

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Тема: Основи загальної хімії.

Викладач: Волобуєв Максим Миколайович
vmn2007@ukr.net

Кафедра загальної та неорганічної хімії,
НТУ «ХПІ»
Харків 2017

1 Основні поняття хімії

- Атомна одиниця маси (а.о.м.) – $1/12$ маси ^{12}C
 $1 \text{ а. о. м.} \approx 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$
- Атомна маса (A_r) – середнє значення маси атома в а.о.м. ($A_r(\text{O}) = 16$,
 $A_r(\text{Ca}) = 40$)
- Молекулярна маса (M_r) – маса молекули в а.о.м.
- Вимірювати ми можемо **масу** речовин, а реагують речовини у певних **кількісних** співвідношеннях
- Моль ($\nu \equiv n$) – кількість речовини, що містить $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ структурних одиниць
- Молярна маса (M) – маса одного моля речовини
 - $M(\text{CaCO}_3) = M(\text{Ca}) + M(\text{C}) + 3M(\text{O})$
 - числові значення беремо у Періодичній таблиці
 - $M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ г/моль}$
- Зв'язок між кількістю та масою речовини: $n = \frac{m}{M}$
- $D_B(\text{A}) = \frac{M(\text{A})}{M(\text{B})}$ – густина газу А за газом В

Поняття про «частку»

- Частка – відношення характеристики частини до характеристики цілого. Найчастіше для вираження частки використовують відсотки.
- Масова частка – відношення маси частини до маси цілого
 - $\omega(\text{солі}) = \frac{m(\text{солі})}{m(\text{розчину})} \cdot 100\%$ – частка солі у розчині
 - $\omega(\text{O}) = \frac{2 \cdot M(\text{O})}{M(\text{CO}_2)} \cdot 100\%$ – частка кисню в CO_2
- Оцет – продукт, що містить кислоту CH_3COOH
 - столовий оцет: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3 \dots 15\%$
 - оцтова есенція: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx 80\%$
 - крижана оцтова кислота: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx 100\%$

- Об'ємна частка – відношення об'ємів частки і цілого

$$- \varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{повітря})} \cdot 100\% - \text{частка } \text{O}_2 \text{ у повітрі}$$

2 Основні закони хімії

- *Закон збереження маси*: сумарна маса всіх учасників реакції залишається незмінною.
- *Закон Авогадро*: 1 моль ідеального газу займає при нормальних умовах строго визначений об'єм 22.4 л.

– Нормальні умови (н.у.): $T = 273 \text{ K}$, $P = 101.3 \text{ кПа}$

– Молярний об'єм $V_m = V_0 = 22.4 \text{ л} = 22.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

- Кількість газу можна знайти через його об'єм при н.у.:

$$\frac{m}{M} = n = \frac{V}{V_0}$$

- *Рівняння Менделєєва-Клапейрона*: $PV = \frac{m}{M}RT = nRT$

– більш загальний випадок, ніж закон Авогадро

– треба акуратно працювати з розмірностями величин:

$$[P] = \text{Па}, [V] = \text{м}^3, R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), [T] = \text{К}$$

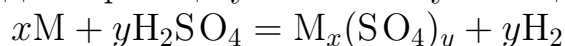
- Тиск газової суміші дорівнює сумі парціальних (part – частина) тисків компонентів (p_i)

$$p_{\text{заг}} = p_1 + p_2 + \dots + p_i = \sum_i p_i$$

3 Еквівалент

- При взаємодії наважки невідомого метала масою 1,215 г з сульфатною кислотою виділяється 1,12 л водню. Визначте невідомий метал.

- Написати рівняння даної реакції у загальному вигляді можна так:



- Фактично маємо одне рівняння з двома невідомими, отже єдиного рішення немає.

- Завдання спрощується при використанні поняття про *хімічний еквівалент*.

