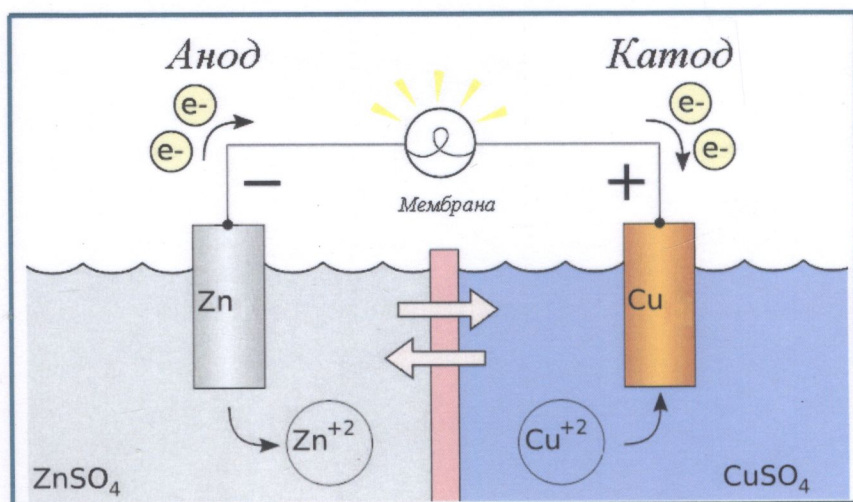


54(075)
Т43

Типові завдання та задачі з хімії



Типові завдання та задачі з хімії

Навчальний посібник

НТБ ВНТУ



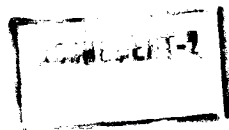
474680

54(075)

T43

2015

Типові завдання та задачі з хімії



УДК 54(075)

ББК 24я73

T43

Автори:

О. А. Гордієнко, Н. С. Звудецька, Т. І. Панченко, А. О. Радомська

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 25.12.2014 р.)

Рецензенти:

В. Г. Петрук, доктор технічних наук, професор

Г. М. Розанцев, доктор хімічних наук, доцент

О. В. Смірнова, кандидат хімічних наук, доцент

474680

Типові завдання та задачі з хімії : навчальний посібник /
Т43 [Гордієнко О. А., Звудецька Н. С., Панченко Т. І., Радомська А. О.] –
Вінниця : ВНТУ, 2015. – 84 с.

Посібник містить перелік основних теоретичних питань та рекомендовану літературу для їх опрацювання, приклади виконання типових завдань, а також контрольні вправи і задачі. Посібник призначений для студентів бакалаврату за скороченим терміном підготовки.

УДК 54(075)

ББК 24я73



© О. Гордієнко, Н. Звудецька, Т. Панченко, А. Радомська, 2016

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОСНОВНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ.....	5
1.1 Зміст теми та рекомендована література.....	5
1.2 Приклади виконання типових завдань.....	5
1.3 Контрольні завдання.....	8
2 ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	10
2.1 Зміст теми та рекомендована література.....	10
2.2 Приклади виконання типових завдань.....	10
2.3 Контрольні завдання.....	11
3 ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ.....	16
3.1 Зміст теми та рекомендована література.....	16
3.2 Приклади виконання типових завдань.....	16
3.3 Контрольні завдання.....	18
4 ХІМІЧНА КІНЕТИКА І РІВНОВАГА.....	20
4.1 Зміст теми та рекомендована література.....	20
4.2 Приклади виконання типових завдань.....	20
4.3 Контрольні завдання.....	24
5 РОЗЧИНИ.....	28
5.1 Зміст теми та рекомендована література.....	28
5.2 Приклади виконання типових завдань.....	28
5.3 Контрольні завдання.....	33
6 ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ.....	39
6.1 Зміст теми та рекомендована література.....	39
6.2 Приклади виконання типових завдань.....	39
6.3 Контрольні завдання.....	42
7 ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ.....	46
7.1 Зміст теми та рекомендована література.....	46
7.2 Приклади виконання типових завдань.....	46
7.3 Контрольні завдання.....	51
8 ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ. ПРОЦЕСИ КОРОЗІЇ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ.....	55
8.1 Зміст теми та рекомендована література.....	55
8.2 Приклади виконання типових завдань.....	55
8.3 Контрольні завдання.....	60
ЛІТЕРАТУРА.....	65
Додаток А Варіанти контрольних робіт.....	66
Додаток Б Періодична система елементів Д. І. Менделєєва.....	69
Додаток В Класифікація та хімічні властивості неорганічних речовин.....	70
Додаток Г Термодинамічні характеристики деяких речовин за стандартних умов.....	75
Додаток Д Розчинність кислот, основ і солей у воді.....	78
Додаток Е Стандартні електродні потенціали металів у водних розчинах.....	79
Додаток Ж Реакції на електродах в процесах електролізу.....	80
Додаток И Знаходження в природі, способи добування і хімічні властивості металів та їх сполук.....	81
СЛОВНИК ГЛОСАРІЙ.....	83

ВСТУП

Випускники вищих навчальних закладів I – II рівня акредитації, які здобули ОКР «Молодший спеціаліст» та продовжують навчання у ВНТУ за освітньо-професійною програмою підготовки бакалавра, вивчають хімію впродовж першого року за скороченою програмою.

Знання хімії потрібні для наступного успішного оволодіння спеціальними дисциплінами, оскільки дозволяють отримати сучасне наукове уявлення про властивості технічних матеріалів і застосування хімічних процесів у сучасній техніці. Розуміння хімічних законів допомагає інженеру вирішувати екологічні проблеми. Таким чином, знання хімії необхідні для плідної творчої діяльності інженера будь-якої спеціальності.

Навчальним планом для студентів, які навчаються за скороченою програмою і мають середню спеціальну освіту за фахом, передбачена обмежена кількість лекційних, практичних та лабораторних годин з дисциплін хімічного спрямування. Основним видом навчальної роботи для таких студентів є самостійна робота, яка включає вивчення матеріалу за підручниками і навчальними посібниками та виконання контрольної роботи.

Мета навчального посібника – допомогти студентам в процесі самостійної роботи оволодіти основами курсу і навчитися розв'язувати типові завдання та задачі. Посібник призначений для самостійної роботи студентів денної та заочної форм навчання, які вивчають дисципліни «Хімія», «Загальна хімія», «Хімія та основи матеріалознавства», «Хімія з основами біогеохімії», та може бути використаний на практичних заняттях, під час підготовки до поточного і підсумкового контролю, при виконанні контрольної роботи.

Посібник містить такі розділи:

- основні закони хімії;
- основні класи неорганічних сполук;
- основи хімічної термодинаміки;
- хімічна кінетика і рівновага;
- розчини;
- окисно-відновні реакції;
- електрохімічні процеси;
- властивості металів, процеси корозії та методи захисту від неї.

Кожен розділ включає перелік основних теоретичних питань та рекомендовану літературу для їх опрацювання, а також містить приклади виконання типових завдань та контрольні вправи і задачі, на основі яких складені варіанти контрольних робіт (додаток А). Довідковий матеріал, необхідний в процесі виконання контрольних завдань, вправ і задач наведено у додатках до навчального посібника.

Використання навчального посібника підвищить ефективність роботи як студентів, так і викладача та дозволить студентам глибше засвоїти теоретичний матеріал, оволодіти технікою хімічних розрахунків, підготуватись до складання іспиту.

1 ОСНОВНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ

1.1 Зміст теми та рекомендована література

Основні хімічні поняття (хімічний елемент, атом, молекула, йон, проста і складна речовина, відносна атомна маса елемента, відносна молекулярна маса речовини, кількість речовини, молярна маса речовини, еквівалент, кількість речовини еквівалента, молярна маса еквівалента елемента та речовини).

Основні закони хімії (закон збереження матерії, закон сталості складу, закон Гей-Люссака, об'єднаний газовий закон, рівняння Клайперона-Менделєєва, закон Авогадро та наслідки з нього, закон еквівалентів).

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 6–15; [2] – С. 15–21; [3] – С. 9–14.

додаткова: [5] – С. 11–19; [6] – С. 31–32, 35–47, 52–61; [7] – С. 5–18; [8] – С. 18–21, 24–38, 44–48; [9] – С. 7–14.

1.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 1.1 Обчислити масові частки елементів в магній сульфаті.

Дано:
 $MgSO_4$

Масову частку елемента в речовині обчислюють за формулою:

$\omega(Mg) - ?$
 $\omega(S) - ?$
 $\omega(O) - ?$

$$\omega = \frac{n \cdot Ar}{Mr}, \quad (1.1)$$

де ω – масова частка елемента;
 Ar – відносна атомна маса елемента;
 n – кількість атомів елемента;
 Mr – відносна молекулярна маса речовини.

Відносна молекулярна маса магній сульфату дорівнює

$$Mr(MgSO_4) = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120.$$

Тоді, за формулою (1.1), масові частки Магнію, Сульфуру та Оксигену в магній сульфаті дорівнюють:

$$\omega(Mg) = \frac{24}{120} = 0,2 \text{ або } 20\%; \quad \omega(S) = \frac{32}{120} = 0,27 \text{ або } 27\%;$$

$$\omega(O) = \frac{4 \cdot 16}{120} = 0,53 \text{ або } 53\%.$$

Відповідь: масові частки Магнію, Сульфуру і Оксигену відповідно дорівнюють 20%, 27% і 53%.

Завдання 1.2 Яку кількість молекул та атомів Гідрогену містить амоніак кількістю речовини 3 моль?

Дано:

$$v(\text{NH}_3) = 3 \text{ моль}$$

$$N(\text{NH}_3) - ?$$

$$N(\text{H}) - ?$$

Кількість речовини визначають за формулою:

$$v = \frac{N}{N_A}, \quad (1.2)$$

де v – кількість речовини, моль;

N – кількість структурних одиниць (молекул, атомів, йонів тощо);

N_A – стала Авогадро; $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Тоді

$$N(\text{NH}_3) = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 3 \text{ моль} = 1,8 \cdot 10^{24} \text{ молекул.}$$

Молекула амоніаку містить три атоми Гідрогену, тому кількість речовини Гідрогену дорівнює $3 \times 3 = 9 \text{ моль}$, а кількість атомів

$$N(\text{H}) = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 9 \text{ моль} = 5,4 \cdot 10^{24} \text{ атомів.}$$

Відповідь: амоніак кількістю речовини 3 моль містить $1,8 \cdot 10^{24}$ молекул і $5,4 \cdot 10^{24}$ атомів Гідрогену.

Завдання 1.3 Який об'єм за нормальних умов займатимуть 32 г сульфур (IV) оксиду?

Дано:

$$m(\text{SO}_2) = 32 \text{ г}$$

$$V(\text{SO}_2) - ?$$

Кількість речовини обчислюють за формулами:

$$v = \frac{m}{M}, \quad (1.3)$$

де v – кількість речовини, моль;

m – маса речовини, г;

M – молярна маса речовини, г/моль.

$$v = \frac{V}{V_\mu}, \quad (1.4)$$

де v – кількість речовини газу, моль;

V – об'єм газу, л;

V_μ – молярний об'єм газу, л/моль; $V_\mu = 22,4 \text{ л/моль}$.

За формулою (1.3) знаходимо кількість речовини сульфур (IV) оксиду ($M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}$):

$$v = \frac{32 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль};$$

та, за формулою (1.4), його об'єм

$$V(\text{SO}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 11,2 \text{ л.}$$

Відповідь: сульфур (IV) оксид масою 32 г займає об'єм 11,2 л.

Завдання 1.4 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям етану.

Дано: C_2H_6	Відносну густину одного газу за іншим обчислюють за формулою:	$D = \frac{M_1}{M_2}, \quad (1.5)$
$D_{H_2} - ?$		
$D_{нов.} - ?$		

де D – відносна густина газу;
 M_1, M_2 – молярні маси газів, які порівнюються.

Молярні маси етану, водню та повітря дорівнюють

$$M(C_2H_6) = 30 \text{ г/моль}; M(H_2) = 2 \text{ г/моль}; M(нов.) = 29 \text{ г/моль}.$$

Тоді відносна густина за воднем і за повітрям етану складає:

$$D_{H_2}(C_2H_6) = \frac{30}{2} = 15;$$

$$D_{нов.}(C_2H_6) = \frac{30}{29} = 1,03.$$

Відповідь: відносна густина етану за воднем 15, за повітрям 1,03.

Завдання 1.5 При якому тиску азот, що має масу 8,22 г, при температурі 25 °С буде займати об'єм 2 л?

Дано: $m(N_2) = 8,22 \text{ г}$ $V(N_2) = 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $T = 273 + 25 = 298 \text{ К}$ $P(N_2) - ?$	Залежність об'єму газу від кількості речовини цього газу, температури і тиску описує рівняння Клапейрона-Менделєєва:	$PV = \frac{m}{M}RT \text{ або } PV = \nu RT, \quad (1.6)$

де P – тиск газу, Па;
 V – об'єм газу, м³;
 m – маса газу, г;
 M – молярна маса газу, г/моль;
 ν – кількість речовини газу, моль;
 R – універсальна газова стала, $R = 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.

Визначаємо тиск азоту ($M(N_2) = 28 \text{ г/моль}$):

$$P(N_2) = \frac{mRT}{MV} = \frac{8,22 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 298 \text{ К}}{28 \text{ г/моль} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 3,63 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Відповідь: азот, що має масу 8,22 г, буде займати об'єм 2 л при температурі 25 °С і тиску $3,63 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

1.3 Контрольні завдання

- 1.6 Обчислити масові частки елементів в ферум (II) сульфіді FeS .
- 1.7 Обчислити масові частки елементів в магній оксиді MgO .
- 1.8 Обчислити масові частки елементів в натрій сульфаті Na_2SO_4 .
- 1.9 Обчислити масові частки елементів в калій хлориді KCl .
- 1.10 Обчислити масові частки елементів в нітратній кислоті HNO_3 .
- 1.11 Обчислити масові частки елементів в ферум (III) оксиді Fe_2O_3 .
- 1.12 Обчислити масові частки елементів в ферум (III) хлориді $FeCl_3$.
- 1.13 Обчислити масові частки елементів в цинк гідроксиді $Zn(OH)_2$.
- 1.14 Яку кількість молекул містить хлор кількістю речовини 2 моль?
- 1.15 Яку кількість молекул та атомів містить кисень кількістю речовини 3 моль?
- 1.16 Яку кількість атомів містить мідь масою 64 г?
- 1.17 Яку кількість молекул та атомів містить метан CH_4 , якщо за нормальних умов він займає об'єм 67,2 л?
- 1.18 Обчислити кількість речовини заліза, що відповідає масі 28 г.
- 1.19 Обчислити кількість речовини бору, що відповідає масі 55 г.
- 1.20 Обчислити кількість речовин, що відповідає масі 4 г: а) магнію; б) вуглецю.
- 1.21 Обчислити кількість речовин, що відповідає масі 8 г: а) міді; б) сірки.
- 1.22 Яку кількість молекул містить фосфор (V) оксид P_2O_5 кількістю речовини 0,25 моль?
- 1.23 Яку масу має карбон (IV) оксид CO_2 , якщо за нормальних умов він займає об'єм 112 л?
- 1.24 Яку масу має сульфур (IV) оксид SO_2 , якщо за нормальних умов він займає об'єм 67,2 л?
- 1.25 Яку масу має озон O_3 , якщо за нормальних умов він займає об'єм 44,8 л?
- 1.26 Яку масу має азот N_2 , якщо за нормальних умов він займає об'єм 5,6 л?
- 1.27 Яку масу має сірководень H_2S , якщо за нормальних умов він займає об'єм 2,24 л?
- 1.28 Який об'єм за нормальних умов займає амоніак NH_3 масою 68 г?
- 1.29 Який об'єм за нормальних умов займає кисень масою 64 г?

- 1.30 Який об'єм за нормальних умов займає азот N_2 масою 7 г?
- 1.31 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям азоту N_2 .
- 1.32 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям карбон (II) оксиду CO .
- 1.33 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям амоніаку NH_3 .
- 1.34 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям карбон (IV) оксиду CO_2 .
- 1.35 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям ацетилену C_2H_2 .
- 1.36 Обчислити відносну густину за воднем і за повітрям хлору Cl_2 .
- 1.37 Обчислити молярну масу газоподібної речовини, відносна густина якої за повітрям 0,552.
- 1.38 Який об'єм займає 8,47 г карбон (II) оксиду CO при $7\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $1,04 \cdot 10^5\text{ Па}$?
- 1.39 Яка маса сульфур (IV) оксиду SO_2 займає об'єм 60,3 л при $20\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $2,02 \cdot 10^5\text{ Па}$?
- 1.40 Яку молярну масу має газ, якщо $1,56 \cdot 10^{-3}\text{ кг}$ цього газу при $17\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $1,04 \cdot 10^5\text{ Па}$ займає об'єм $6,23 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3$?
- 1.41 Який об'єм займає 8,8 г карбон (IV) оксиду CO_2 при $50\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $9,54 \cdot 10^4\text{ Па}$?
- 1.42 Обчислити масу газу об'ємом 3 л, який знаходиться під тиском $1,04 \cdot 10^5\text{ Па}$ при температурі $30\text{ }^\circ\text{C}$ (густина газу за повітрям 0,587).
- 1.43 Обчислити масу газу об'ємом 1 м^3 , який знаходиться під тиском $8,84 \cdot 10^4\text{ Па}$ при температурі $28\text{ }^\circ\text{C}$ (густина газу за воднем 14).

2 ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

2.1 Зміст теми та рекомендована література

Основи систематики неорганічних речовин. Оксиди, основи, кислоти, солі, їх номенклатура та класифікація.

Добування та хімічні властивості оксидів, основ, кислот і солей. Генетичний зв'язок між класами неорганічних речовин.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 144–160; [2] – С. 173–223; [3] – С. 24–31.

додаткова: [7] – С. 32–52; [8] – С. 381–389; [9] – С. 51–60.

2.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 2.1 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

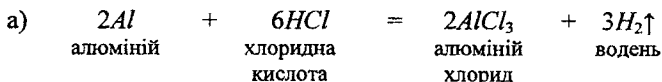
- а) кальцій і кисень;
- б) калій оксид і фосфор (V) оксид;
- в) натрій оксид і вода;
- г) цинк оксид і нітратна кислота;
- д) цинк оксид і натрій гідроксид;
- е) магній і хлоридна кислота;
- ж) сульфур (IV) оксид і натрій гідроксид;
- и) залізо і хлор.

