

Лабораторна робота 1

АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЕ ВЧЕННЯ. СТЕХІОМЕТРИЧНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ

Мета роботи: навчитися експериментально визначати молярні маси газів.

Теоретичні відомості

Атом – найменша хімічно неподільна частинка елемента, яка є носієм його хімічних властивостей.

Хімічний елемент – певний вид атомів з однаковими хімічними властивостями (з однаковим зарядом ядра).

Молекула – угруповання атомів, сполучених між собою хімічними зв'язками і здатних до самостійного існування; найменша частинка, що зберігає хімічні властивості речовини.

Проста речовина – макротіло, яке складається з атомів одного і того ж хімічного елемента.

Хімічна сполука – макротіло, яке складається з атомів різних елементів.

Відносна атомна маса ($A_r(X)$) – відношення середньої маси атомів природної суміші ізотопів певного елемента X до $1/12$ частини маси атома ^{12}C .

$$A_r(X) = \frac{m_o(X)}{1/12 \cdot m_o(^{12}\text{C})}$$

Відносна атомна маса є безрозмірною величиною (оскільки є відношенням абсолютних мас) і показує, у скільки разів маса атома даного елемента більше $1/12$ маси атома ^{12}C .

Відносна молекулярна маса ($M_r(X)$) – відношення маси молекули простої чи складної речовини X до $1/12$ частини маси атома ^{12}C .

$$M_r(X) = \frac{m_o(X)}{1/12 \cdot m_o(^{12}\text{C})}$$

Як і відносна атомна маса, відносна молекулярна маса є безрозмірною величиною і показує, у скільки разів маса молекули більше $1/12$ маси атома ^{12}C .

Відносна молекулярна маса є сумою відносних атомних мас атомів, які складають молекулу.

Моль ($n(X)$) – одиниця кількості речовини, що містить стільки її структурних одиниць (атомів, молекул, іонів, ін.), скільки атомів міститься в 12 г ізотопу ^{12}C .

Знаючи масу одного атома карбону ($m_o(C)$), можна визначити число атомів N_A в 0,012 кг карбону:

$$N_A = \frac{0,012 \text{ кг / моль}}{1,993 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

N_A – **стала Авогадро** – число структурних одиниць в одному молі будь-якої речовини.

Молярна маса ($M(X)$) – маса 1 моля речовини, виражена в грамах; відношення маси речовини $m(X)$ до її кількості $n(X)$. Чисельно дорівнює молекулярній масі і виражається в г/моль.

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$$

Молярна маса атомів чисельно рівна атомній масі елемента.

Молярна маса молекул чисельно рівна молекулярній масі речовини.

Закон збереження маси: Сума мас речовин, які вступили в реакцію, дорівнює сумі мас продуктів реакції.

Закон сталості складу: Кожна чиста речовина, незалежно від способу її добування, має сталий якісний і кількісний склад.

Закон Авогадро: В однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури і тиску) міститься однакова кількість молекул.

Наслідки закону Авогадро:

✓ Однаковому числу молекул різних газів за однакових умов (T, P) відповідають однакові об'єми.

✓ Молі різних газів за однакових умов займають однакові об'єми.

✓ Маси однакових об'ємів різних газів за однакових умов співвідносяться між собою, як їхні молярні маси:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

Кількість молекул в n моль речовини ($N(X)$):

$$N(X) = n(X) \cdot N_A$$

Абсолютна маса атома ($m_o(X)$) – маса атома, виражена в грамах.

$$m_o(X) = \frac{M(X)}{N_A}$$

Для газоподібних речовин:

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_M}$$

$V(X)$ – об'єм газу, л;

V_M - об'єм 1 моль газу (молярний об'єм), л/моль.

$$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$$

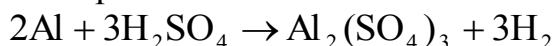
за нормальних умов: $T = 273 \text{ K}$; $P = 101325 \text{ Па}$.

Відносна густина газу X за газом Y ($D_Y(X)$) – відношення густини одного газу (X) до густини іншого (Y) за однакових умов:

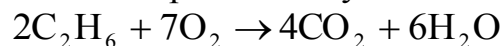
$$D_Y(X) = \frac{\rho_X}{\rho_Y} = \frac{M(X)}{M(Y)}$$

Контрольні запитання і задачі

1. Що таке атом, елемент, проста речовина? У чому відмінності понять елемент і проста речовина?
2. Сформулюйте закон збереження маси речовин, поясніть його з позицій атомно-молекулярного вчення.
3. Сформулюйте закон сталості складу, поясніть його з позицій атомно-молекулярного вчення.
4. Наведіть формулювання закону Авогадро, вкажіть межі його застосування, поясніть з позицій молекулярно-кінетичної теорії.
5. Сформулюйте наслідки закону Авогадро.
6. Що таке густина та відносна густина газів? Як їх можна використати для визначення молекулярних мас газів?
7. Поясніть, де міститься більше атомів в: 1 г заліза чи в 1 г сірки? Наведіть необхідні розрахунки.
8. Яка кількість речовини (моль) та скільки молекул міститься в 7 г азоту? Який об'єм займають 7 г азоту за н.у.?
9. Густина газу за воднем становить 29. Знайдіть його молярну масу, відносну густина за повітрям та масу однієї молекули.
10. Чому дорівнює густина нітроген (IV) оксиду та його густина за киснем?
11. Обчисліть молярну масу газу, 6 г якого займає об'єм 7 л за температурі 477°C і тиску $83,1 \text{ кПа}$ ($R = 8,31 \text{ Дж/(моль K)}$).
12. Густина за повітрям газоподібної сполуки силіцію з гідрогеном дорівнює 4,22. Знайдіть її формулу, якщо ця сполука містить 91,77 % силіцію.
13. Визначте кількість речовини, масу та об'єм (н.у.) водню, що утворюється при взаємодії 18 г алюмінію з розведеною сульфатною кислотою, яка відбувається за рівнянням:



14. Відповідно до рівняння згоряння етану



розрахуйте, кількості речовин, об'єми (н.у.) та маси етану та кисню, якщо внаслідок реакції утворилося 2,8 л вуглекислого газу.

