

# ГАЗЫ. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

ЛЕКЦИЯ 10



# Характеристика газообразного состояния вещества

Основные свойства:

1. Летучесть, т. е. газ занимает весь предоставленный ему объём.
2. Хорошая сжимаемость.

Объяснение свойств на основе МКТ: огромное межмолекулярные промежутки и очень слабые силы межмолекулярного взаимодействия.

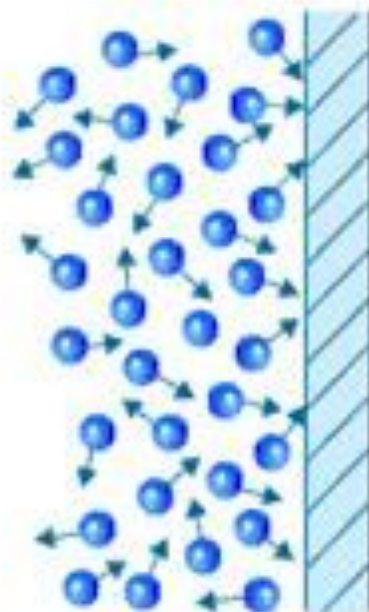
Молекулы газов движутся поступательно до столкновения с другими молекулами или со стенками сосуда.

$V=400-500\text{м/с.}$




# ДАВЛЕНИЕ ГАЗА

Вследствие теплового движения, частицы газа время от времени **ударяются** стенки сосуда. При каждом ударе молекулы действуют на стенку сосуда с **некоторой силой**. Складываясь друг с другом, силы ударов отдельных частиц образуют некоторую **силу давления**, постоянно действующую на стенку.



Как возникает давление газа на стенки сосуда?



**Идеальный газ** – газ, молекулы которого представляют собой материальные точки, а их взаимодействие носит характер абсолютно упругого удара

**Идеальный газ – физическая модель**

Модели идеального газа соответствует газ находящийся под низким давлением и при высокой температуре

Воздух при нормальных условиях можно приближенно считать идеальным газом

# Идеальный газ (модель)

# Реальный газ

1. Совокупность большого числа молекул массой  $m_0$ , размерами молекул пренебрегают (принимают молекулы за материальные точки).
2. Молекулы находятся на больших расстояниях друг от друга и движутся хаотически.
3. Молекулы взаимодействуют по законам упругих столкновений, силами притяжения между молекулами пренебрегают.
4. Скорости молекул разнообразны, но при определенной температуре средняя скорость молекул остается постоянной.

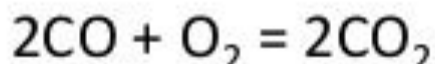
1. Молекулы реального газа не являются точечными образованиями, диаметры молекул лишь в десятки раз меньше расстояний между молекулами.
2. Молекулы не взаимодействуют по законам упругих столкновений.

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ

- ***Закон объемных отношений***

Объемы газов, вступающих в химическую реакцию, и объемы газов, образующихся в результате реакции, относятся между собой как небольшие целые числа.

- Следствие. Стехиометрические коэффициенты в уравнениях химических реакций для газообразных веществ показывают, в каких объемных отношениях реагируют или получаются газообразные вещества.



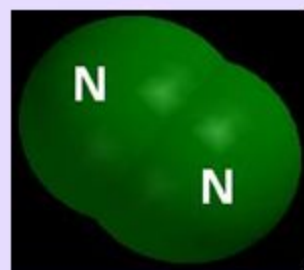
2 объема CO реагируют с 1 объемом O<sub>2</sub> и получается 2 объема CO<sub>2</sub>

**Закон объёмных отношений позволил итальянскому учёному А. Авогадро предположить, что молекулы простых газов состоят из двух одинаковых атомов ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$  ...)**

