

Идеальный газ. Основное уравнение МКТ.

Идеальный газ

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ – модель
реального газа



Джеймс Прескотт
Джоуль



Рудольф Клаузиус



Михаил Ломоносов

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ – модель газа, в рамках которого молекулы и атомы газа представлены в виде очень маленьких (исчезающих размеров) упругих шариков, которые не взаимодействуют друг с другом (без непосредственного контакта), а только сталкиваются

Идеальный газ

Свойства идеального газа:

- взаимодействие между молекулами пренебрежительно мало
- расстояние между молекулами много больше размеров молекул
- молекулы - это упругие шары
- отталкивание молекул возможно только при соударении
- движение молекул - по законам Ньютона
- давление газа на стенки сосуда - за счет ударов молекул газа

Термодинамическая система – совокупность макроскопических тел (состоящих из большого числа частиц), взаимодействующих и обменивающихся энергией как между собой, так и с другими телами (внешней средой)

Микроскопические параметры - величины, характеризующие свойства отдельных молекул вещества (масса молекул, скорость, средняя энергия)

Макроскопические параметры - величины, характеризующие свойства термодинамической системы в целом (давление, объем, плотность, температура)

Основное уравнение МКТ

Основное уравнение МКТ связывает макроскопические параметры (давление, объём, температура) термодинамической системы с микроскопическими (масса молекул, средняя скорость их движения).

1

Давление в газах обусловлено соударениями молекул о стенки сосуда

2

Давление – это сила, действующая на единицу поверхности

$$P = \frac{F_{\text{общ}}}{S}$$

3

Найдем силу удара ОДНОЙ молекулы о стенку сосуда

$$F = ma = m \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{mv_2 - mv_1}{t} = \frac{p_2 - p_1}{t} = \frac{\Delta p}{t}$$

4

Найдем величину изменения импульса молекулы

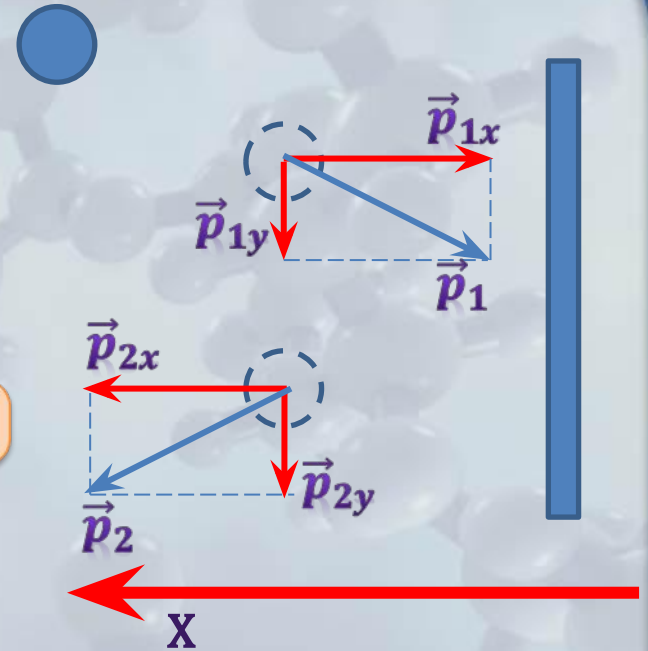
$$\vec{p}_{1y} = \vec{p}_{2y}$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_{2x} - \vec{p}_{1x}$$

С учетом направления оси X

получим:

$$\Delta p = p_{2x} - (-p_{1x}) = 2p_x = 2m_0 v_x$$



5

Подставив в п.3, получим, что сила, оказываемая ОДНОЙ молекулой на стенку сосуда при соударении равна:

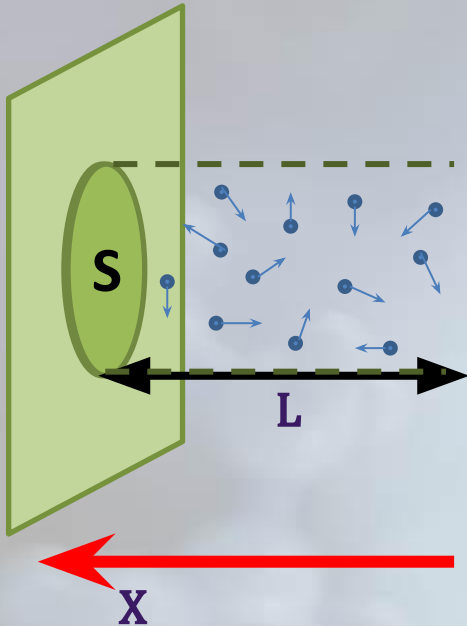
$$F = \frac{\Delta p}{t} = \frac{2m_0 v_x}{t}$$

Общую силу воздействия на стенку сосуда можно вычислить зная количество ударов:

$$F_{\text{общ}} = F \cdot N$$

6

Найдем среднее количество ударов о стенку сосуда (N):



$$N = n \cdot V$$

n – концентрация
 V – объем

$$V = S \cdot L$$

S – площадь
 L – среднее расстояние, которое проходит молекула вдоль оси X

$$L = v_x \cdot t$$

v_x – проекция скорости на ось X
 t – время движения

Собрав все формулы в одну,

ПОЛУЧИМ:

$$N = n \cdot S \cdot v_x \cdot t$$

Однако половина молекул будут двигаться против оси X , т.е. они не ударятся о стенку сосуда. Т.о. количество ударов будет в два раза меньше:

$$N = \frac{1}{2} n \cdot S \cdot v_x \cdot t$$

7

Найдем давление, подставив полученные формулы в п.1 :

$$P = \frac{F_{\text{общ}}}{S} = \frac{F \cdot N}{S} = \frac{\frac{2m_0 v_x}{t} \cdot \frac{1}{2} n S v_x t}{S} = m_0 \cdot n \cdot v_x^2$$

8

Учтём, что все направления равновероятны (т.е. $V_x = V_y = V_z$)

$$v^2 = v_x^2 + v_x^2 + v_x^2 = 3v_x^2$$

Таким

образом:

$$v_x^2 = \frac{1}{3} v^2$$

$$P = \frac{1}{3} m_0 \cdot n \cdot v^2$$

В итоге мы имеем формулу:

Основное уравнение МКТ

Выводы из основного уравнения МКТ

Если
:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$$

то

$$2E_{\text{к}} = mv^2$$

$$P = \frac{2}{3} E_{\text{к}} \cdot n$$

Если
:

$$m_0 = \frac{m}{N}$$

$$n = \frac{N}{V}$$

то

$$P = \frac{1}{3} \frac{m}{N} \cdot \frac{N}{V} \cdot v^2 = \frac{1}{3} \rho v^2$$

$$P = \frac{1}{3} \rho v^2$$