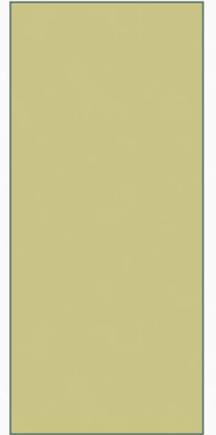


АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА КАК МЕРА СРЕДНЕЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦ

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**

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

котор
ой
объе
м
идеа
льног
о
газа
стре

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

Средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре

Чем выше температура, тем быстрее движутся молекулы

Зависимость давления от концентрации и температуры

$$p = nkT$$

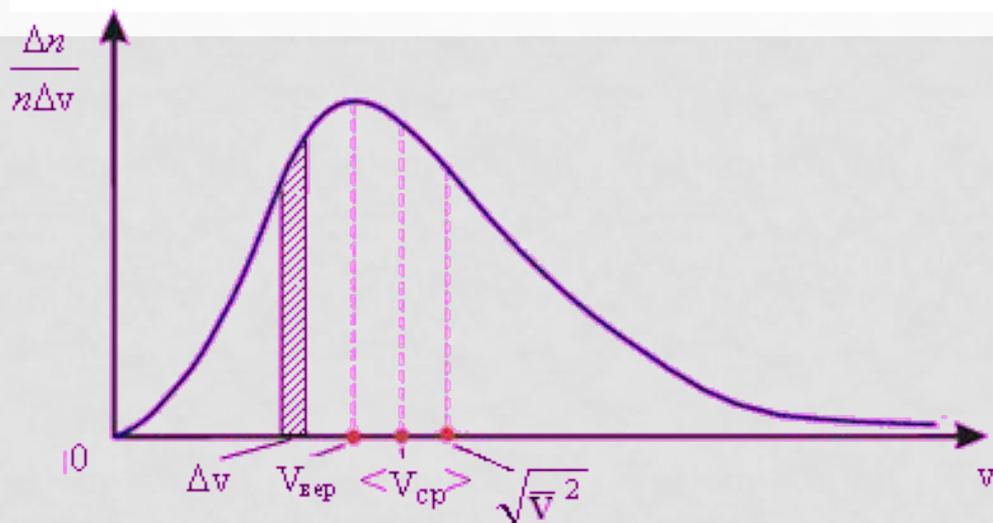
$$n = \frac{N}{V}$$

Концентрация молекул – число молекул в 1 м³

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

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

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

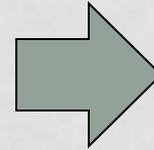
Уравнение Менделеева-Клапейрона

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

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



$$pV = const$$

Если $T=const$ (не
изменяется)

Изотермич

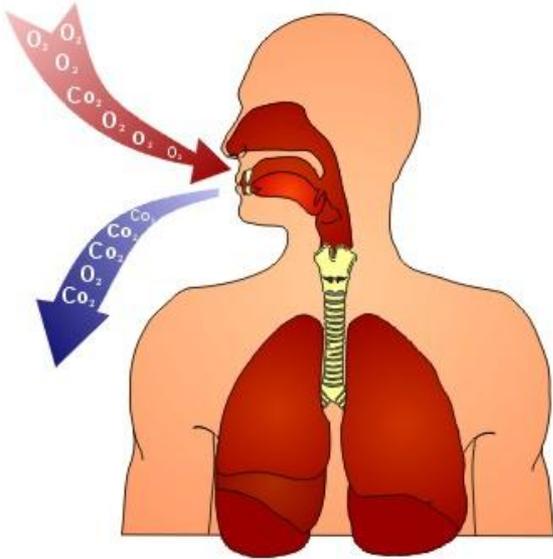
Закон Бойля-Мариотта: для данной
массы газа при постоянной
температуре произведение давления
газа на его объем есть величина
постоянная