**Всего лишь восемь элементов в природе существуют в виде двухатомных молекул:  $H_2$ ;  $N_2$ ;  $O_2$ .**

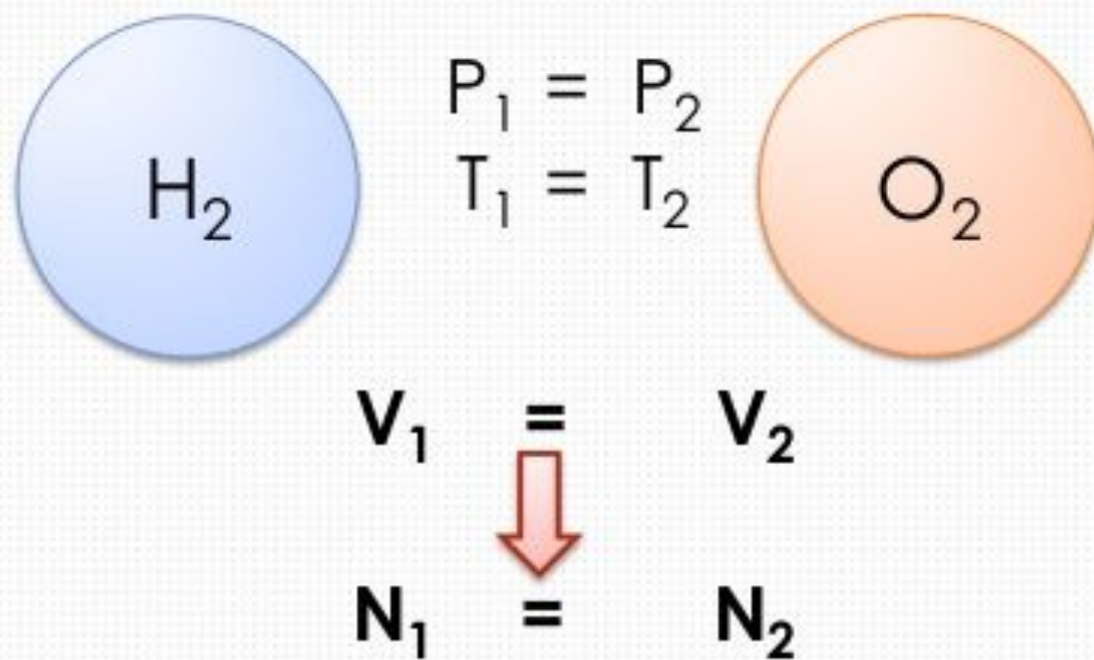
**И все галогены:  $F_2$ ;  $Cl_2$ ;  $Br_2$ ;  $I_2$ ;  $At_2$ .**

*Молекула азота имеет такой вид:*



# 1. Закон Авогадро

В **равных** объемах ( $V_1 = V_2$ ) различных газов **при одинаковых условиях** ( $P, T$ ) содержится **одинаковое число молекул** ( $N_1 = N_2$ ).



