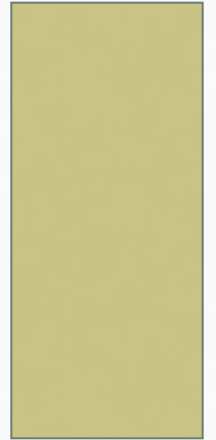


# АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА КАК МЕРА СРЕДНЕЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦ

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ.  
ИЗОПРОЦЕССЫ



# ПЛАН ЗАНЯТИЯ

- **Модель идеального газа. Микро- и макроскопические параметры**
- **Основное уравнение МКТ идеального газа. Связь давления со средней кинетической энергией. Закон Дальтона**
- **Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии частиц**
- **Уравнение состояния**
- **Изопроцессы**

# ПАРАМЕТРЫ ГАЗА

**Микроскопические  
параметры — параметры  
малых масштабов,  
характеризующие движение  
отдельной молекулы**

**Масса молекулы,  
ее скорость,  
импульс,  
кинетическая энергия**

**Макроскопические  
параметры — параметры  
больших масштабов,  
характеризующие свойства  
газа как целого**

**Масса газа,  
давление ( $p$ ),  
объем ( $V$ ),  
температура ( $T$ )**

**Тепловым равновесием называют такое состояние тел, при котором все макроскопические параметры сколь угодно долго остаются неизменными**

- **Это означает, что в системе не меняются объем и давление, не происходит теплообмен, отсутствуют взаимные превращения газов, жидкостей, твердых тел и т. д.**

# **ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ — ЭТО ГАЗ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, МЕЖДУ МОЛЕКУЛАМИ КОТОРОГО ПРЕНЕБРЕЖИМО МАЛО**

**Диаметр молекул много меньше среднего расстояния между ними**

**Средняя кинетическая энергия молекул много больше средней потенциальной энергии их взаимодействия на расстоянии, большем диаметра молекул**

**Столкновения молекул газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие**

**Собственный объем молекул пренебрежимо мал по сравнению с объемом газа**

**Между столкновениями молекулы движутся практически по прямолинейным траекториям**

# Основное уравнение МКТ

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

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

*Закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов*

**Парциальное давление – давление, которое оказывали бы газы смеси, если бы они одни занимали объем, равный объему смеси**

**Температура характеризует  
состояние теплового равновесия  
системы тел**

**Температура тела — мера средней  
кинетической энергии хаотического  
поступательного движения его  
молекул**

**Температурные шкалы – Кельвина,  
Цельсия, Фаренгейта, Реомюра и  
др.**

газа

обра  
щает  
ся в  
нуль  
при  
фикс  
иров  
анно  
м

объе

**СВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ШКАЛЕ  
КЕЛЬВИНА С ТЕМПЕРАТУРОЙ ПО  
ШКАЛЕ ЦЕЛЬСИЯ**

котор

ой

объе

м

идеа

льног

о

газа

стре

$$T = {}^{\circ}t + 273$$



$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT$$

**Средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре**

**Чем выше температура, тем быстрее движутся молекулы**

## Зависимость давления от концентрации и температуры

$$p = nkT$$

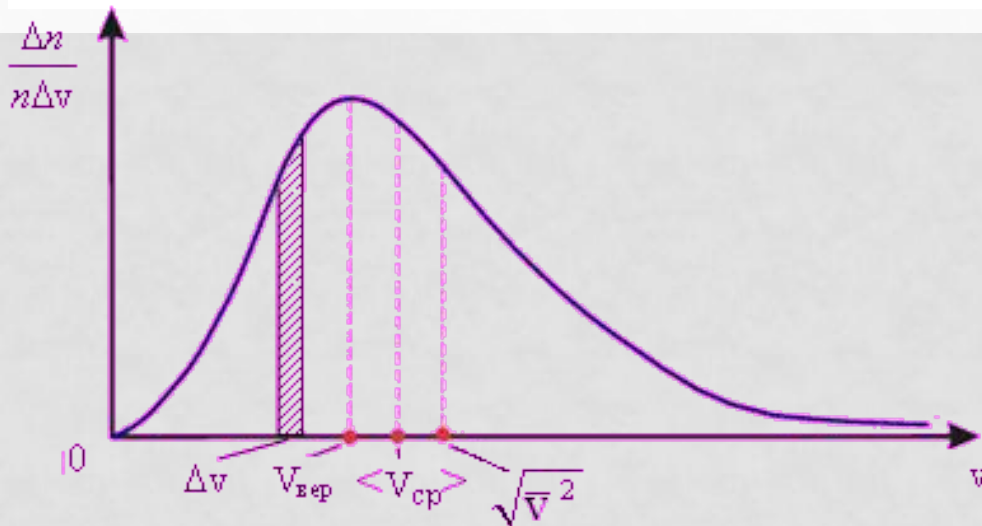
$$n = \frac{N}{V}$$

Концентрация молекул – число молекул в 1 м<sup>3</sup>

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

Постоянная Больцмана

1920 г. – опыт Отто Штерна (экспериментальное определение скоростей молекул)