При складанні рівнянь реакцій можна скористатись додатком В, у якому у вигляді схем наведені хімічні властивості оксидів, основ, кислот і солей.

- а) $2Ca + O_2 = 2CaO$;
- б) $3K_2O + P_2O_5 = 2K_3PO_4$;
- в) $Na_2O + H_2O = 2NaOH$;
- г) $ZnO + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O$;
- д) $ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$;
- е) $2K + 2HCl = 2KCl + H_2\uparrow$;
- ж) $SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$;
- и) $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$.

Завдання 2.2 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:

- а) $Al + HCl \rightarrow$
- б) $MgO + HNO_3 \rightarrow$
- в) $SO_2 + NaOH \rightarrow$
- г) $MgCl_2 + KOH \rightarrow$
- д) $KHSO_4 + KOH \rightarrow$
- е) $CuCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow$
- ж) $AlOHCl_2 + KOH \rightarrow$
- и) $AlOHCl_2 + HCl \rightarrow$



2.5 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

- а) карбон (IV) оксид і вода;
- б) фосфор (V) оксид і вода;
- в) хлоридна кислота і магній;
- г) калій оксид і карбон (IV) оксид.

2.6 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

- а) натрій гідроксид і хлоридна кислота;
- б) магній оксид і сульфатна кислота;
- в) нітратна кислота і кальцій оксид;
- г) вуглець і кисень.

2.7 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

- а) літій оксид і вода;
- б) магній і кисень;
- в) сірка і кисень;
- г) вода і натрій оксид.

2.8 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

- а) цинк оксид і хлоридна кислота;
- б) цинк оксид і натрій гідроксид;
- в) цинк гідроксид і калій гідроксид;
- г) ферум (III) хлорид і натрій гідроксид.

2.9 Скласти рівняння реакцій, що відбуваються між речовинами:

- а) барій оксид і нітратна кислота;
- б) ферум (II) хлорид і натрій гідроксид;
- в) алюміній оксид і калій гідроксид;
- г) сульфур (VI) оксид і вода.

2.10 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:

- а) $LiOH + P_2O_5 \rightarrow$
- б) $Na_2O + CO_2 \rightarrow$
- в) $CaCl_2 + Na_3PO_4 \rightarrow$
- г) $NaOH + SO_2 \rightarrow$

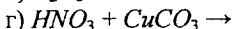
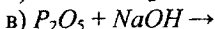
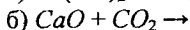
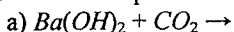
2.11 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:

- а) $H_2S + CuCl_2 \rightarrow$
- б) $Cu(OH)_2 + HBr \rightarrow$
- в) $CaCO_3 + HCl \rightarrow$
- г) $CaO + HNO_3 \rightarrow$

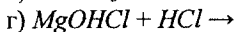
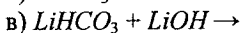
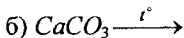
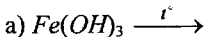
2.12 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:

- а) $Mg + HNO_3$ (розб.) \rightarrow
- б) $Mg + HNO_3$ (конц.) \rightarrow
- в) $CuO + HCl \rightarrow$
- г) $H_2SO_4 + BaO \rightarrow$

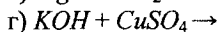
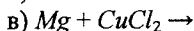
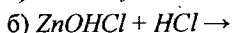
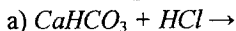
2.13 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:



2.14 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:



2.15 Закінчити рівняння реакцій та назвати всі речовини:



2.16 Скласти рівняння реакцій взаємодії з водою таких оксидів: літій оксиду, карбон (IV) оксиду, сульфур (VI) оксиду, барій оксиду.

2.17 Скласти рівняння реакцій взаємодії з хлоридною кислотою таких оксидів: барій оксиду, ферум (III) оксиду, цинк оксиду.

2.18 Скласти рівняння реакцій взаємодії з натрій гідроксидом таких речовин: цинк оксиду, алюміній хлориду, сульфатної кислоти, берилій гідроксиду.

2.19 Записати чотири рівняння реакцій добування алюміній сульфату.

2.20 Записати чотири рівняння реакцій добування нікол (II) сульфату.

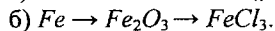
2.21 Записати чотири рівняння реакцій добування цинк хлориду.

2.22 Записати три рівняння реакцій добування карбон (IV) оксиду.

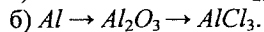
2.23 Записати рівняння реакцій добування: а) барій гідроксиду; б) купрум (II) гідроксиду.

2.24 Записати три рівняння реакцій, які характерні для: а) фосфор (V) оксиду; б) цинк оксиду.

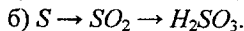
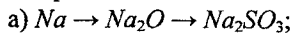
2.25 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



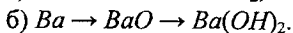
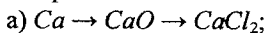
2.26 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



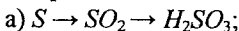
2.27 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



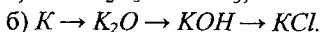
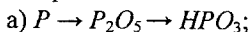
2.28 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



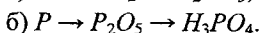
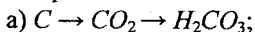
2.29 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



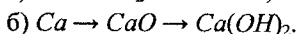
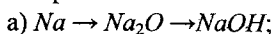
2.30 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



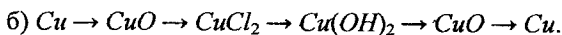
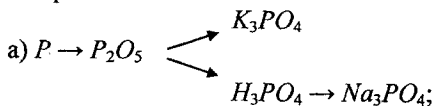
2.31 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



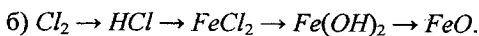
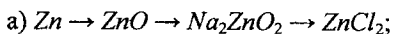
2.32 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



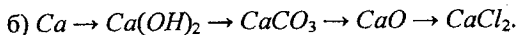
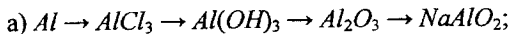
2.33 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



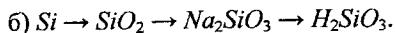
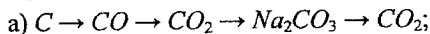
2.34 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



2.35 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



2.36 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



2.37 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

а) залізо \rightarrow ферум (II) хлорид \rightarrow ферум (II) гідроксид \rightarrow ферум (II) оксид \rightarrow ферум (II) сульфат;

б) фосфор \rightarrow фосфор (V) оксид \rightarrow ортофосфатна кислота \rightarrow кальцій ортофосфат.

2.38 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

а) мідь \rightarrow купрум (II) нітрат \rightarrow купрум (II) гідроксид \rightarrow купрум (II) оксид \rightarrow купрум (II) хлорид;

б) сірка \rightarrow сульфур (IV) оксид \rightarrow натрій сульфід \rightarrow сульфур (IV) оксид \rightarrow сульфур (VI) оксид \rightarrow сульфатна кислота.

2.39 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

а) вуглець \rightarrow карбон (IV) оксид \rightarrow натрій карбонат \rightarrow кальцій карбонат \rightarrow карбон (IV) оксид;

б) літій \rightarrow літій оксид \rightarrow літій гідроксид \rightarrow літій карбонат \rightarrow літій сульфат \rightarrow барій сульфат.

2.40 Записати рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

а) вуглець \rightarrow карбон (IV) оксид \rightarrow кальцій карбонат \rightarrow кальцій оксид \rightarrow кальцій гідроксид \rightarrow кальцій хлорид;

б) магній \rightarrow магній хлорид \rightarrow магній гідроксид \rightarrow магній сульфат \rightarrow магній ортофосфат.

3 ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

3.1 Зміст теми та рекомендована література

Основні поняття хімічної термодинаміки. Термодинамічні функції. Внутрішня енергія, ентальпія. Перший закон термодинаміки. Закон Гесса та наслідки з нього. Ентальпія утворення складних речовин. Термохімічні розрахунки.

Зворотні та незворотні процеси. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Рівняння Больцмана. Зміна ентропії в хімічних процесах. Вільна енергія Гіббса. Зміна вільної енергії Гіббса в хімічних процесах. Напрямок хімічних реакцій.

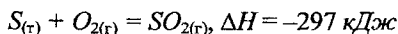
Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 106–116; [2] – С. 119–138; [3] – С. 56–62.

додаткова: [5] – С. 130–150; [6] – С. 62–89; [7] – С. 88–95; [8] – С. 51–63;
[9] – С. 66–68.

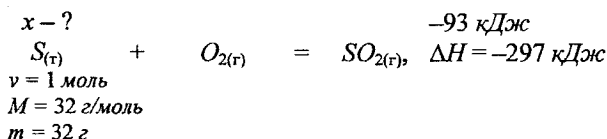
3.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 3.1 За термохімічним рівнянням



розрахувати масу сірки, яка згорає з виділенням 93 кДж теплоти.

Позначимо масу сірки, яку необхідно розрахувати, через x .



Складаємо пропорцію:

$$\left\{ \begin{array}{l} x \text{ — } -93 \text{ кДж} \\ 32 \text{ г — } -297 \text{ кДж} \end{array} \right.$$
$$x = \frac{32 \text{ г} \cdot (-93) \text{ кДж}}{-297 \text{ кДж}} = 10,02 \text{ г}$$

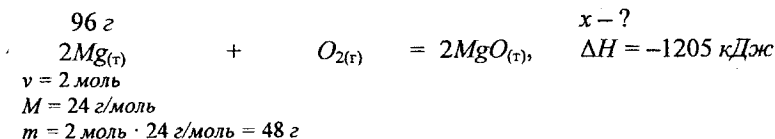
Відповідь: маса сірки дорівнює 10,02 г.

Завдання 3.2 За наведеним термохімічним рівнянням



обчислити кількість теплоти, яка виділяється при спалюванні 96 г магнію.

Позначимо кількість теплоти, що виділяється через x .



Складаємо пропорцію:

$$\begin{cases}
 96 \text{ г} \text{ — } x \text{ кДж} \\
 48 \text{ г} \text{ — } -1205 \text{ кДж}
 \end{cases}$$

$$x = \frac{96 \text{ г} \cdot (-1205) \text{ кДж}}{48 \text{ г}} = -2410 \text{ кДж}.$$

Відповідь: при спалюванні 96 г магнію виділиться 2410 кДж теплоти.

Завдання 3.3 Обчислити кількість теплоти, яка поглинається при розкладанні 448 л (нормальні умови) амоніаку NH_3 .

Дано:

$$V(NH_3) = 448 \text{ л}$$

$Q_{розкл} = ?$

За першим наслідком з закону Гесса:

$$Q_{розкл} = -Q_{утв}, \quad (3.1)$$

де $Q_{розкл}$ – кількість теплоти, яка поглинається при розкладанні NH_3 , кДж;
 $Q_{утв}$ – кількість теплоти, яка виділяється при утворенні NH_3 , кДж.

Стандартну ентальпію утворення речовини обчислюють за формулою:

$$\Delta H_f^0 = -\frac{Q_{утв}}{\nu}, \quad (3.2)$$

де ΔH_f^0 – стандартна ентальпія утворення речовини, кДж/моль;
 ν – кількість речовини, моль.

Величину стандартної ентальпії утворення NH_3 знаходимо в додатку Г:

$$\Delta H_f^0 = -46,19 \text{ кДж/моль}.$$

Кількість речовини NH_3 обчислюємо за формулою (1.3):

$$\nu(NH_3) = \frac{448 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 20 \text{ моль}.$$

Тоді

$$Q_{утв} = -(-49,16) \text{ кДж/моль} \cdot 20 \text{ моль} = 983,2 \text{ кДж}.$$

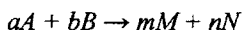
З врахуванням формули (3.1):

$$Q_{розкл} = -983,2 \text{ кДж}.$$

Відповідь: при розкладанні 448 л (нормальні умови) NH_3 поглинається 983,2 кДж теплоти.

Завдання 3.4 Обчислити тепловий ефект реакції згорання етилового спирту (C_2H_5OH) за стандартних умов, враховуючи, що продуктом реакції є рідка вода.

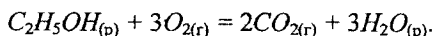
За другим наслідком із закону Гесса за стандартних умов тепловий ефект реакції



обчислюють за формулою:

$$\Delta H^{\circ} = [m \cdot \Delta H_f^{\circ}(M) + n \cdot \Delta H_f^{\circ}(N)] - [a \cdot \Delta H_f^{\circ}(A) + b \cdot \Delta H_f^{\circ}(B)]. \quad (3.3)$$

Запишемо рівняння реакції горіння етилового спирту:



За формулою (3.3) маємо:

$$\Delta H^{\circ} = [2\Delta H_f^{\circ}(CO_2) + 3\Delta H_f^{\circ}(H_2O)] - [\Delta H_f^{\circ}(C_2H_5OH) + 3\Delta H_f^{\circ}(O_2)].$$

Стандартні ентальпії утворення речовин, що беруть участь у реакції, знаходимо в додатку Г і обчислюємо тепловий ефект реакції:

$$\Delta H^{\circ} = [2 \cdot (-393,51) + 3 \cdot (-285,84)] - [(-277,34) + 3 \cdot 0] = -1367,20 \text{ кДж.}$$

Відповідь: тепловий ефект реакції дорівнює $-1367,20$ кДж.

3.3 Контрольні завдання

3.5 Обчислити кількість теплоти, що поглинається при розкладанні 68 г сірководню H_2S за стандартних умов.

3.6 Обчислити кількість теплоти, що виділяється при утворенні за стандартних умов 44,8 л сульфур (IV) оксиду SO_2 .

3.7 Обчислити кількість теплоти, що виділяється при утворенні за стандартних умов 204 г алюміній оксиду Al_2O_3 .

3.8 Обчислити кількість теплоти, що виділяється при утворенні за стандартних умов 22 г вуглекислого газу CO_2 .

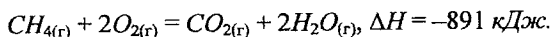
3.9 Обчислити кількість теплоти, що виділяється при утворенні за стандартних умов 80 г магній оксиду MgO .

3.10 Обчислити кількість теплоти, що поглинається при утворенні 92 г нітроген (IV) оксиду NO_2 за стандартних умов.

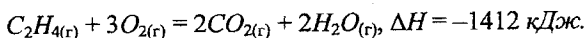
3.11 Обчислити кількість теплоти, що поглинається при розкладанні 2 моль $HCl_{(r)}$ за стандартних умов.

3.12 Обчислити кількість теплоти, що виділяється при утворенні 48 г метану CH_4 за стандартних умов.

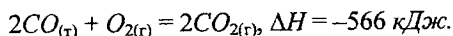
3.13 За термохімічним рівнянням розрахувати об'єм метану (CH_4), необхідний для виділення 1782 кДж теплоти:



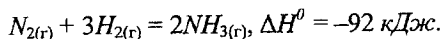
3.14 За термохімічним рівнянням обчислити кількість теплоти, яка виділяється при спалюванні 140 г етилену (C_2H_4):



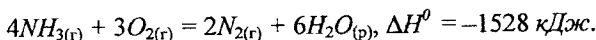
3.15 За термохімічним рівнянням обчислити, який об'єм газу CO_2 утвориться при виділенні 3396 кДж теплоти:



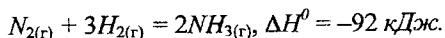
3.16 Який об'єм водню повинен вступити в реакцію, щоб виділилося 46 кДж тепла, якщо термохімічне рівняння має вигляд:



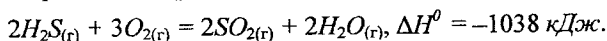
3.17 Який об'єм NH_3 повинен вступити в реакцію, щоб виділилось 764 кДж тепла, якщо термохімічне рівняння має вигляд:



3.18 Який об'єм азоту повинен вступити в реакцію, щоб виділилось 184 кДж тепла, якщо термохімічне рівняння має вигляд:



3.19 Яка маса H_2S повинна вступити в реакцію, щоб виділилось 519 кДж тепла, якщо термохімічне рівняння має вигляд:

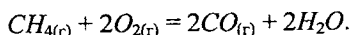


3.20 За термохімічним рівнянням $S_{(r)} + O_{2(r)} = SO_{2(r)} + 297 \text{ кДж}$ обчислити масу сірки, яка згорає з виділенням 594 кДж теплоти.

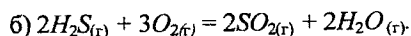
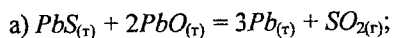
3.21 При взаємодії алюмінію масою 9 г з киснем виділилось 274 кДж теплоти. Скласти термохімічне рівняння цієї реакції.

3.22 При спалюванні глюкози ($C_6H_{12}O_6$) масою 45 г виділилось 730 кДж теплоти. Скласти термохімічне рівняння цієї реакції.

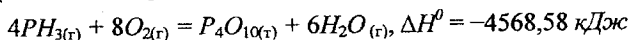
3.23 Визначити тепловий ефект реакції за стандартних умов:



3.24 Визначити тепловий ефект реакцій за стандартних умов:



3.25 За термохімічним рівнянням



обчислити стандартну ентальпію утворення фосфіну (PH_3).

4 ХІМІЧНА КІНЕТИКА І РІВНОВАГА

4.1 Зміст теми та рекомендована література

Швидкість гомогенних хімічних реакцій та фактори, від яких вона залежить. Особливості гетерогенних процесів. Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин. Закон діючих мас. Константа швидкості реакції.

Залежність швидкості реакції від температури. Правило Вант-Гоффа. Теорія Арреніуса, енергія активації. Поняття про гомогенний і гетерогенний катализ.

Зворотні реакції. Хімічна рівновага в гомогенних та гетерогенних системах. Константа рівноваги. Принцип Ле Шательє.

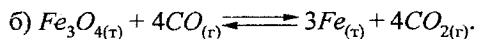
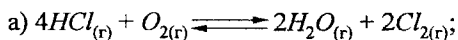
Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 117–131; [2] – С. 139–156; [3] – С. 75–81.

