

***Молекулярно-кинетическая
теория идеальных газов***

Статистический и термодинамический методы исследования.

Молекулярная физика и термодинамика — разделы физики, в которых изучаются зависимости свойств тел от их строения, взаимодействия между частицами, из которых состоят тела, и характера движения частиц.

Для исследования физических свойств макроскопических систем, связанных с огромным числом содержащихся в них атомов и молекул, применяют два качественно различных и взаимно дополняющих друг друга метода: *статистический* (или *молекулярно-кинетический*) и *термодинамический*.

Статистический метод — это метод исследования систем из большого числа частиц, оперирующий *статистическими* закономерностями и *средними* (усредненными) значениями физических величин, характеризующих всю систему.

Этот метод лежит в основе *молекулярной физики* — раздела физики, изучающего строение и свойства вещества исходя из *молекулярно-кинетических* представлений, основывающихся на том, что все тела состоят из атомов, молекул или ионов находящихся в непрерывном хаотическом движении.

В дальнейшем мы будем использовать термин "молекула" имея ввиду мельчайшую структурную единицу (элемент) данного вещества.

Термодинамический метод — это метод исследования систем из большого числа частиц, оперирующий величинами, характеризующими систему в целом (*например, давление, объем, температура*) при различных превращениях энергии, происходящих в системе, не учитывая при этом внутреннего строения изучаемых тел и характера движения отдельных частиц.

Этот метод лежит в основе *термодинамики* — раздела физики, изучающего общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и процессы перехода между этими состояниями.

Температура.

Температура — одно из основных понятий, играющих важнейшую роль в физике в целом.

Температура — физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы и определяющая направление теплообмена между телами.

В настоящее время используют две температурные шкалы.

Международная практическая шкала (шкала Цельсия) градуированная в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) по двум *реперным точкам* — температурам замерзания и кипения воды при давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па, которые принимаются соответственно 0°C и 100°C .

Термодинамическая температурная шкала (шкала Кельвина), градуированная в градусах Кельвина (К) определяется по одной реперной точке — *тройной точке воды* — температуре, при которой лед, вода и насыщенный пар при давлении 609 Па находятся в термодинамическом равновесии. Температура этой точки по данной шкале равна 273,16 К. Температура $T = 0$ К называется *нулем Кельвина*.

Термодинамическая температура (T) и температура (t) по Международной практической шкале связаны соотношением

$$T = 273,15 + t$$

Нормальные условия: $T_0 = 273,15$ К = 0°C , $p_0 = 101325$ Па .

Идеальный газ.

Физическая модель, согласно которой:

- 1) собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда;
- 2) между молекулами газа отсутствуют силы взаимодействия;
- 3) столкновения молекул газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

Исходя из этого идеальный газ можно рассматривать как совокупность беспорядочно движущихся молекул-шариков, имеющих пренебрежимо малый собственный объем и не взаимодействующих друг с другом на расстоянии.

Законы, описывающие поведение идеальных газов — законы Бойля-Мариотта, Авогадро, Дальтона, Гей-Люссака.

Закон Авогадро.

Количество вещества V — физическая величина, определяемая числом специфических структурных элементов — молекул, атомов или ионов, из которых состоит вещество.

Единица количества вещества — моль — количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится в 0,012 кг изотопа углерода ^{12}C .

В одном моле различных веществ содержится одно и то же число молекул N_A , называемое числом

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

Авогадро.

Закон Авогадро: моли любых газов при одинаковой температуре и давлении занимают одинаковые объемы.

При нормальных условиях ($T = T_0, p = p_0$) этот объем V_μ (молярный объем) равен:

$$V_\mu = 22,41 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}$$

Молярная масса $\mu = \frac{m}{\nu}$ — это масса одного моля вещества. Отсюда: $\nu = \frac{m}{\mu}$

Единица молярной массы — килограмм на моль (кг/моль).

Уравнение состояния идеального газа.

Уравнением состояния термодинамической системы называется уравнение, которое связывает давление p , объем V и температуру T термодинамической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия:

$$f(p, V, T) = 0$$

где каждая из переменных является функцией двух других.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{или} \quad \frac{pV}{T} = \text{const}$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона — уравнение состояния для массы m идеального газа:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Если использовать **постоянную Больцмана**: $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$,

то **уравнение состояния** примет вид:

$$p = \frac{RT}{V_\mu} = \frac{kN_A T}{V_\mu} = nkT$$

где $n = \frac{N}{V} = \frac{N_A}{V_\mu}$ — **концентрация молекул** — число молекул в единице объема.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.

Пусть в сосуде объемом V находится идеальный газ массой m , состоящий из N молекул массой m_0 , движущихся с одинаковыми скоростями v . Концентрация молекул в газе по определению $n = N/V$.

Если газ в объеме V содержит N молекул, движущихся со скоростями v_1, v_2, \dots, v_N , то целесообразно рассматривать *среднюю квадратичную скорость*, которая определяется как

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2 = \frac{1}{N} \int_0^{v_{\text{max}}} v^2 dN_v$$

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2 \quad \left| \quad pV = \frac{1}{3} N m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2$$