$$\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

**Средняя  
квадратичная**

$$v_{\text{нв}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

**Наиболее  
вероятная**

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

**Средняя  
арифметическая**

# Вывод уравнения состояния идеального газа

$$p = nkT$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{1}{V} \frac{m}{M} N_A$$

$$N = \nu N_A = N_A \frac{m}{M}$$

$$pV = \frac{m}{M} (kN_A) T$$

$$R = kN_A = 8,31 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{К)}$$

Универсальная газовая постоянная

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

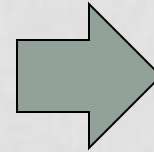
Уравнение Менделеева-Клапейрона

если  $m = \text{const}$  и  
 $M = \text{const}$ , то ...

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

Если  $\bigcirc = \text{const}$ , то

$$\frac{\bigcirc p \bigcirc V}{\bigcirc T} = \text{const}$$



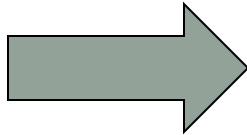
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

Уравнение  
Клапейрона

Газовый закон –  
количественная  
зависимость между двумя  
параметрами газа при  
фиксированном значении  
третьего

Изопроцесс – процесс, при котором один из  
макроскопических параметров состояния  
данной массы газа остается постоянным

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



$$pV = \text{const}$$

Если  $T = \text{const}$  (не  
изменяется)

Изотермич

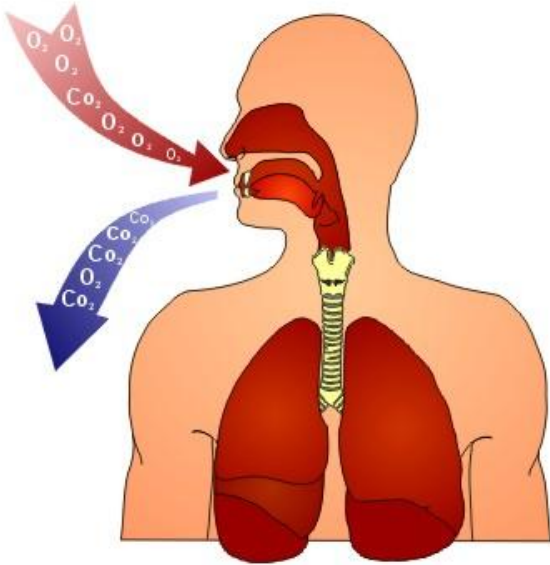
Закон Бойля-Мариотта: для данной  
массы газа при постоянной  
температуре произведение давления  
газа на его объем есть величина  
постоянная

открыто

в 1662 г. Робертом Бойлем



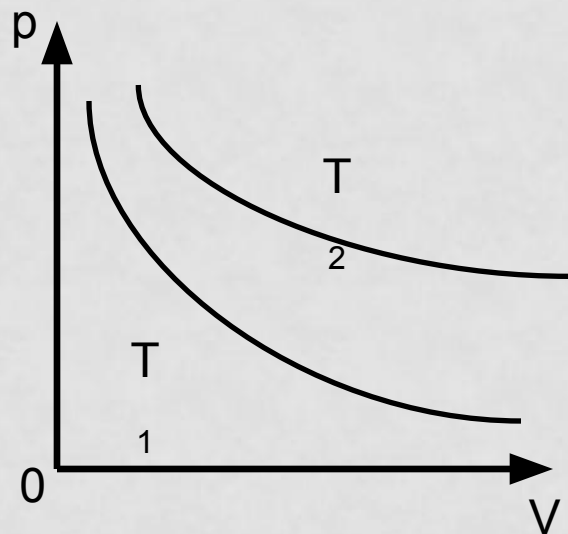
Переоткрыто в 1676 г. Эдмоном Мариоттом



Дыхание можно объяснить так: межреберные мышцы и диафрагма изменяют объем грудной клетки. При ее расширении давление воздуха в легких уменьшается и за счет перепада давления происходит вдох

