

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання практичних робіт**

з дисципліни

**"ХІМІЯ"**

*(для студентів 1-3 курсів заочної форми навчання  
напрямів 6.060101 «Будівництво», 6.050702 «Електромеханіка»,  
6.030601 «Менеджмент», 6.050701 «Електротехніка  
та електротехнології»)*

**ХАРКІВ**  
**ХНАМГ**  
**2011**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Хімія" (для студентів 1-3 курсів заочної форми навчання напрямів 6.060101 «Будівництво», 6.050702 «Електромеханіка», 6.030601 «Менеджмент», 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Н. В. Мокрицька, С. В. Волювач, С. В. Нестеренко та ін. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 54 с.

Укладачі: Н. В. Мокрицька,  
С. В. Волювач,  
С. В. Нестеренко,  
Т. Д. Панайотова,  
І. С. Зайцева,  
О. О. Мураєва,  
Д. Ф. Донський

Рецензент: Т. П. Нат

Рекомендовано кафедрою хімії, протокол № 3 від 14.10.09

Метою цих вказівок є розвиток у студентів навичок наукового експериментування і дослідницького підходу до вивчення предмета і закріплення теоретичного матеріалу. Наведений матеріал повинен бути базою для вивчення основних спецдисциплін відповідно до програми навчання студентів, які спеціалізуються за напрямками: “Будівництво”, “Електротехніка та електротехнології”, “Електромеханіка”, “Транспортні технології (за видами транспорту)”, “Менеджмент”.

Вказівки повинні сприяти формуванню у студента уявлень про витоки і сучасність теоретичних передумов хімії; досягнення міцного й свідомого засвоєння провідних хімічних понять; сприяння розвитку в студентів навичок роботи в лабораторії і постановки хімічного експерименту.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1**

### **I. Самостійна підготовка**

**Засвоїти поняття і визначення:** найважливіші класи неорганічних сполук, їх номенклатура, графічне зображення формул сполук різних класів, типи хімічних реакцій, формулювання законів збереження маси, сталості складу, закону Авогадро і наслідків з нього, закону кратних відношень, валентність.

"Фактор еквівалентності", "еквівалент", "еквівалентна маса", формулювання закону еквівалентів і об'єднаного закону газоподібного стану (рівняння Менделєєва-Клапейрона).

Періодичний закон Д. І. Менделєєва. Властивості хімічних елементів.

### **Теоретична частина**

Основи атомно-молекулярного вчення вперше були викладені М. В. Ломоносовим (1741р.) у праці „Елементи математичної хімії”. В основі цього вчення лежить принцип дискретності речовини: будь-яка речовина складається з окремих, дуже малих частинок. Відмінність між речовинами

зумовлена відмінністю між їхніми частинками: частинки однієї речовини однакові, частинки різних речовин – різні.

Частинки речовини перебувають у безперервному русі за будь-яких умов. Для більшості речовин такими частинками є молекули.

**Молекула** – це найменша частинка речовини, яка має сталий склад і здатна зберігати основні хімічні властивості цієї речовини.

Молекули простих речовин складаються з атомів одного хімічного елемента, а молекули складних речовин – з атомів різних елементів.

**Атом** – це найменша хімічно неподільна частинка хімічного елемента, яка зберігає його хімічні властивості.

До складу молекул може входити різне число атомів, наприклад, молекули газів (крім інертних) головним чином, складаються з двох атомів, а молекули білків – з сотень тисяч атомів.

Розміри атомів визначаються величинами порядку десятих часток нанометра ( $10^{-10}$  м). Абсолютні маси атомів і молекул дуже малі: маса атома найлегшого елемента (Гідрогену) становить  $1,67 \cdot 10^{-24}$  г, а маса атома одного з найважчих елементів – Плюмбуму –  $3,4 \cdot 10^{-22}$  г. Зрозуміло, що такими величинами оперувати незручно, тому у розрахунках використовують не абсолютні значення мас атомів, а відносні.

**Відносна атомна маса елемента ( $Ar(X)$ )** дорівнює відношенню маси атома елемента до  $1/12$  маси атома Карбону – 12. Маса атома  $^{12}\text{C}$  дорівнює  $19,93 \cdot 10^{-27}$  кг. Одна дванадцята маси атома Карбону – 12, дорівнює:  $\frac{19,93 \cdot 10^{-27}}{12} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг, і прийнята за одну атомну одиницю маси (а.о.м.).

**Відносна атомна маса елемента** – це маса його атома, виражена в атомних одиницях маси:

$$Ar(X) = \frac{m(X)}{\frac{1}{12}m(C)},$$

де  $m(X)$  – маса атома елемента X,  $m(C)$  – маса атома Карбону.

Наприклад, відносна атомна маса Гідрогену  $Ar(H) = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 1 \text{ а.о.м.}$

**Відносна молекулярна маса речовини ( $Mr$ )** – це маса його молекули, виражена в атомних одиницях маси:  $Mr(XY) = \frac{m(XY)}{1/12 m(C)} = Ar(X) + Ar(Y)$ ;

$$Mr(X_a Y_b) = \frac{m(X_a Y_b)}{1/12 m(C)} = aAr(X) + bAr(Y), \text{ де}$$

$Mr(XY)$  – відносна молекулярна маса речовини  $XY$ ;

$Ar(X)$ ,  $Ar(Y)$  – відносні атомні маси елементів  $X$  і  $Y$ .

Наприклад,  $Mr(H_2O) = 2Ar(H) + Ar(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18$ .

Відносну кількість атомів і молекул у речовині характеризують фізичною величиною, яку називають **кількістю речовини ( $n$ )**. Кількість речовини виражається в молях.

**Моль** – це така кількість речовини, яка містить стільки молекул, атомів, іонів або інших структурних одиниць, скільки міститься атомів у 0,012 кг нукліда Карбону  $^{12}C$ .

Кількість структурних одиниць, що міститься в одному молі будь-якої речовини, називають **числом Авогадро ( $N_A$ )**. Число Авогадро становить  $6,02 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ . Тоді кількість речовини можна розрахувати так:

$$n = N / N_A$$

Крім відносної молекулярної маси  $Mr$ , у хімії та фізиці широко застосовують поняття „молярна маса  $M$ ”.

**Молярною масою ( $M$ )** називають масу речовини, взятої у кількості один моль, її виражають в грамах на моль (г/моль):

$$M = m/n.$$

Треба зауважити, що кількісно молекулярна і молярна маса однакові, але відносна молекулярна маса – безрозмірна величина, а молярна маса має розмірність (г/моль).

**Ідеальний газ** – це математична модель газу, молекули якого не взаємодіють одна з одною, їхню потенційну енергію можна не враховувати, порівняно з кінетичною енергією, а зіткнення молекул зі стінками посуду та одна з одною абсолютно пружні.

Рівняння стану ідеального газу – рівняння **Менделєєва – Клапейрона**

$$PV = (m/M)RT,$$

де  $P$  – тиск, Па;  $V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;  $m$  – маса, г;  $M$  – молярна маса, г/моль;  $T$  – температура, К;  $R$  – універсальна газова стала, що дорівнює 8,314 Дж/ (моль К).

У деяких випадках зручно користуватися об'єднаним газовим законом:

$$PV/T = \text{const (для даної маси газу), або } P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2.$$

Якщо  $T = \text{const}$  та не змінюється маса газу, то добуток  $PV = \text{const}$  або  $P_1V_1 = P_2V_2$ . Процеси, які відбуваються за сталої температури, називають **ізотермічними**.

Якщо  $V = \text{const}$  та не змінюється маса газу, то відношення  $P/T = \text{const}$  (закон Шарля), або  $P_1/T_1 = P_2/T_2$ , або  $P_1/P_2 = T_1/T_2$ . Процеси, які відбуваються за сталого об'єму, називають **ізохорними**.

Якщо  $P = \text{const}$  та не змінюється маса газу, то відношення  $V/T = \text{const}$  (закон Гей-Люсака), або  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ , або  $V_1/V_2 = T_1/T_2$ . Процеси, які відбуваються за сталого об'єму, називають **ізобарними**.

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

Закон Авогадро діє, коли мова йде про гази, і не діє, коли маємо справу з твердими і рідкі речовинами.

Можна розрахувати об'єм, що займають  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул (або 1 моль) будь-якого газу за нормальних умов (н.у.). Нормальними умовами вважають температуру 0°C і тиск 101325 Па.

Розрахований об'єм для будь-якого газу за н.у. дорівнює 22,4 л.

**Наслідок із закону Авогадро:** за однакових умов один моль будь-якого газу займає один і той самий об'єм, який називають молярним об'ємом.

$$V_M = \frac{V}{n},$$

де  $V_M$  – молярний об'єм газу л/моль або м<sup>3</sup>/моль;

$V$  – об'єм даного газу, л або м<sup>3</sup>;

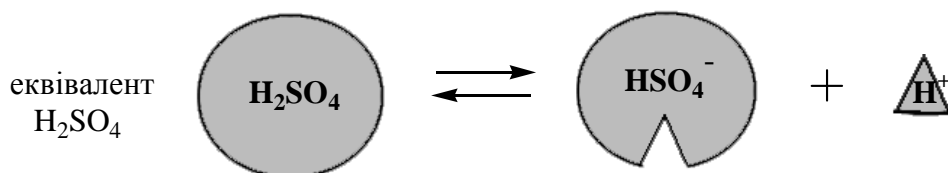
$n$  – кількість речовини в об'ємі  $V$ , моль.

**Еквівалент речовини** – це реальна або умовна частинка цієї речовини, яка в кислотно-основній реакції звільняє один гідроген - іон або сполучається з ним, а в окисно-відновній реакції приєднує або звільняє один електрон.

Наприклад, у реакції (1)



1 молекула  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\rightleftharpoons$  1  $\text{H}^+$ , або



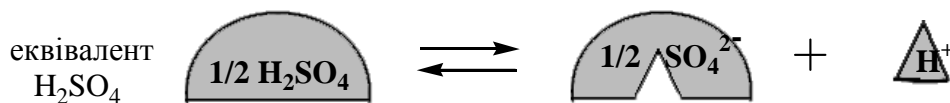
Еквівалент сульфатної кислоти дорівнює 1.

А для реакції (2)



1 молекула  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\rightleftharpoons$  2  $\text{H}^+$

1/2 молекула  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\rightleftharpoons$  1  $\text{H}^+$ , або



Еквівалент сульфатної кислоти дорівнює 1/2.

Тобто, еквівалент речовини не є сталим і залежить від реакції, у якій ця речовина бере участь.

Число, яке показує, яка частка реальної частинки речовини X еквівалентна одному гідроген - іону в певній кислотно-основній реакції, називається **фактором еквівалентності речовини X**. Фактор еквівалентності — це величина безрозмірна. У загальному вигляді фактор еквівалентності речовини X позначається символом  $f_{\text{екв}}(\text{X})$ .

Величина  $f_{\text{екв}}(\text{X})$  називається **еквівалентом речовини X**, або еквівалентною формою речовини X і є загальною формою позначення всіх частинок, які реагують у кислотно-основних або окисно-відновних реакціях.

Еквівалент – безрозмірна величина.

Вочевидь, що фактор еквівалентності речовини в реакціях може бути рівним або меншим одиниці. Якщо фактор еквівалентності дорівнює 1, то еквівалент ідентичний реагуючій частинці.

Величину фактора еквівалентності кислот, основ, солей в обмінних реакціях у загальному вигляді можна розрахувати за формулою

$$f_{\text{екв}}(\text{X}) = \frac{1}{z}, \quad (4)$$

де для **кислот**  $z$  – кількість атомів водню, які можуть бути заміщені в молекулі кислоти на атоми металу (основність кислоти);

для **основ**  $z$  - це кількість гідроксидних груп, які можуть бути заміщені на кислотний залишок (кислотність основи);

для **солей**  $z$  дорівнює  $q \cdot n$ , де  $q$  – заряд катіона металу,  $n$  – кількість катіонів у формулі солі.

Для визначення факторів еквівалентності окисників і відновників в **окисно-відновних реакціях** обов'язково потрібно використовувати схему електронного балансу. Число  $z$  для речовини в цьому випадку дорівнює числу прийнятих або відданих електронів молекулою речовини.

**Молярна маса речовини еквівалента** — це маса одного моль речовини еквівалента  $f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}$ , що дорівнює добутку фактора еквівалентності  $f_{\text{екв}}(\text{X})$  на молярну масу речовини  $\text{X}$ . Молярна маса речовини еквівалента має форму запису  $M(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X})$  і обчислюється за формулою

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

Наприклад, молярна маса речовини еквівалента сульфатної кислоти для реакції (2) має наступне позначення й величину:

$$M(f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4)\text{H}_2\text{SO}_4) = f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2 \cdot 98 \text{ г/моль} = 49 \text{ г/моль}.$$

**Кількість речовини еквівалента**  $n(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X})$  — це відношення маси речовини до молярної маси його еквівалента:

$$n(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{M(f_{\text{екв}}(\text{X}))} \quad (5)$$



Одиницею кількості речовини еквівалента є моль.

Наприклад, кількість речовини еквівалента сульфатної кислоти в реакції (2):  $n(f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \text{H}_2\text{SO}_4) = n(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$  моль, тобто 1 моль речовини умовно складається з еквівалентів  $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### Приклад реакції обміну – осадження



1 моль                      1 моль

або 1 молекула              1 молекула

1 молекула              2  $\text{Cl}^-$  - іони

$1/2$  молекули              1  $\text{Cl}^-$  - іон

У цій реакції одному хлорид-іону еквівалентна  $1/2$  молекули речовини натрій сульфату. Один хлорид-іон еквівалентний одному гідроген-іону. Таким чином,  $1/2$  молекули  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  еквівалентна одному гідроген-іону. Це приклад, коли умовна частинка певної речовини в певній реакції якимось іншим чином еквівалентна одному гідроген-іону. Тоді  $f_{\text{екв}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/2$ ,

еквівалент  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  має форму запису:  $f_{\text{екв}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) \text{Na}_2\text{SO}_4 = 1/2 \text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Тоді молярна маса еквіваленту має наступну форму запису:

$$M(1/2\text{Na}_2\text{SO}_4) = f_{\text{екв}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4)$$

$$M(1/2\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/2 \cdot 142 = 71 \text{ г/моль.}$$

**Періодичний закон Менделєєва** формулюють наступним чином: **Властивості елементів, а також утворених ними простих і складних сполук перебувають у періодичній залежності від величини заряду ядер їхніх атомів.** Періодична система елементів (таблиця Менделєєва) - класифікація хімічних елементів, що дозволяє виявити залежність їхніх властивостей від кількості протонів у атомному ядрі. Спочатку система розроблена російським хіміком Д.І. Менделєєвим на підставі відкритого ним у 1869 році періодичного закону залежності властивостей елементів від атомної маси і є його графічним вираженням.