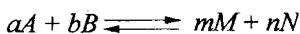
додакова: [5] – С. 159–169, 171–175; [6] – С. 327–331, 341–367; [7] – С. 96–101; [8] – С. 64–94; [9] – С. 63–76.

4.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 4.1 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакції:



Математичний вираз закону діючих мас для оборотної реакції



має такий вигляд:

$$v_{\text{прямої реакції}} = k_1 \cdot C^a(A) \cdot C^b(B); \quad (4.1)$$

$$v_{\text{зворотної реакції}} = k_2 \cdot C^m(M) \cdot C^n(N), \quad (4.2)$$

де k_1 і k_2 – константи швидкості прямої і зворотної реакцій (сталі величини для певної реакції при сталій температурі);

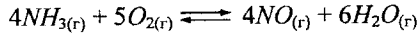
$C(A)$, $C(B)$, $C(M)$, $C(N)$ – молярні концентрації відповідних рідких і газоподібних речовин;

a , b , m , n – коефіцієнти в рівнянні реакції.

$$\text{а) } v_{\text{прямої реакції}} = k_1 \cdot C^4(\text{HCl}) \cdot C(\text{O}_2); \quad v_{\text{зворотної реакції}} = k_2 \cdot C^2(\text{H}_2\text{O}) \cdot C^2(\text{Cl}_2).$$

$$б) v_{\text{прямой реакції}} = k_1 \cdot C^4(\text{CO}); v_{\text{зворотної реакції}} = k_2 \cdot C^4(\text{CO}_2).$$

Завдання 4.2 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість прямої реакції



при збільшенні концентрації кисню у два рази.

Дано: $C'(\text{O}_2) = 2C(\text{O}_2)$	$4\text{NH}_{3(\text{r})} + 5\text{O}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 4\text{NO}_{(\text{r})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$
$\frac{v'_{\text{прямой реакції}}}{v_{\text{прямой реакції}}} - ?$	За законом діючих мас (4.1) маємо:
	$v_{\text{прямой реакції}} = k_1 \cdot C^4(\text{NH}_3) \cdot C^5(\text{O}_2);$
	$v'_{\text{прямой реакції}} = k_1 \cdot C^4(\text{NH}_3) \cdot (C')^5(\text{O}_2);$
	$\frac{v'_{\text{прямой реакції}}}{v_{\text{прямой реакції}}} = \frac{k_1 \cdot C^4(\text{NH}_3) \cdot (C')^5(\text{O}_2)}{k_1 \cdot C^4(\text{NH}_3) \cdot C^5(\text{O}_2)} = \frac{(C')^5(\text{O}_2)}{C^5(\text{O}_2)};$
	$C'(\text{O}_2) = 2C(\text{O}_2);$

$$\frac{v'_{\text{прямой реакції}}}{v_{\text{прямой реакції}}} = \frac{(C')^5(\text{O}_2)}{C^5(\text{O}_2)} = \frac{(2C(\text{O}_2))^5}{C^5(\text{O}_2)} = \frac{32C^5(\text{O}_2)}{C^5(\text{O}_2)} = 32.$$

Відповідь: швидкість прямої реакції зросте в 32 рази.

Завдання 4.3 Обчислити, у скільки разів зростуть швидкості прямої і зворотної реакції у системі $2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$ при збільшенні тиску у три рази.

Дано: $P' = 3P$	$2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$
$\frac{v'_{\text{прямой реакції}}}{v_{\text{прямой реакції}}} - ?$	За законом діючих мас (4.1) маємо:
$\frac{v'_{\text{зворотної реакції}}}{v_{\text{зворотної реакції}}} - ?$	$v_{\text{прямой реакції}} = k_1 \cdot C^2(\text{NO}) \cdot C(\text{O}_2);$
	При $P' = 3P$: $C'(\text{NO}) = 3C(\text{NO}); C'(\text{O}_2) = 3C(\text{O}_2);$ $C'(\text{NO}_2) = 3C(\text{NO}_2);$
	$v'_{\text{прямой реакції}} = k_1 \cdot (3C(\text{NO}))^2 \cdot 3C(\text{O}_2);$
	$\frac{v'_{\text{прямой реакції}}}{v_{\text{прямой реакції}}} = \frac{k_1 \cdot 9C^2(\text{NO}) \cdot 3C(\text{O}_2)}{k_1 \cdot C^2(\text{NO}) \cdot C(\text{O}_2)} = 27.$

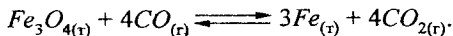
За формулою (4.2) математичний вираз швидкості зворотної реакції має вигляд:

$$v_{\text{зворотної реакції}} = k_2 \cdot C^2(\text{NO}_2); v'_{\text{зворотної реакції}} = k_2 \cdot (3C(\text{NO}_2))^2;$$

$$\frac{v'_{\text{зворотної реакції}}}{v_{\text{зворотної реакції}}} = \frac{k_2 \cdot 9C^2(\text{NO}_2)}{k_2 \cdot C^2(\text{NO}_2)} = 9.$$

Відповідь: швидкість прямої реакції зросте в 27 разів, а зворотної – в 9 разів.

Завдання 4.4 Обчислити, у скільки разів зменшиться швидкість прямої реакції при збільшенні об'єму системи в три рази:



Дано:
 $V' = 3V$

Зазначена в умові задачі реакція є гетерогенною, тому за законом діючих мас (4.1):

$\frac{v'_{\text{прямої реакції}}}{v_{\text{прямої реакції}}} = ?$

$$v_{\text{прямої реакції}} = k_1 \cdot C^4(\text{CO});$$

$$\text{при } V' = 3V; C'(\text{CO}) = \frac{1}{3}C(\text{CO});$$

$$v'_{\text{прямої реакції}} = k_1 \cdot (C'(\text{CO}))^4;$$

$$v'_{\text{прямої реакції}} = k_1 \cdot \left(\frac{1}{3}C(\text{CO})\right)^4 = k_1 \cdot \frac{1}{81}C^4(\text{CO});$$

$$\frac{v'_{\text{прямої реакції}}}{v_{\text{прямої реакції}}} = \frac{k_1 \cdot \frac{1}{81}C^4(\text{CO})}{k_1 \cdot C^4(\text{CO})} = \frac{1}{81}.$$

Відповідь: швидкість прямої реакції зменшиться в 81 раз.

Завдання 4.5 Обчислити, в скільки разів зросте швидкість реакції, температурний коефіцієнт якої дорівнює 2, при підвищенні температури з 10 °C до 40 °C.

Дано:
 $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = 2$

Згідно з правилом Вант-Гоффа:

$$v(t_2) = v(t_1) \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}, \quad (4.3)$$

де $v(t_2)$ – швидкість реакції при підвищеній температурі;

$v(t_1)$ – швидкість реакції при початковій температурі;

γ – температурний коефіцієнт швидкості реакції.

$\frac{v(t_2)}{v(t_1)} = ?$

$$\frac{v(t_2)}{v(t_1)} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 2^{\frac{40 - 10}{10}} = 2^3 = 8.$$

Відповідь: швидкість реакції зросте у 8 разів.

Завдання 4.6 Обчислити, на скільки градусів треба підвищити температуру, щоб швидкість реакції зростає в 81 раз, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 3.

$$\begin{array}{l} \text{Дано:} \\ \gamma = 3 \\ \frac{v(t_2)}{v(t_1)} = 81 \\ \hline \Delta t - ? \end{array}$$

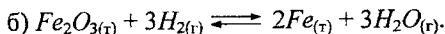
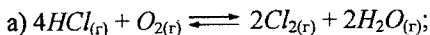
Згідно з правилом Вант-Гоффа (4.3):

$$\frac{v(t_2)}{v(t_1)} = \gamma^{10}; \Delta t = t_2 - t_1;$$

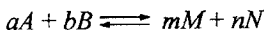
$$81 = 3^{\frac{\Delta t}{10}}; \quad 3^4 = 3^{\frac{\Delta t}{10}}; \quad 4 = \frac{\Delta t}{10}; \quad \Delta t = 40.$$

Відповідь: температуру необхідно підвищити на 40 °С.

Завдання 4.7 Записати вираз константи рівноваги таких реакцій:



В загальному вигляді для оборотної реакції



константа рівноваги при сталій температурі визначається за такою формулою:

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[M]^m \cdot [N]^n}{[A]^a \cdot [B]^b}, \quad (4.4)$$

де K – константа рівноваги;

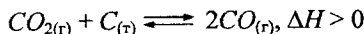
k_1, k_2 – константи швидкостей прямої і зворотної реакцій;

$[A], [B], [M], [N]$ – рівноважні молярні концентрації відповідних рідких або газоподібних речовин;

a, b, m, n – коефіцієнти в рівнянні реакції.

а) $K = \frac{[\text{Cl}_2]^2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]}$; б) $K = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^3}{[\text{H}_2]^3}$.

Завдання 4.8 Вказати напрямок зміщення рівноваги в системі:



- а) при збільшенні концентрації CO_2 ; г) при зменшенні концентрації CO ;
 б) при підвищенні температури; д) при збільшенні об'єму;
 в) при підвищенні тиску; е) при введенні каталізатора.

Хімічна рівновага є динамічною, напрям її зміщення визначає принцип Ле Шательє: якщо змінити одну з умов, за яких система перебуває у стані рівноваги – температуру, тиск або концентрацію, – то рівновага зміщується в напрямку тієї реакції, яка протидіє цій зміні.

Правила зміщення рівноваги:

– при підвищенні температури рівновага зміщується в бік ендотермічної реакції;

– при підвищенні тиску рівновага зміщується в напрямку утворення меншої кількості молів газоподібних речовин;

– при збільшенні концентрації будь-якої з рідких або газоподібних речовин, що беруть участь в реакції, рівновага зміщується у напрямку витрати цієї речовини, а при зменшенні концентрації речовини – в напрямку її утворення;

– при введенні каталізатора рівновага не порушується.

Таким чином, у даному випадку:

а) CO_2 витрачається в прямій реакції, тому рівновага зміщується в напрямку прямої реакції;

б) пряма реакція ендотермічна, тому рівновага зміщується в напрямку прямої реакції;

в) кількість молів газів у лівій частині реакції ($\nu(CO_2) = 1$ моль) менша, ніж у правій ($\nu(CO) = 2$ моль), тому рівновага зміщується в напрямку зворотної реакції;

г) CO утворюється в прямій реакції, тому рівновага зміщується в напрямку прямої реакції;

д) збільшення об'єму системи призводить до зменшення тиску, а оскільки кількість молів газів в лівій частині реакції ($\nu(CO_2) = 1$ моль) менша, ніж у правій ($\nu(CO) = 2$ моль), то рівновага зміщується в напрямку прямої реакції;

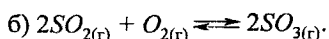
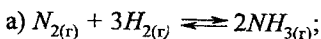
е) при введенні каталізатора рівновага не порушується.

Відповідь:

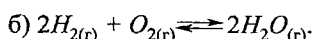
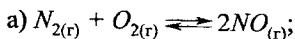
Умова	Напрямок зміщення рівноваги
збільшення концентрації CO_2	→
підвищення температури	→
підвищення тиску	←
зменшення концентрації CO	→
збільшення об'єму системи	→
введення каталізатора	рівновага не порушиться

4.3 Контрольні завдання

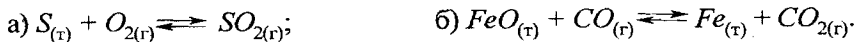
4.9 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



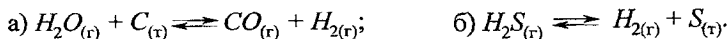
4.10 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



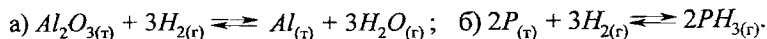
4.11 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



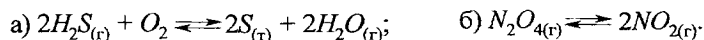
4.12 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



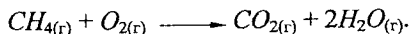
4.13 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



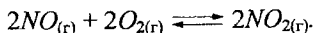
4.14 Записати математичний вираз закону діючих мас для прямої та зворотної реакцій:



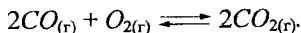
4.15 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість прямої реакції при збільшенні концентрації метану (CH_4) і кисню (O_2) в три рази:



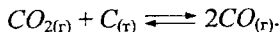
4.16 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість прямої реакції при збільшенні концентрації газу (NO) і кисню (O_2) в три рази:



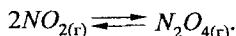
4.17 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість прямої реакції при збільшенні концентрації CO в три рази:



4.18 Обчислити, у скільки разів зміняться швидкості прямої і зворотної реакцій при збільшенні тиску в системі в два рази:



4.19 Обчислити, у скільки разів зміняться швидкості прямої і зворотної реакцій при зменшенні об'єму в системі в три рази:



4.20 Обчислити, у скільки разів збільшиться швидкість деякої хімічної реакції при підвищенні температури з $40^\circ C$ до $90^\circ C$. Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2.

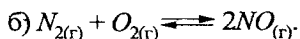
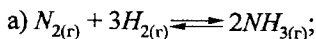
4.21 Обчислити, на скільки градусів треба підвищити температуру, щоб швидкість хімічної реакції з температурним коефіцієнтом 2 зростає у вісім разів.

4.22 Обчислити, у скільки разів зменшиться швидкість деякої хімічної реакції при зниженні температури з 140 °C до 100 °C, якщо температурний коефіцієнт швидкості цієї реакції дорівнює 3.

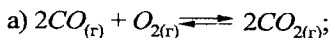
4.23 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість деякої хімічної реакції при підвищенні температури від 30 °C до 70 °C, якщо температурний коефіцієнт швидкості цієї реакції дорівнює 3.

4.24 Обчислити, у скільки разів зросте швидкість деякої хімічної реакції при підвищенні температури на 30 °C, якщо температурний коефіцієнт швидкості цієї реакції дорівнює 3.

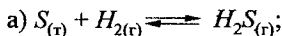
4.25 Записати вираз константи рівноваги таких реакцій:



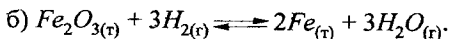
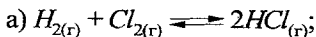
4.26 Записати вираз константи рівноваги таких реакцій:



4.27 Записати вираз константи рівноваги таких реакцій:



4.28 Записати вираз константи рівноваги таких реакцій:



4.29 Як за допомогою зміни концентрації речовин змістити хімічну рівновагу в сторону прямої реакції в системі $3Fe_{(r)} + 4H_2O_{(r)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(r)} + 4H_{2(r)}$?

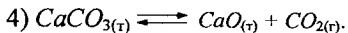
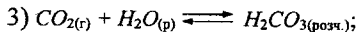
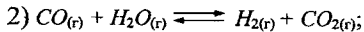
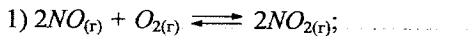
1) збільшити концентрацію Fe_3O_4 ;

2) зменшити концентрацію H_2O ;

3) збільшити концентрацію Fe ;

4) зменшити концентрацію H_2 .

4.30 Для якої системи при збільшенні тиску рівновага зміститься в сторону зворотної реакції?



4.31 Який з перелічених нижче факторів буде сприяти перебігу прямої реакції в системі $3A_{(r)} + 2B_{(r)} \rightleftharpoons 2C_{(r)}$, $\Delta H < 0$?

- 1) підвищення тиску;
- 2) підвищення температури;
- 3) зменшення концентрації речовини B;
- 4) зниження температури.

4.32 Який з перелічених нижче факторів буде сприяти перебігу зворотної реакції в системі $C_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons H_{2(r)} + CO_{(r)}$, $\Delta H > 0$?

- 1) збільшення тиску;
- 2) зменшення концентрації H_2 ;
- 3) зменшення концентрації C;
- 4) збільшення концентрації H_2O .

4.33 Для якої з систем при зміні тиску хімічна рівновага не порушиться?

- 1) $N_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2NO_{(r)}$;
- 2) $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)}$;
- 3) $CO_{2(r)} + C_{(r)} \rightleftharpoons 2CO_{(r)}$;
- 4) $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$.

4.34 Який з перелічених нижче факторів буде сприяти збільшенню концентрації NH_3 в системі $3H_{2(r)} + N_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$, $\Delta H < 0$?

- 1) збільшення концентрації H_2 ;
- 2) нагрівання;
- 3) зменшення концентрації N_2 ;
- 4) зменшення тиску.

4.35 Як введення кальцій карбонату вплине на хімічну рівновагу в системі $CaCO_{3(r)} \rightleftharpoons CaO_{(r)} + CO_{2(r)}$?

- 1) збільшиться концентрація CO_2 ;
- 2) парціальний тиск CO_2 зменшиться;
- 3) рівновага зміститься в сторону зворотної реакції;
- 4) рівновага не порушиться.

5 РОЗЧИННИ

5.1 Зміст теми та рекомендована література

Поняття про дисперсні системи. Загальна характеристика розчинів. Розчинність. Способи вираження вмісту розчиненої речовини в розчині.

Розчини електролітів, їх властивості. Основні положення теорії електролітичної дисоціації С. Арреніуса. Ступінь електролітичної дисоціації. Сильні та слабкі електроліти. Константа електролітичної дисоціації. Реакції йонного обміну. Дисоціація води, йонний добуток води, водневий показник.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 165–174, 180–191, 195–198, 200–204; [2] – С. 224–231, 235–256; [4] – С. 111–115, 135–143.

додаткова: [5] – С. 204–208, 215–227; [6] – С. 381–382, 394–401, 410–428, 438–443; [7] – С. 117–127, 139–158; [8] – С. 84–94, 101–124; [9] – С. 80–89.

5.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 5.1 Натрій хлорид масою 6 г розчинили у воді масою 194 г. Яка масова частка натрій хлориду у добутому розчині?

Дано: $m(\text{NaCl}) = 6 \text{ г}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 194 \text{ г}$ $\omega(\text{NaCl}) = ?$	Масову частку розчиненої речовини у розчині обчислюють за формулою: $\omega = \frac{m_{\text{р-ни}}}{m_{\text{р-ну}}} \cdot 100\% = \frac{m_{\text{р-ни}}}{m_{\text{р-ни}} + m_{\text{р-ка}}} \cdot 100\%, \quad (5.1)$
---	--

де ω – масова частка розчиненої речовини у розчині, %;

$m_{\text{р-ни}}$ – маса розчиненої речовини, г;

$m_{\text{р-ну}}$ – маса розчину, г;

$m_{\text{р-ка}}$ – маса розчинника, г.

За умовою задачі розчинена речовина – NaCl , розчинник – H_2O . Тоді

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{6 \text{ г}}{6 \text{ г} + 194 \text{ г}} \cdot 100\% = 3\%.$$

Відповідь: масова частка NaCl у добутому розчині дорівнює 3%.

Завдання 5.2 Скільки грамів купрум (II) сульфату міститься в 15 г розчину з масовою часткою купрум (II) сульфату 0,05?

Дано: $m_{p-ny} = 15 \text{ з}$ $\omega(CuSO_4) = 0,05$ $m(CuSO_4) - ?$	Масову частку розчиненої речовини у розчині обчислюють за формулою: $\omega = \frac{m_{p.p-ny}}{m_{p-ny}}, \quad (5.2)$
--	--

де ω – масова частка розчиненої речовини у розчині;
 $m_{p.p-ny}$ – маса розчиненої речовини, г;
 m_{p-ny} – маса розчину, г.

За умовою задачі розчинена речовина – $CuSO_4$, розчинник – H_2O . Тоді

$$m_{p.p-ny} = \omega \cdot m_{p-ny}; \quad m(CuSO_4) = \omega(CuSO_4) \cdot m_{p-ny} = 0,05 \cdot 15 \text{ з} = 0,75 \text{ з}.$$

Відповідь: в розчині міститься 0,75 г купрум (II) сульфату.

Завдання 5.3 Скільки грамів натрій гідроксиду і води необхідно взяти для приготування 500 г розчину з масовою часткою лугу 10%?

Дано: $m_{p-ny} = 500 \text{ з}$ $\omega(NaOH) = 10\%$ $m(NaOH) - ?$ $m(H_2O) - ?$	За умовою задачі розчинена речовина – $NaOH$, розчинник – H_2O . Тоді, за формулою (5.1), маса розчиненої речовини дорівнює: $m(NaOH) = \frac{\omega(NaOH) \cdot m_{p-ny}}{100\%} = \frac{10\% \cdot 500 \text{ з}}{100\%} = 50 \text{ з}.$
--	--

Враховуючи, що маса розчину є сумою мас розчиненої речовини і розчинника, маємо:

$$m_{p-ny} = m(NaOH) + m(H_2O);$$

$$m(H_2O) = m_{p-ny} - m(NaOH) = 500 \text{ з} - 50 \text{ з} = 450 \text{ з}.$$

Відповідь: для приготування розчину необхідно 50 г $NaOH$ та 450 г води.

Завдання 5.4 У 2 кг води розчинили 224 л гідроген хлориду за нормальних умов. З якою масовою часткою гідроген хлориду утворився розчин?

Дано: $m(H_2O) = 2 \text{ кг}$ $V(HCl) = 224 \text{ л}$ $\omega(HCl) - ?$	Кількість речовини гідроген хлориду обчислюємо за формулою (1.4): $v(HCl) = \frac{224 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10 \text{ моль}.$
--	--

Масу HCl ($M(HCl) = 36,5 \text{ г/моль}$) обчислюємо за формулою (1.3):

$$m(HCl) = 10 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 365 \text{ г}.$$

Маса розчину дорівнює:

$$m_{p-ny} = m(HCl) + m(H_2O) = 365 \text{ г} + 2000 \text{ г} = 2365 \text{ г}.$$

Обчислюємо масову частку HCl у розчині за формулою (5.1):

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m_{\text{р-ну}}} \cdot 100\% = \frac{365 \text{ г}}{2365 \text{ г}} \cdot 100\% = 15\%.$$

Відповідь: масова частка HCl у розчині 15%.

Завдання 5.5 В 400 г розчину з масовою часткою калій гідроксиду 10% розчинили 20 г калій гідроксиду. Обчислити масову частку лугу в утвореному розчині.

<p>Дано: $m_{\text{р-ну}} = 400 \text{ г}$ $\omega(\text{KOH}) = 10\%$ $\Delta m(\text{KOH}) = 20 \text{ г}$ $\omega'(\text{KOH}) - ?$</p>	<p>За умовою задачі розчинена речовина – KOH, розчинник – H_2O. Обчислюємо масу розчиненої речовини у початковому розчині за формулою (5.1):</p> $m(\text{KOH}) = \frac{\omega(\text{KOH}) \cdot m_{\text{р-ну}}}{100\%} = \frac{10\% \cdot 400 \text{ г}}{100\%} = 40 \text{ г}.$
--	--

Далі обчислюємо масу розчиненої речовини в утвореному розчині

$$m'(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) + \Delta m(\text{KOH}) = 40 \text{ г} + 20 \text{ г} = 60 \text{ г}$$

та масу утвореного розчину:

$$m'_{\text{р-ну}} = m_{\text{р-ну}} + \Delta m(\text{KOH}) = 400 \text{ г} + 20 \text{ г} = 420 \text{ г}.$$

Визначаємо масову частку KOH в утвореному розчині:

$$\omega'(\text{KOH}) = \frac{m'(\text{KOH})}{m'_{\text{р-ну}}} \cdot 100\% = \frac{60 \text{ г}}{420 \text{ г}} \cdot 100\% = 14,29\%.$$

Відповідь: масова частка KOH в утвореному розчині дорівнює 14,29%.

Завдання 5.6 У розчині об'ємом 200 мл міститься натрій гідроксид масою 8 г. Обчислити молярну концентрацію цього розчину.

<p>Дано: $V_{\text{р-ну}} = 200 \text{ мл} = 0,2 \text{ л}$ $m(\text{NaOH}) = 8 \text{ г}$ $C(\text{NaOH}) - ?$</p>	<p>Молярну концентрацію розчину обчислюють за формулою:</p> $C = \frac{v_{\text{р.р-ни}}}{V_{\text{р-ну}}} = \frac{m_{\text{р.р-ни}}}{M_{\text{р.р-ни}} \cdot V_{\text{р-ну}}}, \quad (5.3)$
---	--

де C – молярна концентрація розчину, *моль/л*;

$v_{\text{р.р-ни}}$ – кількість речовини, розчиненої в розчині, *моль*;

$V_{\text{р-ну}}$ – об'єм розчину, *л*;

$m_{\text{р.р-ни}}$ – маса розчиненої речовини, *г*;

$M_{\text{р.р-ни}}$ – молярна маса розчиненої речовини, *г/моль*.

$$C = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{р-ну}}} = \frac{8 \text{ г}}{40 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ л}} = 1 \text{ моль/л}.$$

Відповідь: молярна концентрація розчину дорівнює 1 *моль/л*.

Завдання 5.7 Визначити масову частку хлоридної кислоти у розчині з молярною концентрацією кислоти 8 моль/л і густиною розчину – 1,13 г/мл.

Дано: $C(HCl) = 8 \text{ моль/л}$ $\rho_{p-ny} = 1,13 \text{ г/мл}$ $\omega(HCl) = ?$	Прийmemo, що об'єм розчину дорівнює 100 мл. Масу розчину визначають за формулою: $m_{p-ny} = \rho_{p-ny} \cdot V_{p-ny} \quad (5.4)$ де m_{p-ny} – маса розчину, г; ρ_{p-ny} – густина розчину, г/мл; V_{p-ny} – об'єм розчину, мл.
--	--

$$m_{p-ny} = 1,13 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 113 \text{ г.}$$

За формулою (5.3) визначаємо масу HCl, що міститься в 100 мл даного розчину:

$$m(HCl) = C(HCl) \cdot M(HCl) \cdot V_{p-ny} = 8 \text{ моль/л} \cdot 36,5 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л} = 29,2 \text{ г.}$$

За формулою (5.1) визначаємо масову частку хлоридної кислоти в даному розчині:

$$\omega = \frac{m(HCl)}{m_{p-ny}} \cdot 100\% = \frac{29,2 \text{ г}}{113 \text{ г}} \cdot 100\% = 25,8\%.$$

Відповідь: масова частка хлоридної кислоти у 8М розчині дорівнює 25,8%.

Завдання 5.8 Визначити концентрацію йонів гідроксилу у розчині з концентрацією гідроген-іонів 10^{-5} моль/л.

Дано: $[H^+] = 10^{-5} \text{ моль/л}$ $[OH^-] = ?$	Для будь-яких водних розчинів справедлива рівність: $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}, \quad (5.5)$ де $[H^+]$ – молярна концентрація йонів гідрогену, моль/л; $[OH^-]$ – молярна концентрація йонів гідроксилу, моль/л.
---	---

Тоді концентрація йонів гідроксилу у даному розчині дорівнює

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Відповідь: концентрація гідроксид-іонів у розчині 10^{-9} моль/л.

Завдання 5.9 Чому дорівнює концентрація гідроген-іонів і гідроксид-іонів у розчині з $pH = 3$?

Дано: $pH = 3$ $[H^+] = ?$ $[OH^-] = ?$	Водневий показник pH визначають за формулою: $pH = -\lg[H^+], \quad (5.6)$ де $[H^+]$ – молярна концентрація йонів гідрогену, моль/л.
--	--

Тоді концентрація йонів гідрогену дорівнює

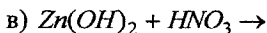
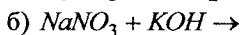
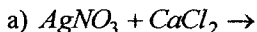
$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Концентрацію йонів гідроксилу в розчині обчислюємо за формулою (5.5):

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

Відповідь: концентрація гідроген-іонів у розчині 10^{-3} моль/л, гідроксид-іонів 10^{-11} моль/л.

Завдання 5.10 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця. Для розв'язування використати таблицю Д.1 (додаток Д).

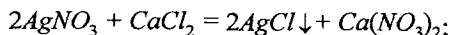


Реакції йонного обміну – це реакції обміну в розчинах за участю йонів.

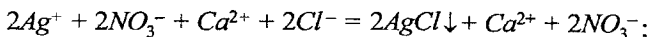
Умови, за яких реакції йонного обміну проходять до кінця:

- виділення газу;
- утворення осаду;
- утворення слабого електроліту (води, тощо).

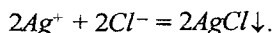
1) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:

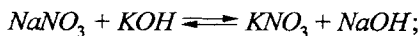


скорочене йонне рівняння реакції:

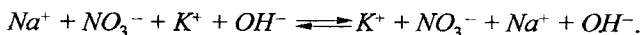


Дана реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився осад.

2) молекулярне рівняння реакції:

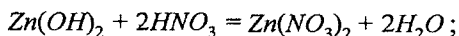


повне йонне рівняння реакції:

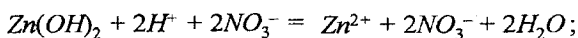


Дана реакція йонного обміну не проходить до кінця; у розчині будуть існувати чотири види йонів; скорочене йонне рівняння записати неможливо.

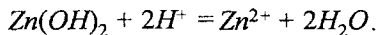
3) молекулярне рівняння реакції:



повне йонне рівняння реакції:



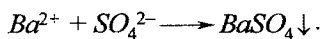
скорочене йонне рівняння реакції:



Дана реакція йонного обміну проходить до кінця, оскільки в результаті реакції утворився слабкий електроліт – вода; $\text{Zn}(\text{OH})_2$ – нерозчинна речовина, тому у повному і скороченому йонних рівняннях записується у молекулярному вигляді.

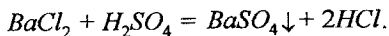
Відповідь: до кінця не проходить реакція між розчинами речовин NaNO_3 і KOH .

Завдання 5.11 Записати молекулярне рівняння реакції, яке відповідає скороченому йонному рівнянню:

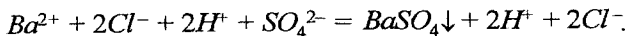


Оскільки у розчині присутні йони Ba^{2+} та SO_4^{2-} , то вихідні речовини, що містять ці йони, повинні бути розчинними, їх необхідно підібрати за таблицею розчинності (таблиця Д.1). Наприклад, як вихідні речовини можна використати BaCl_2 і H_2SO_4 .

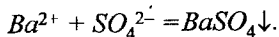
Молекулярне рівняння реакції:



Повне йонне рівняння реакції:

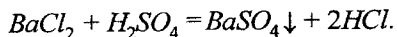


Скорочене йонне рівняння:



Отримане скорочене йонне рівняння збігається з наведеним в умові завдання.

Відповідь: молекулярне рівняння:



5.3 Контрольні завдання

5.12 Визначити масову частку цукру у розчині, одержаному розчиненням 50 г цукру в 450 г води.

5.13 Яку масу цукру необхідно розчинити у 75 г води для одержання розчину з масовою часткою цукру 25%?

5.14 Визначити масову частку натрій гідроксиду у розчині, одержаному розчиненням 25 г NaOH у 75 г води.

- 5.15 В якому об'ємі води необхідно розчинити глюкозу масою 50 г, щоб утворився розчин з масовою часткою глюкози 25%?
- 5.16 Скільки грамів калій гідроксиду KOH потрібно для приготування 1 л розчину з масовою часткою KOH 10% (густина розчину 1,13 г/мл)?
- 5.17 Визначити масову частку натрій сульфату у розчині, одержаному розчиненням 100 г Na_2SO_4 у 900 г води.
- 5.18 Визначити масу води, у якій необхідно розчинити 10 г солі $NaCl$ для одержання розчину з масовою часткою натрій хлориду 10%.
- 5.19 Визначити масову частку калій нітрату у розчині, одержаному розчиненням 1 г KNO_3 у 9 г води.
- 5.20 Скільки грамів кальцій хлориду необхідно взяти для приготування 200 г розчину з масовою часткою $CaCl_2$ 0,05?
- 5.21 Яку масу аргентум нітрату необхідно розчинити у 18 г води для одержання розчину з масовою часткою $AgNO_3$ 10%?
- 5.22 Визначити масову частку калій хлориду у розчині, одержаному розчиненням 5 г KCl у 45 г води.
- 5.23 Визначити масу води, в якій необхідно розчинити 10 г $Ba(NO_3)_2$ для одержання розчину з масовою часткою барій нітрату 10%.
- 5.24 У 2 л води розчинили 112 л гідроген хлориду за нормальних умов. Визначити масову частку HCl в добутому розчині.
- 5.25 Скільки грамів соди Na_2CO_3 та який об'єм води необхідно взяти для приготування 100 г розчину з масовою часткою Na_2CO_3 5%?
- 5.26 Визначити масу води, у якій необхідно розчинити 5 г кухонної солі $NaCl$ для одержання розчину з масовою часткою натрій хлориду 20%.
- 5.27 Визначити масову частку натрій нітрату у розчині, одержаному розчиненням 50 г $NaNO_3$ у 50 г води.
- 5.28 Обчислити масову частку калій нітрату в розчині, утвореному з 0,2 моль KNO_3 і 5 моль води.
- 5.29 Обчислити масову частку калій карбонату в розчині, виготовленому з 0,2 моль K_2CO_3 і 172,4 г води.
- 5.30 Обчислити масу нітратної кислоти в 2 л розчину з масовою часткою кислоти 10% і густиною 1,05 г/мл.
- 5.31 До вихідного розчину магній сульфату масою 400 г з масовою часткою $MgSO_4$ 10% додали 50 г цієї ж солі. Обчислити масову частку солі в добутому розчині.
- 5.32 До вихідного розчину натрій сульфату масою 200 г з масовою часткою Na_2SO_4 40% додали 40 г цієї ж солі. Обчислити масову частку солі в добутому розчині.

- 5.33 До вихідного розчину цинк сульфату масою 150 г з масовою часткою $ZnSO_4$ 20% додали 5 г цієї ж солі. Обчислити масову частку солі в добутому розчині.
- 5.34 До вихідного розчину натрій гідроксиду масою 70 г з масовою часткою $NaOH$ 20% додали 30 мл води. Обчислити масову частку $NaOH$ в добутому розчині.
- 5.35 До вихідного розчину калій гідроксиду масою 30 г з масовою часткою KOH 50% додали 20 мл води. Обчислити масову частку $NaOH$ в добутому розчині.
- 5.36 До вихідного розчину літій гідроксиду масою 40 г з масовою часткою $LiOH$ 30% додали 40 мл води. Обчислити масову частку $NaOH$ в добутому розчині.
- 5.37 Скільки грамів натрій карбонату потрібно взяти для приготування 5 л розчину з масовою часткою Na_2CO_3 13% (густина розчину дорівнює 1,13 г/мл)?
- 5.38 Обчислити масу $NaCl$, що міститься в 200 мл розчину, якщо молярна концентрація цього розчину дорівнює 0,5 моль/л.
- 5.39 Обчислити масу $Mg(NO_3)_2$, що міститься в 100 мл розчину, якщо молярна концентрація цього розчину дорівнює 1 моль/л.
- 5.40 Обчислити масу Na_2CO_3 , що міститься в 75 мл розчину, якщо молярна концентрація цього розчину дорівнює 0,3 моль/л.
- 5.41 Обчислити молярну концентрацію H_2SO_4 у розчині з масовою часткою кислоти 63% (густина розчину 1,53 г/мл).
- 5.42 Обчислити молярну концентрацію Na_2CO_3 у розчині з масовою часткою солі 16% (густина розчину 1,17 г/мл).
- 5.43 Обчислити молярну концентрацію H_3PO_4 у розчині з масовою часткою кислоти 47,7% (густина розчину 1,32 г/мл).
- 5.44 Скільки молів натрій гідроксиду необхідно взяти для виготовлення 0,5 л 4М розчину.
- 5.45 Визначити масову частку сульфатної кислоти у 8М розчині, густина якого 1,44 г/мл.
- 5.46 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідроксиду становить 10^{-1} моль/л.
- 5.47 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідрогену становить 10^{-1} моль/л.
- 5.48 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідрогену становить 10^{-7} моль/л.

5.49 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідроксилу становить 10^{-3} моль/л.

5.50 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідроксилу становить 10^{-9} моль/л.

5.51 Визначити pH розчину, якщо концентрація йонів гідрогену становить 10^{-2} моль/л.

5.52 Визначити концентрацію йонів H^+ у розчині, pH якого дорівнює 10.

5.53 Визначити концентрацію йонів OH^- у розчині, якщо концентрація йонів H^+ дорівнює 10^{-5} моль/л.

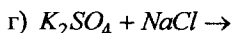
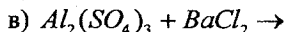
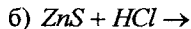
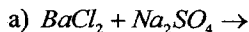
5.54 Визначити концентрацію йонів OH^- у розчині, pH якого дорівнює 7.

5.55 Визначити концентрацію йонів H^+ у розчині, якщо концентрація йонів OH^- дорівнює 10^{-10} моль/л.

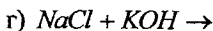
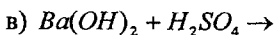
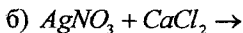
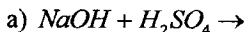
5.56 Визначити концентрацію йонів OH^- у розчині, якщо концентрація йонів H^+ дорівнює 10^{-9} моль/л.

5.57 Чому дорівнює концентрація гідроген-йонів і гідроксид-йонів у розчині, pH якого дорівнює 4?

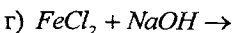
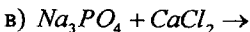
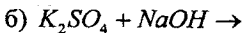
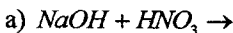
5.58 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



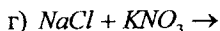
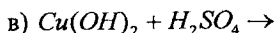
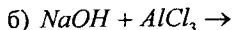
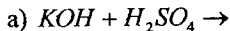
5.59 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



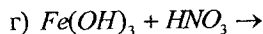
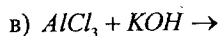
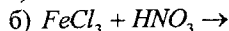
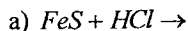
5.60 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



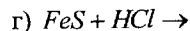
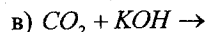
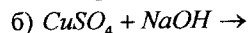
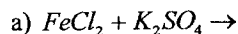
5.61 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



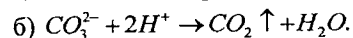
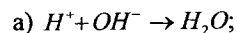
5.62 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



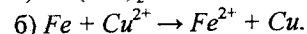
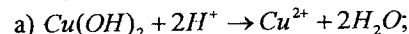
5.63 Записати молекулярні та повні і скорочені йонні рівняння реакцій за наведеними нижче схемами. Визначити, яка з реакцій йонного обміну не проходить до кінця.



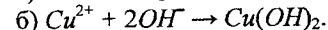
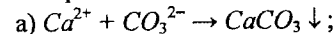
5.64 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



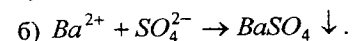
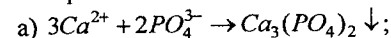
5.65 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



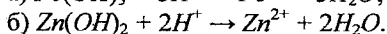
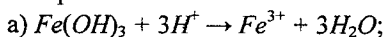
5.66 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



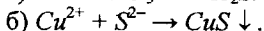
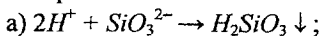
5.67 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



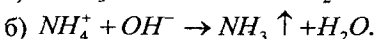
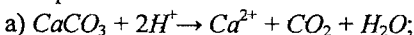
5.68 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



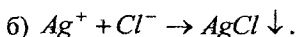
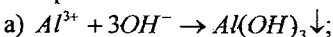
5.69 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



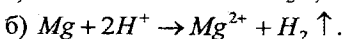
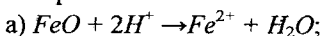
5.70 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



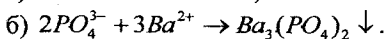
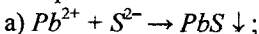
5.71 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



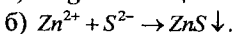
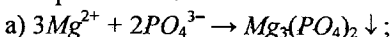
5.72 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



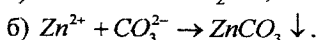
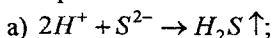
5.73 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



5.74 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



5.75 Записати молекулярні рівняння реакцій, які відповідають скороченим йонним рівнянням:



6 ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

6.1 Зміст теми та рекомендована література

Процеси окиснення і відновлення. Окисно-відновні реакції. Ступінь окиснення. Послідовність складання рівнянь окисно-відновних реакцій методом електронного балансу. Типи окисно-відновних реакцій та вплив середовища на їх перебіг.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 131–140; [2] – С. 281–289; [3] – С. 43–49.

додаткова: [5] – С. 150–159; [6] – С. 451–463; [7] – С. 174–177;
[8] – С. 147–161; [9] – С. 101–106.

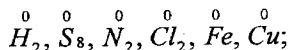
6.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 6.1 Визначити ступені окиснення атомів:

- а) в нітратній кислоті HNO_3 ; в) в нітроген (V) оксиді N_2O_5 ;
б) в нітритній кислоті HNO_2 ; г) в магній ортофосфаті $Mg_3(PO_4)_2$.

Для визначення ступеня окиснення атома потрібно пам'ятати:

1) ступінь окиснення атома у простих речовинах дорівнює нулю, наприклад:



2) ступінь окиснення **Гідрогену (H)** у всіх сполуках, за винятком гідридів металів (KH , NaH , CaH_2 та ін.), дорівнює +1. У гідридах металів його ступінь окиснення дорівнює -1;

3) ступінь окиснення **Оксигену (O)** в більшості сполук дорівнює -2. У сполуці з Флуором (OF_2) Оксиген має ступінь окиснення +2. У пероксидах (H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2) ступінь окиснення Оксигену дорівнює -1;

4) ступінь окиснення простого (одноатомного) йона дорівнює його заряду (таблиця Д.1, додаток Д). Наприклад, у сполуці $NaCl$ ступінь окиснення Натрію дорівнює +1, ступінь окиснення Хлору -1: $(Na^{+1}Cl^{-1})$; у сполуці $Cu(NO_3)_2$ ступінь окиснення Купруму дорівнює +2;

5) ступінь окиснення **Флуору (F)** у всіх його сполуках дорівнює -1;

6) ступінь окиснення лужних металів (Li , Na , K , Rb , Cs , Fr) у всіх сполуках дорівнює +1, ступінь окиснення атомів елементів головної підгрупи другої групи (Be , Mg , Ca , Sr , Ba , Ra) дорівнює +2;

7) ступені окиснення багатьох атомів змінні, тому, знаючи ступені окиснення одних атомів, можна визначити ступені окиснення інших атомів у даній сполуці. Для цього потрібно пам'ятати, що алгебраїчна сума

ступенів окиснення всіх атомів, які входять до складу молекули, завжди дорівнює нулю, в складному йоні ця сума дорівнює заряду йона.

В сполуках, наведених у завданні, ступінь окиснення Гідрогену +1, Оксигену -2, Магнію +2. Ступінь окиснення Нітрогену та Фосфору позначаємо через x . Далі складаємо рівняння, доданками якого є добуток числа атомів елемента на його ступінь окиснення. При цьому враховуємо, що алгебраїчна сума ступенів окиснення всіх атомів, які входять до складу молекули, дорівнює нулю:

а) нітратна кислота: $H\overset{+1}{N}\overset{-2}{O}_3$

$$1 \cdot 1 + 1 \cdot x + 3 \cdot (-2) = 0;$$

$$1 + x - 6 = 0;$$

$$x = 5.$$

Отже, $H\overset{+1}{N}\overset{-2}{O}_3$.

в) нітроген (V) оксид: $N_2\overset{x}{O}_5$

$$2 \cdot x + 5 \cdot (-2) = 0;$$

$$2 \cdot x - 10 = 0;$$

$$2 \cdot x = 10;$$

$$x = 5.$$

Отже, $N_2\overset{+5}{O}_5$.

б) нітритна кислота: $H\overset{+1}{N}\overset{-2}{O}_2$

$$1 \cdot 1 + 1 \cdot x + (-2) \cdot 2 = 0;$$

$$1 + x - 4 = 0;$$

$$x = 3.$$

Отже, $H\overset{+1}{N}\overset{+3-2}{O}_2$.

г) магній ортофосфат: $Mg_3\overset{+2}{(P}\overset{x}{O}_4)_2$

$$3 \cdot 2 + 2 \cdot x + 8 \cdot (-2) = 0;$$

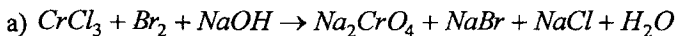
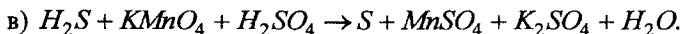
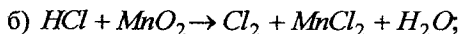
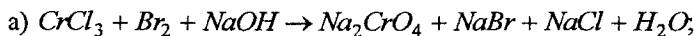
$$6 + 2 \cdot x - 16 = 0;$$

$$2 \cdot x = 10;$$

$$x = 5.$$

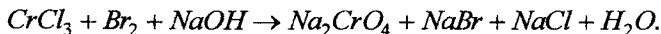
Отже, $Mg_3\overset{+2}{(P}\overset{+5-2}{O}_4)_2$.

Завдання 6.2 Визначити ступені окиснення, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівняннях реакцій за схемами:

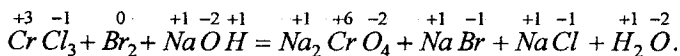


При складанні рівнянь окисно-відновних реакцій методом електронного балансу потрібно дотримуватись правил, наведених нижче.

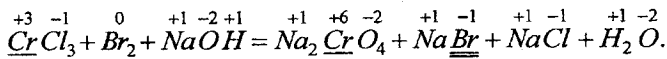
1. Записати схему рівняння реакції:



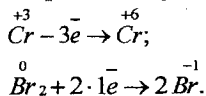
2. Визначити ступені окиснення атомів всіх елементів:



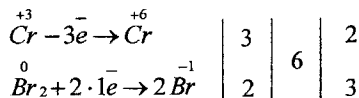
3. Підкреслити елементи, які змінили ступінь окиснення:



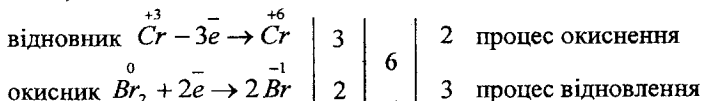
4. Записати електронні рівняння процесу окиснення і відновлення:



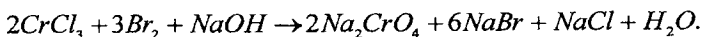
5. Знайти найменше спільне кратне чисел відданих і приєднаних електронів (для чисел 3 і 2 – це число 6). Спільне кратне поділити на кількість відданих і приєднаних кожним хімічним елементом електронів, визначити додаткові множники, які є коефіцієнтами у рівнянні реакції:



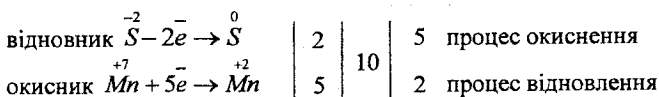
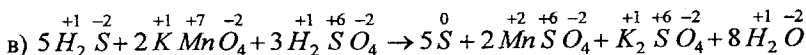
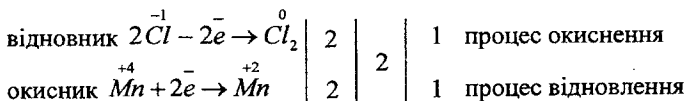
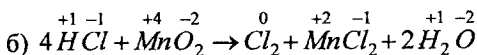
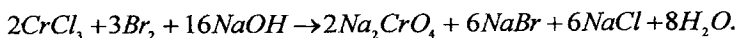
6. Визначити процес окиснення і відновлення, визначити окисник і відновник (в окисно-відновних реакціях **ОКИСНЕННЯМ** називається процес віддачі атомом, молекулою чи йоном електронів. Атоми, молекули чи йони, що віддають електрони, називаються **відновниками**. **Відновленням** називається процес приєднання електронів атомом, молекулою чи йоном. Атоми, молекули чи йони, що приєднують електрони, називаються **окисниками**):



7. Коефіцієнти, визначені за електронним балансом, записати у рівнянні реакції перед елементами, що змінили ступінь окиснення (у більшості випадків починати розставляти коефіцієнти з правої частини рівняння):



8. Інші коефіцієнти необхідно підбирати:

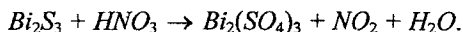


6.3 Контрольні завдання

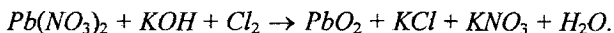
6.3 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



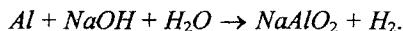
6.4 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



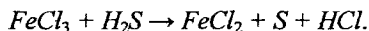
6.5 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.6 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



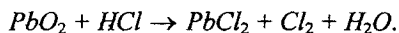
6.7 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



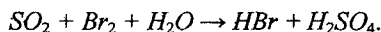
6.8 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.9 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



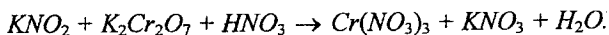
6.10 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



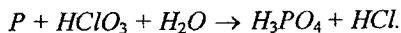
6.11 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



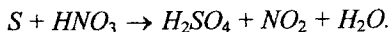
6.12 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



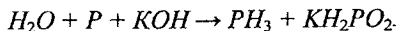
6.13 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



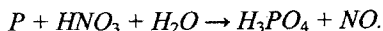
6.14 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



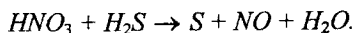
6.15 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



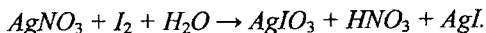
6.16 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.17 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



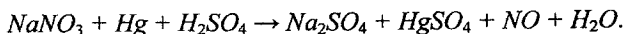
6.18 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



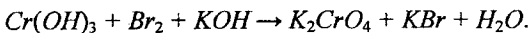
6.19 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.20 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.21 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.22 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



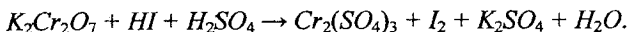
6.23 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.24 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.25 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



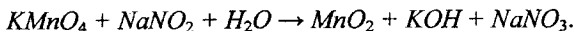
6.26 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



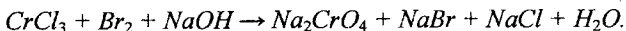
6.27 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



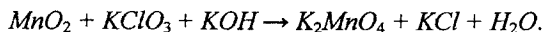
6.28 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



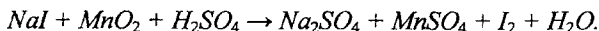
6.29 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.30 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



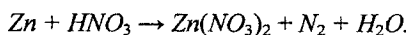
6.31 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



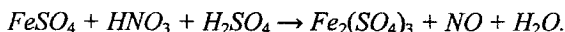
6.32 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



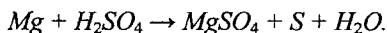
6.33 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



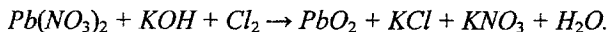
6.34 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



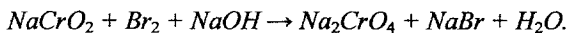
6.35 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



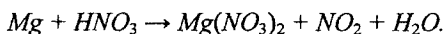
6.36 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.37 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



6.38 Визначити ступені окиснення атомів, записати електронні рівняння, вказати окисник і відновник та поставити коефіцієнти в рівнянні реакції за такою схемою:



7 ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ

7.1 Зміст теми та рекомендована література

Поняття про електрод та електродний потенціал. Фактори, від яких залежить величина електродного потенціалу (рівняння Нернста). Гальванічні елементи. Вимірювання та обчислення ЕРС. Вимірювання електродних потенціалів. Водневий електрод. Стандартні електродні потенціали і ряд активності металів. Акумулятори. Паливні елементи.

Електроліз розплавів і розчинів. Закони Фарадея. Вихід за струмом. Послідовність розряду йонів і молекул на електродах. Використання електролізу: електролітичне добування та очищення металів і сплавів, гальванотехніка, електрохімічна обробка металів і сплавів.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 386–397; [2] – С. 311–352.

додаткова: [5] – С. 241–255, С. 270–274, С. 276–278; [6] – С. 473–504; [7] – С. 182–194; [8] – С. 129–145; [9] – С. 107–114.

7.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 7.1 Обчислити потенціал алюмінієвого електрода, який занурений в розчин алюміній нітрату з концентрацією 0,001 моль/л.

Дано:

$$C(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,001 \text{ моль/л} = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} - ?$$

Потенціал металу залежить від природи металу, концентрації розчину солі металу та температури. Ця залежність виражається рівнянням Нернста:

$$E_{\text{M}^{n+}/\text{M}} = E_{\text{M}^{n+}/\text{M}}^0 + \frac{2,3 \cdot R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \lg[\text{M}^{n+}], \quad (7.1)$$

де $E_{\text{M}^{n+}/\text{M}}$ – електродний потенціал металу, В;

$E_{\text{M}^{n+}/\text{M}}^0$ – стандартний електродний потенціал металу, В;

R – універсальна газова стала, яка дорівнює 8,314 Дж/(К · моль);

T – температура, К;

F – число Фарадея, яке дорівнює 96487 Кл;

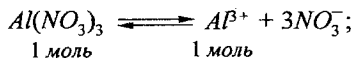
n – заряд йона металу;

$[\text{M}^{n+}]$ – концентрація йонів металу у розчині, моль/л.

Якщо в рівняння Нернста підставити значення всіх констант і прийняти $T = 298 \text{ К}$, то це рівняння набуде вигляду:

$$E_{\text{M}^{n+}/\text{M}} = E_{\text{M}^{n+}/\text{M}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg[\text{M}^{n+}]. \quad (7.2)$$

За рівнянням дисоціації алюміній нітрату визначаємо концентрацію йонів алюмінію у розчині



$$[Al^{3+}] = C(Al(NO_3)_3) = 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Для електродного процесу $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ стандартний електродний потенціал $E_{Al^{3+}/Al}^0 = -1,66 \text{ В}$ (додаток Е), $n = 3$. Потенціал алюмінієвого електрода дорівнює

$$E_{Al^{3+}/Al} = E_{Al^{3+}/Al}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg[Al^{3+}] = -1,66 + \frac{0,059}{3} \cdot \lg 10^{-3} = -1,72 \text{ В.}$$

Відповідь: потенціал алюмінієвого електрода дорівнює $-1,72 \text{ В}$.

Завдання 7.2 Записати схему гальванічного елемента, який складається зі срібного і магнієвого електродів. Для даного гальванічного елемента записати рівняння реакцій, що відбуваються на аноді і катоді, та загальне рівняння реакції. Обчислити ЕРС, якщо $[Ag^+] = 0,1 \text{ моль/л}$, а $[Mg^{2+}] = 0,01 \text{ моль/л}$.

Дано:

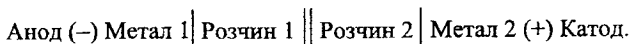
$$[Ag^+] = 0,1 \text{ моль/л}$$

$$[Mg^{2+}] = 0,01 \text{ моль/л}$$

ЕРС – ?

Гальванічний елемент – це система для безпосереднього перетворення енергії хімічної реакції в електричну. Гальванічний елемент є комбінацією електронних (металів) та йонних (розчинів) провідників.

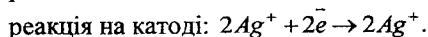
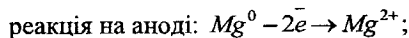
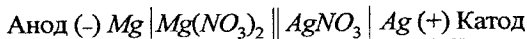
Анодом гальванічного елемента є електрод, який має менший потенціал, він окиснюється в гальванічному елементі, катодом – електрод з більшим потенціалом, на ньому відбувається процес відновлення. Анод позначають знаком «мінус» (на його поверхні концентрація електронів більша, ніж на катоді), а катод – знаком «плюс». Схематично гальванічний елемент зображають так:



З додатка Е, таблиця Е.1 виписуємо стандартні електродні потенціали для срібного і магнієвого електродів:

$$E_{Ag^+/Ag}^0 = 0,80 \text{ В}; \quad E_{Mg^{2+}/Mg}^0 = -2,36 \text{ В.}$$

Оскільки $E_{Ag^+/Ag}^0 > E_{Mg^{2+}/Mg}^0$, то срібний електрод буде катодом, магнієвий – анодом. Схема гальванічного елемента:



Загальне рівняння реакції: $Mg + 2AgNO_3 = Mg(NO_3)_2 + 2Ag$.

Електрорушійна сила (ЕРС) гальванічного елемента визначається як різниця електродних потенціалів катода і анода:

$$EPC = E_{\text{катода}} - E_{\text{анода}}, \quad (7.3)$$

де E – електродний потенціал металу, В.

За рівнянням (7.2) визначаємо потенціали срібного та магнієвого електродів:

$$E_{Ag^+/Ag} = E_{Ag^+/Ag}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg[Ag^+] = 0,80 + \frac{0,059}{1} \cdot \lg 10^{-1} = 0,74 \text{ В};$$

$$E_{Mg^{2+}/Mg} = E_{Mg^{2+}/Mg}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg[Mg^{2+}] = -2,36 + \frac{0,059}{2} \cdot \lg 10^{-2} = -2,42 \text{ В}.$$

Підставляємо розраховані значення потенціалів металів у формулу (7.3):

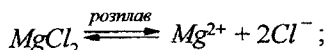
$$EPC = E_{Ag^+/Ag} - E_{Mg^{2+}/Mg} = 0,74 - (-2,42) = 3,16 \text{ В}.$$

Відповідь: електрорушійна сила гальванічного елемента дорівнює 3,16 В.

Завдання 7.3 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу розплаву $MgCl_2$ з інертним анодом.

Для проведення електролізу необхідно скласти установку з електролізера і джерела струму. Електролізер містить розплав або розчин електроліту, в який занурені електроди. Електроди під'єднані до джерела струму: катод – до негативного полюса, анод – до позитивного. На катоді відбуваються процеси відновлення, а на аноді – окиснення.

При електролізі розплавів з інертним анодом на катоді завжди відновлюються катіони металу, а на інертному аноді окиснюються аніони кислотного залишку або гідроксид-іони. В розплаві $MgCl_2$ містяться катіони магнію та хлорид-аніони:



Катод (-) $\leftarrow Mg^{2+}$

$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg^0$ (відновлення);

Анод (+) $\leftarrow Cl^-$

$2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2^0 \uparrow$ (окиснення).

Завдання 7.4 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину:

- калій іодиду з інертним анодом;
- нікол (II) сульфату з інертним анодом;
- нікол (II) сульфату з нікелевим анодом.

При електролізі водних розчинів електролітів на катоді можуть відновлюватись катіони і молекули води. В першу чергу на катоді відбувається та реакція, яка характеризується найбільшим електродним потенціалом.

На аноді в водних розчинах електролітів можуть відбуватися такі процеси:

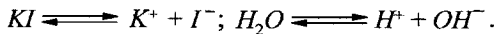
- окиснення матеріалу анода;
- окиснення аніонів;
- окиснення молекул води.

Інертний анод в ході електролізу залишається без змін, тобто не окиснюється. Активний анод окиснюється (розчиняється) в процесі електролізу. **В першу чергу на аноді відбувається та реакція, яка характеризується найменшим електродним потенціалом.**

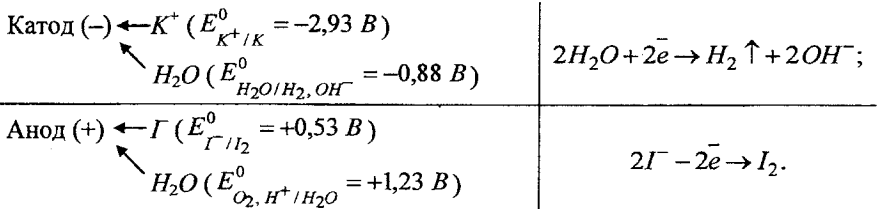
Для визначення реакцій електродних процесів необхідно:

- записати рівняння дисоціації електроліту;
- виписати електродні потенціали можливих катодних та анодних реакцій (додатки Ж, Е);
- записати рівняння катодної реакції, яка буде відбуватися в першу чергу;
- записати рівняння анодної реакції, яка буде відбуватися в першу чергу.

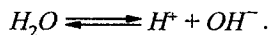
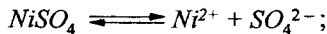
а) В розчині калій іодиду KI містяться такі йони:



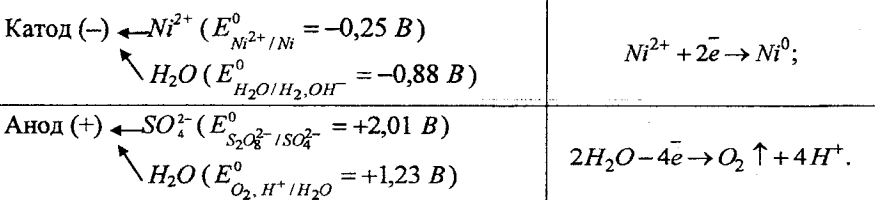
Оскільки у водному розчині $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ моль/л, тому наявністю йонів H^+ і OH^- в розчині можна знехтувати.



б) В розчині нікол (II) сульфату $NiSO_4$ містяться такі йони:



Оскільки у водному розчині $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ моль/л, тому наявністю йонів H^+ і OH^- в розчині можна знехтувати.



в) Матеріал аноду обов'язково потрібно враховувати при визначенні продуктів електролізу.

Катод (-) $\leftarrow Ni^{2+} (E_{Ni^{2+}/Ni}^0 = -0,25 B)$ \swarrow $H_2O (E_{H_2O/H_2, OH^-}^0 = -0,88 B)$	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni^0;$
Анод (+) $\leftarrow Ni^0 (E_{Ni^{2+}/Ni}^0 = -0,25 B)$ \swarrow $SO_4^{2-} (E_{S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}}^0 = +2,01 B)$ \searrow $H_2O (E_{O_2, H^+/H_2O}^0 = +1,23 B)$	$Ni^0 - 2e^- \rightarrow Ni^{2+}.$

Завдання 7.5 Обчислити масу міді, яка виділиться на катоді при електролізі розчину купрум (II) сульфату $CuSO_4$, якщо струм силою 1,5 А пропускати впродовж 10 хв.

Дано:

$$I = 1,5 A$$

$$\tau = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$m(Cu) - ?$$

Масу речовини, що утворюється під час електролізу, визначають за законами Фарадея:

$$m = \frac{M}{n \cdot F} \cdot Q = \frac{M}{n \cdot F} \cdot I \cdot \tau, \quad (7.4)$$

де m – маса відновленої або окисненої речовини, г;

M – молярна маса відновленої або окисненої речовини, г/моль;

n – кількість електронів, що беруть участь в електродній реакції;

F – число Фарадея, 96487 Кл/моль;

Q – кількість електрики, Кл;

τ – час, с;

I – сила струму, А.

Мідь відновлюється за реакцією $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$; $n = 2$. Отже, маса міді дорівнює:

$$m(Cu) = \frac{64}{2 \cdot 96487} \cdot 1,5 \cdot 600 = 0,3 \text{ г.}$$

Відповідь: при електролізі розчину $CuSO_4$ утворюється 0,3 г міді.

Завдання 7.6 Обчислити вихід за струмом нікелю, якщо при пропусканні струму силою 3 А впродовж 20 хв через розчин нікол (II) сульфату $NiSO_4$ на катоді виділилось 0,95 г нікелю.

Дано:

$$I = 3 A$$

$$\tau = 20 \text{ хв} = 1200 \text{ с}$$

$$m_n(Ni) = 0,95 \text{ г}$$

$$B(Ni) - ?$$

Вихід за струмом обчислюють за формулою:

$$B = \frac{m_n}{m_\tau} \cdot 100\%, \quad (7.5)$$

де m_n – маса речовини (практична), що утворилась під час електролізу, г;

m_τ – маса речовини (теоретична), розрахована за законом Фарадея, г.

Нікель відновлюється за реакцією $Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni^0$; $n = 2$. Масу нікелю, що могла утворитись під час електролізу, обчислюємо за формулою (7.4):

$$m_{\tau}(Ni) = \frac{59}{2 \cdot 96487} \cdot 3 \cdot 1200 = 1,1 \text{ г.}$$

Вихід за струмом нікелю обчислюємо за формулою (7.5):

$$B(Ni) = \frac{0,95}{1,1} \cdot 100\% = 86,4\%.$$

Відповідь: вихід за струмом нікелю 86,4%.

7.3 Контрольні завдання

7.7 Розрахувати потенціал магнієвого електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Mg^{2+} 0,1 моль/л.

7.8 Розрахувати потенціал хромового електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Cr^{3+} 0,01 моль/л.

7.9 Розрахувати потенціал залізного електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Fe^{2+} 0,01 моль/л.

7.10 Розрахувати потенціал мідного електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Cu^{2+} 0,1 моль/л.

7.11 Розрахувати потенціал кадмієвого електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Cd^{2+} 0,01 моль/л.

7.12 Розрахувати потенціал цинкового електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Zn^{2+} 1 моль/л.

7.13 Розрахувати потенціал алюмінієвого електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Al^{3+} 0,1 моль/л.

7.14 Розрахувати потенціал нікелевого електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Ni^{2+} 0,001 моль/л.

7.15 Розрахувати потенціал срібного електрода, зануреного у розчин із концентрацією йонів Ag^+ 0,1 моль/л.

7.16 Записати схему мідно-нікелевого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної *EPC*.

7.17 Записати схему мідно-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної *EPC*.

7.18 Записати схему свинцево-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної *EPC*.

7.19 Записати схему мідно-залізного гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.20 Записати схему залізо-цинкового гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.21 Записати схему срібно-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.22 Записати схему срібно-кадмієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.23 Записати схему мідно-срібного гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.24 Записати схему кадмій-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій, загальне рівняння реакції та розрахувати значення стандартної E_{PC} .

7.25 Записати схему мідно-нікелевого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Cu^{2+} у розчині дорівнює 0,1 моль/л, а Ni^{2+} – 0,01 моль/л.

7.26 Записати схему залізо-нікелевого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Fe^{2+} у розчині дорівнює 1 моль/л, а Ni^{2+} – 0,001 моль/л.

7.27 Записати схему кобальт-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Co^{2+} у розчині дорівнює 0,01 моль/л, а Mg^{2+} – 0,001 моль/л.

7.28 Записати схему залізо-цинкового гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Zn^{2+} у розчині дорівнює 1 моль/л, а Fe^{2+} – 0,1 моль/л.

7.29 Записати схему срібно-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Ag^{+} у розчині дорівнює 0,1 моль/л, а Mg^{2+} – 0,1 моль/л.

7.30 Записати схему срібно-цинкового гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Ag^{+} у розчині дорівнює 0,1 моль/л, а Zn^{2+} – 1 моль/л.

7.31 Записати схему свинцево-магнієвого гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо

концентрація йонів Pb^{2+} у розчині дорівнює $0,01 \text{ моль/л}$, а Mg^{2+} – $0,01 \text{ моль/л}$.

7.32 Записати схему цинк-кобальтового гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Zn^{2+} у розчині дорівнює $0,001 \text{ моль/л}$, а Co^{2+} – $0,1 \text{ моль/л}$.

7.33 Записати схему мідно-залізного гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Cu^{2+} у розчині дорівнює 1 моль/л , а Fe^{2+} – $0,01 \text{ моль/л}$.

7.34 Записати схему мідно-срібного гальванічного елемента, рівняння електродних реакцій та загальне рівняння реакції. Обчислити E_{PC} , якщо концентрація йонів Cu^{2+} у розчині дорівнює $0,01 \text{ моль/л}$, а Ag^+ – $0,01 \text{ моль/л}$.

7.35 Визначити, яка реакція відбувається на катоді, якщо у розчині присутні такі йони та молекули: H^+ , SO_4^{2-} , H_2O , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Cl^- .

7.36 Визначити, яка реакція відбувається на аноді, якщо у розчині присутні такі йони та молекули: Bi^{3+} , SO_4^{2-} , H_2O , Co^{2+} , Cl^- .

7.37 Визначити, яка реакція відбувається на катоді, якщо у розчині присутні такі йони та молекули: Co^{2+} , NO_3^- , H_2O , Fe^{3+} , Br^- .

7.38 Визначити, яка реакція відбувається на аноді, якщо у розчині присутні такі йони та молекули: Cr^{3+} , Cl^- , H_2O , Co^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- .

7.39 Визначити, яка реакція відбувається на аноді, якщо у розчині присутні такі йони та молекули: Na^+ , I^- , H_2O , K^+ , OH^- , Cl^- .

7.40 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $CoSO_4$ з інертним анодом.

7.41 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $FeSO_4$ з інертним анодом.

7.42 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину KOH з інертним анодом.

7.43 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $ZnSO_4$ з цинковим анодом.

7.44 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $NaOH$ з золотим анодом.

7.45 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $CoSO_4$ з кобальтовим анодом.

7.46 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $AgNO_3$ з срібним анодом.

- 7.47 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину $ZnCl_2$ з цинковим анодом.
- 7.48 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину Na_2SO_4 з інертним анодом.
- 7.49 Записати рівняння електродних процесів, що відбуваються під час електролізу водного розчину KOH з інертним анодом.
- 7.50 Визначити масу нікелю, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 96500 Кл електрики.
- 7.51 Визначити масу заліза, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 48244 Кл електрики.
- 7.52 Визначити масу золота, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 32162 Кл електрики.
- 7.53 Визначити масу цинку, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 19297 Кл електрики.
- 7.54 Визначити масу кобальту, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 57892 Кл електрики.
- 7.55 Визначити масу кобальту, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 28946 Кл електрики.
- 7.56 Визначити масу срібла, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 38595 Кл електрики.
- 7.57 Визначити масу свинцю, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 32162 Кл електрики.
- 7.58 Визначити масу бісмуту, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 19297 Кл електрики.
- 7.59 Визначити масу міді, що виділиться на катоді при пропусканні через розчин солі цього металу 96500 Кл електрики.
- 7.60 Обчислити вихід за струмом міді, якщо при пропусканні струму силою 1 А впродовж 10 хв через розчин купрум (II) сульфату $CuSO_4$ на катоді виділилось 0,15 г міді.
- 7.61 Обчислити вихід за струмом цинку, якщо при пропусканні струму силою 2,5 А впродовж 15 хв через розчин цинк сульфату $ZnSO_4$ на катоді виділилось 0,68 г цинку.
- 7.62 Обчислити вихід за струмом срібла, якщо при пропусканні струму силою 2 А впродовж 20 хв через розчин аргентум нітрату $AgNO_3$ на катоді виділилось 2,5 г срібла.
- 7.63 Обчислити вихід за струмом кобальту, якщо при пропусканні струму силою 5 А впродовж 30 хв через розчин кобальт (II) сульфату $CoSO_4$ на катоді виділилось 2,52 г кобальту.

8 ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ. ПРОЦЕСИ КОРОЗІЇ ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ

8.1 Зміст теми та рекомендована література

Знаходження металів в природі. Фізичні властивості металів. Основні методи добування. Поняття про сплави. Хімічні властивості металів (відношення до простих окислювачів, води, кислот та лугів). Використання металів та їх сплавів в різних технічних галузях.

Корозія металів та сплавів. Класифікація корозійних процесів. Хімічна корозія. Електрохімічна корозія в нейтральному та кислому середовищах.

Класифікація методів захисту металів та сплавів від корозії. Електрохімічні методи (анодний, катодний, протекторний). Зміна властивостей корозійного середовища. Інгібітори корозії. Явище пасивності металів. Захисні покриття.

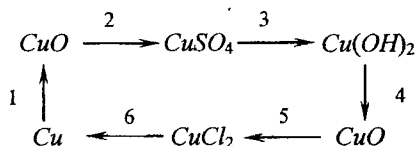
Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 382–386, С. 397–406; [2] – С. 365–405.

додаткова: [5] – С. 285–296, С. 374–388; [6] – С. 504–510; [7] – С. 195–197; [8] – С. 145–147, С. 325–335; [9] – С. 120–127.

8.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 8.1 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за схемою:



При складанні рівнянь реакцій можна скористатись додатком И, в якому наведені хімічні властивості металів.

- 1) $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{f} 2\text{CuO}$;
- 2) $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 3) $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$;
- 4) $\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{f} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$;
- 5) $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 6) $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{FeCl}_2$.