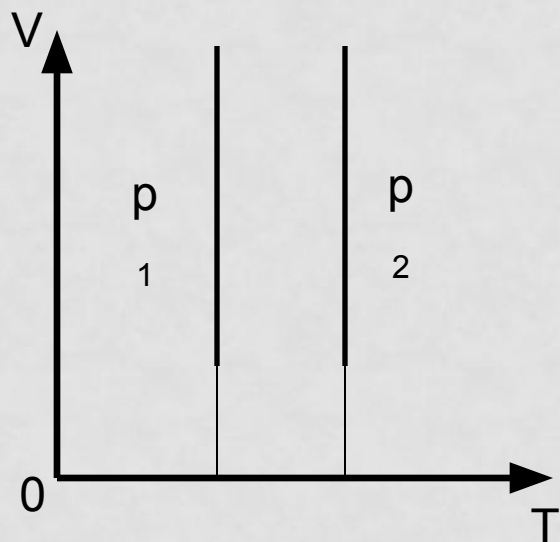


Увеличение объема пузырьков воздуха, когда они поднимаются в воде объясняется так: на глубине давление жидкости больше, чем у поверхности воды

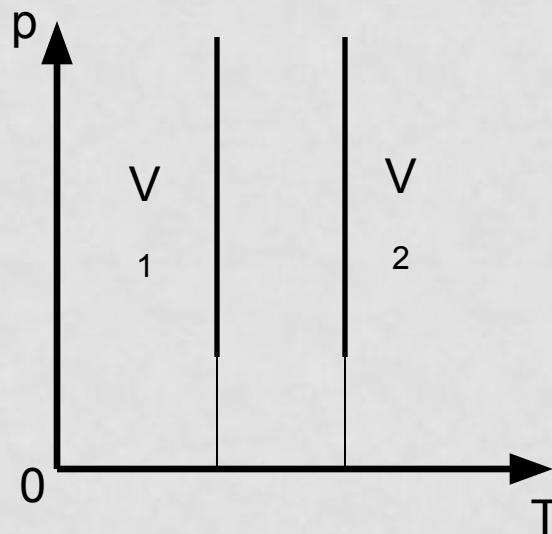


$$T_1 < T_2$$

Изотерма



$$p_1 < p_2$$



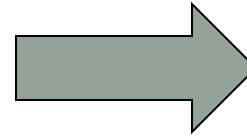
$$V_1 < V_2$$



**Равновесное состояние -  
состояние, при котором  
температура и давление во всех  
точках объема одинаковы**

**Равновесный процесс - процесс,  
при котором все промежуточные  
состояния газа являются  
равновесными**

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



$$\frac{V}{T} = const$$

Если  $p=const$  (не  
изменяется)

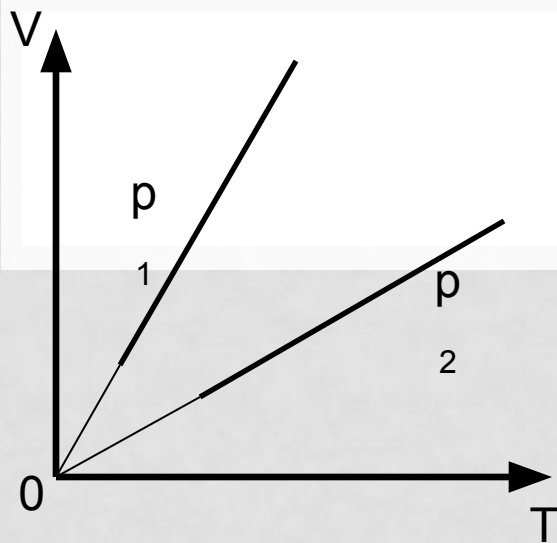
Изобарн

Закон Гей-Люссака: объем данной  
массы газа при постоянном давлении  
изменяется линейно с температурой

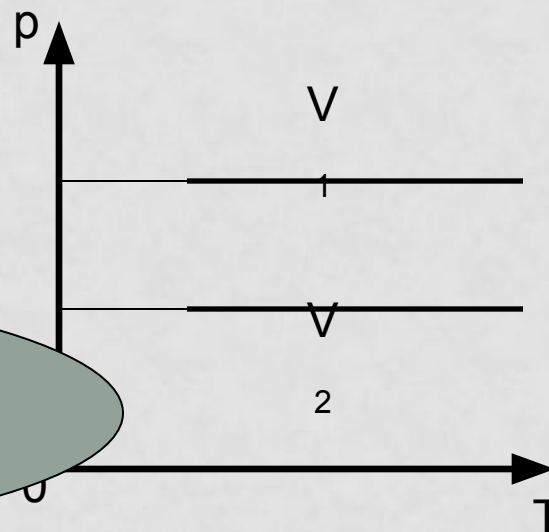
**Соотношение было открыто  
в 1802 г. Жоржем Гей-Люссаком**