- Без поняття про еквівалент розв'язати завдання можна, але зусиль прийдеться докласти більше!
- А чи можна розв'язати цю задачу, якщо видалити з тексту слово «сульфатною»?
- *Еквівалент* – реальна чи умовна частинка, що у реакціях обміну відповідає одному атому Н, а в окисно-відновних реакціях – одному електрону.
- Розглянемо реакцію $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - У цій реакції відбувається *перехід 3 атомів (іонів) гідрогену*.
 - На 3 атоми Н припадає 1 частинка $\text{Al}(\text{OH})_3$, тому її еквівалентом буде $1/3 \text{Al}(\text{OH})_3$.
 - На 3 атоми Н припадає 3 частинки HCl , отже еквівалентом HCl буде сама частинка HCl .
- *Фактор еквівалентності*, $f_{\text{екв}}$ – частина частинки, що є її еквівалентом.
- Для наведеної реакції $f_{\text{екв}}(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{1}{3}$, а $f_{\text{екв}}(\text{HCl}) = 1$.
- В окисно-відновних реакціях (ОВР) роль Н при визначенні еквівалента виконує електрон.
- Для реакції $\text{HCl} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$
 - визначаємо ступені окиснення атомів

$$\overset{-1}{\text{HCl}} + \overset{+7}{\text{KMnO}_4} = \overset{+2}{\text{MnCl}_2} + \overset{0}{\text{Cl}_2} + \overset{-1}{\text{H}_2\text{O}} + \overset{-1}{\text{KCl}}$$
 - записуємо схеми процесів окиснення та відновлення:
$$\begin{array}{l|l} \overset{+7}{\text{Mn}} + 5e = \overset{+2}{\text{Mn}} & 2 \\ \overset{-1}{2\text{Cl}} - 2e = \overset{0}{\text{Cl}_2} & 5 \end{array}$$
 - розставляємо коефіцієнти у рівнянні

$$16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl}$$
- Визначаємо $f_{\text{екв}}$ учасників:
 - $f_{\text{екв}}(\text{KMnO}_4) = f_{\text{екв}}(\text{MnCl}_2) = 1/5$
 - $f_{\text{екв}}(\text{HCl}) = 1, f_{\text{екв}}(\text{Cl}_2) = 1/2$
- *Молярна маса еквівалента* – маса одного моля еквівалентів сполуки у даній реакції.

- Для сполуки X у певній реакції маємо:

$$M_{\text{екв}}(X) = f_{\text{екв}}(X) \cdot M(X)$$

- Завжди $f_{\text{екв}}(X) \leq 1$, отже $M_{\text{екв}}(X) \leq M(X)$: маса частини не більше маси цілого!

- *Кількість речовини еквівалента* – відношення маси сполуки до молярної маси еквівалента:

$$n_{\text{екв}}(X) = \frac{m(X)}{M_{\text{екв}}(X)}, \quad n_{\text{екв}}(X) = \frac{n(X)}{f_{\text{екв}}(X)}$$

- Еквівалент однієї сполуки у різних реакціях може бути різним!



4 Закон еквівалентів

- *Закон еквівалентів*: кількості речовини еквівалента всіх учасників реакції є однаковими між собою.

- Для реакції $A + B = C + D$ можна записати

– $n_{\text{екв}}(A) = n_{\text{екв}}(B) = n_{\text{екв}}(C) = n_{\text{екв}}(D)$

– $\frac{m(A)}{M_{\text{екв}}(A)} = \frac{m(B)}{M_{\text{екв}}(B)} = \frac{m(C)}{M_{\text{екв}}(C)} = \frac{m(D)}{M_{\text{екв}}(D)}$

- Форма закону еквівалентів не залежить від коефіцієнтів у рівнянні реакції!

- Для реакції $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

– $n_{\text{екв}}(\text{Al}(\text{OH})_3) = n_{\text{екв}}(\text{HCl}) = n_{\text{екв}}(\text{AlCl}_3) = n_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{O})$

– $\frac{m(\text{Al}(\text{OH})_3)}{M_{\text{екв}}(\text{Al}(\text{OH})_3)} = \frac{m(\text{HCl})}{M_{\text{екв}}(\text{HCl})} = \frac{m(\text{AlCl}_3)}{M_{\text{екв}}(\text{AlCl}_3)} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{O})}$

- При взаємодії наважки невідомого метала масою 1,215 г з сульфатною кислотою виділяється 1,12 л водню. Визначте невідомий метал.

