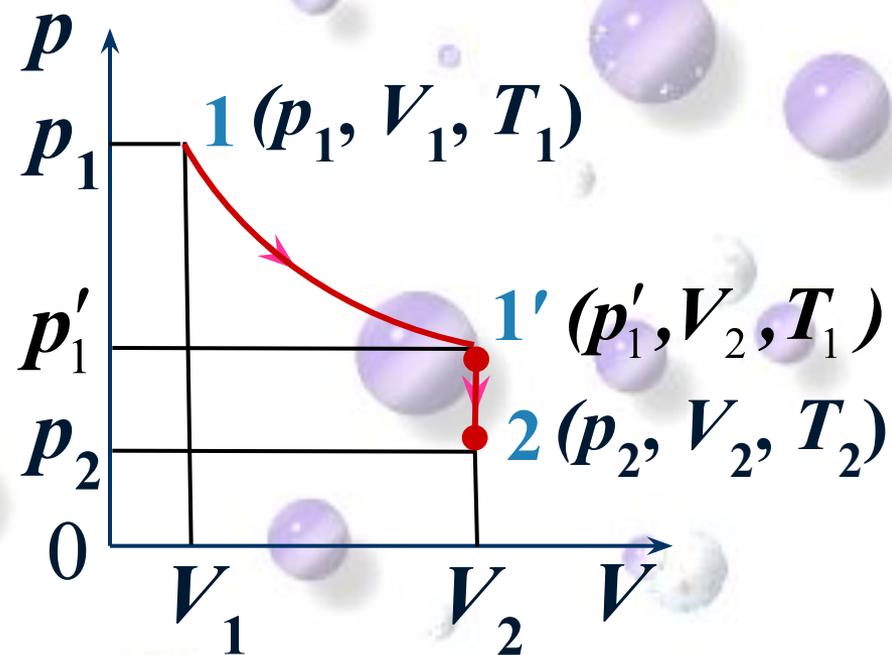


Уравнение Клапейрона

*Клапейрон (фр.)
вывел уравнение
состояния
идеального газа,
объединив законы
Бойля-Мариотта и
закон Гей-Люссака –
Шарля.*





Уравнение Клапейрона

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

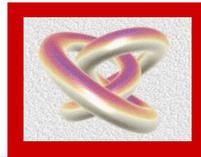
уравнение Клапейрона



Уравнение Клапейрона

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (1)$$

p – давление идеального газа
 V – объем идеального газа
 T – абсолютная температура
идеального газа



Уравнение Менделеева-Клапейрона

Менделеев объединил уравнение Клапейрона с законом Авогадро.

Согласно закону Авогадро:

Один моль любого газа при нормальных условиях ($T = 273$ К и $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па) занимает один и тот же объем (молярный)

V_m , равный:

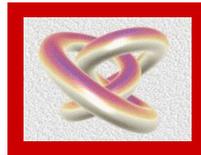
$$V_m = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}.$$

Подставим эти данные в (1):



Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$const = R = \frac{pV_m}{T} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$



Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

R – универсальная газовая постоянная
(молярная газовая постоянная)



Уравнение Менделеева-Клапейрона

Тогда для 1 моль газа уравнение (1) можно записать в виде:

$$pV_m = RT \quad (2)$$

m

Уравнение Менделеева-Клапейрона для 1 моль газа



Уравнение Менделеева-Клапейрона

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

p – давление идеального газа

V – объем идеального газа

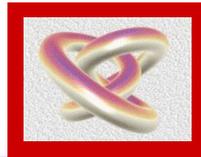
m – масса газа

M – молярная масса газа

R – универсальная газовая постоянная

T – абсолютная температура

идеального газа



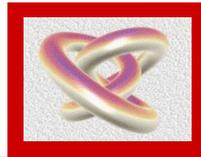
Основы МКТ

Задача молекулярно-кинетической теории состоит в том, чтобы установить связь между **микроскопическими** (масса, скорость, кинетическая энергия молекул) и **макроскопическими параметрами** (давление, объем, температура).

m v E_k

?

p V T



Газ, состоящий из отдельных атомов, а не молекул, называют одноатомным.

К одноатомным газам относят инертные газы — гелий, неон, аргон. В случае идеальных газов пренебрегают силами взаимодействия молекул, т. е. их потенциальная энергия полагается равной нулю, поэтому **внутренняя энергия идеального газа представляет собой кинетическую энергию теплового движения молекул.**



Основное уравнение МКТ газов

$$F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l} \langle v_{кв} \rangle^2$$

С другой стороны, сила F , действующая со стороны газа в направлении, перпендикулярном к поверхности S стенки сосуда:

$$F = pS$$

$$[p] = 1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

p – **давление** газа на стенку сосуда.



Основное уравнение МКТ газов

Или

$$p = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{V} \langle v_{кв} \rangle^2 = \frac{1}{3} m_0 n \langle v_{кв} \rangle^2 \quad (5)$$

Основное уравнение МКТ

$n = \frac{N}{V}$ — концентрация молекул



Основное уравнение МКТ газов

Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа

$$\langle E \rangle = \frac{1}{2} m_0 \langle v_{кв} \rangle^2$$

Откуда

$$\langle v_{кв} \rangle^2 = \frac{2 \langle E \rangle}{m_0}$$



(5)



Основное уравнение МКТ газов

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v_{кв} \rangle^2 = \frac{1}{3} m_0 n \frac{2 \langle E \rangle}{m_0} = \frac{2}{3} n \langle E \rangle$$

(6)

Основное уравнение МКТ



Основное уравнение МКТ газов

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$



$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

Или

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{NRT}{N_A V} = \frac{nRT}{N_A}$$



Основное уравнение МКТ газов

С другой стороны:

$$p = \frac{2}{3} n \langle E \rangle$$

Тогда:

$$\frac{2}{3} n \langle E \rangle = \frac{nRT}{N_A}$$

Откуда:

$$\langle E \rangle = \frac{nRT}{N_A} \frac{3}{2n} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$$

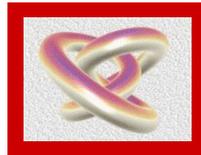


Основное уравнение МКТ газов

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$k = \frac{R}{N_A}$$

k – постоянная Больцмана



Основное уравнение МКТ газов

Тогда:

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (7)$$

Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре.

Температура есть мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул.



Основное уравнение МКТ газов

(7)  (6)

$$p = \frac{2}{3} n \langle E \rangle = \frac{2}{3} n \frac{3}{2} kT$$

Или

$$p = nkT$$