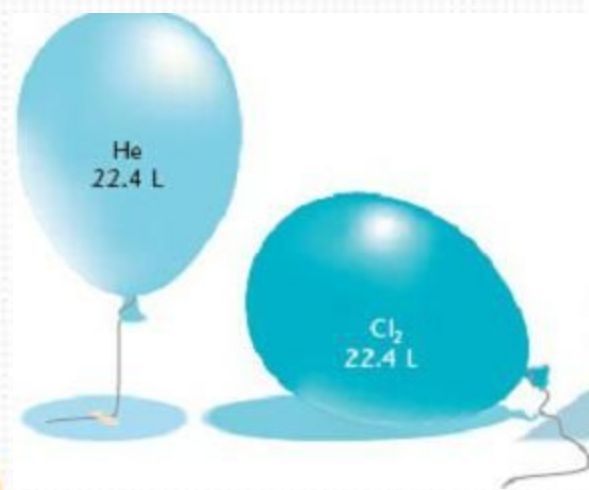


# Следствия из закона Авогадро:

- 1) При одинаковых условиях равные количества вещества различных газов занимают одинаковые объемы;
- 2) При нормальных условиях, т.е. температуре ( $T = 273 \text{ K}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и давлении  $p = 101,3 \text{ кПа}$  ( $1 \text{ атм}$ ,  $760 \text{ мм рт. ст.}$ ),  $1 \text{ моль}$  любого газа занимает объем, равный  $22,4 \text{ л}$ . Этот объем называется молярным объемом и является постоянной величиной  $V_m$   
 $n = V : V_m$
- 3) Относительной плотностью газа  $X$  по газу  $Y$  называется величина, равная отношению молярной массы газа  $X$  к молярной массе газа  $Y$  (при одинаковых условиях)
- $D_y = m_x : m_y$  или  $D_y = M_x : M_y$
- $D_{H_2} = M : 2$     $D_{\text{возд}} = M : 29$     $D_{O_2} = M : 32$

## Нормальные условия (н.у.)

- $P_0 = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 101325 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$
- $T_0 = 273 \text{ К} = 0^\circ\text{C}$



**Молярный объем**

$$V_M = 22,4 \text{ л}$$

объем 1 моля любого газа при н.у.

***Молярный объем*** – объем  
одного моля вещества.

Обозначают  $V_m$ . В  
соответствии со следствием  
закона Авогадро ***для всех  
газов при н.у.  $V_m = 22,4$  л/моль***  
(чего не скажешь про жидкости и  
твердые вещества).

# ОБЪЕМ 1 МОЛЬ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

1 моль



$\text{H}_2\text{O}$



$\text{H}_2\text{SO}_4$



Сахар



$\text{NaCl}$



22,4  
ЛИТРА

$\text{O}_2$



22,4  
ЛИТРА

$\text{CO}_2$



22,4  
ЛИТРА

$\text{N}_2$

нормальные условия

# Стандартные состояния и стандартные условия

*В качестве нуля отсчета (базиса) берут совокупность всех химических элементов (базисные вещества) в виде простых веществ, находящихся в наиболее устойчивых формах при 25 ° С. Исключения: фосфор берут в виде соединения P<sub>4</sub> (белый фосфор), а олово в состоянии β-олово (белое олово).*

**Стандартное состояние ( $\Delta H^{\circ}(T)$ , ...):**

- 1)  $T = T$  (системы);
- 2) давление над веществом или давление газообразного вещества  $P_0 = 1$  бар;
- 3) для газообразного вещества выбирают (гипотетическое) состояние **идеального газа**.

**Если в стандартном состоянии  $T = 298.15^{\circ}$  К (25° С), то это стандартные условия**

## Плотность газов

- **Абсолютная плотность** газа ( $\rho$  г/л) – это масса 1 л газа при некоторых условиях (P,T)
- **Относительная плотность** одного газа (1) по другому (2) – это отношение масс газов, имеющих равные объемы ( $D_{1/2}$ ).

- Если P, T одинаковы:

$$D_{1/2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$V_1 = V_2 \quad 22,4 \text{ л} \quad 1 \text{ л}$$

- $M = 2,016 D_{\text{H}_2}$        $M = 29 D_{\text{возд.}}$

**Относительная плотность газа – это сравнение молярной или относительной молекулярной массы одного газа с аналогичным показателем другого газа.**

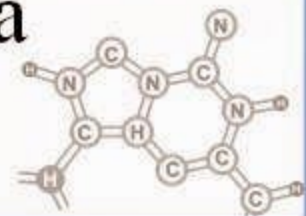
$$D_2 = \frac{Mr(1)}{Mr(2)}$$



$$Mr(1) = D_2 \cdot Mr(2)$$

**D** - относительная плотность первого газа по второму (безразмерная величина).

**Mr** – относительная молекулярная масса вещества.



# Уравнение Менделеева-Клапейрона

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

## Газовые

$$m = \text{const}, \quad T = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

