

# Занятие № 2



Тема:

- Закон Авогадро. Молярный объем и относительные плотности газов. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
- Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева
- Строение атомов: физический смысл порядкового номера элемента, массовое число атомов, изотопы
- Строение электронной оболочки атома.



Закон Авогадро.  
Молярный объем и  
относительные  
плотности газов.  
Уравнение

# Закон Авогадро



- При одинаковых внешних условиях расстояние между молекулами различных газов одинаковы



**В равных объемах ( $V$ ) различных газов при одинаковых внешних условиях (температуре  $T$  и давлении  $P$ ) содержится одинаковое число молекул ( $N$ ) (Закон Авогадро, 1811 г.).**

$$\text{Если } \left. \begin{array}{l} V_1 = V_2 \\ T_1 = T_2 \\ P_1 = P_2 \end{array} \right\}, \text{ то } N_1 = N_2,$$

# Первое следствие из закона Авогадро

**Одинаковое число молекул различных газов при одинаковых условиях занимает одинаковый объем:**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Если } N_1 = N_2 \\ T_1 = T_2 \\ P_1 = P_2 \end{array} \right\}, \text{ то } V_1 = V_2$$

**Следовательно, объем одного моля любого газа (т. е.  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул) при определенных внешних условиях есть величина постоянная.**

# Первое следствие из закона Авогадро

- Молярный объем – объем, который занимает один моль любого газа.

**Молярный объем газа зависит от температуры и давления.**

## *Нормальные условия (н. у.)*

```
graph TD; A[Нормальные условия (н. у.)] --> B[Нормальная температура]; A --> C[Нормальное давление];
```

*Нормальная температура*  
0 °С, или 273 К  
(ноль градусов Цельсия,  
или 273 градуса по шкале  
Кельвина)

*Нормальное давление*  
1 атм (атмосфера), или  
760 мм рт. ст. (миллиметры  
ртутного столба),  
или 101325 Па (паскаль) ≈  
≈ 101,3 кПа (килопаскаль)

# Первое следствие из закона Авогадро

**Молярный объем любого газа при н.у. равен 22,4 л/моль.**

$$V_M(\text{газа})_{\text{н.у.}} = 22,4 \text{ л/моль}$$

Зная молярный объем газа  $V_M$ , можно рассчитать объем  $V$  любого количества  $n$  и любой массы  $m$  газа:

$$V = V_M \cdot n$$

$$V = V_M \cdot \frac{m}{M}$$

# Первое следствие из закона Авогадро

## Задача

Какой объем при н. у. занимают: а) 2 моль любого газа; б) 7 г азота  $N_2$ ?

Решение:

а) 
$$V = V_M \cdot n = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 2 \text{ моль} = 44,8 \text{ л}$$

Решение:

$M_r(N_2) = 28; M(N_2) = 28 \text{ г/моль}$

б) 
$$V(N_2) = V_M \cdot \frac{m}{M} = 22,4 \text{ л/моль} \cdot \frac{7 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 5,6 \text{ л}$$

# Второе следствие из закона Авогадро

Второе следствие используется для расчета относительных плотностей газов.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho \text{ (газа)} = \frac{M(\text{газа})}{V_M}$$

Отношение плотностей этих газов  $\rho(X)/\rho(Y)$  называется относительной плотностью газа X по газу Y и обозначается  $D_Y(X)$ :

$$D_Y(X) = \frac{\rho(X)}{\rho(Y)} = \frac{M(X) \cdot V_M}{V_M \cdot M(Y)} = \frac{M(X)}{M(Y)}$$

# Второе следствие из закона Авогадро

Относительная плотность одного газа по другому газу равна отношению их молярных или относительных молекулярных масс (так как  $M$  и  $M_r$  численно равны):

$$D_Y(X) = \frac{M(X)}{M(Y)} = \frac{M_r(X)}{M_r(Y)}$$

Относительная плотность любого газа  $X$  по водороду равна:

$$D_{H_2}(X) = \frac{M_r(X)}{M_r(H_2)} = \frac{M_r(X)}{2}$$

Относительная плотность любого газа  $X$  по воздуху равна:

$$D_{\text{возд.}}(X) = \frac{M_r(X)}{M_r(\text{возд.})} = \frac{M_r(X)}{29}$$

# Второе следствие из закона Авогадро

## □ Задача

Чему равна относительная плотность углекислого газа  $\text{CO}_2$  по: а) водороду; б) воздуху?

$$D_{\text{H}_2}(\text{CO}_2) = \frac{M_r(\text{CO}_2)}{M_r(\text{H}_2)} = \frac{44}{2} = 22;$$

а)

$$D_{\text{возд.}}(\text{CO}_2) = \frac{M_r(\text{CO}_2)}{M_r(\text{возд.})} = \frac{44}{29} \approx 1,5.$$

б)

# Уравнение объединенного газового

- Уравнение объединенного газового закона

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_H \cdot V_H}{T_H}$$

$$V_H = \frac{P \cdot V \cdot T_H}{P_H \cdot T}$$

- При температуре 127°C (400 К) и давлении 3 атм некоторая масса газа занимает объем 1 л. Приведите этот объем к нормальным условиям.

**Решение.**

$$V_H = \frac{3 \text{ атм} \cdot 1 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{1 \text{ атм} \cdot 400 \text{ К}} \approx 2,05 \text{ л}$$

# Уравнение Клапейрона- Менделеева

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \text{или} \quad P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

Единицы измерения давления и объема	Численное значение и ед. измерения R
Па, м <sup>3</sup>	8,314 Дж/моль • К
атм, л	0,082 л • атм/моль • К
мм рт. ст., л	62,4 л • мм рт. ст./моль • К

# Объемная доля газа в СМЕСИ

---

$$\varphi(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})} \text{ или } \varphi\%(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})} \cdot 100\%$$

Например, объемные доли кислорода и азота в атмосферном воздухе равны приблизительно 21% и 78% соответственно.

# Задачи



Сколько молекул углекислого газа находится в 1 л воздуха, если объемная доля  $\text{CO}_2$  составляет 0,03% (условия нормальные)?

Определите объем, который занимают 0,07 кг азота  $\text{N}_2$  при  $21^\circ\text{C}$  и давлении 142 кПа.