- Задачу можна розв'язати через закон еквівалентів так

– $f_{\text{екв}}(\text{H}_2) = 1/2$: молекула складається з двох атомів H

– $n(\text{H}_2) = \frac{V}{V_0} = \frac{1,12}{22,4} = 0,05$ моль

$$\begin{aligned}
 - n_{\text{екв}}(\text{H}_2) &= \frac{n(\text{H}_2)}{f_{\text{екв}}(\text{H}_2)} = \frac{0,05}{1/2} = 0,1 \text{ моль} \\
 - n_{\text{екв}}(\text{M}) &= n_{\text{екв}}(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль} - \text{закон еквівалентів!} \\
 - M_{\text{екв}}(\text{M}) &= \frac{m(\text{M})}{n_{\text{екв}}(\text{M})} = \frac{1,215}{0,1} = 12,15 \text{ г/моль} \\
 - M(\text{M}) &= \frac{M_{\text{екв}}(\text{M})}{f_{\text{екв}}(\text{M})} - \text{треба знати } f_{\text{екв}}(\text{M})
 \end{aligned}$$

- Далі можна діяти лише підбором
 - якщо $f_{\text{екв}}(\text{M}) = 1$, то $M(\text{M}) = 12,15$ – не годиться...
 - якщо $f_{\text{екв}}(\text{M}) = 1/2$, то $M(\text{M}) = 24,30$ – це Mg!
- Чи можна використовувати еквівалент, якщо в реакції не беруть участь атоми Н и немає переходу електронів?
- У реакції $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$:
 - немає переходу електронів, немає атомів Н...
 - можна помітити, що Na_2SO_4 – похідне від H_2SO_4
 - тоді очевидно, що атом Na еквівалентний атому Н
 - еквівалент можна визначити за атомами натрію!
 - $f_{\text{екв}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/2$, $f_{\text{екв}}(\text{BaCl}_2) = 1/2$, $f_{\text{екв}}(\text{BaSO}_4) = 1/2$,
 $f_{\text{екв}}(\text{NaCl}) = 1$
- Аналогічно для оксидів:
 - в оксиді є атоми О у ступені окиснення -2
 - такі ж атоми $\overset{-2}{\text{O}}$ присутні у H_2O
 - висновок: $\overset{-2}{\text{O}}$ еквівалентний двом атомам Н

5 Приклади

У галогеніді деякого метала, який має єдиний ступінь окиснення, масова частка галогена дорівнює 64.59%, а в оксиді того ж метала масова частка оксигену складає 15.44%. Визначте формули оксиду та галогеніду.

- У галогеніді $\text{E}\Gamma_x$ два невідомі елементи, а в оксиді E_yO_z – один, тому починати слід з оксиду.
- Якщо $\omega(\text{O}) = 15,44\%$, можна знайти $n_e(\text{O})$:

- в оксиді за визначенням $f_e(\text{O}) = 1/2$;
- у 100 г оксиду $m(\text{O}) = 15,44$ г,

$$n_e(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O}) \cdot f_e(\text{O})} = \frac{15,44 \cdot 2}{16} = 1,93 \text{ моль.}$$

- За законом еквівалентів $n_e(\text{E}) = n_e(\text{O})$.
- У 100 г оксиду міститься $100 - 15,44 = 84,56$ г елементу. Молярна маса його еквіваленту дорівнює

$$- M_e(\text{E}) = \frac{m}{n_e} = \frac{84,56}{1,93} = 43,81 \text{ г/моль.}$$

- Знайти елемент не важко. Це – Sr, для якого $f_e(\text{E}) = 1/2$:

$$- M = M_e/f_e = 43,81/0,5 = 87,62 \text{ г/моль.}$$

У галогеніді деякого метала, який має єдиний ступінь окиснення, масова частка галогена дорівнює 64.59%, а в оксиді того ж метала масова частка кисню складає 15.44%. Визначте формули оксиду та галогеніду.

- Подібна процедуру використовують для знаходження галогену
- Якщо $\omega(\text{Sr}) = 100 - 64,59 = 35,41\%$, можна знайти $n_e(\text{Sr})$:

$$- f_e(\text{Sr}) = 1/2 \text{ (єдиний ступінь окиснення!);}$$

$$- n_e(\text{Sr}) = n_e(\text{O}) = \frac{m(\text{Sr})}{M(\text{Sr}) \cdot f_e(\text{Sr})} = \frac{35,41}{43,81} = 0,808 \text{ моль.}$$

- Далі можна знайти $M_e(\text{O})$

$$- M_e(\text{O}) = \frac{m}{n_e} = \frac{64,59}{0,808} = 79,9 \text{ г/моль.}$$

- Галогеном є Br, для якого $f_e(\text{O}) = 1$:

$$- M = M_e/f_e = 79,9/1 = 79,9 \text{ г/моль.}$$