Закон Бойля-Мариотта

$$\frac{V}{T} \stackrel{P=\text{const}}{=} \text{const}$$

Закон Гей-Люссака

$$\frac{P}{T} \stackrel{V=\text{const}}{=} \text{const}$$

Закон Шарля



## 2. Объединенный газовый закон

Закон Бойля-Мариотта,  
Гей-Люссака

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{const}$$

Уравнение  
Клапейрона

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0}$$

реальные нормальные

$$V_0 = V_M = 22,4 \text{ л}$$

$$\frac{P_0 \cdot V_M}{T_0} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{273 \text{ К}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = R$$

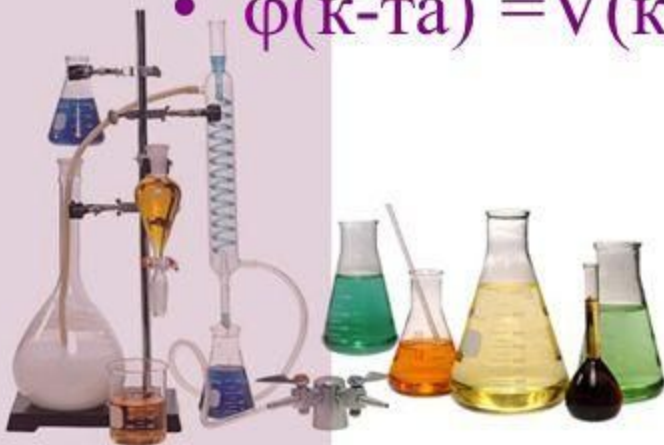
$R$  – универсальная газовая постоянная

# Газовая смесь

Газовая смесь = Компонент<sub>1</sub> + Компонент<sub>2</sub>  
+ .....

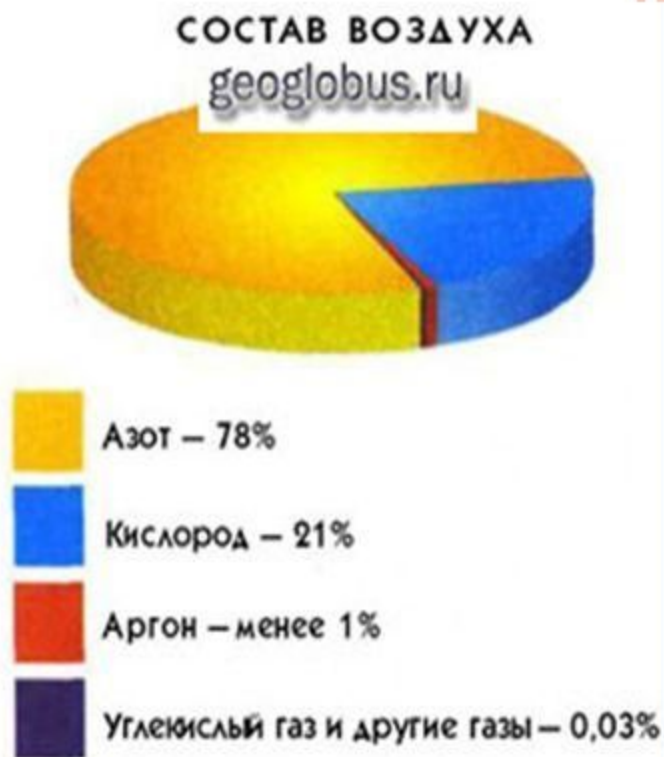
*Объемная доля вещества в смеси.*

- $\varphi$  – объемная доля вещества в смеси
- $\varphi \rightarrow$  в % или доли от 1 (25 % или 0,25)
- $\varphi(\text{к-та}) = V(\text{компонента}) : V(\text{смеси}) \times 100\%$



## СОСТАВ ВОЗДУХА

- **Наибольшее значение для всех живых организмов имеет относительно постоянный состав атмосферного воздуха. В нём содержится азота ( $N_2$ ) 78,3%, кислорода ( $O_2$ ) – 20,95%, диоксида углерода ( $CO_2$ ) – 0,03%, аргона (Ar) – 0,93% от объёма сухого воздуха, небольшое количество других инертных газов. Пары воды составляют 3-4% от всего объёма воздуха.**



Плотность газов в задачах по органической химии часто используется для нахождения молярной массы газа:

$$M = 22,4 \cdot \rho$$

$$M = D_y(x) \cdot M(y)$$

$$M = D_{\text{возд.}}(x) \cdot 29$$

Средняя молярная масса смеси газов равна сумме произведений их объемных долей на их молярные массы.

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 M_1 + \varphi_2 M_2 + \varphi_3 M_3 + \dots$$

$$\text{объемная доля } \varphi = V_1 / V_{\text{общ.}}$$



# Закон Дальтона

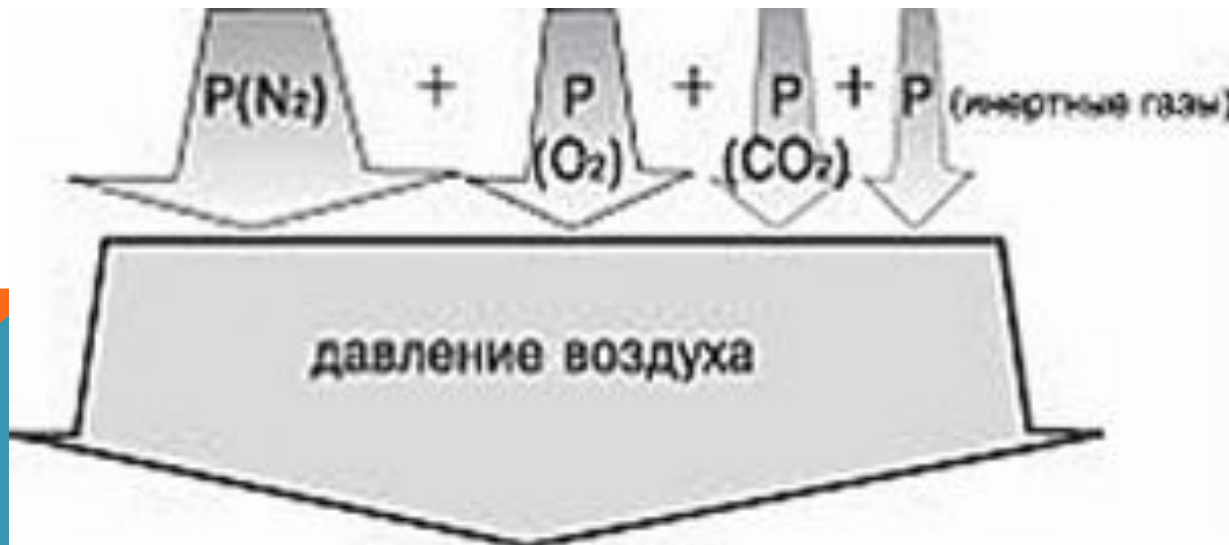
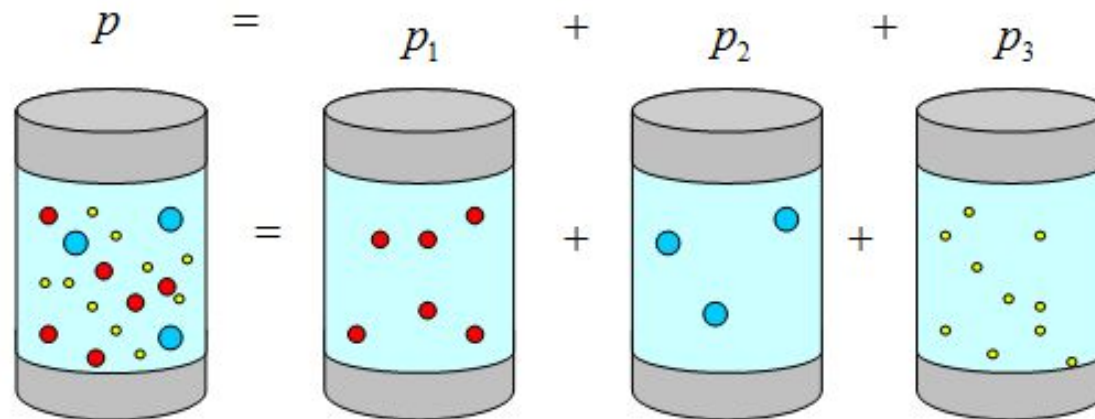
Давление смеси газов равно сумме их парциальных давлений

