

# 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.

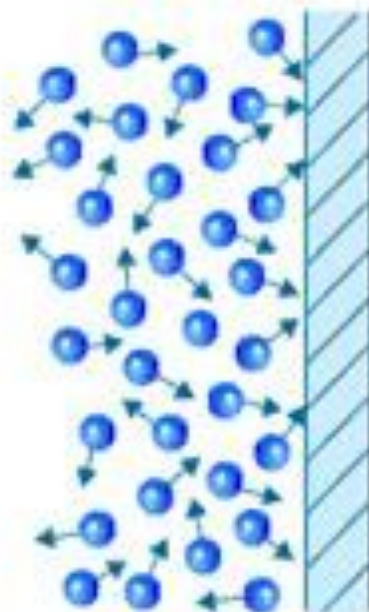
Молекулы газов движутся поступательно до столкновения с другими молекулами или со стенками сосуда.

$V=400-500\text{м/с.}$



# 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)

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.

# Реальный газ

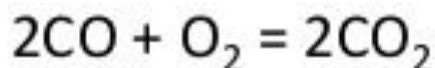
1. Молекулы реального газа не являются точечными образованиями, диаметры молекул лишь в десятки раз меньше расстояний между молекулами.
2. Молекулы не взаимодействуют по законам упругих столкновений.

# 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  $\text{O}_2$  и получается 2  
объема  $\text{CO}_2$

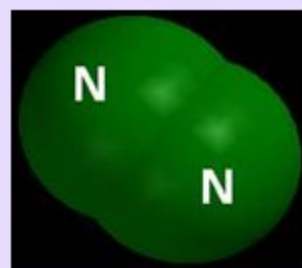


**Закон объёмных отношений позволил  
итальянскому учёному А. Авогадро  
предположить, что молекулы  
простых газов состоят  
из двух одинаковых атомов  
( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$  ...)**

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

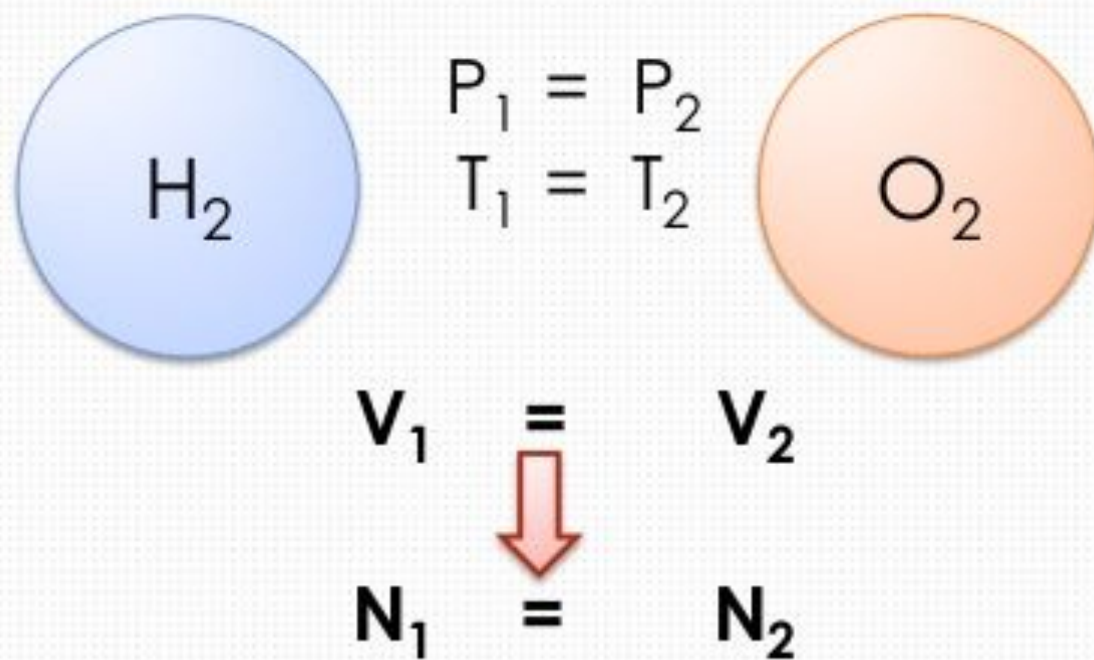
**И все галогены:  $F_2$ ;  $Cl_2$ ;  $Br_2$ ;  $I_2$ ;  $At_2$ .**

*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** ( $N_1 = N_2$ ).