открыто

в 1662 г. Робертом Бойлем



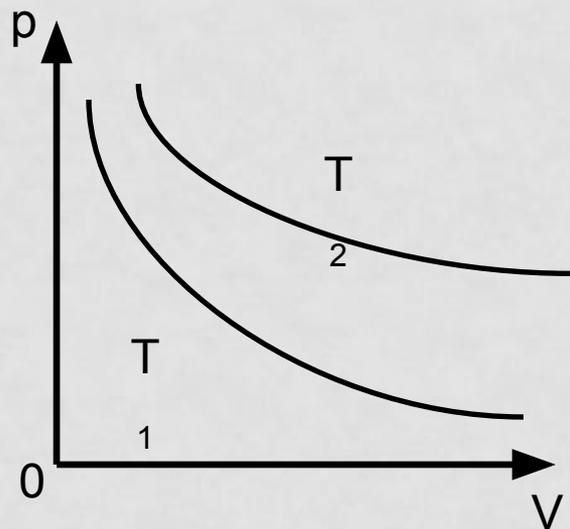
Переоткрыто в 1676 г. Эдмоном Мариоттом



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

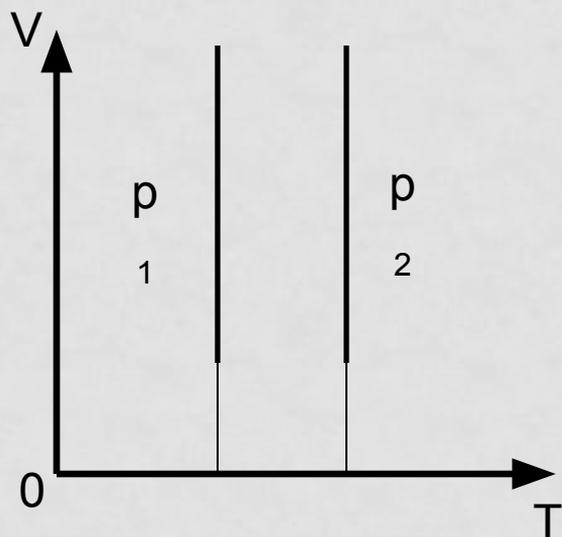


Увеличение объема пузырьков воздуха, когда они поднимаются в воде объясняется так: на глубине давление жидкости больше, чем у поверхности воды

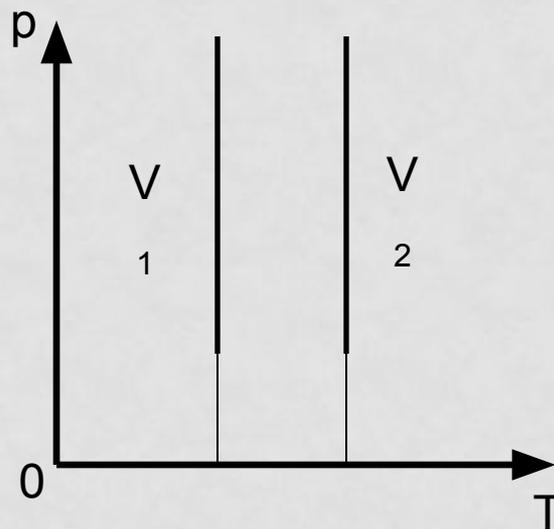


$$T_1 < T_2$$

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)

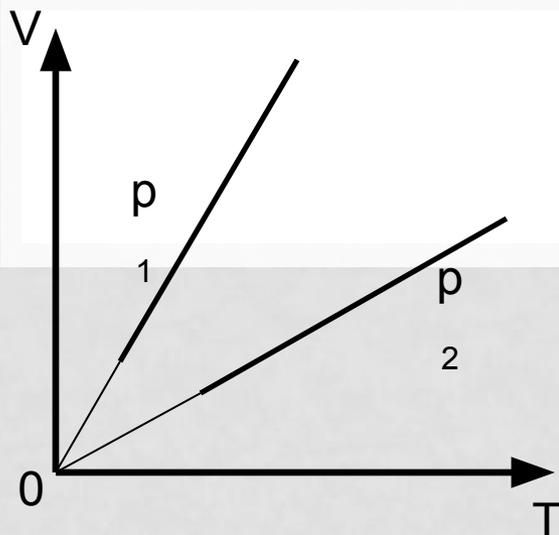
Изобарн

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

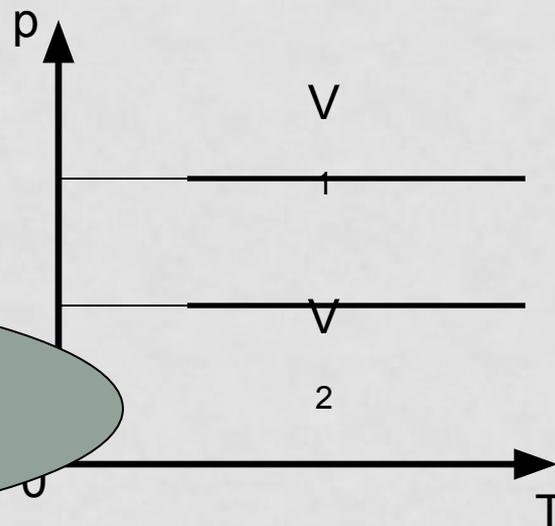
**Соотношение было открыто
в 1802 г. Жоржем Гей-Люссаком**