Визначення молярної маси вуглекислого газу.

Сушу колбу місткістю 250 мл закрийте корком. Олівцем на склі позначте рівень, до якого корок уходить у шийку колби. Зважте закриту корком колбу на технохімічних терезах із точністю до 0,01 г. Заповніть колбу вуглекислим газом з апарата Кіппа (рис.1). Повноту заповнення перевірте тліючою скіпкою. Закрийте колбу корком так, щоб він зайняв попереднє положення. Зважте колбу з вуглекислим газом.

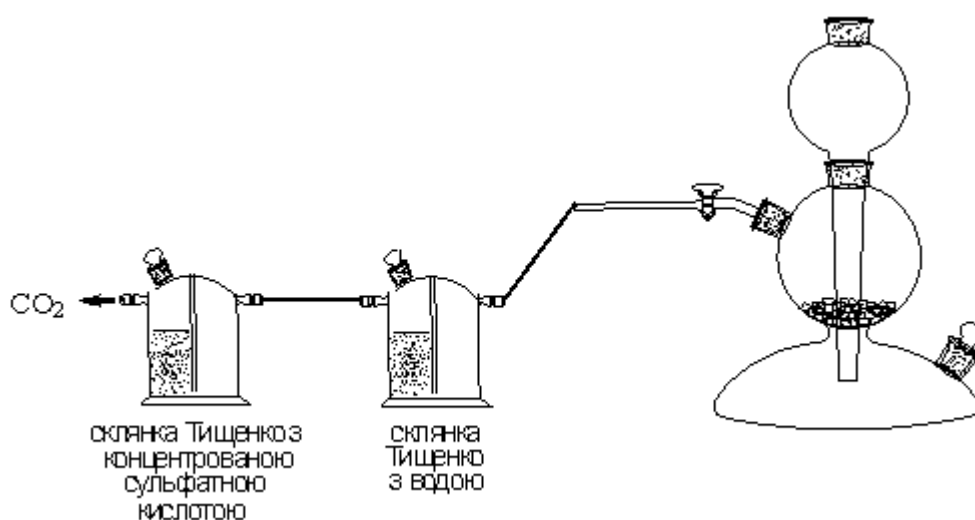


Рис.1. Одержання, очищення та сушіння вуглекислого газу.

Повторіть наповнення колби вуглекислим газом і знову зважте її. Розбіжність між масами не має перевищувати похибки зважування (0,01 г). Якщо різниця більша за це значення, потрібно повторити наповнення колби вуглекислим газом та зважування.

Налийте в колбу води до позначки та визначите її об'єм, вимірявши його мірним циліндром. Об'єм колби дорівнює об'єму повітря та об'єму вуглекислого газу, яким наповнювали колбу.

Дані досліду занесіть до лабораторного журналу:

1. Маса колби з повітрям $m_{\text{к+п}}$, г
2. Маса колби з вуглекислим газом $m_{\text{к+CO}_2}$, г
3. Об'єм колби V , мл
4. Температура t , °С
5. Барометричний тиск P_6 , мм рт. ст.

Перерахуйте об'єм повітря (вуглекислого газу) на н.у.:

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

Знайдіть кількість речовини повітря у колбі:

$$n_{\text{п}} = \frac{V_0}{V_{\text{м}}}$$

Розрахуйте масу повітря $m_{\text{п}}$ у колбі:

$$m_{\text{п}} = n_{\text{п}} \cdot M_{\text{п}},$$

де $M_{\text{п}} = 29$ г/моль – молярна маса повітря.

Знайдіть масу колби:

$$m_{\text{к}} = m_{\text{к+п}} - m_{\text{п}}$$

та масу вуглекислого газу:

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{к+CO}_2} - m_{\text{к}}$$

Розрахуйте молярну масу вуглекислого газу M_{CO_2} трьома способами:

1. за кількістю речовини вуглекислого газу в колбі:

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{п}};$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \quad (1)$$

2. за відносною густиною за повітрям:

$$\frac{m_{\text{CO}_2}}{m_{\text{п}}} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{п}}} \quad (2)$$

3. за рівнянням Менделєєва-Клапейрона:

$$P \cdot V = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \cdot R \cdot T \quad (3)$$

Визначте середнє значення молярної маси:

$$M_{\text{CO}_2}(\text{сер}) = \frac{M_{\text{CO}_2}(1) + M_{\text{CO}_2}(2) + M_{\text{CO}_2}(3)}{3}$$

Визначте абсолютну (Δ) та відносну (δ) похибки досліду:

$$\Delta = |M_{\text{CO}_2}(\text{сер}) - M_{\text{CO}_2}(\text{теор})|;$$

$$\delta = \frac{\Delta}{M_{\text{CO}_2}(\text{теор})}$$