# Изобара



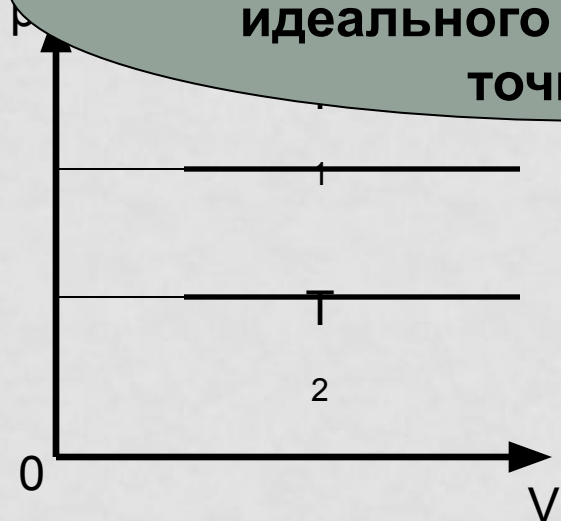
$$p_1 < p_2$$



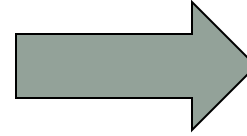
В области низких температур все изобары идеального газа сходятся в точке  $T = 0$

$$T_1 < T_2$$

$$V_1 < V_2$$



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



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

Если  $V = \text{const}$  (не  
изменяется)

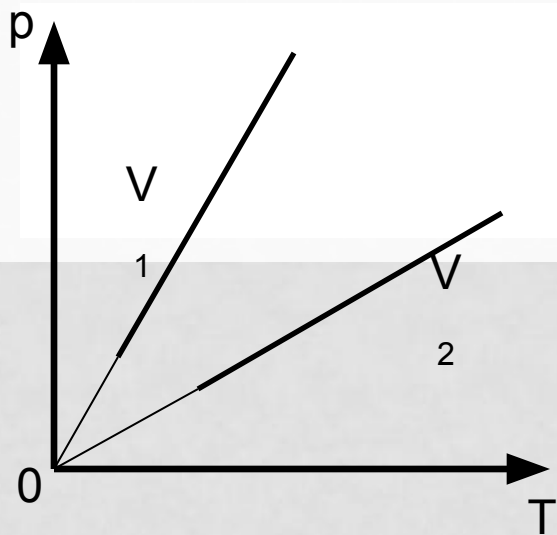
Изохорн

Закон Шарля: для газа данной массы  
отношение давления к температуре  
постоянно, если объем не меняется

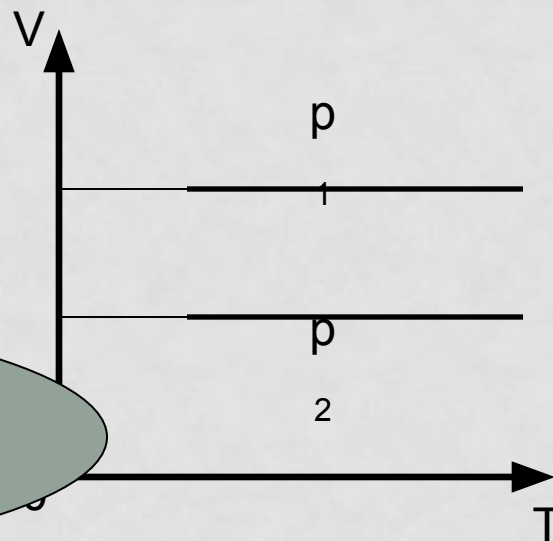
**Соотношение было открыто  
в 1787 г. Жаком Шарлем**



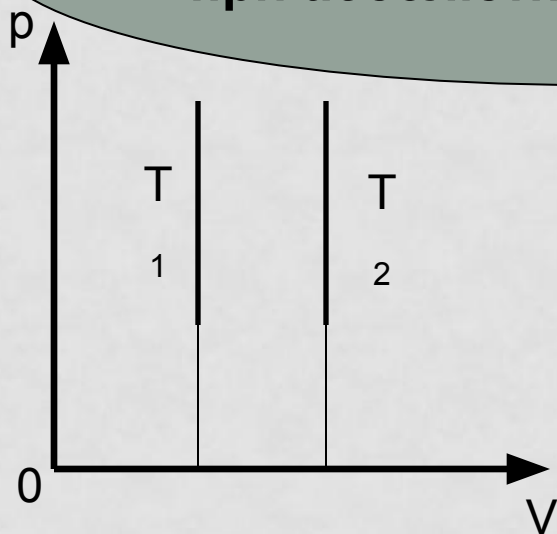
Изохора



$$V_1 < V_2$$



Давление идеального газа при абсолютном нуле равно 0



$$T_1 < T_2$$

$$p_1 < p_2$$

СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ