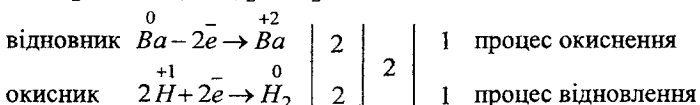
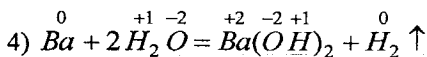
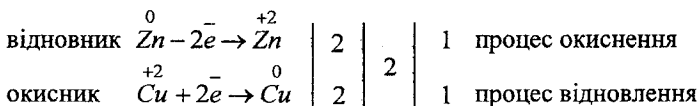
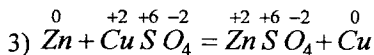
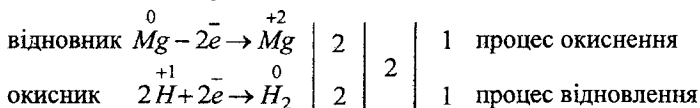
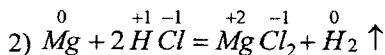
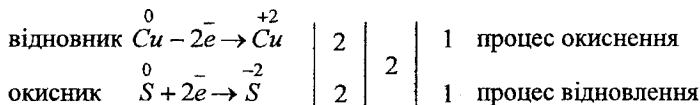
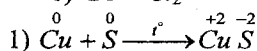
Завдання 8.2 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:

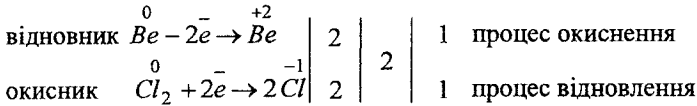
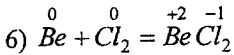
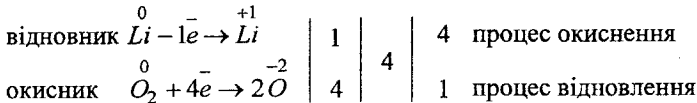
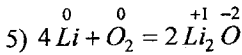
цинк сульфід $\xrightarrow{1}$ цинк оксид $\xrightarrow{2}$ цинк сульфат $\xrightarrow{3}$ цинк
 гідроксид $\xrightarrow{4}$ цинк оксид $\xrightarrow{5}$ цинк хлорид $\xrightarrow{6}$ цинк карбонат.

- 1) $2ZnS + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + 2SO_2$;
- 2) $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$;
- 3) $ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$;
- 4) $Zn(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} ZnO + H_2O$;
- 5) $ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$;
- 6) $ZnCl_2 + Na_2CO_3 = ZnCO_3 \downarrow + 2NaCl$.

Завдання 8.3 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:

- 1) $Cu + S \rightarrow$
- 2) $Mg + HCl \rightarrow$
- 3) $Zn + CuSO_4 \rightarrow$
- 4) $Ba + H_2O \rightarrow$
- 5) $Li + O_2 \rightarrow$
- 6) $Be + Cl_2 \rightarrow$

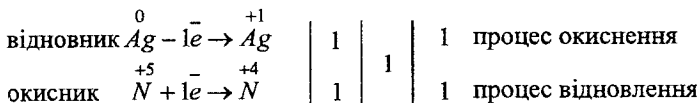
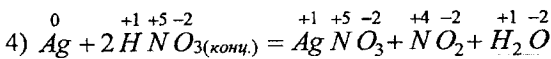
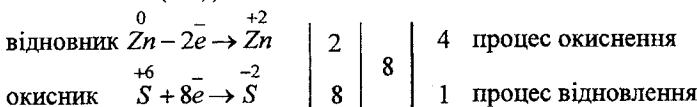
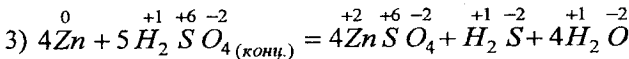
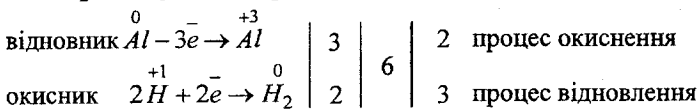
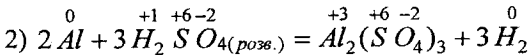
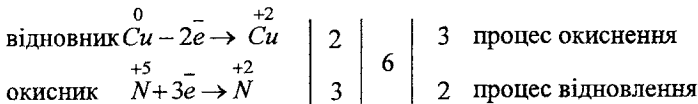
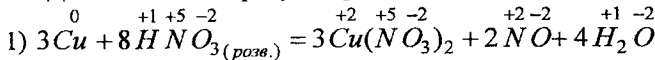


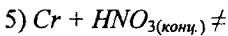


Завдання 8.4 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:

- 1) $Cu + HNO_3(\text{розв.}) \rightarrow$
- 2) $Al + H_2SO_4(\text{розв.}) \rightarrow$
- 3) $Zn + H_2SO_4(\text{конц.}) \rightarrow$
- 4) $Ag + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow$
- 5) $Cr + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow$

Для визначення продуктів реакції використати таблицю И.2, додаток И.





Реакція не відбувається, оскільки в концентрованій нітратній кислоті хром пасивується і на його поверхні утворюється захисна оксидна плівка.

Завдання 8.5 Який метал (цинк, калій, магній чи мідь) можна використовувати для протекторного захисту від корозії сталюого виробу?

З таблиці Е.1, додаток Е випикуємо значення стандартних електродних потенціалів металів і враховуємо, що сталь – це сплав на основі заліза.

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44B, \quad E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76B, \quad E_{Mg^{2+}/Mg}^0 = -2,36B.$$

$$E_{K^+/K}^0 = -2,93B, \quad E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,34B,$$

Для протекторного захисту від корозії можна використовувати тільки ті метали, які є більш активними, ніж метал, з якого виготовлений виріб. При цьому необхідно, щоб різниця між значеннями стандартних електродних потенціалів металів була якомога меншою. Оскільки мідь є менш активним металом, ніж залізо, то вона не може бути протектором в даному випадку ($E_{Cu^{2+}/Cu}^0 > E_{Fe^{2+}/Fe}^0$).

Калій, магній і цинк є більш активними металами, ніж залізо, оскільки $E_{K^+/K}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$, $E_{Mg^{2+}/Mg}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$ і $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$.

Але метали, які в ряду напруг розміщені до магнію, є дуже активними, інтенсивно реагують з водою, тому не використовуються як протектори. Знаходимо різницю між стандартними електродними потенціалами заліза і магнію та заліза і цинку:

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 - E_{Mg^{2+}/Mg}^0 = -0,44B - (-2,36B) = 1,92B;$$

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 - E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,44B - (-0,76B) = 0,32B.$$

Магній і цинк можна використовувати як протектори виробів зі сталі. Але з врахуванням різниці електродних потенціалів більш ефективними є цинкові протектори.

Завдання 8.6 Який метал (цинк чи мідь) можна використовувати для катодного покриття з метою захисту від корозії сталюого виробу?

З таблиці Е.1 додатка Е випикуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44B; \quad E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76B; \quad E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,34B.$$

Метал, який використовують для катодного покриття, обов'язково повинен бути менш активним, ніж той метал, з якого виготовлений виріб, який захищають від корозії.

Оскільки $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$, то цинк не можна використовувати для катодного покриття сталюого виробу з метою захисту його від корозії, а мідь – можна, тому що $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 > E_{Fe^{2+}/Fe}^0$.

Завдання 8.7 Який метал кородує, якщо контактують: а) залізо з алюмінієм в розчині хлоридної кислоти; б) залізо з нікелем в атмосфері вологого повітря? Скласти схеми корозійних мікрогальванічних елементів, що при цьому утворюються.

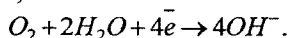
При контакті металів з різними електродними потенціалами в електропровідному середовищі протікає електрохімічна корозія. Електролітами можуть виступати водні розчини кислот, солей, морська та ґрунтова вода, повітряна волога, сконденсована на поверхні металу. При контакті двох металів виникає мікрогальванічний елемент, причому, чим більша різниця між стандартними електродними потенціалами контактуючих металів, тим інтенсивніше кородує більш активний метал, який є анодом такого елемента.

Під час електрохімічної корозії одночасно відбуваються два процеси:

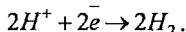
– анодний процес: $Me^0 - ne \rightarrow Me^{n+}$ (окиснення металу);

– катодний процес: відновлення окиснювачів (компонентів середовища).

Найчастіше окиснювачами є кисень O_2 або йони Гідрогену H^+ . Корозія з участю кисню називається корозією з поглинанням кисню (корозією з кисневою деполяризацією):



Корозія з участю йонів H^+ називається корозією з виділенням водню (корозією з водневою деполяризацією):



З таблиці Е.1 додатка Е випишуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44 \text{ В}; \quad E_{Al^{3+}/Al}^0 = -1,66 \text{ В}; \quad E_{Ni^{2+}/Ni}^0 = -0,25 \text{ В}.$$

а) Оскільки $E_{Al^{3+}/Al}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$ анодом мікрогальванічного елемента, що утворюється, є алюміній. Записуємо схему мікрогальванічного елемента та рівняння анодного і катодного процесів:

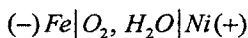


анодний процес: $Al^0 - 3e^- \rightarrow Al^{3+}$

катодний процес: $2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2$

Таким чином, при контакті алюмінію і заліза кородує алюміній.

б) Оскільки $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 < E_{Ni^{2+}/Ni}^0$, анодом мікрогальванічного елемента, що утворюється, є залізо. Записуємо схему мікрогальванічного елемента та рівняння анодного і катодного процесів:



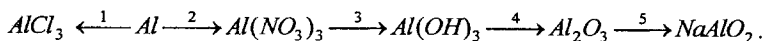
анодний процес: $Fe^0 - 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$

катодний процес: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

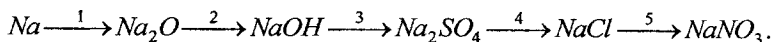
Отже, при контакті заліза з нікелем кородує залізо.

8.3 Контрольні завдання

8.8 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



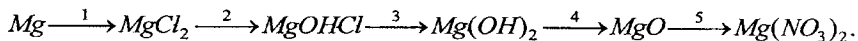
8.9 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



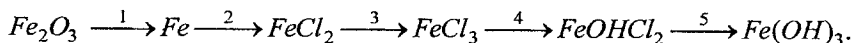
8.10 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



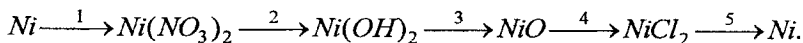
8.11 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



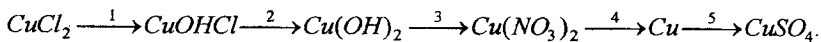
8.12 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



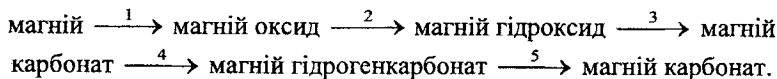
8.13 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



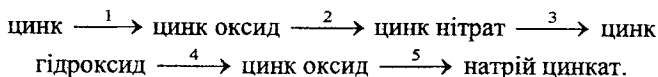
8.14 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



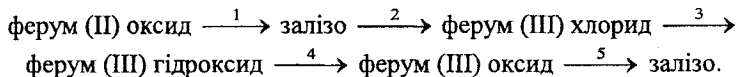
8.15 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



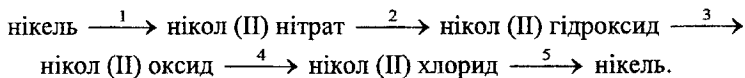
8.16 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



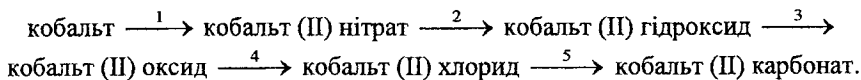
8.17 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



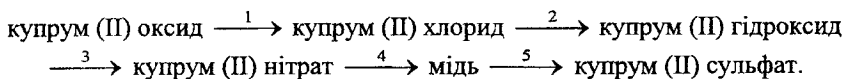
8.18 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



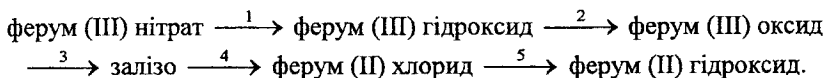
8.19 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



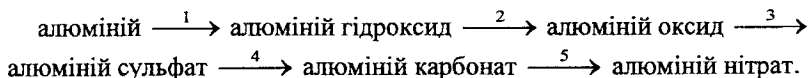
8.20 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



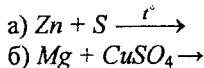
8.21 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



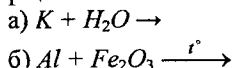
8.22 Скласти молекулярні рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такою схемою:



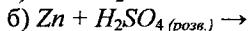
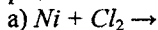
8.23 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



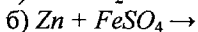
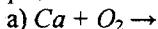
8.24 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



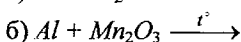
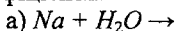
8.25 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



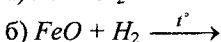
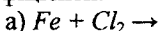
8.26 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



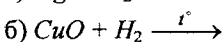
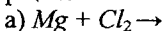
8.27 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



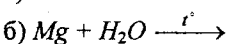
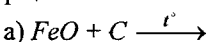
8.28 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



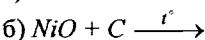
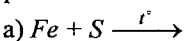
8.29 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



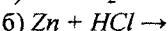
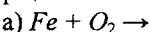
8.30 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



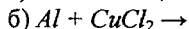
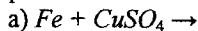
8.31 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



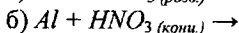
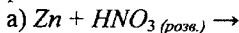
8.32 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



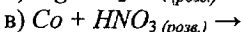
8.33 Закінчити рівняння реакцій, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



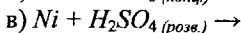
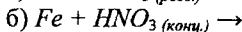
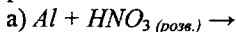
8.34 Закінчити рівняння можливих реакцій, визначити ступені окиснення, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



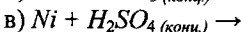
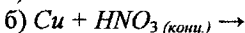
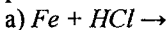
8.35 Закінчити рівняння можливих реакцій, визначити ступені окиснення, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



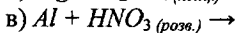
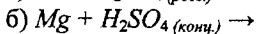
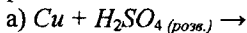
8.36 Закінчити рівняння можливих реакцій, визначити ступені окиснення, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



8.37 Закінчити рівняння можливих реакцій, визначити ступені окиснення, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



8.38 Закінчити рівняння можливих реакцій, визначити ступені окиснення, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти:



8.39 Який із запропонованих металів (натрій, магній, нікель) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтувати.

8.40 Який із запропонованих металів (кальцій, срібло, алюміній) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтувати.

8.41 Який із запропонованих металів (магній, літій, платина) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтувати.

8.42 Який із запропонованих металів (алюміній, паладій, цинк) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтувати.

8.43 Який із запропонованих металів (цинк, магній, нікель) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтувати.

8.44 Для харчових консервів використовують посуд виготовлений із заліза, покритого оловом. Якого типу це покриття? Записати схему мікрогальванічного елемента, який утворюється при пошкодженні вказаного покриття в розчині сульфатної кислоти, та рівняння анодного і катодного процесів.

8.45 Стальні вироби захищають від корозії, покриваючи їх тонким шаром цинку. Скласти схему корозійного елемента, який утворюється при пошкодженні цинкового покриття в розчині хлоридної кислоти, та рівняння анодного і катодного процесів.

8.46 Який метал кородує, якщо контактують мідь з алюмінієм в розчині сульфатної кислоти? Скласти схему мікрогальванічного елемента, що при цьому утворюється, записати рівняння анодного і катодного процесів.

8.47 Скласти схему корозійного мікрогальванічного елемента, що утворюється при пошкодженні нікелевого покриття на залізі в розчині сульфатної кислоти, записати рівняння анодного і катодного процесів.

8.48 Який метал кородує, якщо контактують залізо з свинцем в атмосфері вологого повітря? Скласти схему мікрогальванічного елемента, що при цьому утворюється, та рівняння анодного і катодного процесів.

8.49 Скласти схему корозійного мікрогальванічного елемента, що утворюється при контакті заліза з міддю в нейтральному середовищі в присутності кисню, записати рівняння анодного і катодного процесів.

8.50 Скласти схему корозійного мікрогальванічного елемента, що утворюється при контакті заліза з кобальтом в кислому середовищі, записати рівняння анодного і катодного процесів.

ЛІТЕРАТУРА

ОСНОВНА:

1. Загальна хімія : підручник / В. В. Григор'єва, В. М. Самійленко, А. М. Сич, О. А. Голуб ; під ред. О. А. Голуба. – К. : 9002 „кш ащВ” : – 471 с.
2. Кириченко В. І. Загальна хімія : навчальний посібник / Кириченко В. І. – К. : Вища шк., 2005. – 639 с.
3. Хімія. Теорія та практикум : навчальний посібник. Частина 1 / А. П. Ранський, М. В. Євсєєва, О. А. Гордієнко, Н. С. Звездецька. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 106 с.
4. Хімія. Теорія та практикум : навчальний посібник. Частина 2 / А. П. Ранський, М. В. Євсєєва, О. А. Гордієнко, Н. С. Звездецька. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 98 с.

ДОДАТКОВА:

5. Корчинський Г. А. Хімія : підручник / Корчинський Г. А. – Вінниця : Поділля, 2002. – 525 с.
6. Михалічко Б. М. Курс загальної хімії. Теоретичні основи: навчальний посібник / Михалічко Б. М. – К. : Знання, 2009. – 548 с.
7. Неділько С. А. Загальна й неорганічна хімія : задачі та вправи : навчальний посібник / С. А. Неділько, П. П. Попель. – К. : Либідь, 2001. – 400 с.
8. Основи загальної хімії : підручник / В. С. Телегус, О. І. Бодак, О. С. Заречнюк, В. В. Кінжибало ; під ред. В. С. Телегуса. – Львів : Світ, 2000. – 424 с.
9. Хімія : [навчальний посібник] / А. П. Ранський, М. В. Євсєєва, О. А. Гордієнко, Н. С. Звездецька. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 147 с.