Періодична система складається з періодів і груп.

**Період** – це горизонтальний рядок. Усього в таблиці 7 періодів. Перший, другий і третій періоди (1, 2, 3) складаються з одного ряду й називаються малими. 4, 5 і 6 періоди складаються із двох рядів і називаються великими. 7 період складається з одного ряду (незакінчений).

**Група** – це вертикальний стовпець. Усього вісім груп. Номер групи позначено римськими цифрами (I, II, III ...). Кожна група складається із двох підгруп: головної (A) і побічної (B).

У головну підгрупу (A) входять елементи малих і великих періодів.

У побічну підгрупу (B) входять елементи тільки великих періодів.

Наприклад, у першому періоді розташовані тільки два елементи: Гідроген і Гелій. У першій групі (I)

головна підгрупа (I A): H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr;

побічна підгрупа (I B): Cu, Ag, Au.

Розташування хімічного елемента в періодичній системі визначається будовою атома і його властивостями.

**Порядковий номер елемента** – визначає заряд ядра атома й кількість електронів.

**Номер періоду** – кількість енергетичних рівнів.

**Номер групи** – кількість електронів у зовнішньому електронному шарі атома (валентність).

Усього груп вісім. Кількість електронів у зовнішньому шарі всіх атомів не більше восьми.

**Приклад 1.** Обчисліть масу заліза, що міститься в оксиді Феруму (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  масою 320 кг.

Дано:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 320 \text{ кг}$$

---

$$m(\text{Fe}) = ?$$

**Розв'язання.**

1) Визначимо кількість речовини  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

Розрахуємо молярну масу речовини  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160 \text{ г/моль} = 0,16 \text{ кг/моль.}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{320}{0,16} = 2 \cdot 10^3 \text{ моль.}$$

2) Визначимо  $n(\text{Fe})$ , що міститься в  $2 \cdot 10^3$  моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  містить 2 моль Fe

$$2 \cdot 10^3 \text{ моль } \text{Fe}_2\text{O}_3 - x; x = 4 \cdot 10^3 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}) = 4 \cdot 10^3 \text{ моль.}$$

3) Визначимо масу заліза  $m(\text{Fe})$ , що відповідає  $4 \cdot 10^3$  моль Fe:

$$m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot n(\text{Fe}) = 0,056 \text{ кг/моль} \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ моль} = 224 \text{ кг.}$$

Відповідь:  $m(\text{Fe}) = 224 \text{ кг.}$

**Приклад 2.** При відновленні воднем 10,17г оксиду двовалентного металу утворилося 2,25г води, молярна маса еквівалента якої 9,00г/моль. Обчисліть молярні маси еквівалентів оксиду і металу й атомну масу металу. Чому дорівнює об'єм (н.у.) водню, що прореагував у реакції?

**Розв'язання.** За законом еквівалентів речовини взаємодіють і утворюються в кількостях, що дорівнюють кількостям їх речовин еквівалентів.

Для розв'язання задачі скористуємося слідством із закону еквівалентності, згідно з яким маси речовин, що реагують між собою, пропорційні їх молярним масам еквівалента

$$\frac{m_{\text{оксиду}}}{m_{\text{води}}} = \frac{M(f_{\text{екв}}(\text{оксиду})\text{оксид})}{M(f_{\text{екв}}(\text{води})\text{вода})},$$

$$M(f_{\text{екв}}(\text{оксиду})\text{оксид}) = \frac{m_{\text{оксиду}} \cdot M(f_{\text{екв}}(\text{води})\text{вода})}{m_{\text{води}}} = \frac{10,17 \cdot 9}{2,25} = 40,7 \text{ г/моль}$$

Для визначення молярної маси еквівалента металу використаємо наступне співвідношення:

$$M(f_{\text{екв}}(\text{окси́ду})\text{окси́д}) = M(f_{\text{екв}}(\text{Ме})\text{Ме}) + M(f_{\text{екв}}(\text{О})\text{О}),$$

де Ме - метал; О- Оксиген.

Розрахуємо молярну масу еквівалента Оксигену:

$$M(f_{\text{екв}}(\text{О})\text{О}) = f_{\text{екв}}(\text{О}) \cdot M(\text{О}) = 1/2 \cdot 16 = 8 \text{ г/моль}$$

Тоді,  $M(f_{\text{екв}}(\text{Ме})\text{Ме}) = M(f_{\text{екв}}(\text{окси́ду})\text{окси́д}) - M(f_{\text{екв}}(\text{О})\text{О}) = 40,7 - 8 = 32,7 \text{ г/моль}$

$M(f_{\text{екв}}(\text{Ме})\text{Ме}) = M(\text{Ме}) \cdot f_{\text{екв}}(\text{Ме})$ , (де  $f_{\text{екв}}(\text{Ме})$  – фактор еквівалентності металу). Оскільки метал двовалентний (отже  $f_{\text{екв}}(\text{Ме}) = 1/2$ ), можна розрахувати молярну масу атомів металу:

$$M(\text{Ме}) = M(f_{\text{екв}}(\text{Ме})) / f_{\text{екв}}(\text{Ме}) = 32,7 : 1/2 = 65,4 \text{ г/моль}.$$

Молярна маса атомів металу кількісно співпадає з відносною атомною масою і дорівнює 65,4 а.о.м. – цей метал Zn. Оксид цинку - ZnO.

Молярним об'ємом еквівалента називається об'єм, який займає за певних умов 1 моль еквівалента речовини. Наприклад, за нормальних умов молярний об'єм еквівалента кисню дорівнює  $V(1/4\text{O}_2) = V(\text{O}_2) \cdot f_{\text{екв}}(\text{O}_2) = 22,4/4 = 5,6 \text{ л}$  (де  $V(\text{O}_2)$ - молярний об'єм, що дорівнює 22,4 л;  $f_{\text{екв}}(\text{O}_2) = 1/4$ ), а молярний об'єм еквівалента водню відповідно буде -  $V(1/2\text{H}_2) = V(\text{H}_2) \cdot f_{\text{екв}}(\text{H}_2) = 22,4/2 = 11,2 \text{ л}$  ( $f_{\text{екв}}(\text{H}_2) = 1/2$ ).

Запишемо закон еквівалентів в об'ємному виразі:

$$\frac{m_{\text{води}}}{M(f_{\text{екв}}(\text{води})\text{вода})} = \frac{V_{\text{H}_2}}{V(1/2\text{H}_2)}$$

Розрахуємо, який об'єм водню вступив у реакцію:

$$V_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{води}} \cdot V(1/2\text{H}_2)}{M(f_{\text{екв}}(\text{води})\text{вода})} = \frac{2,25 \cdot 11,2}{9} = 2,8 \text{ л(н.у.)}$$

**Відповідь:**  $M(1/2\text{металу}) = 32,7 \text{ г/моль}$ ;  $M(f_{\text{екв}}(\text{окси́ду})\text{окси́д}) = 40,7 \text{ г/моль}$ ;

$Ar(\text{металу}) = 65,4 \text{ а.о.м.}$ ;  $V_{\text{H}_2} = 2,8 \text{ л(н.у.)}$ .

### Виконати завдання

1. При розкладанні якої маси (г) бертолетової солі ( $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ ) утвориться:

| Номер варіанта | Речовина      | Кількість                  | Номер варіанта | Речовина      | Кількість         |
|----------------|---------------|----------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| 1              | $\text{Cl}_2$ | $1,2 \cdot 10^{17}$ атомів | 4              | $\text{O}_2$  | $10^{19}$ молекул |
| 2              | K             | $10^{-11}$ моль            | 5              | $\text{Cl}_2$ | 18 мл             |
| 3              | $\text{O}_2$  | 240 м <sup>3</sup>         | 6              | K             | 25 г              |

Обчислити масу (г) таких речовин:

| Номер варіанта | Речовина      | Кількість                | Номер варіанта | Речовина      | Кількість                 |
|----------------|---------------|--------------------------|----------------|---------------|---------------------------|
| 7              | $\text{CO}_2$ | $2 \cdot 10^8$ атомів    | 8              | HCl           | 40 см <sup>3</sup> (н.у.) |
| 8              | $\text{H}_2$  | $10^{10}$ молекул        | 12             | HBr           | 20 см <sup>3</sup> (н.у.) |
| 9              | $\text{O}_2$  | 28 м <sup>3</sup> (н.у.) | 13             | $\text{NH}_3$ | $10^{25}$ молекул         |
| 10             | HBr           | $10^{20}$ молекул        | 14             | $\text{NH}_3$ | 10 дм <sup>3</sup> (н.у.) |

Скільки атомів Сульфуру міститься в наведених речовинах:

| Номер варіанта | Речовина                 | Кількість                 | Номер варіанта | Речовина                     | Кількість                  |
|----------------|--------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| 15             | $\text{H}_2\text{S}$     | 10 см <sup>3</sup> (н.у.) | 20             | S                            | 10 мг                      |
| 16             | $\text{H}_2\text{S}$     | 10 г                      | 21             | $\text{Na}_2\text{SO}_4$     | 14,2 г                     |
| 17             | $\text{Na}_2\text{SO}_3$ | 0,5 моль                  | 22             | $\text{MgSO}_4$              | 1,2 г                      |
| 18             | $\text{Na}_2\text{SO}_3$ | 378 г                     | 23             | $\text{SO}_2$                | 2 дм <sup>3</sup> (н.у.)   |
| 19             | $\text{H}_2\text{SO}_4$  | 10 г                      | 24             | $\text{SO}_3$                | 100 см <sup>3</sup> (н.у.) |
|                |                          |                           | 25             | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ | 20 г                       |

В усіх варіантах обчислити об'єм газів за нормальних умов, якщо це і не було передбачено завданням.

У варіантах 17-19, 21, 22 обчислити об'єм  $\text{SO}_2$  або  $\text{SO}_3$  (н.у.), що знадобиться для утворення зазначеної кількості речовин.

2. При взаємодії металу з кислотою виділяється водень. За наведеними в умові даними обчислити відсутні величини:

| № варіанта | Маса металу $m(\text{Me}), \text{г}$ | Молярна еквіваленту металу $M, \text{г/ моль}$ | Маса $\text{H}_2$ $m(\text{H}_2), \text{г}$ | Об'єм $\text{H}_2$ $V(\text{н.у.})$ |
|------------|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| 1          | 16,8                                 | –  | 0,3   | –                                   |
| 2          | –                                    | 27,9   | –   | 700см <sup>3</sup>                  |
| 3          | 0,376                                | 8,99   | –   | –                                   |
| 4          | 0,030                                | –  | –   | 32см <sup>3</sup>                   |
| 5          | 3,04                                 | –  | 0,252                                       | –                                   |
| 6          | –                                    | 16,2   | –   | 0,83дм <sup>3</sup>                 |
| 7          | 2,28                                 | –  | –   | 1,12дм <sup>3</sup>                 |
| 8          | 3,0                                  | –  | –   | 5,6дм <sup>3</sup>                  |
| 9          | –                                    | 12   | –   | 0,224дм <sup>3</sup>                |
| 10         | –                                    | 2,8  | 0,1   | –                                   |

Оксиди металу відновлюються воднем. За наведеними даними обчисліть молярну масу еквіваленту металу, оксиду металу та відсутні величини:

| № варіанта | Маса оксиду, $m, \text{г}$ | Молярна маса еквіваленту оксиду, $M, \text{г/ моль}$ | Молярна маса еквіваленту металу $M, \text{г/моль}$ | Маса $\text{H}_2$ $m, \text{г}$ | Об'єм $\text{H}_2$ $V(\text{н.у.})$ |
|------------|----------------------------|--|--|---------------------------------|-------------------------------------|
| 11         | 1,8                        | –  | –  | –                               | 833 см <sup>3</sup>                 |
| 12         | 8,0                        | –  | –  | 0,2 г                           | –                                   |
| 13         | 14,4                       | –  | –  | 0,2 г                           | –                                   |
| 14         | 36                         | –  | –  | –                               | 1,12дм <sup>3</sup>                 |
| 15         | 16                         | –  | –  | 0,6                             | –                                   |

3. Вважаючи газ ідеальним і приймаючи до уваги наведені дані (табл.1.1.), де  $m$  – маса газу, г;  $n$  – число молей;  $T$  – температура, К;  $P$  – тиск, Па;  $V$  – об'єм, м<sup>3</sup>; розрахувати невідомі величини.

| №  | Газ                           | $m$   | $n$ | $T_1$ | $T_2$ | $P_1$                  | $P_2$                  | $V_1$   | $V_2$       |
|----|-------------------------------|-------|-----|-------|-------|------------------------|------------------------|---------|-------------|
| 1  | N <sub>2</sub>                | 100   | -   | 273   | 273   | 1,013·10 <sup>5</sup>  | -                      | -       | 0,20        |
| 2  | H <sub>2</sub>                | -     | 15  | 273   | -     | -                      | 1,299·10 <sup>5</sup>  | 0,336   | 0,336       |
| 3  | H <sub>2</sub>                | 6     | -   | 298   | 298   | -                      | 1,49·10 <sup>5</sup>   | 0,085   | -           |
| 4  | Cl <sub>2</sub>               | -     | 1,4 | -     | 300   | 1,164·10 <sup>4</sup>  | -                      | 0,37    | 0,37        |
| 5  | CO                            | -     | -   | 273   | -     | 1,013·10 <sup>5</sup>  | 1,013·10 <sup>5</sup>  | 0,188   | 0,350       |
| 6  | CO                            | -     | 4,2 | 293   | 293   | 1,218·10 <sup>5</sup>  | -                      | -       | 0,100       |
| 7  | CO                            | -     | 1,7 | 315   | 400   | -                      | -                      | 0,26    | 0,26        |
| 8. | CO <sub>2</sub>               | -     | -   | 275   | 400   | 1,27·10 <sup>6</sup>   | 1,27·10 <sup>6</sup>   | -       | 0,013       |
| 9  | CO <sub>2</sub>               | 123,2 | -   | 280   | 280   | -                      | 1,3002·10 <sup>5</sup> | 0,06    | -           |
| 10 | CO <sub>2</sub>               | -     | 1,5 | 298   | -     | -                      | 4,2500·10 <sup>5</sup> | 0,01    | 0,01        |
| 11 | CS <sub>2</sub>               | -     | -   | -     | 490   | 2,138·10 <sup>5</sup>  | 1,746·10 <sup>5</sup>  | 0,042   | 0,042       |
| 12 | COCl <sub>2</sub>             | 237,6 | -   | 273   | 273   | 1,0131·10 <sup>5</sup> | -                      | -       | 0,154       |
| 13 | H <sub>2</sub> O              | -     | 2   | -     | 600   | 4,157·10 <sup>5</sup>  | 4,157·10 <sup>5</sup>  | 0,012   | -           |
| 14 | H <sub>2</sub> O              | -     | -   | 330   | 330   | 4,988·10 <sup>6</sup>  | -                      | 0,00165 | 0,0041<br>2 |
| 15 | H <sub>2</sub> O              | 104,4 | -   | -     | 390   | 1,0287·10 <sup>5</sup> | -                      | 0,15    | 0,15        |
| 16 | H <sub>2</sub> S              | -     | 3   | -     | 300   | 1,013·10 <sup>6</sup>  | 1,013·10 <sup>6</sup>  | 0,01    | -           |
| 17 | NH <sub>3</sub>               | -     | -   | 310   | 310   | 7,05·10 <sup>5</sup>   | -                      | 0,015   | 0,008       |
| 18 | NH <sub>3</sub>               | -     | 5,5 | 298   | -     | 2,85·10 <sup>6</sup>   | 2,85·10 <sup>6</sup>   | -       | 0,01        |
| 19 | SO <sub>2</sub>               | 64    | -   | -     | 347,8 | 5,06·10 <sup>6</sup>   | -                      | 0,0012  | 0,0012      |
| 20 | SO <sub>3</sub>               | -     | -   | 636,4 | 280   | 3,12·10 <sup>5</sup>   | 3,12·10 <sup>5</sup>   | -       | 0,011       |
| 21 | CH <sub>4</sub>               | -     | 1   | -     | 500   | 1,0131·10 <sup>5</sup> | -                      | 0,0224  | 0,0224      |
| 22 | CH <sub>4</sub>               | 96    | -   | 288   | 288   | -                      | 5,5256·10 <sup>5</sup> | 0,013   | -           |
| 23 | CH <sub>4</sub>               | -     | -   | 461,9 | -     | 5,12·10 <sup>6</sup>   | 5,12·10 <sup>6</sup>   | 0,003   | 0,006       |
| 24 | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | -     | 2,5 | 298   | 298   | 2,05·10 <sup>5</sup>   | -                      | -       | 0,015       |
| 25 | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | 45    | -   | 350   | -     | -                      | 1,013·10 <sup>5</sup>  | 0,034   | 0,034       |

Дати порівняльну характеристику хімічних властивостей елементів залежно від їхнього розташування в періодичній системі Д.І. Менделєєва. Яку валентність мають ці елементи в основному і збудженому стані?

Скласти формули вищих оксидів елементів і вказати їхній характер (кислотний, основний, амфотерний).

| Номер варіанта | Назва елемента     | Номер варіанта | Назва елемента     |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 1              | Силіцій, Титан     | 14             | Телур, Молібден    |
| 2              | Фосфор, Ванадій    | 15             | Сульфур, Хром      |
| 3              | Хром, Сульфур      | 16             | Ніобій, Арсен      |
| 4              | Манган, Хлор       | 17             | Цирконій, Германій |
| 5              | Арсен, Ніобій      | 18             | Арсен, Ванадій     |
| 6              | Селен, Молібден    | 19             | Ітрій, Галій       |
| 7              | Титан, Германій    | 20             | Хлор, Манган       |
| 8              | Германій, Цирконій | 21             | Ванадій, Фосфор    |
| 9              | Скандій, Галій     | 22             | Молібден, Селен    |
| 10             | Ванадій, Арсен     | 23             | Бром, Манган       |
| 11             | Силіцій, Титан     | 24             | Силіцій, Титан     |
| 12             | Селен, Молібден    | 25             | Селен, Хром        |
| 13             | Бром, Технецій     |                |                    |

### Контрольні запитання

1. Поясніть закон збереження маси речовини і закон сталості складу з точки зору атомно-молекулярного вчення.
2. Перелічіть головні класи неорганічних сполук, наведіть по 3-4 приклади сполук кожного класу. Що розуміють під молярною масою елемента, молярною масою складної сполуки?
3. Як формулюють закон Авогадро і висновки з нього?
4. У чому суть закону еквівалентів, як він формулюється?
5. Як обчислюють молярні маси еквівалентів кислот, основ, солей?
6. Які елементи мають перемінні значення молярних мас еквівалентів і за яких умов?



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИНІВ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

#### Теоретична частина

#### Розчини. Способи вираження складу розчину

**Концентрація** – це найважливіша характеристика будь-якого розчину. Вона визначає вміст речовини в одиниці маси або об'єму розчину (іноді розчинника).

**Позначення:**

$X$  – розчинена речовина;

$m(X)$  – маса речовини, г;

$m_{\text{розч.}}$  – маса розчину, г;

$m(Y)$  – маса розчинника, г;

$V_{\text{розч.}}$  – об'єм розчину, л;

$\rho_{\text{розч.}}$  – густина розчину, г/см<sup>3</sup>;

$n(X)$  – кількість речовини, моль;

$f_{\text{екв}}(X)$  – фактор еквівалентності речовини;

$n(f_{\text{екв}}(X)X)$  – кількість речовини еквівалента, моль;

$M(X)$  – молярна маса речовини, г/моль;

$M(f_{\text{екв}}(X)X)$  – молярна маса еквівалента речовини, г/моль;

ІЮПАК рекомендує використовувати кілька способів вираження кількісного складу розчинів, які ґрунтуються на сталості маси розчину, розчиненої речовини, розчинника чи об'єму розчину.

**1. Масова частка речовини в розчині** –  $\omega(X)$  – це відношення маси розчиненої речовини  $m(X)$ , що міститься в розчині до загальної маси цього розчину  $m_{\text{розч.}}$ .

Форма запису:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{розч.}}} \text{ або } \omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{розч.}}} \cdot 100\%$$

Одиниця вимірювання відносна. Допускається виражати масову частку речовини у частках одиниці або відсотках.  $\omega(X)$  в %, називається також відсотковою концентрацією й дорівнює масі речовини в 100 г розчину.

Наприклад, масова частка речовини  $H_2SO_4$  у розчині сульфатної кислоти дорівнює 20 %. Це означає, що у розчині сульфатної кислоти масою 100 г міститься речовина  $H_2SO_4$  масою 20 г.

**2. Молярна або мольна частка розчиненої речовини X у розчині** — це відношення кількості речовини X (в молях), що міститься у цьому розчині, до загальної кількості речовин у розчині (в молях).

Форма запису:

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{n(X) + n(Y)} = \frac{m(X)/M(X)}{m(X)/M(X) + m(Y)/M(Y)},$$

де  $\chi(X)$ - молярна або мольна частка розчиненої речовини X ;

$n(X)$  – кількість молів розчиненої речовини X;

$n(Y)$  – кількість молів розчинника Y.

Одиниця вимірювання відносна.

Допускається виражати молярну або мольну частку в таких же одиницях, як і масову частку розчиненої речовини у розчині.

**3. Молярна концентрація речовини X у розчині** — це відношення кількості речовини  $n(X)$ , що міститься у розчині, до об'єму ( $V_{\text{розч.}}$ ) цього розчину.

Молярна концентрація речовини показує скільки моль розчиненої речовини міститься в 1  $\text{дм}^3$  розчину.

В СІ основною одиницею молярної концентрації є моль/ $\text{м}^3$ , а для практичного користування — моль/ $\text{дм}^3$  або моль/л.

Форма запису:

$$c(X) = \frac{n(X)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{розч.}}}$$

Наприклад, молярна концентрація речовини натрій хлориду (NaCl) у розчині записується наступним чином:

$$c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{X}) \cdot V_{\text{розч.}}}, \text{ моль/дм}^3.$$

Розчин з молярною концентрацією розчиненої речовини, яка дорівнює 1 моль/дм<sup>3</sup>, називається одномолярним розчином і позначається 1 М розчин; 0,1 моль/дм<sup>3</sup> називається децимолярним розчином (0,1 М розчин); 0,01 моль/дм<sup>3</sup>, називається сантимольярним (0,01 М розчин); 0,001 моль/дм<sup>3</sup> називається мілімолярним (0,001 М розчин).

Для розчинів і газів дозволяється також позначення молярної концентрації речовини за допомогою квадратних дужок, в яких записують формулу відповідної речовини.

Наприклад,  $[\text{O}_2] = 0,01 \text{ моль/дм}^3$ .

**4. Молярна концентрація еквівалента у розчині або нормальна концентрація** (застаріла назва «еквівалентна» концентрація) — це відношення кількості моль еквівалентів ( $n(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X})$ ) у розчині до об'єму цього розчину ( $V_{\text{розч.}}$ ).

Форма запису:

$$c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = \frac{n(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X})}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{X})}{M(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) \cdot V_{\text{розч.}}}$$

Одиниця вимірювання молярної концентрації еквівалента є моль/м<sup>3</sup>, а для практичного користування — моль/дм<sup>3</sup> або моль/л.

Наприклад, для сульфатної кислоти молярна концентрація еквівалента записується так:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) \cdot V_{\text{розч.}}}$$

За рекомендаціями ІЮПАК, якщо 1 моль речовини еквівалента  $f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}$  розчинено в 1дм<sup>3</sup> розчину, то саме цей розчин можна назвати нормальним розчином.

Розчин з  $c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = 1 \text{ моль/дм}^3$  називається однонормальним розчином речовини X, тобто розчин, що містить 1 моль речовини еквівалента в  $1 \text{ дм}^3$ , з  $c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$  - децинормальним розчином, з  $c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = 0,01 \text{ моль/дм}^3$  — санинормальним розчином, з  $c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = 0,001 \text{ моль/дм}^3$  — мілінормальним розчином речовини X.

Замість позначення одиниці вимірювання кількості речовини еквівалента моль/дм<sup>3</sup> допускається скорочення н. або N.

Використання розчинів з нормальною концентрацією на практиці чи поняття "нормальний" розчин в розрахунках обов'язково вимагає знань рівнянь відповідних реакцій.

Між молярною концентрацією речовини X у розчині і нормальною концентрацією речовини X у розчині є зв'язок

$$c(f_{\text{екв}}(\text{X})\text{X}) = \frac{c(\text{X})}{f_{\text{екв}}(\text{X})}$$

Наприклад: 1М розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  відповідає 2н. розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$ ); 0,06М розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  відповідає 0,12н. розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$ ); 0,1н. розчин  $\text{KMnO}_4$  ( $f_{\text{екв}}(\text{KMnO}_4) = 1/5$ ) відповідає 0,02М розчину  $\text{KMnO}_4$ .

**5. Моляльність розчиненої речовини в розчині** (застаріла назва "моляльна концентрація" розчиненої речовини) – це відношення кількості речовини  $n(\text{X})$  (в молях), що міститься у розчині, до маси  $m$  розчинника Y (в кг) цього розчину. Форма запису:

$$b(\text{X}/\text{Y}) = \frac{n(\text{X})}{m(\text{Y})} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X}) \cdot m(\text{Y})}$$

Одиниця вимірювання моль/кг.

Наприклад, моляльність HCl у водному розчині записується так:

$$b(\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{HCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})}, \text{ моль/кг.}$$

6. **Титр розчину** – це маса речовини X, яка міститься в одному см<sup>3</sup> розчину.

Форма запису:

$$T(X) = \frac{m(X)}{V_{\text{розч.}}}$$

Одиниці вимірювання: кг/см<sup>3</sup>, для практичного користування г/см<sup>3</sup>, г/мл (остання – несистемна).

**Приклад 1.** В 320 г води міститься 40 г кальцій хлориду, густина розчину дорівнює 1,08 г/см<sup>3</sup>. Визначте масову частку, молярну концентрацію і молярну концентрацію еквівалента, моляльність і молярну частку розчиненої речовини.

**Розв'язання:** 1. Розрахуємо масову частку кальцій хлориду в розчині:

$$\omega(\text{CaCl}_2) \% = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{40}{40 + 320} \cdot 100\% = 11,1\% ,$$

2. Розрахуємо молярну концентрацію кальцій хлориду в розчині ( $c(\text{CaCl}_2)$ ).

Спочатку розрахуємо об'єм розчину наступним чином:

$$V_{\text{розч.}} = \frac{m_{\text{розч.}}}{\rho_{\text{розч.}}} = \frac{40 + 320}{1,08} = 333,3 \text{ мл} = 0,3333 \text{ л.}$$

Тоді молярна концентрація хлориду кальцію буде

$$c(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2) \cdot V_{\text{розч.}}} = \frac{40}{111 \cdot 0,3333} = 1,08 \text{ моль/л.}$$

Скорочено молярна концентрація може записуватися (наприклад, для даної задачі) у вигляді 1,08М.

3. Розрахуємо молярну концентрацію еквівалента або нормальну концентрацію кальцій хлориду в розчині:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right) = \frac{n\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right) \cdot V_{\text{розч.}}} = \frac{40}{111 \cdot 0,5 \cdot 0,3333} = 2,16 \text{ моль/л}$$

Скорочено молярна концентрація еквівалента може записуватися (наприклад, для цієї задачі) у вигляді 2,16н. або 2,16N.

Молярну концентрацію еквівалента можна розрахувати в інший спосіб, а саме, використовуючи зв'язок між молярною і нормальною концентраціями:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2\right) = \frac{c(\text{CaCl}_2)}{f_{\text{екв}}(\text{CaCl}_2)} = \frac{1,08}{\frac{1}{2}} = 2,16 \text{ моль/л}$$

4. Розрахуємо моляльність кальцій хлориду в розчині:

$$b\left(\frac{\text{CaCl}_2}{\text{H}_2\text{O}}\right) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40}{111 \cdot 0,32} = 1,13 \text{ моль/кг}$$

5. Розрахуємо мольну або молярну частку хлориду кальцію в розчині.

$$\begin{aligned} \chi(\text{CaCl}_2) &= \frac{n(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCl}_2) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{CaCl}_2)/M(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCl}_2)/M(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O})} = \\ &= \frac{40/111}{40/111 + 320/18} = 0,02. \end{aligned}$$

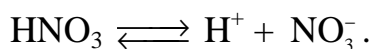
### Розчини електролітів

**Електролітами** називають речовини, розчини або розплави яких проводять електричний струм. Провідниками електричного струму в розчинах є позитивно заряджені (катіони) і негативно заряджені (аніони) частинки – іони. Вони утворюються внаслідок дисоціації молекул відповідного електроліту.

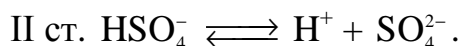
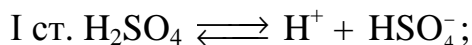
**Електролітична дисоціація** – процес розпаду молекул електроліту на іони під впливом полярних молекул розчинника.

Електроліти різною мірою дисоціюють на іони. Кількісно повноту перебігу процесу дисоціації характеризують **ступенем дисоціації  $\alpha$** , який дорівнює відношенню кількості молекул електроліту, що розпалися на іони у розчині, до загальної кількості молекул. Величина ступеня дисоціації залежить від природи розчиненої речовини і природи розчинника, від температури та концентрації розчину.  $0 \leq \alpha \leq 1$  або  $0\% \leq \alpha \leq 100\%$ . За величиною ступеня дисоціації у розчинах з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л електроліти поділяють на сильні ( $\alpha > 30\%$ ) і слабкі ( $\alpha < 3\%$ ). До сильних електролітів належать майже всі розчинні солі, луги, деякі кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HClO}_4$  тощо).

Згідно з теорією електролітичної дисоціації, **кислоти** – це електроліти, які у процесі дисоціації у водному розчині **як катіон** утворюють тільки іони Гідрогену. Наприклад:

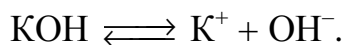


Багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто:

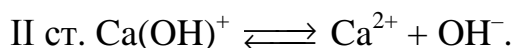
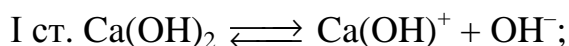


За першим ступенем дисоціація відбувається більш повно.

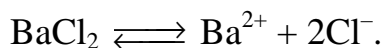
**Основи** – це електроліти, які у процесі дисоціації у водному розчині **як аніон** утворюють тільки гідроксид-іони  $\text{OH}^-$ . Наприклад:



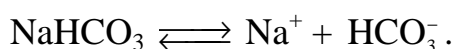
Багатоосновні основи дисоціюють ступінчасто:



**Середні солі** дисоціюють з утворенням катіонів металу та аніонів кислотного залишку:

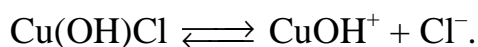


При дисоціації **кислих солей** утворюється катіон металу та аніон кислого кислотного залишку:



Подальша дисоціація іону  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ) відбувається надзвичайно мало. Тому при написанні іонних рівнянь ми цей процес не фіксуємо.

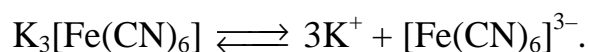
**Основні солі** при дисоціації утворюють гідроксокатіон металу та аніон кислотного залишку:



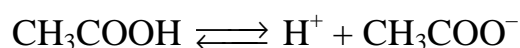
**Подвійні солі** при дисоціації утворюють прості іони:



**Комплексні солі** дисоціюють з утворенням простого і складного (комплексного) іону:



Процес дисоціації є зворотним. Тому для нього, як і для будь-якого зворотного процесу, можна записати константу рівноваги, яка в цьому випадку називається константою дисоціації  $K_d$ . Наприклад:



$$K_d = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}.$$

Величина  $K_d$  залежить тільки від природи речовин і температури.

Для **слабких електролітів** зв'язок між молярною концентрацією ( $c$ ), ступенем дисоціації ( $\alpha$ ) і константою дисоціації ( $K_d$ ) має вигляд:

$$K_d = \frac{c \cdot \alpha^2}{1 - \alpha},$$

де  $c$  – загальна концентрація електроліту, моль/л;

$\alpha$  – ступінь дисоціації.

Це рівняння є математичним виразом закону розбавлення Оствальда.

Для більшості слабких електролітів  $\alpha \ll 1$ , тому рівняння можна спростити:

$$K_d \approx c \cdot \alpha^2, \text{ звідки } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c}}.$$

Це рівняння виражає залежність ступеня дисоціації слабого електроліту від концентрації (із збільшенням концентрації розчину ступінь дисоціації електроліту зменшується). Підвищення температури приводить до збільшення ступеня дисоціації.

Для розчинів сильних електролітів рівняння Оствальда застосовувати не можна, а для характеристики властивостей цих розчинів користуються поняттям **активності**  $a$  (замість концентрації).

$$a = f c,$$

де  $a$  – активність іона;



$c$  – фактична концентрація;

$f$  – коефіцієнт активності (вносить поправку на взаємодію певного іона з навколишнім середовищем).

Для дуже розбавлених розчинів  $f \approx 1$  і  $a = c$ .

Коефіцієнт активності можна розрахувати за рівнянням

$$\lg f = -0,5z^2\sqrt{I},$$

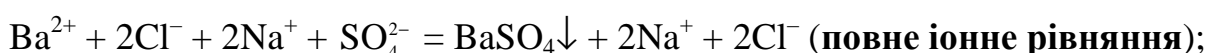
де  $z$  – заряд іона;

$I$  – іонна сила розчину, яка визначається як половина суми добутків квадратів зарядів іонів на їхню концентрацію

$$I = \frac{1}{2} \sum_i c_i z_i^2.$$

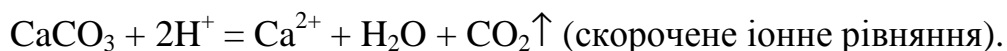
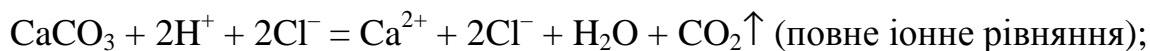
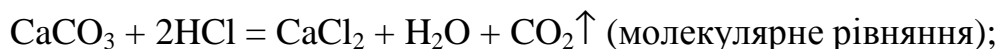
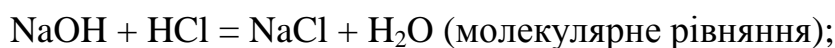
Хімічні реакції, що відбуваються між розчинами електrolітів, можна зображувати у вигляді молекулярних та іонних рівнянь.

Наприклад:



При складанні іонного рівняння в молекулярному стані залишають осад, слабкий електrolіт і летку сполуку.

Наприклад:



### **Властивості розчинів електrolітів**

**Колігативні властивості розчинів** – це властивості, які залежать від кількості частинок розчиненої речовини у розчині та не залежать від хімічної природи розчиненої речовини.

**Кріоскопія** – це явище зниження температури кристалізації розчину порівняно з температурою кристалізації чистого розчинника.

Згідно з наслідком із закону Рауля, зниження температури кристалізації розчину пропорційне моляльній концентрації розчиненої речовини в розчині:

$$\Delta t_{\text{кр.}} = t_0 - t = i \cdot K \cdot b(X) = i \cdot K \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)},$$

де  $t_0$  - температура кристалізації чистого розчинника,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t$  - температура кристалізації розчину,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$K$  - криоскопічна константа (для води  $1,86^{\circ}\text{C}/\text{моль}$ );

$b(X)$ - моляльна концентрація розчиненої речовини, моль/кг (розчинника);

$m(X)$ - маса розчиненої речовини, г;

$m(Y)$  – маса розчинника, г;

$M(X)$  – молярна маса розчиненої речовини, г/моль;

$i$  – **ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа**.

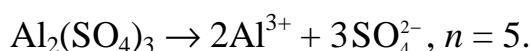
Ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа можна виразити наступним рівнянням:

$$i = 1 + \alpha(n - 1),$$

де  $\alpha$  – ступінь дисоціації;

$n$  – кількість іонів, на які дисоціює одна молекула електроліту.

Наприклад:



**Ебуліоскопія** – це явище підвищення температури кипіння розчину порівняно з температурою кипіння чистого розчинника.

Згідно з наслідком із закону Рауля підвищення температури кипіння розчину пропорційне моляльній концентрації розчиненої речовини у розчині:

$$\Delta t_{\text{кип.}} = t - t_0 = i \cdot E \cdot b(X) = i \cdot E \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)},$$

де  $t_0$  – температура кипіння чистого розчинника,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t$  – температура кипіння розчину,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$E$  – ебуліоскопічна константа (для води  $0,52^{\circ}\text{C}/\text{моль}$ );

$b(X)$ - моляльна концентрація розчиненої речовини, моль/кг (розчинника);

$m(X)$ - маса розчиненої речовини, г;

$m(Y)$  – маса розчинника, г;

$M(X)$  – молярна маса розчиненої речовини, г/моль;

$i$  – ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа.

**Осмос** – це одностороння дифузія молекул розчинника у розчин крізь напівпроникну мембрану, або дифузія розчинника із розчину з меншою концентрацією у розчин з більшою концентрацією.

Тиск, який слід прикласти до розчину, щоб осмос припинився, називається **осмотичним тиском**.

Вант-Гофф встановив, що осмотичний тиск не залежить від природи компонентів, що містяться у розчині, і збільшується пропорційно концентрації розчиненої речовини  $c(X)$  і абсолютній температурі  $T$ . Коефіцієнт пропорційності  $R$  – це універсальна газова стала, отже,

$$P_{\text{осм}} = i \cdot c(X) \cdot R \cdot T = i \cdot \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{розч.}}} RT,$$

де  $P_{\text{осм}}$  – осмотичний тиск розчину, кПа;

$c(X)$  – молярна концентрація розчиненої речовини, моль/л;

$R$  – універсальна газова стала, що дорівнює 8,314 Дж /моль·К;

$T$  – абсолютна температура, К;

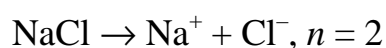
$m(X)$  – маса розчиненої речовини, г ;

$M(X)$  – молярна маса розчиненої речовини, г/ моль;

$V_{\text{розч.}}$  – об'єм розчину, л.

**Приклад.1** За якої температури буде кристалізуватися 5%-вий розчин хлориду натрію? ( $\alpha = 1$ ).

**Розв'язання.**  $\Delta t_{\text{кр.}} = t_0 - t = i \cdot K \cdot b(X) = i \cdot K \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)}$ ;



$$i = 1 + 1(2 - 1) = 2.$$

Якщо прийняти масу розчину 100г, то  $m(\text{NaCl}) = 5\text{г}$ ,  $m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 5 = 95\text{ г}$ .  $M(\text{NaCl}) = 58\text{г/моль}$ .

$$\Delta t_{\text{кр.}} = 2 \cdot 1,86 \frac{5 \cdot 1000}{58 \cdot 95} = 3,375^\circ\text{C}.$$

Вода кристалізується при  $0^{\circ}\text{C}$ , отже, температура кристалізації розчину буде  $t = 0 - \Delta t_{\text{кр}} = 0 - 3,375 = -3,375^{\circ}\text{C}$ .

**Приклад2** При  $25^{\circ}\text{C}$  осмотичний тиск розчину, що містить 2,8 г високомолекулярної органічної сполуки в 200 мл розчину, дорівнює 0,7 кПа. Знайдіть молекулярну масу розчиненої речовини.

**Розв'язання.** Осмотичний тиск розчину розраховується за рівнянням Вант-Гоффа

$$P_{\text{осм.}} = c(\text{X}) \cdot R \cdot T = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X}) \cdot V_p} RT \text{ (кПа)},$$

де  $c(\text{X})$  – молярна концентрація речовини, моль/л;  $R$  – універсальна газова стала, дорівнює 8,31 Дж/(моль·К);  $T$  – температура, К;  $m(\text{X})$  – маса розчиненої речовини, г;  $M(\text{X})$  – молярна маса розчиненої речовини, г/моль;  $V_p$  – об'єм розчину, л.

Розрахуємо молярну масу розчиненої речовини

$$M(\text{X}) = \frac{m(\text{X}) \cdot R \cdot T}{P_{\text{осм.}} \cdot V_p} = \frac{2,8 \cdot 8,31 \cdot 298}{0,7 \cdot 0,2} = 4,95 \cdot 10^4 \text{ г/моль.}$$

Отже молекулярна маса речовини дорівнює  $M_r = 4,95 \cdot 10^4$  а.о.м.

**Приклад3.** При розчиненні гідроксиду натрію масою 12 г у воді масою 100 г температура кипіння води збільшилася на  $2,65^{\circ}\text{C}$ . Яка ступінь дисоціації гідроксиду натрію відповідає цим даним?

**Розв'язання.** Для розчинів електролітів вираз рівняння для  $\Delta t_{\text{кип}}$  має вигляд

$$\Delta t_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot b(\text{X/Y}) = i \cdot E \cdot \frac{m(\text{X}) \cdot 1000}{M(\text{X}) \cdot m(\text{Y})},$$

де  $i$  – ізотонічний коефіцієнт; усю решту позначень див. приклад 3.

З наведеного рівняння розрахуємо ізотонічний коефіцієнт

$$i = \frac{\Delta t_{\text{кип}} \cdot M(\text{X}) \cdot m(\text{Y})}{E \cdot m(\text{X}) \cdot 1000} = \frac{2,65 \cdot 40 \cdot 100}{0,52 \cdot 12 \cdot 1000} = 1,7$$

Розрахуємо ступінь дисоціації NaOH. Ступінь дисоціації ( $\alpha$ ) пов'язана з ізотонічним коефіцієнтом рівнянням

$$\alpha = \frac{i-1}{z-1} = \frac{1,7-1}{2-1} = 0,7 \text{ або } 70\%.$$

(де  $z$  – кількість іонів, на які розпадається електроліт, для NaOH  $z = 2$ ).

### Виконати завдання

За даними, наведеним нижче ( $V_{\text{розч.}}$  – об'єм розчину,  $m(X)$  – маса розчиненої речовини,  $\rho$  – густина розчину,  $t$  – температура розчину,  $\alpha$  – ступінь електролітичної дисоціації), розрахувати концентрації розчинів зазначених речовин (молярну і моляльну концентрації, молярну концентрацію еквіваленту, мольну і масову частки розчиненої речовини у відсотках ); розрахувати температури кипіння, замерзання і осмотичний тиск розчинів.

| Номер варіанта | Формула розчиненої речовини                     | V, л | m, г    | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | $\alpha$ | t, °C |
|----------------|---|------|---------|----------------------------|----------|-------|
| 1              | CuSO <sub>4</sub>                               | 1    | 319     | 1,200                      | 0,90     | 0     |
| 2              | NaCl  | 2    | 58,44   | 1,010                      | 0,90     | 20    |
| 3              | MgCl <sub>2</sub>                               | 3    | 285,66  | 1,020                      | 0,90     | 0     |
| 4              | ZnSO <sub>4</sub>                               | 4    | 159,55  | 1,010                      | 0,90     | 25    |
| 5              | CuCl <sub>2</sub>                               | 5    | 672,26  | 1,06                       | 0,90     | 0     |
| 6              | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | 6    | 399,69  | 1,016                      | 0,90     | 21    |
| 7              | Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 7    | 1325,59 | 1,120                      | 0,90     | 20    |
| 8              | AgNO <sub>3</sub>                               | 8    | 141,89  | 1,080                      | 0,90     | 25    |
| 9              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | 9    | 88,20   | 1,001                      | 0,90     | 20    |
| 10             | HCl   | 10   | 365,00  | 1,010                      | 0,90     | 15    |
| 11             | HNO <sub>3</sub>                                | 9    | 56,70   | 1,010                      | 0,90     | 20    |
| 12             | BaCl <sub>2</sub>                               | 8    | 166,60  | 1,030                      | 0,85     | 0     |
| 13             | NiSO <sub>4</sub>                               | 7    | 108,30  | 1,030                      | 0,95     | 25    |
| 14             | Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 6    | 198,70  | 1,050                      | 0,90     | 20    |
| 15             | KCl   | 5    | 372,77  | 1,020                      | 0,95     | 20    |
| 16             | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>   | 4    | 124,96  | 1,100                      | 0,80     | 20    |
| 17             | KI  | 3    | 498,02  | 1,025                      | 0,90     | 25    |
| 18             | KMnO <sub>4</sub>                               | 2    | 31,61   | 1,008                      | 0,85     | 20    |
| 19             | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | 1    | 70,00   | 1,010                      | 0,90     | 0     |
| 20             | K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>                 | 3    | 58,26   | 1,003                      | 0,95     | 15    |
| 21             | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                 | 4    | 50,41   | 1,001                      | 0,90     | 20    |
| 22             | NH <sub>4</sub> Cl                              | 2    | 10,69   | 1,002                      | 0,90     | 25    |
| 23             | K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                  | 5    | 69,075  | 1,001                      | 0,95     | 0     |
| 24             | AlCl <sub>3</sub>                               | 6    | 638,154 | 1,025                      | 0,85     | 20    |
| 25             | ZnCl <sub>2</sub>                               | 7    | 95,390  | 1,002                      | 0,90     | 0     |
| 26             | NaOH  | 8    | 32,000  | 1,001                      | 0,90     | 25    |

## Виконати завдання

Для наведених нижче речовин : а) скласти рівняння дисоціації; б) розрахувати ступінь дисоціації, рН розчину, ізотонічний коефіцієнт (для багатоосновних кислот розрахунок проводити за константою дисоціації I ступеня); в) для кислот розрахувати концентрацію іонів  $H^+$ , для основ – іонів  $OH^-$ .

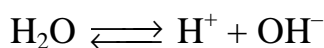
| Номер вар. | Формула речовини                             | Назва речовини   | Константа дисоціації | Концентрація, моль/л |
|------------|--|------------------|----------------------|----------------------|
| 1          | HF   | Фторидна         | $7,2 \cdot 10^{-4}$  | 0,1                  |
| 2          | HF   | Фторидна         | $7,2 \cdot 10^{-4}$  | 0,001                |
| 3          | HNO <sub>2</sub>                             | Нітритна         | $4 \cdot 10^{-4}$    | 0,001                |
| 4          | HNO <sub>2</sub>                             | Нітритна         | $4 \cdot 10^{-4}$    | 0,01                 |
| 5          | HBO <sub>2</sub>                             | Метаборатна      | $7,5 \cdot 10^{-10}$ | 0,01                 |
| 6          | HBO <sub>2</sub>                             | Метаборатна      | $7,5 \cdot 10^{-10}$ | 0,1                  |
| 7          | HCN  | Цианідна         | $7,2 \cdot 10^{-10}$ | 0,01                 |
| 8          | HCN  | Цианідна         | $7,2 \cdot 10^{-10}$ | 0,001                |
| 9          | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ОНСООН         | Саліцилатна      | $1,1 \cdot 10^{-3}$  | 0,001                |
| 10         | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ОНСООН         | Саліцилатна      | $1,1 \cdot 10^{-3}$  | 0,01                 |
| 11         | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>               | Боратна          | $5,8 \cdot 10^{-10}$ | 0,01                 |
| 12         | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>               | Боратна          | $5,8 \cdot 10^{-10}$ | 0,1                  |
| 13         | H <sub>2</sub> S                             | Сульфідна        | $1,1 \cdot 10^{-7}$  | 0,001                |
| 14         | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>               | Карбонатна       | $4,4 \cdot 10^{-7}$  | 0,001                |
| 15         | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>               | Карбонатна       | $4,4 \cdot 10^{-7}$  | 0,01                 |
| 16         | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>               | Ортофосфатна     | $7,1 \cdot 10^{-3}$  | 0,01                 |
| 17         | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>               | Ортофосфатна     | $7,1 \cdot 10^{-3}$  | 0,1                  |
| 18         | H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | Оксалатна        | $5,4 \cdot 10^{-2}$  | 0,1                  |
| 19         | H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | Оксалатна        | $5,4 \cdot 10^{-2}$  | 0,01                 |
| 20         | CH <sub>3</sub> COOH                         | Ацетатна         | $1,8 \cdot 10^{-5}$  | 0,1                  |
| 21         | CH <sub>3</sub> COOH                         | Ацетатна         | $1,8 \cdot 10^{-5}$  | 0,001                |
| 22         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH           | Пропіонатна      | $1,3 \cdot 10^{-5}$  | 0,1                  |
| 23         | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH           | Бензоатна        | $6,1 \cdot 10^{-5}$  | 0,1                  |
| 24         | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH           | Бензоатна        | $6,1 \cdot 10^{-5}$  | 0,01                 |
| 25         | NH <sub>4</sub> OH                           | Гідроксид амонію | $1,7 \cdot 10^{-5}$  | 0,01                 |

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

### ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ

#### Дисоціація води. Водневий показник

Вода – дуже слабкий електроліт, який частково дисоціює згідно з рівнянням:



$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \cdot 10^{-16} \text{ (при } 25^\circ\text{C)}.$$

$[\text{H}_2\text{O}]$  залишається сталою величиною.

Тому  $K_d \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \text{const} = 10^{-14}$ .

**$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$  – іонний добуток води.**

У чистій воді  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  моль/л – нейтральне середовище.

Якщо  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  (наприклад,  $[\text{H}^+] = 10^{-6}, 10^{-4}$  моль/л) – кисле середовище.

Якщо  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$  (наприклад,  $[\text{H}^+] = 10^{-8}, 10^{-10}$  моль/л) – лужне середовище.

Зручніше оперувати не концентраціями іонів (дуже малі дробові числа), а логарифмами цих величин.

**pH – водневий показник,  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ .**

**$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$ .**

Якщо  $[\text{H}^+] = 10^{-7}$ , то  $\text{pH} = -\lg 10^{-7} = 7$ .

Тому в нейтральному водному розчині  $\text{pH} = 7$ , в кислому –  $\text{pH} < 7$ , в лужному –  $\text{pH} > 7$ .

**$\text{pH} + \text{pOH} = 14$ .**

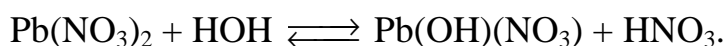
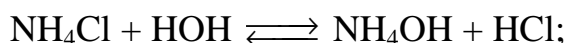
Слово "гідроліз" буквально означає "розкладання водою". Гідролізом називається усяка взаємодія речовини з водою обмінного характеру, під час якої складові частини речовини з'єднуються зі складовими частинами води.

Гідролізуватися можуть хімічні сполуки різних класів: солі, вуглеводи, білки, етери, естери, жири, тощо.

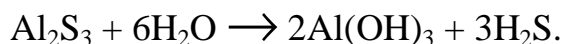
Гідроліз солі є результатом взаємодії іонів солі з молекулами води, що утворюють їх гідратні оболонки.

Реакція обміну між іонами розчиненої солі та іонами води, внаслідок якої утворюється слабкий електроліт, називається **гідролізом солі**.

Більшість реакцій гідролізу – зворотні:



Якщо основа чи кислота, що утворюють сіль, є не тільки слабкими електролітами, але й малорозчинними або нестійкими і розкладаються з утворенням летких продуктів, то в цьому випадку гідроліз солі перебігає незворотно:



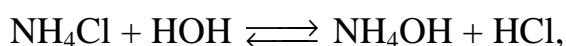
Здатність солей гідролізуватися залежить від властивостей іонів, що утворюють сіль, і від зовнішніх факторів (температури, концентрації розчину).

### **Відсутність гідролізу в розчинах солей**

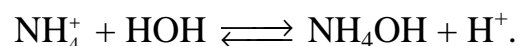
Солі, утворені сильними кислотами і сильними основами ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaClO}_4$  тощо) не піддаються гідролізу. При розчиненні у воді вони розпадаються на катіони сильних основ і аніони сильних кислот, які не здатні при взаємодії з водою утворити молекули слабких електролітів. Водні розчини таких солей мають нейтральну реакцію середовища ( $\text{pH} = 7$ ).

### **Гідроліз за катіоном**

Солі, утворені слабкими основами і сильними кислотами, гідролізуються за катіоном:

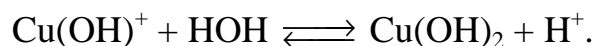
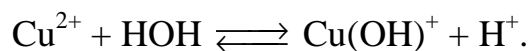
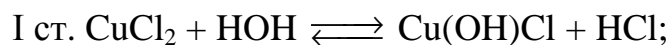


або в іонному вигляді:





Гідроліз солей, до складу яких входять багатовалентні катіони, перебігає ступінчасто через стадії утворення основних солей:



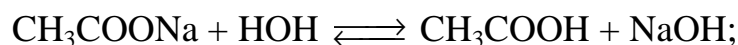
У таких випадках гідроліз майже повністю припиняється на перших стадіях (накопичення іонів  $\text{H}^+$  зміщує рівновагу в бік вихідних речовин).

Більш повному гідролізу сприяє розбавлення розчину і підвищення температури. (У такому випадку можна враховувати гідроліз і за другим ступенем).

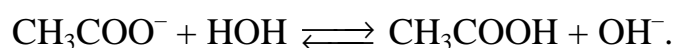
Водні розчини солей, утворених слабкими основами і сильними кислотами мають кислу реакцію середовища ( $\text{pH} < 7$ ).

### **Гідроліз за аніоном**

Солі, утворені слабкими кислотами і сильними основами, гідролізуються за аніоном:

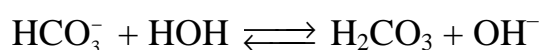
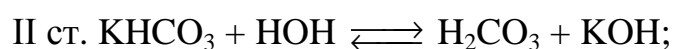
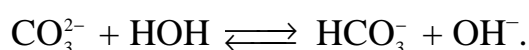
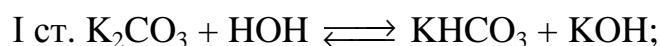


або в іонному вигляді:



Отже, іони  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  як іони слабкої кислоти взаємодіють з водою, відтягують від неї Гідроген і утворюють слабкий електроліт (ацетатну кислоту).

Гідроліз солей, до складу яких входять багатовалентні аніони, перебігає ступінчасто:

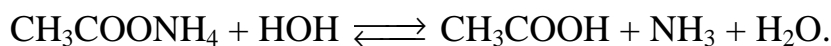


За другим ступенем гідроліз відбувається значно меншою мірою.

Водні розчини солей, утворених слабкими кислотами і сильними основами, мають лужну реакцію середовища ( $\text{pH} > 7$ ).

### Гідроліз за катіоном і аніоном

Солі, утворені слабкими основами і слабкими кислотами, гідролізуються і за катіоном, і за аніоном. Гідроліз може відбуватися значною мірою:



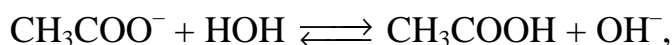
Реакція розчинів таких солей залежить від відносної сили кислоти і основи, які утворилися (від їх констант дисоціації). Розчин ацетату амонію має нейтральну реакцію середовища, оскільки  $K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH})$

Якщо  $K_{\text{д}}(\text{основи}) > K_{\text{д}}(\text{кислоти})$ , то  $\text{pH} > 7$ , у випадку  $K_{\text{д}}(\text{основи}) < K_{\text{д}}(\text{кислоти})$  –  $\text{pH} < 7$ .

Кількісно гідроліз оцінюють за ступенем і константою гідролізу.

**Ступінь гідролізу** показує частку гідролізованих молекул і визначається відношенням числа молів солі, що піддалися гідролізу, до загального числа молів солі. Ступінь гідролізу залежить від природи солі, її концентрації і температури розчину. Із розбавленням і підвищенням температури розчину ступінь гідролізу солі зростає. Повніше характеризує гідроліз константа гідролізу ( $K_{\text{г}}$ ), яка є константою рівноваги відносно реакції гідролізу.

Наприклад, для  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , гідроліз якого відбувається за рівнянням:



згідно із законом дії мас, можна записати константу гідролізу  $K_{\text{г}}$  у такому вигляді:

$$K_{\text{г}} = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}; \quad K_{\text{г}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH})}.$$

$$\text{Для } \text{NH}_4\text{Cl} \quad K_{\text{г}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH})}.$$

$$\text{Для } \text{CH}_3\text{COONH}_4 \quad K_{\text{г}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH})}.$$

За принципом ле Шател'є в разі додавання кислоти рівновага реакції гідролізу зміститься у напрямку вихідних речовин, а в разі додавання води (розбавлення розчину) – у напрямку продуктів реакції.

**Приклад 1.** Обчисліть концентрацію іонів водню і значення  $\text{pH}$  в 0,3М розчині нітритної кислоти, якщо за температури  $25^\circ \text{C}$  константа дисоціації її дорівнює  $4 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

**Розв'язання.** Електролітична дисоціація нітритної кислоти перебігає за рівнянням  $\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$ . Ступінь дисоціації нітритної кислоти, як слабкого електроліту, розраховуємо за рівнянням

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c(\text{HNO}_2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-4}}{0,3}} = 3,65 \cdot 10^{-2}.$$

Концентрація іонів водню в розчині слабкої нітритної кислоти

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c(\text{HNO}_2) = 3,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3 = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

Значення водневого показника

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 1,1 \cdot 10^{-2} = 2 - \lg 1,1 = 1,96.$$

### Виконати завдання

Для наведених нижче солей: а) скласти рівняння гідролізу; б) вказати значення pH (більше, менше або дорівнює 7) у розчині солі; в) розрахувати константу гідролізу солі, використовуючи значення констант дисоціації слабких електролітів з попереднього завдання.

| Номер варіанта | Речовина                     | Номер варіанта | Речовина                           | Номер варіанта | Речовина                            |
|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1              | $\text{NaNO}_2$              | 9              | $\text{Na}_2\text{S}$              | 17             | $\text{K}_2\text{CO}_3$             |
| 2              | $\text{NH}_4\text{F}$        | 10             | $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  | 18             | $\text{CH}_3\text{COONa}$           |
| 3              | $\text{NaBO}_2$              | 11             | $\text{KF}$                        | 19             | $\text{C}_6\text{H}_6\text{COOK}$   |
| 4              | $\text{Na}_3\text{BO}_3$     | 12             | $\text{K}_3\text{PO}_4$            | 20             | $\text{NH}_4\text{NO}_3$            |
| 5              | $\text{Na}_2\text{CO}_3$     | 13             | $\text{LiF}$                       | 21             | $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOOK}$ |
| 6              | $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ | 14             | $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$ | 22             | $\text{NH}_4\text{Cl}$              |
| 7              | $\text{K}_2\text{S}$         | 15             | $\text{NaF}$                       | 23             | $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$    |
| 8              | $\text{Na}_3\text{PO}_4$     | 16             | $\text{NH}_4\text{I}$              | 24             | $\text{KNO}_2$                      |
|                |                              |                |                                    | 25             | $\text{KCN}$                        |

### Контрольні запитання

1. Що таке сильні й слабкі електроліти?
2. Що таке ступінь дисоціації електроліту, від яких факторів вона залежить?
3. Напишіть молекулярні та іонні рівняння реакції між розчинами карбонату калію і сульфатною кислотою; між розчинами хлориду кальцію і карбонату натрію.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

### ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ.КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ

#### Теоретична частина

Основні принципи, які лежать в основі дії гальванічних елементів, тісно пов'язані з особливістю кристалічної структури металів. Якщо занурити активний метал, наприклад, цинк у водний розчин його солі ( $ZnSO_4$ ), то іони цинку почнуть переходити в розчин під впливом електростатичних сил, які діють з боку полярних молекул води. У зв'язку з цим метал, у якому залишається надлишок електронів, заряджається негативно, а розчин довкола металу - позитивно. (рис.1а). Кількість іонів цинку, які переходять в розчин, дуже мала. Негативний заряд, який виникає на металі, починає притягувати назад іони цинку. Так, через деякий час настає рівновага: кількість іонів, які залишають ґратку металу, дорівнює кількості іонів, які повертаються на метал.

Цій рівновазі відповідає відповідний рівноважний електродний потенціал.

Іони, які перейшли в розчин не можуть розподілятися рівномірно в об'ємі розчину, а в наслідок електростатичного тяжіння до негативного зарядженого металу розташовуються близько до поверхні і утворюють подвійний електричний шар (рис.3).

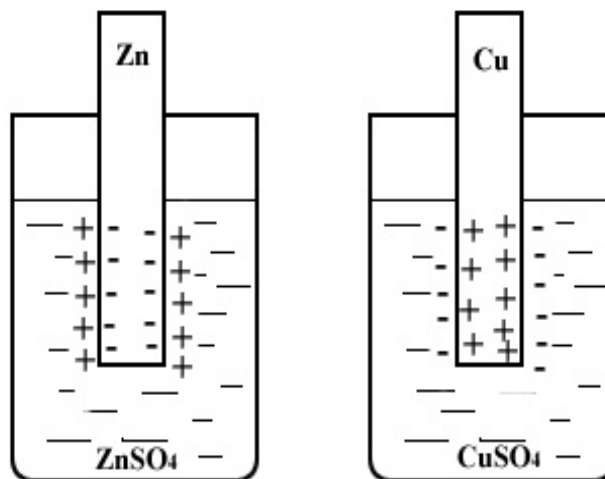


Рис. 3 – Утворення подвійного електричного шару

Для малоактивних металів рівноважна концентрація іонів набагато менша. Якщо занурити малоактивний метал (наприклад мідь) у розчин його солі ( $\text{CuSO}_4$ ) з концентрацією більшою, чим рівноважна концентрація іонів міді, то частина катіонів перейде з розчину на електрод. Поверхня електрода заряджається позитивно, а розчин – негативно за рахунок залишкової кількості аніонів (рис.3).

Для того щоб порушити рівноважний стан подвійних електричних шарів, треба щоб у процесі переходу іонів активного металу в розчин його електрони перетікали на неактивний метал. Такі умови можна забезпечити в гальванічному елементі (рис.4).

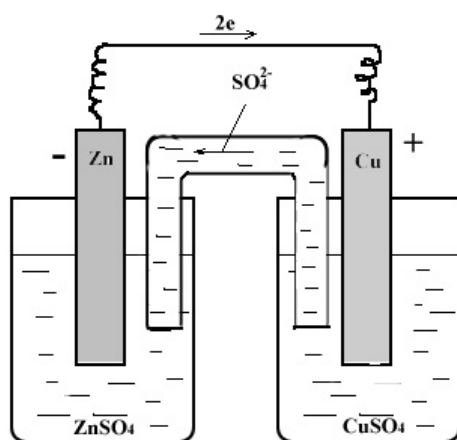
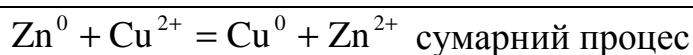


Рис. 4 – Мідно-цинковий гальванічний елемент

Якщо з'єднати дві пластини (цинкову й мідну) провідником, то накопичені на цинку електрони будуть перетікати до мідної пластини. Таким чином цинк знову отримає можливість посилати все нові та нові кількості іонів цинку в розчин. На мідній пластині іони міді будуть розряджатися і виділятися у вигляді металічної міді. Цей процес відбуватиметься доти, доки не розчиниться весь цинк, або не буде використана уся мідна сіль ( $\text{CuSO}_4$ ). Процеси, які протікають у мідно-цинковому гальванічному елементі можна відобразити такими рівняннями:



Таким чином, за рахунок протікання цієї окисно-відновної хімічної реакції у мідно-цинковому гальванічному елементі утворюється безперервний потік електронів (електричний струм).

**Гальванічним (електрохімічним) елементом** називається прилад для отримання електричного струму за рахунок електрохімічних реакцій.

Електрохімічний ланцюг є рівноважним за умови, що електрохімічна рівновага спостерігається на кожній фазовій межі, а різниця потенціалів ланцюга скомпенсована різницею потенціалів від зовнішнього джерела струму.

**ЕРС - електрорушійна сила  $E$  (В)** гальванічного елемента дорівнює різниці електродних потенціалів його півелементів:

$$E = \varphi_K - \varphi_A,$$

де  $\varphi_K$  – потенціал катодного електроду (правий півелемент);

$\varphi_A$  – потенціал анодного електроду (лівий півелемент).

Електродний потенціал півелемента, в якому відбувається окисний процес, наприклад  $Me^{n+} + ne^- \rightarrow Me$  розраховують за рівнянням Нернста:

$$\varphi_{Me^{n+}|Me} = \varphi_{Me^{n+}|Me}^0 + \frac{RT}{nF} \ln c(Me^{n+}),$$

де  $\varphi_{Me^{n+}|Me}$  – електродний потенціал метала;

$\varphi_{Me^{n+}|Me}^0$  – стандартний електродний потенціал;

$R$  – газова стала;

$T$  – температура в К;

$F$  – число Фарадея;

$n$  – кількість електронів, які беруть участь в елементарному електрохімічному процесі.

Якщо взяти  $\theta = 2,303 \frac{RT}{F}$ , то за активності металу (молярній концентрації), що дорівнює одиниці отримаємо спрощене рівняння:

$$\varphi_{Me^{n+}|Me} = \varphi_{Me^{n+}|Me}^0 + \frac{\theta}{n} \lg c(Me^{n+})$$

Або при 25<sup>0</sup>С:

$$\varphi_{Me^{n+}|Me} = \varphi_{Me^{n+}|Me}^0 + \frac{0,059}{n} \lg c(Me^{n+})$$

**Півелемент або електрод** – це електрохімічна система, містить якнайменш дві фази, одна з яких є провідником першого роду (металом), друга – провідником другого роду (розчином електроліту). У нашому випадку це є металева пластинка, занурена у розчин солі цього металу.

ЕРС гальванічного елемента завжди позитивна, тому що відповідає процесу, який відбувається самодовільно з позитивною роботою ( $\Delta G < 0$ ). ЕРС ланцюга вважається позитивною, якщо катіони під час роботи ланцюга переходять у розчин від електрода, що записаний ліворуч (анода), у напрямку до електрода, що записаний праворуч (катода). У тому ж напрямку рухаються й електрони в зовнішньому ланцюгу. Таким чином, при записі елемента, лівий електрод завжди має потенціал менший за правий, а для електрохімічного ланцюга: ліворуч розташовується електрод, що має негативний потенціал; розчини обох електродів відокремлюються від металу однією вертикальною лінією. Контакт двох розчинів показують двома суцільними лініями, якщо між розчинами знаходиться сольовий місток. У такому разі потенціал, що виникає на межі поділу двох розчинів (дифузійний потенціал), зведений до мінімального значення, і він залишається сталим під час вимірювань. Отже, мідно-цинковий гальванічний елемент можна записати так:



За умовно-нульовий потенціал обраний потенціал стандартного водневого електрода (рис.5):

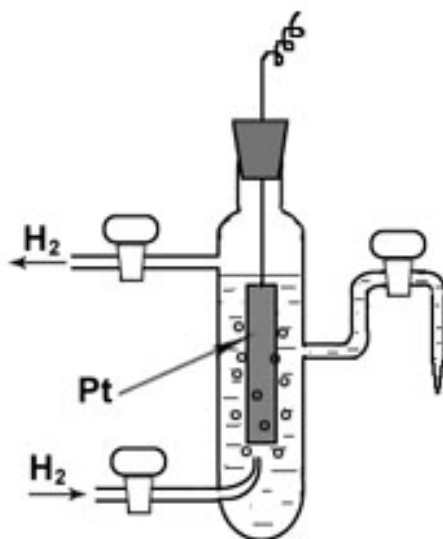


Рис. 5 – Стандартний водневий електрод

$\text{H}^+|\text{H}_2(p_{\text{H}_2} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Па})\text{Pt}$  у якому активність (молярна концентрація) іонів водню в розчині дорівнює одиниці. Електродна реакція  $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$ .

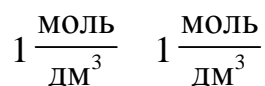
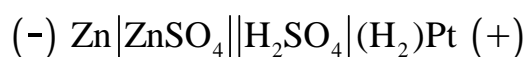
Електродним потенціалом метала називається величина, яка дорівнює ЕРС гальванічного елемента, складеного з певного електрода і стандартного водневого електрода, що знаходиться в розчині з одиничною активністю (молярною концентрацією) іонів водню з тиском водню  $1,013 \cdot 10^5 \text{Па}$ .

Стандартний електродний потенціал металу відповідає потенціалу певного металу (електрода) в розчині з активністю (молярною концентрацією) іонів певного металу, яка дорівнює одиниці. Наприклад, для знаходження електродного потенціалу цинкового електрода треба скласти гальванічний елемент (рис.6).