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_N$$

**Парциальное давление газа** – давление, которое бы оказывал газ на стенки сосуда, находясь в нем один

Если в сосуде содержится несколько газов, то каждый газ занимает объем, равный объему сосуда, и все газы имеют одинаковую температуру

# ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ



# Смеси газов

## Мольная доля и парциальное давление

- Мольная доля,  $x_J$  это количество вещества  $J$  отнесенное к общему количеству моль в смеси,  $n$ :

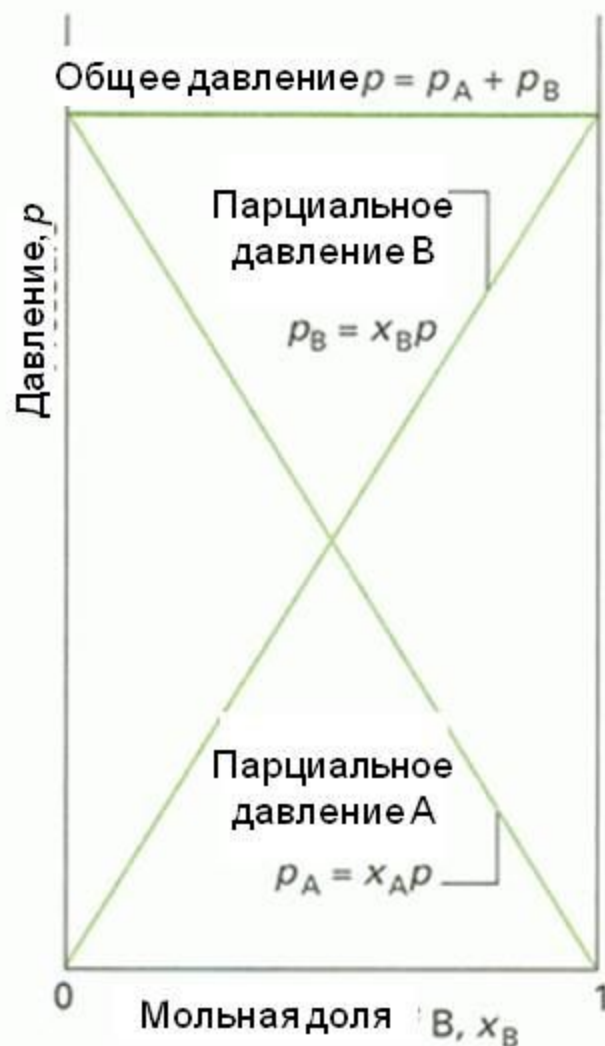
$$x_J = \frac{n_J}{n} \quad n = n_A + n_B + \dots$$

$$x_A + x_B + \dots = 1$$

- Парциальное давление,  $p_J$ :

$$p_J = x_J P$$

$$p_A + p_B + \dots = (x_A + x_B + \dots) P = P$$



А ТЕПЕРЬ ПРАКТИКА!



*В каком агрегатном состоянии находится джин, если он без усилий покинул кубшин?*