

# Уравнение Менделеева - Клапейрона

# Как всё начиналось



Клапейрон Бенуа Поль  
Эмиль

(26.I.1799–28.I.1864)

- Французский физик, член Парижской АН
- Окончил Политехническую школу в Париже(1818)
- В 1820–30 работал в Петербурге в институте инженеров путей сообщения

# Его уравнение состояния

- Температуру, объем, давление и некоторые другие параметры принято называть параметрами состояния газа
- Клапейрон выводит уравнение, устанавливающее зависимость между этими параметрами
- Его называют уравнением состояния идеального газа

$$p = nkT \quad n = \frac{N}{V}$$

$$p = \frac{N}{V} kT$$

$$\frac{pV}{T} = kN$$

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

Уравнение состояния идеального газа – уравнение Клапейрона.

# Его дело продолжено



- Менделеев Дмитрий Иванович  
(8.II.1834–2.II.1907)
- Обобщив уравнение Клапейрона, в 1874 вывел общее уравнение состояния идеального газа

# Вот что получилось

- Подставив вместо  $kN_A$  универсальную газовую постоянную  $R$ , Менделеев получил такой вариант уравнения, которое теперь называется уравнением Менделеева - Клапейрона

$$\frac{pV}{T} = kN$$
$$N = \frac{m N_A}{M}$$
$$N = \frac{m}{m_0}$$
$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$
$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} N_A k$$
$$R = N_A \cdot k = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$R$  – универсальная газовая постоянная

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

Уравнение состояния идеального газа – уравнение Менделеева-Клапейрона.

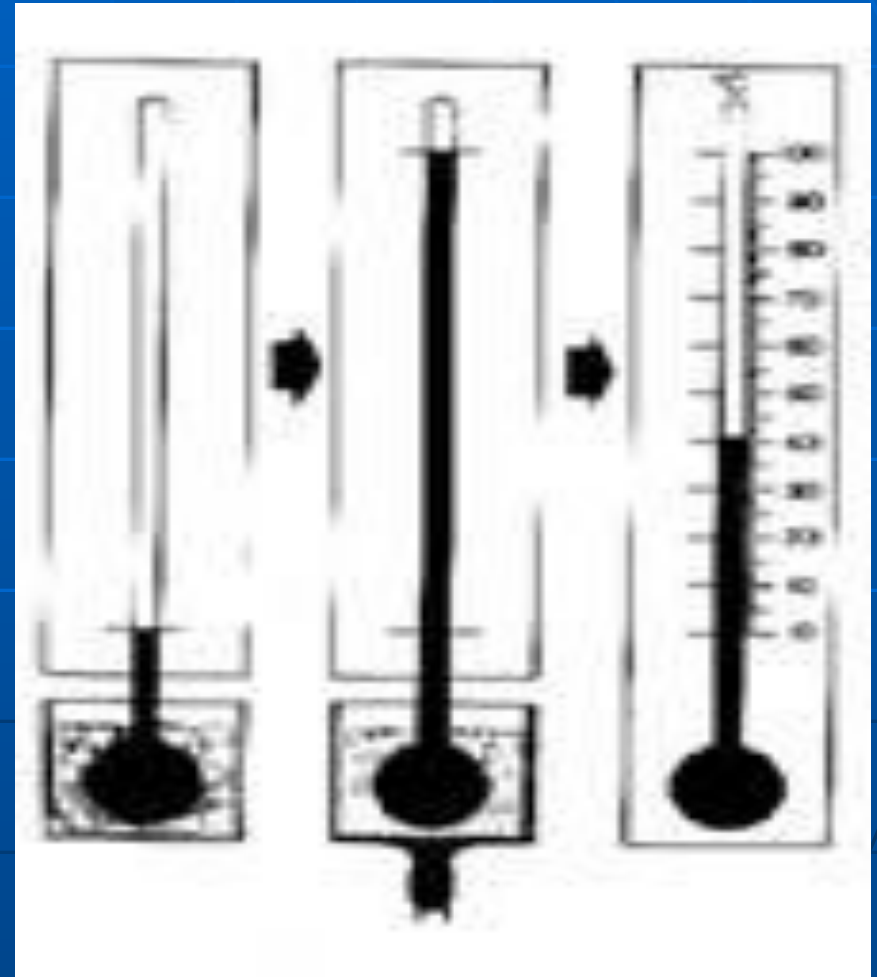
# Для чего это нужно?



- Знать уравнение необходимо при исследовании тепловых явлений, а конкретно...

- В термометрах...

- Уравнение позволяет определить одну из величин, характеризующих состояние, если известны две другие величины
- Это используют в термометрах



- В газовых законах...



- Зная уравнение состояния, можно сказать, как протекают в системе процессы при определённых внешних условиях



- В молекулярной физике...

- Зная уравнение состояния, можно определить, как меняется состояние системы, если она совершает работу или получает теплоту от окружающих тел



# А в целом...

Уравнение Клапейрона-Менделеева показывает, что для данной массы газа возможно одновременно изменение трех параметров, характеризующих состояние идеального газа.

Уравнение Клапейрона-Менделеева представляет собой уравнение состояния идеального газа, которое объединяет закон Бойля — Мариотта, закон Гей-Люссака, закон Шарля и закон Авогадро.

Уравнение Клапейрона-Менделеева — наиболее простое уравнение состояния, применяемое с определенной степенью точности к реальным газам при низких давлениях и высоких температурах, например, к атмосферному воздуху, когда свойства газов близки к идеальному газу.

1. В сосуде вместимостью  $500 \text{ см}^3$  содержится  $0,89 \text{ г}$  водорода при температуре  $1 \text{ С}$  Определите давление газа. ( $P = 2,14 \text{ МПа}$ .)
2. В баллоне емкостью  $25,6 \text{ л}$  находится  $1,04 \text{ кг}$  азота при давлении  $3,5 \text{ МПа}$ . Определить температуру газа. ( $290 \text{ °К}$  или  $t = 17 \text{ °С}$ .)
3. Какой объем занимает газ в количестве  $10^3$  моль при давлении  $1 \text{ МПа}$  и температуре  $100 \text{ °С}$ ? ( $V = 3,1 \text{ м}^3$ ).
4. Найти плотность водорода при температуре  $15 \text{ С}$  и давлении  $98 \text{ кПа}$ . (Ответ:  $\rho = 0,082 \text{ кг/м}^3$ ).
5. При какой температуре  $1 \text{ см}^3$  газа содержит  $10^{19}$  молекул, если давление газа равно  $10^4 \text{ Па}$ ? ( $T = 72 \text{ °К}$ ).
6. В баллоне вместимостью  $0,05 \text{ м}^3$  находится газ, взятый в количестве  $0,12 \cdot 10^3$  моль при давлении  $6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Определите среднюю кинетическую энергию теплового движения молекулы газа. ( $E = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ ).
7. При нормальных условиях масса газа  $738,6 \text{ мг}$ , а объем  $8,205 \text{ л}$ . Какой это газ?