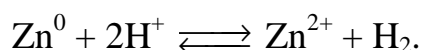
Рис. 6 – Стандартний воднево-цинковий гальванічний елемент

Електрохімічну схему цього гальванічного елемента можна записати наступним чином:



В цьому гальванічному елементі перебігає реакція





Так, для гальванічного елемента з метою знаходження стандартного електродного потенціалу цинку запишімо:

$$E = \varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2}^0 - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}},$$

де  $\varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2}^0 = 0$ ,

а  $\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg c(\text{Zn}^{2+})$ ,

якщо  $c(\text{Zn}^{2+}) = 1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$ ,

то маємо  $E = 0 - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -0,76\text{В}$  (Додаток табл. 2),

$E = 0,76\text{В}$ .

Якщо розмістити стандартні електродні потенціали металів, вимірних відносно стандартного водневого електрода, у порядку збільшення значення електродного потенціалу, то утворюється ряд напруг металів (Додаток табл.2).

Теоретичне і практичне значення ряду напруг металів полягає в тому, що всі елементи в ньому розміщені залежно від їх електрохімічних властивостей. Гідроген займає ключове положення. До нього зліва направо розміщені активні метали з негативними потенціалами. Після Гідрогену справа розміщені малоактивні метали з позитивними потенціалами. Основні висновки, які можна зробити, виходячи з положення металу в ряді напруг:

1. Кількісні значення електродного потенціалу в ряді напруг для кожного металу є його стандартними потенціалами у вольтах, відносно стандартного водневого електрода, потенціал якого прийнято вважати рівним нулю.

2. Кожний метал цього ряду, який стоїть лівіше витісняє всі метали, які стоять правіше, із розчинів їх солей.

3. Метали, які стоять у ряду до водню витісняють водень із розчинів неокиснювальних кислот.

Зробимо розрахунок ЕРС для гальванічного елемента:



$$0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3} \quad 0,01 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$$

$$E = \varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}};$$

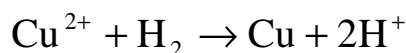
$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = 0,34 - 0,059 = 0,28\text{В};$$

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,76 - 0,03 = -0,79\text{В};$$

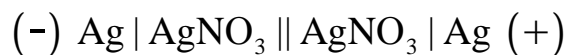
$$E = 0,28 - (-0,79) = 1,07 \approx 1,1\text{В}$$

Розрізняють гальванічні елементи:

а) хімічні, у яких ЕРС виникає внаслідок різної хімічної природи електродів. Під час їхньої роботи відбуваються хімічні перетворення компонентів. Наприклад, у гальванічному елементі



б) концентраційні елементи, які складаються з ідентичних за фізичним станом і хімічною природою учасників окисно-відновного процесу. Наприклад, два однакових метала, які занурено в розчин солі того ж метала, з різною концентрацією. Анодом є півелемент з меншою концентрацією розчину солі:



$$0,01 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3} \quad 0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$$

ЕРС виникає за рахунок дифузії іонів, а не за рахунок хімічної реакції.

**Приклад.** Гальванічний елемент складений із залізного і срібного електродів. Концентрація іонів заліза (II) 1 моль/л, іонів срібла 0,01 моль/л. Який метал є анодом, який катодом? Напишіть рівняння окисно-відновної

реакції, яка описує роботу цього гальванічного елемента, наведіть схему роботи елемента й розрахуйте ЕРС.

**Розв'язання.**

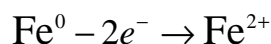
Визначимо електродні потенціали даних металів при заданих концентраціях:

$$\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 1 = -0,44 + 0 = -0,44\text{В}$$

$$\varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} = \varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}}^0 + \frac{0,059}{1} \lg 0,01 = 0,8 - 0,059 \cdot 2 = 0,68\text{В}$$

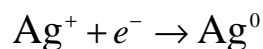
Залізо має менше значення електродного потенціалу ( $\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = -0,44\text{В}$ )

і є анодом, на якому протікає процес окиснення:



Срібло, потенціал якого ( $\varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} = 0,68\text{В}$ ) вище, ніж потенціал заліза, є

катодом, на якому протікає процес відновлення:



Рівняння окисно-відновної реакції, яка описує роботу цього гальванічного елемента, одержимо, склавши рівняння анодного і катодного процесів:

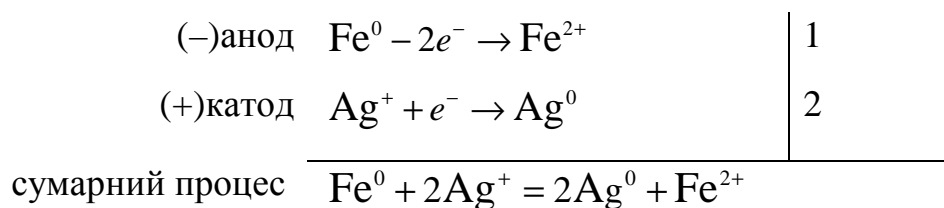
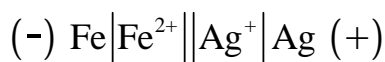


Схема залізно-срібного гальванічного елемента:



Електрорушійна сила (ЕРС) гальванічного елемента дорівнює різниці потенціалів катода й анода:

$$E = \varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} - \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = 0,68 - (-0,44) = 1,12\text{В}.$$

### Виконати завдання

Розрахувати електродні потенціали зазначених металів у розчинах власних солей та ЕРС гальванічного елемента, складеного з двох металічних електродів. Концентрації іонів наведені нижче:

| Номер варіанта | Найменування металів | Концентрація іонів металів у розчині, моль/л           |
|----------------|----------------------|--|
| 1              | Мідь, цинк           | $c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$      |
| 2              | Алюміній, залізо     | $c(\text{Al}^{3+}) = 0,001; c(\text{Fe}^{2+}) = 1$     |
| 3              | Нікель, свинець      | $c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$   |
| 4              | Олово, магній        | $c(\text{Sn}^{2+}) = 1; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$         |
| 5              | Залізо, нікель       | $c(\text{Fe}^{2+}) = 0,01; c(\text{Ni}^{2+}) = 0,001$  |
| 6              | Цинк, алюміній       | $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$  |
| 7              | Олово, марганець     | $c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mn}^{2+}) = 1$      |
| 8              | Магній, свинець      | $c(\text{Mg}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$      |
| 9              | Мідь, алюміній       | $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$  |
| 10             | Марганець, залізо    | $c(\text{Mn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Fe}^{3+}) = 1$      |
| 11             | Олово, нікель        | $c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01$   |
| 12             | Свинець, магній      | $c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01; c(\text{Cu}^{2+}) = 0,0001$ |
| 13             | Цинк, мідь           | $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Cu}^{2+}) = 0,001$  |
| 14             | Срібло, цинк         | $c(\text{Ag}^+) = 1; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$         |
| 15             | Нікель, магній       | $c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$      |
| 16             | Мідь, срібло         | $c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Ag}^+) = 0,1$          |
| 17             | Олово, цинк          | $c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$   |
| 18             | Нікель, алюміній     | $c(\text{Ni}^{2+}) = 1; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$     |
| 19             | Залізо, цинк         | $c(\text{Fe}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 1$      |
| 20             | Мідь, олово          | $c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01$      |
| 21             | Цинк, магній         | $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$      |
| 22             | Олово, свинець       | $c(\text{Sn}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$      |
| 23             | Свинець, алюміній    | $c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$  |
| 24             | Нікель, магній       | $c(\text{Ni}^{2+}) = 1; c(\text{Mg}^{2+}) = 0,01$      |
| 25             | Марганець, свинець   | $c(\text{Mn}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$      |

Скласти схему гальванічного елемента із зазначених електродів, написати рівняння електродних процесів і сумарної реакції, що відбувається при роботі елемента й розрахувати його ЕРС.

Замінити один з електродів стандартним водневим, скласти схему нового гальванічного елемента, написати рівняння електродних процесів і сумарної реакції і розрахувати ЕРС.

## Корозія металів. Захист металів від корозії

**Корозія** – процес самодовільної фізико-хімічної взаємодії між металом і середовищем, який призводить до зміни властивостей металу.

Характерні ознаки корозії:

- процес самоплинний, завжди негативного забарвлення, пов'язаний з погіршенням властивостей металів і виробів;
- відбувається на межі розділу фаз: метал – рідина; метал – газ.

Середовище, що зумовлює корозію, називають корозійним або агресивним. Внаслідок взаємодії металу і корозійного середовища утворюються хімічні сполуки, які називають продуктами корозії, зумовлені цією взаємодією зміни стану або властивостей окремих складових цієї системи – корозійним ефектом.

Чинники, що впливають на швидкість, вид та розподіл корозії, називають чинниками корозії (факторами корозії). Чинники, пов'язані з природою металу (хімічний склад, структура, стан поверхні), називають внутрішніми, а зумовлені впливом корозійного середовища (склад, гідро– або аеродинамічні умови, тиск, температура, механічні навантаження) – зовнішніми чинниками. За характером ушкоджень поверхні металу або порушень його фізико-хімічних властивостей корозійні руйнування поділяють на рівномірні і нерівномірні.

Види корозійних руйнувань наведені на рис.7.

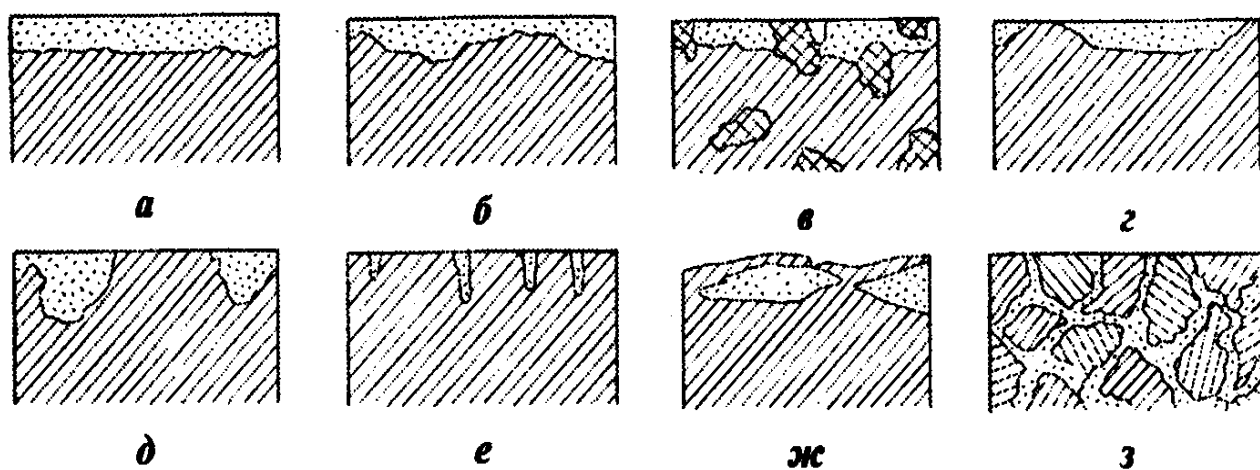


Рис. 7 – Види корозійних ушкоджень: *a* - суцільна рівномірна; *б* - суцільна нерівномірна; *в* - структурно-вибіркова; *г* - плямами; *д* - виразкова; *е* - точечна (пітінгова); *ж* - підповерхнева; *з* - міжкристалітна

Нерівномірна корозія (точечна або міжкристалічна) більш небезпечна, ніж рівномірна, тому що призводить до різкого зменшення опору металу, або утворення наскрізних дефектів у металевих виробах.

За умовами експлуатації та видом корозійного середовища розрізняють:

- атмосферну корозію;
- підземну корозію;
- морську корозію;
- корозію в розплавах електролітів;
- корозійно-механічне руйнування;
- корозію при терті;
- корозію під дією блукаючих струмів.

За механізмом протікання корозії розрізняють хімічну та електрохімічну корозії.

**Хімічна корозія** – це самодовільне руйнування металу в неелектропровідних середовищах. При хімічній корозії процес окиснення металу та відновлення окисника відбувається в одну стадію (хімічний процес).

До хімічної корозії відносять:

- корозію в неелектролітах (бензин, бензол, бром);
- газову корозію – корозію при контакті метала з сухими газами за високих температур (наприклад, корозія матеріалів двигуна внутрішнього згоряння, лопаток газових турбін та інше).

Типовим процесом хімічної корозії є окиснення металів в атмосфері кисню.



Найбільш небезпечна газова корозія протікає за температури вище 600 С.

**Електрохімічна корозія** – це процес самодовільного розчинення металів у розчинах електролітів, під час якого окислення металів і відновлення окисника середовища відбувається на різних стадіях і ділянках металу. Електрохімічна корозія виникає при контакті метала з електролітом.

Поверхня кожного металу гетерогенна (неоднорідна) і складається із багаточисленних короткозамкннутих мікроелектродних елементів. При контакті з розчином електроліту мікрогальванічні корозійні елементи починають функціонувати, що призводить до руйнування поверхні металу.

Причини, які зумовлюють гетерогенність у системі метал – електроліт різні. Найголовніші з них три: неоднорідність металевої фази, неоднорідність рідкої фази і неоднорідність викликана зовнішніми факторами.

Неоднорідність металевої фази викликана наявністю електропровідних включень (домішок або компонентів сталі); сплаву; наявністю поверхневих дефектів (дислокацій та інших); анізотропність металевого кристала; неоднорідність захисних оксидних плівок на поверхні металу.

Неоднорідність рідкої фази (електроліту) пов'язана з різною концентрацією іонів певного металу на різних ділянках контакту фаз; концентрацією розчиненого в електроліті кисню; відмінністю величини рН для різних зон об'єму електроліту.

Неоднорідність дії фізичних умов викликається нерівномірністю температури відповідних ділянок поверхні металу при контакті їх з електролітом або нерівномірністю дії зовнішнього електричного поля.

Принципова схема електрохімічного руйнування металу наведена на рис. 8.