Изобара



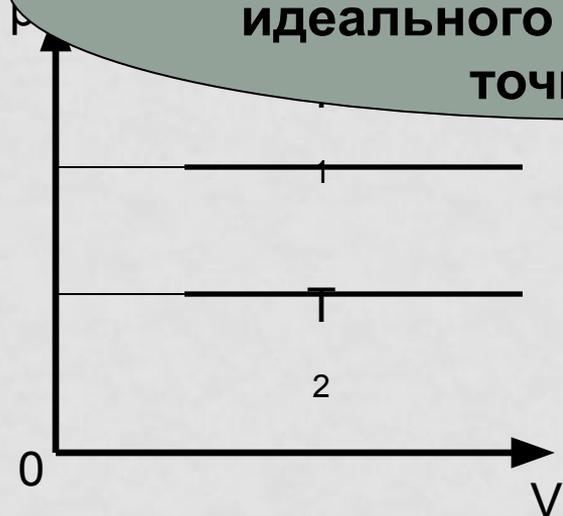
$$p_1 < p_2$$



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

$$T_1 < T_2$$

$$V_1 < V_2$$



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



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

Если $V=const$ (не
изменяется)

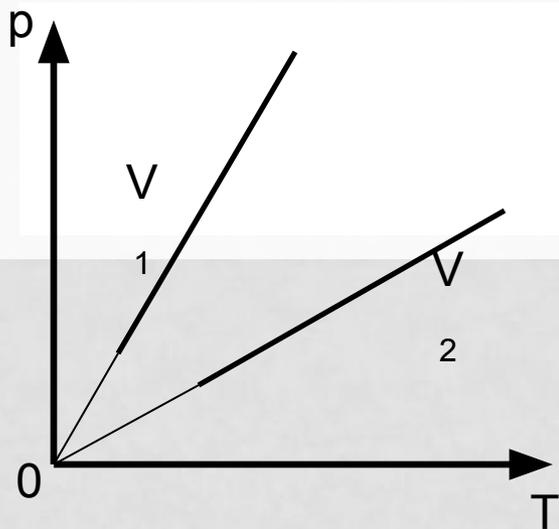
Изохорн

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

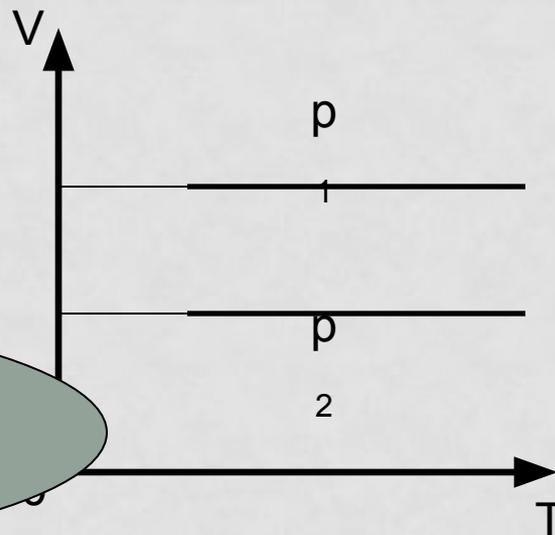
**Соотношение было открыто
в 1787 г. Жаком Шарлем**



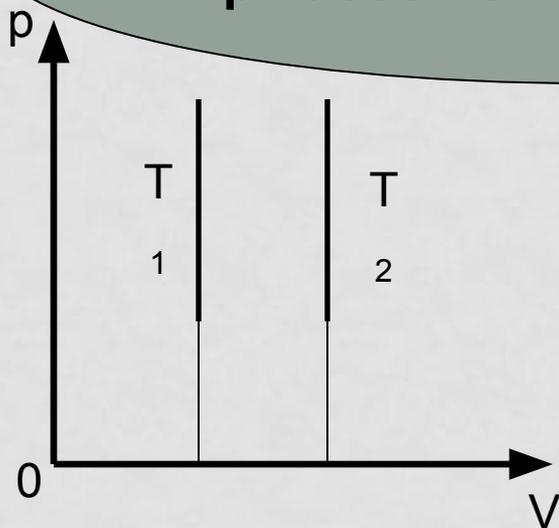
Изохора



$$V_1 < V_2$$



Давление идеального газа при абсолютном нуле равно 0



$$T_1 < T_2$$

$$p_1 < p_2$$

СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ

