А.М. Молекулярная физика и термодинамика. Сборник задач. М., Физический факультет МГУ, 2018.
2. Миронова Г.А., Брандт Н.Н., Салецкий А.М. Молекулярная физика и термодинамика. Методика решения задач. М., Физический факультет МГУ, 2017.
3. Сборник задач по общему курсу физики. Термодинамика и молекулярная физика. Под ред. Д.В. Сивухина. М., Физматлит, 2006.
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. СПб, Лань, 2005.