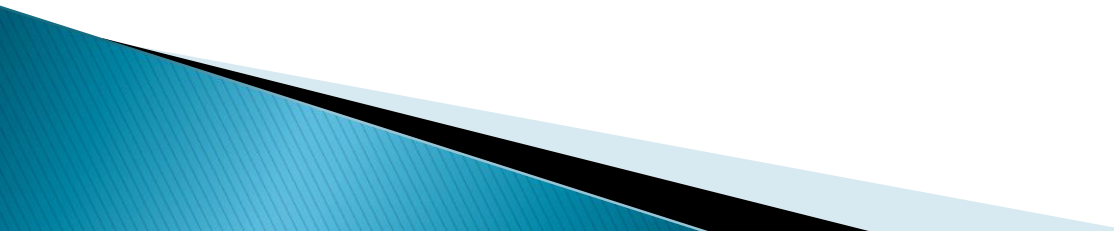


# Уравнение состояния идеального газа

# Макроскопические параметры

- ▶  $P$  – давление, единица измерения СИ – Па
  - ▶  $V$  – объем, единица измерения СИ –  $\text{м}^3$
  - ▶  $T$  – температура СИ – К
- 

# Уравнение состояния для постоянной массы

- ▶ Запишем основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

- ▶ Вспомним определение средней кинетической энергии поступательного движения и ее связь с температурой

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad \overline{E} = \frac{3}{2} kT$$

- ▶ Подставим эти две формулы в основное уравнение  $P = nkT$

► Учитывая, что  $n = \frac{N}{V}$

Получаем  $P = \frac{N}{V}kT$

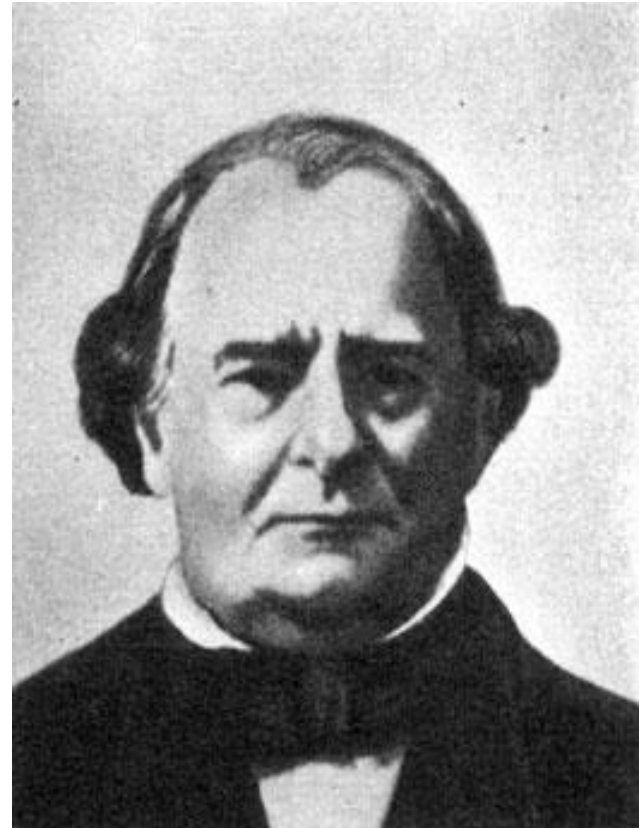
Или  $\frac{PV}{T} = Nk$

- ▶ Т.к. произведение констант является константой, то соотношение

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

Если меняется один из параметров порции газа, то это соотношение остается неизменной величиной.

- ▶ Это уравнение в 1834г. открыл французский физик Б. Клапейрон, работавший длительное время в Петербурге.



# Уравнение Клапейрона

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

## Уравнение состояния для постоянного количества вещества

- ▶ Мы уже получили уравнение 
$$\frac{PV}{T} = Nk$$
- ▶ Теперь возьмем частный случай порции вещества в количестве 1 моль. Для такого количества вещества число частиц нам известно и это число Авогадро 
$$\frac{PV}{T} = N_A \cdot k$$

Произведение постоянной Авогадро и постоянной Больцмана постоянно.  $R=8,31$  Дж/мольК

Это число называется универсальной газовой постоянной.