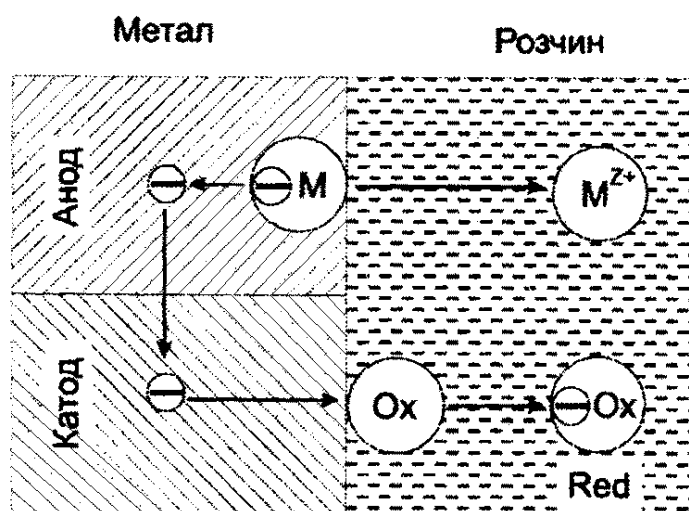
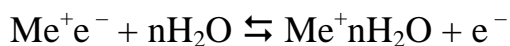


Рис. 8 – Схема процесу електрохімічної корозії

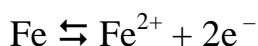
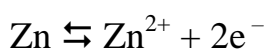
Анодний і катодний процеси в мікрогальванічному корозійному процесі взаємопов'язані, уповільнення одного з них призводить до гальмування другого.

Таким чином при протіканні електрохімічної корозії одночасно протікають два електродні процеси.

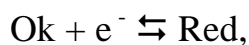
1. Анодний процес – перехід іонів металу в розчин і утворення на анодній ділянці металу еквівалентної кількості електронів, які переміщуються до катодної ділянки металу.



Прикладом таких процесів є реакції окиснення:



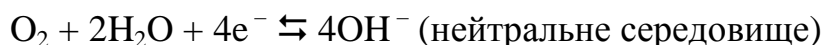
2. Катодний процес – зв'язування електронів атомами або молекулами електроліту (деполяризаторами) на поверхні металу, які при цьому відновлюються:



де Ok – окисник, який знаходиться в розчині електроліту;

Red – його відновна форма.

Прикладом катодних процесів можуть бути такі реакції відновлення:



А також, окисником може бути катіон металу у найвищому ступені окиснення, наприклад,  $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$

Анодний і катодний процеси, які наведені на схемі умовно називають первинними процесами, а продукти їх взаємодії первинними продуктами корозії.

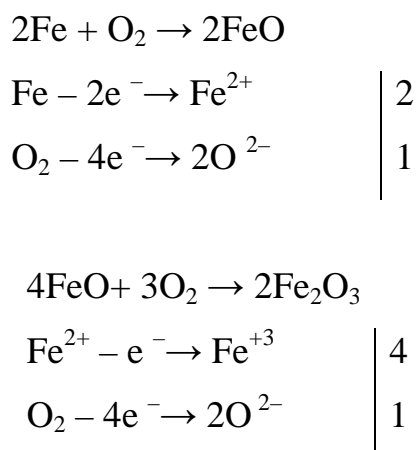
У процесі протікання електрохімічної корозії можуть відбуватися вторинні процеси: взаємодія первинних продуктів корозії між собою і електролітом, а також з газами, які розчинені в електроліті. При цьому можуть утворюватися вторинні продукти корозії (гідроксиди, фосфати, силікати



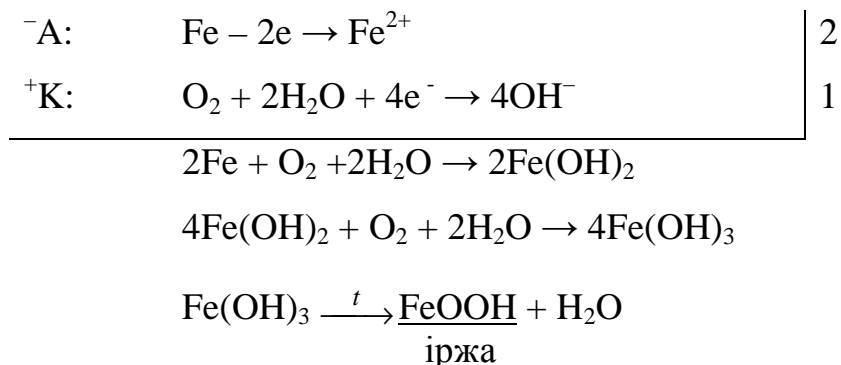
металів), які є малорозчинними у водних середовищах. У загальному вигляді вторинні продукти гальмують швидкість протікання електрохімічної корозії. Утворення вторинних продуктів притаманне електрохімічній корозії, яка протікає в нейтральних або лужних середовищах.

### Приклади протікання корозійних процесів

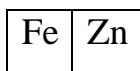
1. Хімічна корозія заліза в сухому повітрі:



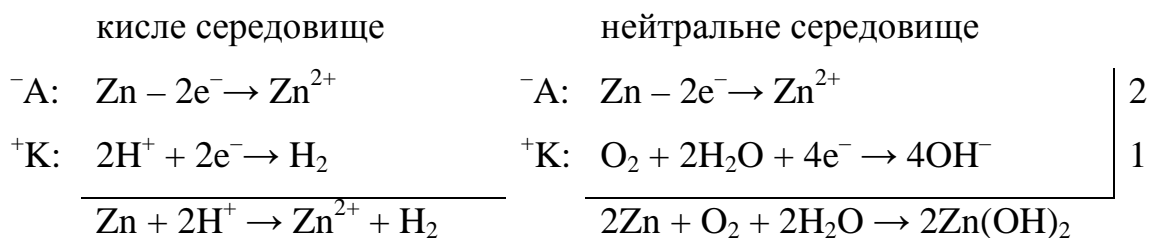
2. Електрохімічна корозія заліза у вологому повітрі:



3. Електрохімічна корозія металів, які контактують у кислому та нейтральному середовищі:



Тому що цинк має менший за залізо стандартний електродний потенціал, його поверхня буде анодом, а поверхня заліза – катодом. На аноді протікає процес окиснення активного металу – цинку, а на поверхні катоду (залізо) відбувається процес відновлення іонів гідрогену (кисле середовище) або молекул кисню (нейтральне середовище).



### Захист металів від корозії

Найбільш надійний засіб боротьби з корозією – це виготовлення апаратів, машин та іншого обладнання із корозійностійких матеріалів. Однак, його не завжди можна використати з економічних, технічних, технологічних та інших міркувань, зокрема, через низьку пластичність та велику вартість таких матеріалів. Саме цьому більшість виробів виготовляють із дешевих та доступних матеріалів з наступним захистом їх від корозії.

Класифікація способів протикорозійного захисту, наведена на рис.9



Рис.9 – Класифікація способів захисту від корозії

До першої групи методів відносять ті, які впливають на метал:

- **раціональне конструювання** – видалення вузлів з агресивного середовища, виключення зон локального руйнування (ділянок

- накопичення вологи, щілин, зазорів, небажаних контактів металів і механічних напруг: при з'єднанні вузлів металоконструкцій слід віддавати перевагу зварним з'єднанням, на відміну від клепки та з'єднання болтами);
- **легування** – введення компонентів, що створюють об'ємний або поверхневий екрануючий шар, зменшує катодну або анодну активність сплаву, запобігає структурній корозії;
  - **обробка поверхні** – термічна, механічна, хімічне або електрохімічне полірування;
  - **нанесення захисних покриттів**.

До методів впливу на агресивне середовище та умови експлуатації відносять;

- **електрохімічний захист** (катодний, протекторний та анодний);
- **осушення повітря** з використанням активованого силікагелю, підігрівом та додаванням нейтралізуючих речовин;
- **створення штучних середовищ** з леткими нейтралізуючими компонентами, інгібіторами; деаерація водних розчинів, застосування нейтральних або слаболужних середовищ.

### Виконати завдання

1. Описати механізм корозійного процесу при контакті двох металів, наведених нижче, у кислому середовищі й в умовах вологої атмосфери:

| Номер варіанта | Контакт двох металів | Номер варіанта | Контакт двох металів |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| 1              | Al/Fe                | 13             | Fe/Mn                |
| 2              | Cu/Al                | 14             | Au/Al                |
| 3              | Mg/Zn                | 15             | Mg/Cu                |
| 4              | Ag/Fe                | 16             | Zn/Ni                |
| 5              | Zn/Cu                | 17             | Fe/Cu                |
| 6              | Ag/Mg                | 18             | Zn/Ag                |
| 7              | Ni/Fe                | 19             | Au/Zn                |
| 8              | Cr/Al                | 20             | Ni/Au                |
| 9              | Pb/Fe                | 21             | Mg/Fe                |
| 10             | Zn/Ag                | 22             | Fe/Cr                |
| 11             | Au/Fe                | 23             | Pb/Cu                |
| 12             | Zn/Al                | 24             | Zn/Cu                |
|                |                      | 25             | Fe/Au                |

2. Навести приклади катодних і анодних металевих покриттів сталевих виробів, що експлуатуються в умовах вологої атмосфери.

3. Що відбудеться у випадку порушення цілісності захисного металевого покриття?

4. Який вид захисту від корозії можна запропонувати для великогабаритних сталевих виробів, що експлуатуються в морській воді? У вологій атмосфері ґрунту?

### **Контрольні запитання**

1. Користуючись рядом напруг металів, виберіть два метали, здатні утворити гальванічний елемент з максимально можливою ЕРС.
2. Як пояснюється поляризація електродів навантаженого гальванічного елемента?
3. Чим відрізняються сучасні побутові гальванічні елементи від елемента Даніеля-Якобі? Які речовини використовують у таких елементах для виготовлення анодів і катодів?
4. Що таке паливні елементи, чим вони відрізняються від звичайних гальванічних елементів? Яке паливо і які окисники використовують в паливних елементах?
5. Дайте назву головним видам корозії металів залежно від механізму перебігу процесу і розподілу продуктів корозії на поверхні металу.
6. Суть хімічної й електрохімічної корозії металів.
7. Поясніть вплив гетерогенності металу (сталі) на корозійні процеси.
8. Перелічіть чинники, що впливають на швидкість перебігу електрохімічної корозії в нейтральних середовищах.
9. Наведіть приклади роботи макро- і мікрокорозійних пар, які утворюються на кордоні "метал – розчин".
10. У чому суть атмосферної і ґрунтової корозії металів?
11. За якими ознаками класифікують корозійні процеси?

## Список літератури

1. Глинка Н. Л. Общая химия. [Текст] – М., 1975-1988. – 719 с.
2. Курс химии. Ч. 1. [Текст] / Под ред. Г. А. Дмитриева и др. – М., 1971.
3. Курс химии. Ч. 2. [Текст] / Под ред. Л. Ф. Алабышева. – М., 1969.
4. Курс химии. Ч. 2. [Текст] / Под ред. В. А. Киреева. – М., 1974.
5. Курс химии. Ч. 2. [Текст] / Под ред. Г. П. Лучинского и В. И. Семишина.
6. Фролов В. В. Химия. [Текст] – М., 1979.
7. Харин А. Н., Катаев Н. А., Харина Л. Т. Курс химии. [Текст] – М., 1975.
8. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. [Текст] – М., 1981.
9. Левант Г. Е., Райцин Г. А. Практикум по общей химии. [Текст] – М, 1981.
10. Абкин Г. Л. Задачи и упражнения по общей химии. [Текст] – М., 1971.

## ДОДАТКИ

### Стандартні електродні потенціали металів

Таблиця № 1

| Электрод             | $E^0$ , В | Электрод                              | $E^0$ , В   |
|----------------------|-----------|---------------------------------------|-------------|
| Li <sup>+</sup> /Li  | -3,02     | Co <sup>2+</sup> /Co                  | -0,28       |
| Rb <sup>+</sup> /Rb  | -2,99     | Ni <sup>2+</sup> /Ni                  | -0,25       |
| K <sup>+</sup> /K    | -2,92     | Sn <sup>2+</sup> /Sn                  | -0,14       |
| Ba <sup>2+</sup> /Ba | -2,90     | Pb <sup>2+</sup> /Pb                  | -0,13       |
| Sr <sup>2+</sup> /Sr | -2,89     | <b>H<sup>+</sup>/1/2H<sub>2</sub></b> | <b>0,00</b> |
| Ca <sup>2+</sup> /Ca | -2,87     | Sb <sup>3+</sup> /Sb                  | +0,20       |
| Na <sup>+</sup> /Na  | -2,71     | Bi <sup>3+</sup> /Bi                  | +0,23       |
| La <sup>3+</sup> /La | -2,37     | Cu <sup>2+</sup> /Cu                  | +0,34       |
| Mg <sup>2+</sup> /Mg | -2,34     | Cu <sup>+</sup> /Cu                   | +0,52       |
| Al <sup>3+</sup> /Al | -1,67     | Ag <sup>+</sup> /Ag                   | +0,80       |
| Mn <sup>2+</sup> /Mn | -1,05     | Pd <sup>2+</sup> /Pd                  | +0,83       |
| Zn <sup>2+</sup> /Zn | -0,76     | Hg <sup>2+</sup> /Hg                  | +0,86       |
| Cr <sup>3+</sup> /Cr | -0,71     | Pt <sup>2+</sup> /Pt                  | +1,20       |
| Fe <sup>2+</sup> /Fe | -0,44     | Au <sup>3+</sup> /Au                  | +1,42       |
| Cd <sup>2+</sup> /Cd | -0,40     |                                       |             |

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

## Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "ХІМІЯ"

(для студентів 1-3 курсів заочної форми навчання  
напрямів 6.060101 «Будівництво», 6.050702 «Електромеханіка»,  
6.030601 «Менеджмент», 6.050701 «Електротехніка  
та електротехнології»)

Укладачі:

**Мокрицька** Наталя Володимирівна,  
**Волювач** Сергій Васильович,  
**Нестеренко** Сергій Вікторович,  
**Панайотова** Тетяна Дмитрівна,  
**Зайцева** Іна Сергіївна,  
**Мураєва** Ольга Олексіївна,  
**Донський** Дмитро Федорович

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерний набір *Н. В. Мокрицька*

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2010, поз. 113М

---

Підп. до друку 16.07.2010р.

Друк на ризографі.

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,5

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rektorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rektorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011р.