

Закон Авогадро.
Молярный объем газов.

Закон Авогадро (1811)

- ▶ В равных объемах различных газов при постоянных температуре и давлении содержится одинаковое число молекул.

Вспомним:

- ▶ 1 моль – это количество вещества, содержащее $6,02 \cdot 10^{23}$ структурных единиц данного вещества (молекул, атомов, ионов).

1-е следствие из закона Авогадро:

- ▶ При определённых температуре и давлении 1 моль любого вещества в газообразном состоянии занимает один и тот же объём.

Молярный объем

- ▶ При нормальных условиях (н.у.) объём 1 моль любого газа равен 22,4 л.
- ▶ Молярный объем $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$

Нормальные условия:

температура $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (273,15 K)

давление $P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 101,3 \text{ кПа}$

Формула для расчета

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

Для газов при н.у.!

Для жидкостей и твердых веществ объём зависит от плотности.

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

Формулы для расчета
количества вещества. Нужно знать!

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

$$\nu = \frac{V}{V_m}$$

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

2-е следствие из закона Авогадро:

- ▶ Отношение масс одинаковых объёмов двух газов равно отношению их молярных масс и называется относительной плотностью одного газа по другому (обозначается D).

$$\frac{M_1}{M_2} = D;$$

$$M_1 = M_2 \cdot D.$$

Пример: плотность газов по воздуху

$$M(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$$

$$\text{а) } D_{\text{возд}}(\text{O}_2) = \frac{M_r(\text{O}_2)}{M_r(\text{возд})} = \frac{32}{29} \approx 1,1;$$

$$\text{б) } D_{\text{возд}}(\text{CO}_2) = \frac{M_r(\text{CO}_2)}{M_r(\text{возд})} = \frac{44}{29} \approx 1,52;$$

$$\text{в) } D_{\text{возд}}(\text{H}_2) = \frac{M_r(\text{H}_2)}{M_r(\text{возд})} = \frac{2}{29} \approx 0,069.$$

Объемная доля газа в смеси

Объемной долей газа в смеси называют отношение объема данного газа к общему объему смеси:

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

Объемная доля газа показывает, какую часть общего объема смеси занимает данный газ.

Обозначается φ («фи»).

Состав воздуха (по объёму)

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{78 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,78, \text{ или } 78\%;$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{21 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,21, \text{ или } 21\%;$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{0,03 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,0003, \text{ или } 0,03\%;$$

$$\varphi(\text{благородных газов}) = \frac{V(\text{благородных газов})}{V(\text{возд.})} = \frac{0,97 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,0097, \\ \text{или } 0,97\%.$$

$$\varphi(\text{N}_2) + \varphi(\text{O}_2) + \varphi(\text{CO}_2) + \varphi(\text{благородных газов}) = 78\% + 21\% + \\ + 0,03\% + 0,97\% = 100\%.$$

Задачи

Пример 1. Какой объем при нормальных условиях будет иметь порция углекислого газа массой 8,8 г?

Пример 2. Какую массу будет иметь порция хлора объемом 6,72 л (н.у.)?

Пример 3. Вычислите плотность озона O_3 по азоту и по воздуху.

Задачи

4-5. Рассчитайте, какую массу будут иметь следующие объемы газов, взятые при нормальных условиях:

- а) 22,4 л кислорода O_2 ;
- б) 11,2 л азота N_2 ;
- в) 5,6 л этана C_2H_6 ;
- г) 448 л диоксида азота NO_2 ;
- д) 6,72 л неона Ne ;
- е) 448 м³ гелия He ;
- ж) 2,24 мл хлороводорода HCl ;
- з) a л пропана C_3H_8 .

4-6. Рассчитайте, какой объем при нормальных условиях займут порции газов:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| а) 48 г кислорода; | д) 340 мг аммиака NH_3 ; |
| б) 3,4 г сероводорода H_2S ; | е) 0,32 мг силана SiH_4 ; |
| в) 42 г диборана B_2H_6 ; | ж) 262 мг ксенона Xe ; |
| г) 14,5 кг бутана C_4H_{10} ; | з) a г бромоводорода HBr . |

Задачи

- 4-7.** В каких порциях веществ содержится больше молекул (объемы газов даются при нормальных условиях):
- а) в 32 г кислорода или в 22,4 л азота;
 - б) в 11,2 л метана CH_4 или в 11,2 л силана SiH_4 ;
 - в) в 34 г аммиака NH_3 или в 34 г фосфина PH_3 ;
 - г) в 2,5 моль углекислого газа CO_2 или в 56 л сернистого газа SO_2 ;
 - д) в 4 кг водорода или в 4 м³ водорода;
 - е) в a л неона Ne или в a л аргона Ar ?
- 4-8.** В некотором сосуде вместимостью 6,72 л при нормальных условиях находится газ массой 21,3 г. Известно, что газ является простым веществом, молекулы его состоят из двух атомов. Какой это газ?

Задачи

- 4-11.** Сколько молекул при нормальных условиях содержится а) в 112 л озона O_3 ; б) в 179,2 л кислорода; в) в $2,24\text{ м}^3$ сернистого газа SO_2 ; г) в a л (н.у.) фтора?
- 4-12.** Вычислите плотность по водороду следующих газов: а) азота, б) гелия, в) бутана C_4H_{10} , г) фосгена $COCl_2$.
- 4-13.** Вычислите плотность а) по кислороду, б) по азоту, в) по воздуху следующих газов:
- 1) аммиака NH_3 ; сернистого газа SO_2 ;
 - 2) иодоводорода HI ; оксида азота(I);
 - 3) оксида азота(IV); фтороводорода HF .
- 4-14.** Плотность некоторого газа по гелию составляет 9,5. Известно, что газ является простым веществом. О каком веществе идет речь?