- ▶ Обобщим уравнение на случай произвольного количества вещества газа

$$\frac{PV}{T} = \nu \cdot N_A \cdot k = \nu R$$

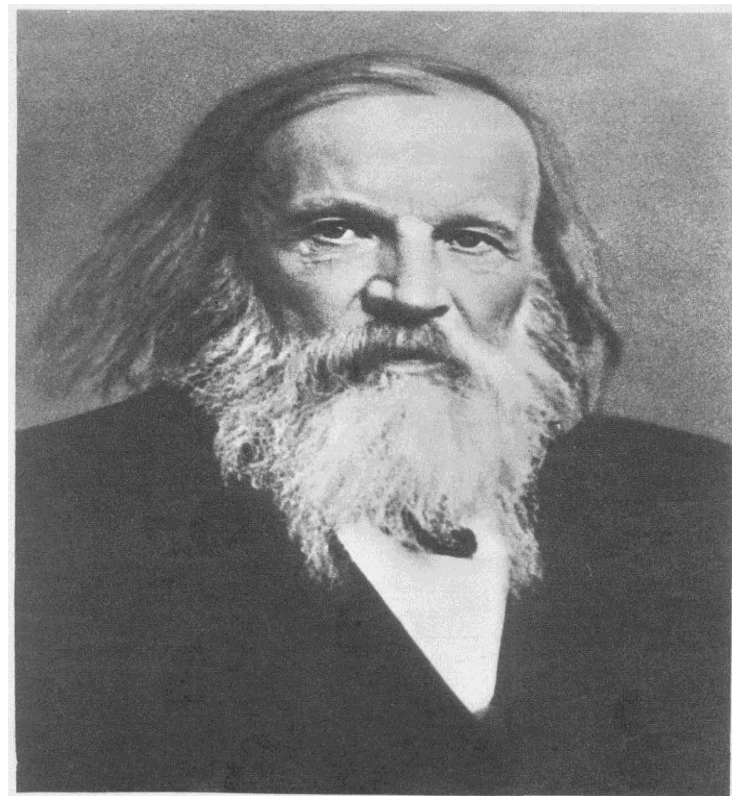
- ▶ Учитывая, что  $\nu = \frac{m}{M}$

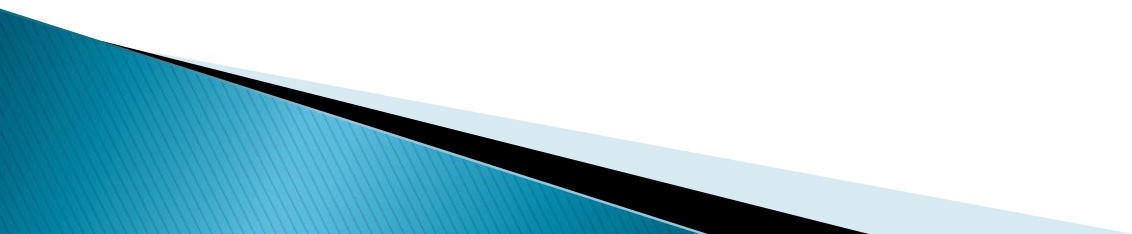
Мы получим

# Уравнение Менделеева–Клапейрона

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

- ▶ Это уравнение вывел русский ученый Д.И.Менделеев в 1874г, обобщив уравнение Клапейрона и введя понятие универсальной газовой постоянной.





1. Каково давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне вместимостью 30 литров при температуре  $23^{\circ}\text{C}$ , если масса этого воздуха 500граммов?  
 $M=0,029\text{кг/моль}$ .
2. Какова масса воздуха в баллоне объемом  $2\text{м}^3$  при температуре  $12^{\circ}\text{C}$  и давлении  $100\text{кПа}$ ?  $M=0,029\text{кг/моль}$
3. Определить температуру аммиака  $\text{NH}_3$ , находящегося под давлением  $2,1 \times 10^5 \text{ Па}$ , если его объем  $0,02\text{м}^3$ , а масса  $0,03\text{кг}$ .
4. Газ при давлении  $0,2\text{Мпа}$  ( $M$ -мега,  $10^6$ ) и температуре  $15^{\circ}\text{C}$ , имеет объем 5л. Чему равен объем газа этой массы при нормальных условиях? ( давление  $100\text{кПа}$ , температура  $0^{\circ}\text{C}$ )
5. Как изменится давление идеального газа, если его температура увеличится в 3 раза, а объем увеличится в 2 раза?