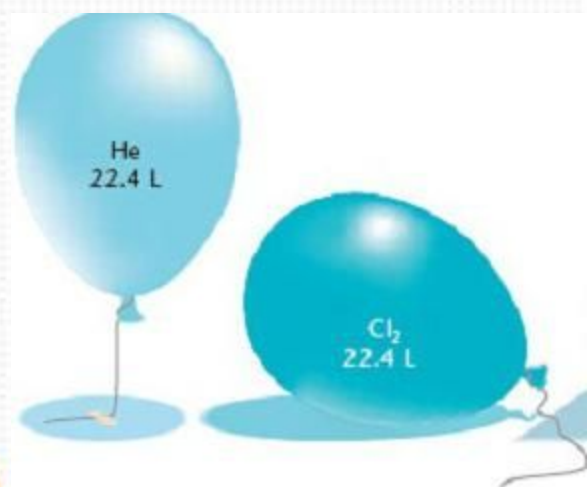


# Следствия из закона Авогадро:

- 1) При одинаковых условиях равные количества вещества различных газов занимают одинаковые объемы;
- 2) При нормальных условиях, т.е. температуре ( $T = 273 \text{ K}$  ( $0^\circ \text{C}$ ) 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



$\text{NaCl}$



$\text{O}_2$



$\text{CO}_2$



$\text{N}_2$

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  $T = 298.15^\circ \text{ K}$  ( $25^\circ \text{ C}$ ), 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:

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

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

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



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

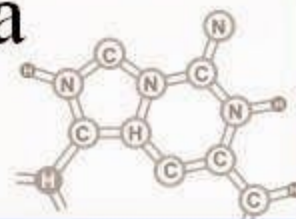
$$D_2 = \frac{Mr(1)}{Mr(2)}$$



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

**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

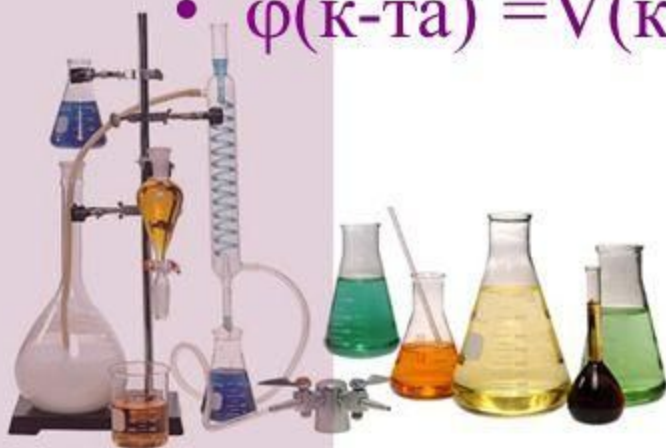


# Газовая смесь

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

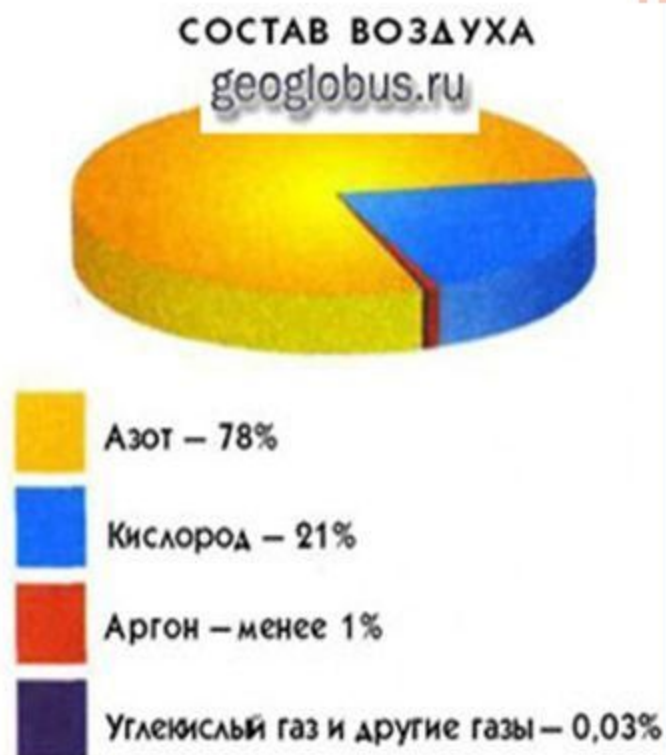
*Объемная доля вещества в смеси.*

- $\varphi$  – 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

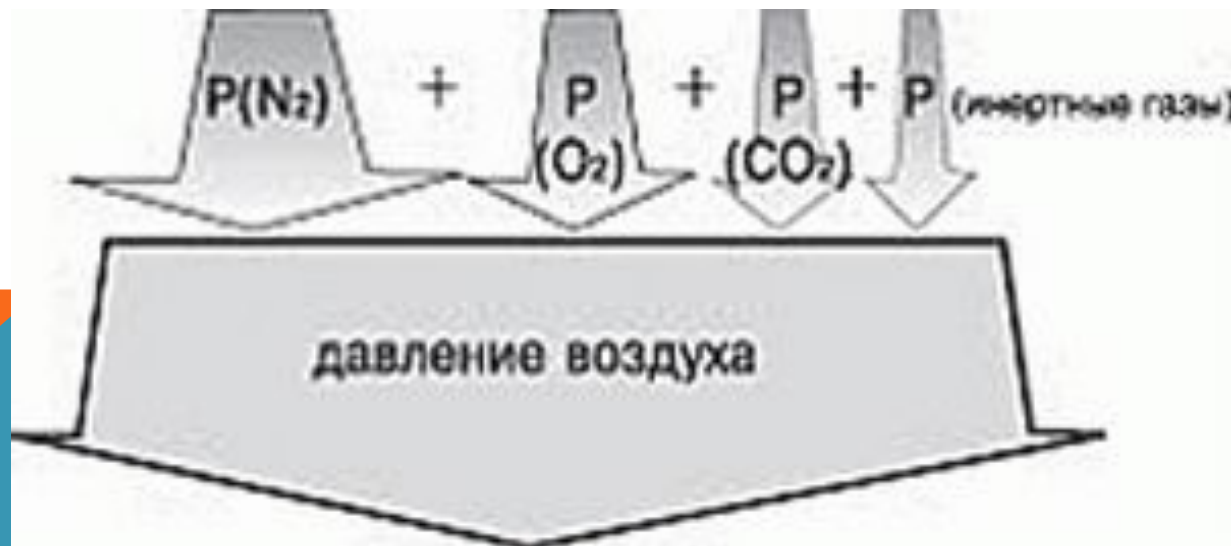
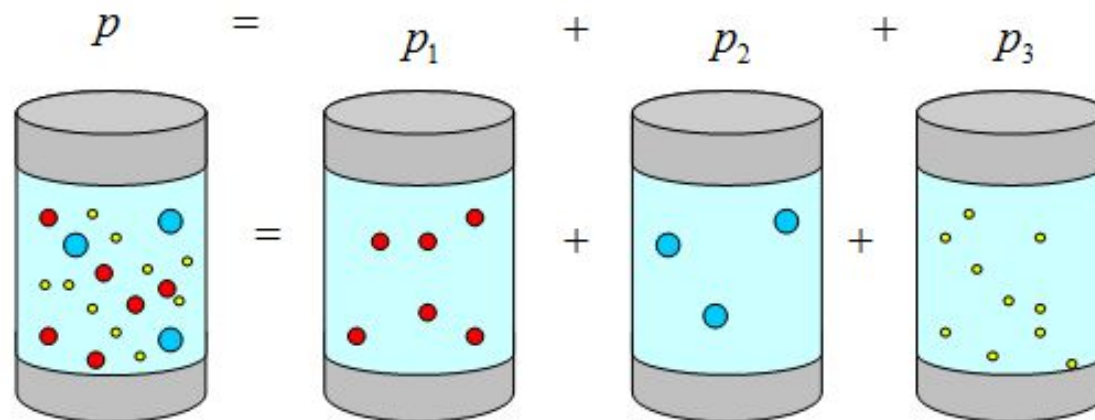
Давление смеси газов равно сумме их парциальных давлений

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

**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,  $n$ :

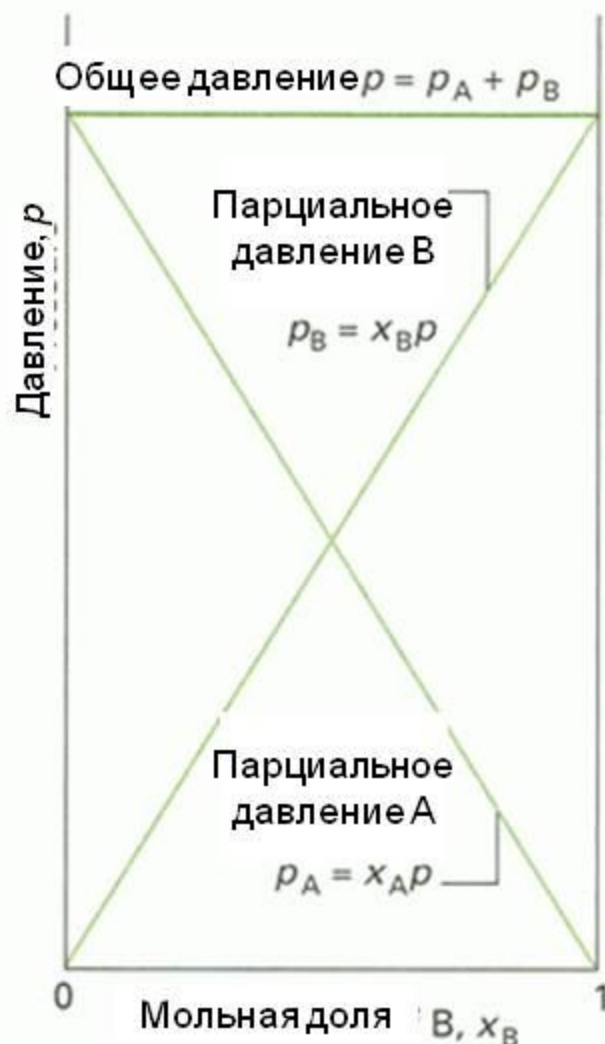
$$x_J = \frac{n_J}{n} \quad n = n_A + n_B + \dots$$

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

- 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 кувшин?*