Варіанти контрольних робіт

Для студентів денної та заочної форм навчання виконання контрольної роботи є заключним етапом підготовки до підсумкового контролю з дисципліни. Студенти заочної форми навчання повинні виконати і оформити одну контрольну роботу у відповідності з вимогами:

1) контрольну роботу необхідно оформити в окремому зошиті, акуратно і без виправлень;

2) текст питання (задачі) потрібно переписати із збереженням нумерації, після чого дати відповідь, супроводжуючи її короткими, але змістовними поясненнями;

3) розв'язок розрахункових задач має містити коротку умову, рівняння хімічних реакцій, розрахункові формули та необхідні константи;

4) контрольна робота повинна бути надіслана поштою або передана особисто в деканат.

Контрольна робота оцінюється «до захисту» або «не зараховано». Захист контрольної роботи здійснюється під час індивідуальної співбесіди на консультаціях за розкладом деканату. Якщо контрольна робота має оцінку «до захисту», проте викладач зробив зауваження, то при захисті роботи студенту необхідно дати правильні відповіді на запитання, з яких були зауваження. Якщо контрольна робота має оцінку «не зараховано», то вона повертається студенту із зауваженнями викладача, після чого необхідно внести зміни та доповнення і повернути її на повторне рецензування.

Таблиця А.1 – Варіанти завдань контрольної роботи

Варіант	Завдання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.6	2.4	3.5	4.9	5.12	5.46	6.3	7.7	7.35	8.8
2	1.7	2.5	3.6	4.10	5.13	5.47	6.4	7.8	7.36	8.9
3	1.8	2.6	3.7	4.11	5.14	5.48	6.5	7.9	7.37	8.10
4	1.9	2.7	3.8	4.12	5.15	5.49	6.6	7.10	7.38	8.11
5	1.10	2.8	3.9	4.13	5.16	5.50	6.7	7.11	7.39	8.12
6	1.11	2.9	3.10	4.14	5.17	5.51	6.8	7.12	7.40	8.13
7	1.12	2.10	3.11	4.15	5.18	5.52	6.9	7.13	7.41	8.14
8	1.13	2.11	3.12	4.16	5.19	5.53	6.10	7.14	7.42	8.15
9	1.14	2.12	3.13	4.17	5.20	5.54	6.11	7.15	7.43	8.16
10	1.15	2.13	3.14	4.18	5.21	5.55	6.12	7.16	7.44	8.17
11	1.16	2.14	3.15	4.19	5.22	5.56	6.13	7.17	7.45	8.18
12	1.17	2.15	3.16	4.20	5.23	5.57	6.14	7.18	7.46	8.19
13	1.18	2.16	3.17	4.21	5.24	5.58	6.15	7.19	7.47	8.20
14	1.19	2.17	3.18	4.22	5.25	5.59	6.16	7.20	7.48	8.21
15	1.20	2.18	3.19	4.23	5.26	5.60	6.17	7.21	7.49	8.22

Продовження таблиці А.1

16	1.21	2.19	3.20	4.24	5.27	5.61	6.18	7.22	7.50	8.23
17	1.22	2.20	3.21	4.25	5.28	5.62	6.19	7.23	7.51	8.24
18	1.23	2.21	3.22	4.26	5.29	5.63	6.20	7.24	7.52	8.25
19	1.24	2.22	3.23	4.27	5.30	5.64	6.21	7.25	7.53	8.26
20	1.25	2.23	3.24	4.28	5.31	5.65	6.22	7.26	7.54	8.27
21	1.26	2.24	3.25	4.29	5.32	5.66	6.23	7.27	7.55	8.28
22	1.27	2.25	3.5	4.30	5.33	5.67	6.24	7.28	7.56	8.29
23	1.28	2.26	3.6	4.31	5.34	5.68	6.25	7.29	7.57	8.30
24	1.29	2.27	3.7	4.32	5.35	5.69	6.26	7.30	7.58	8.31
25	1.30	2.28	3.8	4.33	5.36	5.70	6.27	7.31	7.59	8.32
26	1.31	2.29	3.9	4.34	5.37	5.71	6.28	7.32	7.60	8.33
27	1.32	2.30	3.10	4.35	5.38	5.72	6.29	7.33	7.61	8.34
28	1.33	2.31	3.11	4.9	5.39	5.73	6.30	7.34	7.62	8.35
29	1.34	2.32	3.12	4.10	5.40	5.74	6.31	7.7	7.63	8.36
30	1.35	2.33	3.13	4.11	5.41	5.75	6.32	7.8	7.35	8.37
31	1.36	2.34	3.14	4.12	5.42	5.46	6.33	7.9	7.36	8.38
32	1.37	2.35	3.15	4.13	5.43	5.47	6.34	7.10	7.37	8.39
33	1.38	2.36	3.16	4.14	5.44	5.48	6.35	7.11	7.38	8.40
34	1.39	2.37	3.17	4.15	5.45	5.49	6.3	7.12	7.39	8.41
35	1.40	2.38	3.18	4.16	5.12	5.50	6.4	7.13	7.40	8.42
36	1.41	2.39	3.19	4.17	5.13	5.51	6.5	7.14	7.41	8.43
37	1.42	2.40	3.20	4.18	5.14	5.52	6.6	7.15	7.42	8.44
38	1.43	2.4	3.21	4.19	5.15	5.53	6.7	7.16	7.43	8.45
39	1.6	2.5	3.22	4.20	5.16	5.54	6.8	7.17	7.44	8.46
40	1.7	2.6	3.23	4.21	5.17	5.55	6.9	7.18	7.45	8.47
41	1.8	2.7	3.24	4.22	5.18	5.56	6.10	7.19	7.46	8.48
42	1.9	2.8	3.25	4.23	5.19	5.57	6.11	7.20	7.47	8.49
43	1.10	2.9	3.5	4.24	5.20	5.58	6.12	7.21	7.48	8.50
44	1.11	2.10	3.6	4.25	5.21	5.59	6.13	7.22	7.49	8.8
45	1.12	2.11	3.7	4.26	5.22	5.60	6.14	7.23	7.50	8.9
46	1.13	2.12	3.8	4.27	5.23	5.61	6.15	7.24	7.51	8.10
47	1.14	2.13	3.9	4.28	5.24	5.62	6.16	7.25	7.52	8.11
48	1.15	2.14	3.10	4.29	5.25	5.63	6.17	7.26	7.53	8.12
49	1.16	2.15	3.11	4.30	5.26	5.64	6.18	7.27	7.54	8.13
50	1.17	2.16	3.12	4.31	5.27	5.65	6.19	7.28	7.55	8.14
51	1.18	2.17	3.13	4.32	5.28	5.66	6.20	7.29	7.56	8.15
52	1.19	2.18	3.14	4.33	5.29	5.67	6.21	7.30	7.57	8.16
53	1.20	2.19	3.15	4.34	5.30	5.68	6.22	7.31	7.58	8.17
54	1.21	2.20	3.16	4.35	5.31	5.69	6.23	7.32	7.59	8.18
55	1.22	2.21	3.17	4.9	5.32	5.70	6.24	7.33	7.60	8.19
56	1.23	2.22	3.18	4.10	5.33	5.71	6.25	7.34	7.61	8.20
57	1.24	2.23	3.19	4.11	5.34	5.72	6.26	7.7	7.62	8.21
58	1.25	2.24	3.20	4.12	5.35	5.73	6.27	7.8	7.63	8.22

Продовження таблиці А.1

59	1.26	2.25	3.21	4.13	5.36	5.74	6.28	7.9	7.35	8.23
60	1.27	2.26	3.22	4.14	5.37	5.75	6.29	7.10	7.36	8.24
61	1.28	2.27	3.23	4.15	5.38	5.46	6.30	7.11	7.37	8.25
62	1.29	2.28	3.24	4.16	5.39	5.47	6.31	7.12	7.38	8.26
63	1.30	2.29	3.25	4.17	5.40	5.48	6.32	7.13	7.39	8.27
64	1.31	2.30	3.5	4.18	5.41	5.49	6.33	7.14	7.40	8.28
65	1.32	2.31	3.6	4.19	5.42	5.50	6.34	7.15	7.41	8.29
66	1.33	2.32	3.7	4.20	5.43	5.51	6.35	7.16	7.42	8.30
67	1.34	2.33	3.8	4.21	5.44	5.52	6.3	7.17	7.43	8.31
68	1.35	2.34	3.9	4.22	5.45	5.53	6.4	7.18	7.44	8.32
69	1.36	2.35	3.10	4.23	5.12	5.54	6.5	7.19	7.45	8.33
70	1.37	2.36	3.11	4.24	5.13	5.55	6.6	7.20	7.46	8.34
71	1.38	2.37	3.12	4.25	5.14	5.56	6.7	7.21	7.47	8.35
72	1.39	2.38	3.13	4.26	5.15	5.57	6.8	7.22	7.48	8.36
73	1.40	2.39	3.14	4.27	5.16	5.58	6.9	7.23	7.49	8.37
74	1.41	2.40	3.15	4.28	5.17	5.59	6.10	7.24	7.50	8.38
75	1.42	2.4	3.16	4.29	5.18	5.60	6.11	7.25	7.51	8.39
76	1.43	2.5	3.17	4.30	5.19	5.61	6.12	7.26	7.52	8.40
77	1.6	2.6	3.18	4.31	5.20	5.62	6.13	7.27	7.53	8.41
78	1.7	2.7	3.19	4.32	5.21	5.63	6.14	7.28	7.54	8.42
79	1.8	2.8	3.20	4.33	5.22	5.64	6.15	7.29	7.55	8.43
80	1.9	2.9	3.21	4.34	5.23	5.65	6.16	7.30	7.56	8.44
81	1.10	2.10	3.22	4.35	5.24	5.66	6.17	7.31	7.57	8.45
82	1.11	2.11	3.23	4.9	5.25	5.67	6.18	7.32	7.58	8.46
83	1.12	2.12	3.24	4.10	5.26	5.68	6.19	7.33	7.59	8.47
84	1.13	2.13	3.25	4.11	5.27	5.69	6.20	7.34	7.60	8.48
85	1.14	2.14	3.5	4.12	5.28	5.70	6.21	7.7	7.61	8.49
86	1.15	2.15	3.6	4.13	5.29	5.71	6.22	7.8	7.62	8.50
87	1.16	2.16	3.7	4.14	5.30	5.72	6.23	7.9	7.63	8.8
88	1.17	2.17	3.8	4.15	5.31	5.73	6.24	7.10	7.35	8.9
89	1.18	2.18	3.9	4.16	5.32	5.74	6.25	7.11	7.36	8.10
90	1.19	2.19	3.10	4.17	5.33	5.75	6.26	7.12	7.37	8.11
91	1.20	2.20	3.11	4.18	5.34	5.46	6.27	7.13	7.38	8.12
92	1.21	2.21	3.12	4.19	5.35	5.47	6.28	7.14	7.39	8.13
93	1.22	2.22	3.13	4.20	5.36	5.48	6.29	7.15	7.40	8.14
94	1.23	2.23	3.14	4.21	5.37	5.49	6.30	7.16	7.41	8.15
95	1.24	2.24	3.15	4.22	5.38	5.50	6.31	7.17	7.42	8.16
96	1.25	2.25	3.16	4.23	5.39	5.51	6.32	7.18	7.43	8.17
97	1.26	2.26	3.17	4.24	5.40	5.52	6.33	7.19	7.44	8.18
98	1.27	2.27	3.18	4.25	5.41	5.53	6.34	7.20	7.45	8.19
99	1.28	2.28	3.19	4.26	5.42	5.54	6.35	7.21	7.46	8.20
100	1.29	2.29	3.20	4.27	5.43	5.55	6.3	7.22	7.47	8.21

Додаток Б

Періодична система елементів Д. І. Менделєєва

Період	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																															
	№	Назва	№	Назва	№	Назва	№	Назва	№	Назва	№	Назва	№	Назва	№	Назва																																																																																																																																																																																																																														
1	1	H Гідроген 1,0079	2	He Гелій 4,0026	3	Li Літій 6,941	4	Be Берилій 9,012	5	B Бор 10,81	6	C Карбон 12,011	7	N Нітроген 14,007	8	O Кисень 15,999	9	F Флуор 18,998	10	Ne Неон 20,179																																																																																																																																																																																																																										
2	2	Li Літій 6,941	3	Be Берилій 9,012	4	B Бор 10,81	5	C Карбон 12,011	6	N Нітроген 14,007	7	O Кисень 15,999	8	F Флуор 18,998	9	Ne Неон 20,179	10	Na Натрій 22,990	11	Mg Магній 24,305	12	Al Алюміній 26,981	13	Si Силіцій 28,086	14	P Фосфор 30,973	15	S Сульфур 32,06	16	Cl Хлор 35,453	17	Ar Аргон 39,948	18	K Калій 39,098	19	Ca Кальцій 40,08	20	Sc Скандій 44,956	21	Ti Титан 47,88	22	V Ванадій 50,94	23	Cr Хрому 51,996	24	Mn Манган 54,938	25	Fe Залізо 55,847	26	Co Кобальт 58,933	27	Ni Нікель 58,71	28	Cu Мідь 63,546	29	Zn Цинк 65,39	30	Ga Галій 69,72	31	Ge Германій 72,59	32	As Арсен 74,921	33	Se Селен 78,96	34	Br Бром 79,904	35	Kr Криптон 83,80	36	Rb Рубідій 85,468	37	Sr Стронцій 87,62	38	Y Іттрій 88,906	39	Zr Зірконій 91,22	40	Nb Ніобій 92,906	41	Mo Молибден 95,94	42	Tc Техетій 98,906	43	Ru Рутеній 101,07	44	Rh Родій 102,905	45	Pd Паладій 106,4	46	Ag Срібло 107,87	47	Cd Кадмій 112,41	48	In Індій 114,82	49	Sn Станум 118,71	50	Pb Свинець 207,2	51	Tl Талій 204,37	52	Po Полоній [209]	53	Bi Бісмут 208,980	54	Po Полоній [209]	55	At Астат [210]	56	Rn Радон [222]	57	Ba Барій 137,33	58	La Лантан 138,905	59	Ce Церій 140,12	60	Pr Прометій 140,907	61	Nd Неодім 144,24	62	Pm Прометій [147]	63	Sm Самарій 150,4	64	Eu Європій 151,96	65	Gd Гадоліній 157,25	66	Tb Тербій 158,925	67	Dy Дітрій 162,50	68	Ho Гольмій 164,93	69	Er Ербій 167,26	70	Tm Тулій 168,93	71	Yb Йттербій 173,04	72	Lu Лутетій 174,97	73	Hf Гфрній 178,49	74	Ta Тантал 180,948	75	W Вольфрам 183,85	76	Re Реній 186,207	77	Os Осмій 190,2	78	Ir Ірідій 192,22	79	Pt Платина 195,09	80	Au Золото 196,967	81	Hg Ртуть 200,59	82	Tl Талій 204,37	83	Pb Свинець 207,2	84	Bi Бісмут 208,980	85	Po Полоній [209]	86	At Астат [210]	87	Rn Радон [222]	88	Ra Радій 226,025	89	Ac Актиній [227]	90	Th Торий 232,038	91	Pa Протактиній 231	92	U Уран 238,029	93	Np Неуптуній [237]	94	Pu Плутоній [244]	95	Am Америкій [243]	96	Cm Курій [247]	97	Bk Берклій [247]	98	Cf Каліфорній [251]	99	Es Ейнштейній [252]	100	Fm Фермій [257]	101	Md Менделєвій [258]	102	No Нобелій [259]	103	Lr Лоуренсій [260]	104	Uut Унунтрій [261]	105	Uuq Унунквій [261]	106	Uub Унунбвій [261]	107	Uuq Унунквій [261]	108	Uuo Унунокцій [262]	109	Uuh Унунгцій [262]	110	Uuq Унунквій [262]	111	Uuq Унунквій [262]	112	Uuq Унунквій [262]	113	Uuq Унунквій [262]	114	Uuq Унунквій [262]	115	Uuq Унунквій [262]	116	Uuq Унунквій [262]	117	Uuq Унунквій [262]	118	Uuq Унунквій [262]	119	Uuq Унунквій [262]	120	Uuq Унунквій [262]

Додаток В

Класифікація та хімічні властивості неорганічних речовин

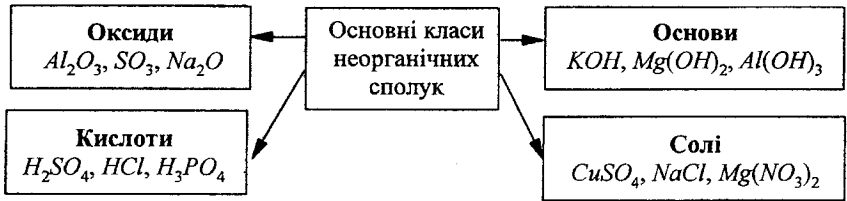


Рисунок В.1 – Основні класи неорганічних сполук

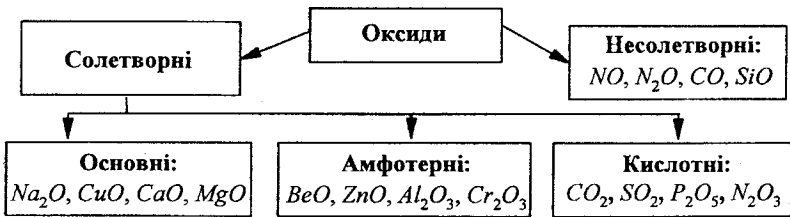


Рисунок В.2 – Класифікація оксидів



Рисунок В.3 – Хімічні властивості основних оксидів



Рисунок В.4 – Хімічні властивості кислотних оксидів



Рисунок В.5 – Хімічні властивості амфотерних оксидів

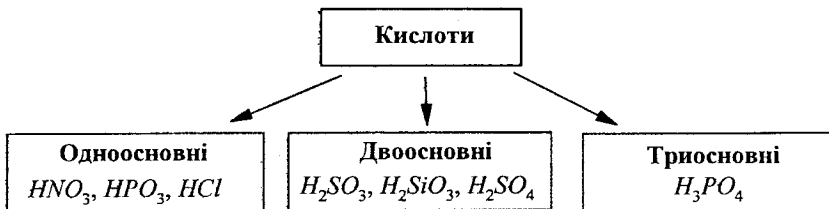
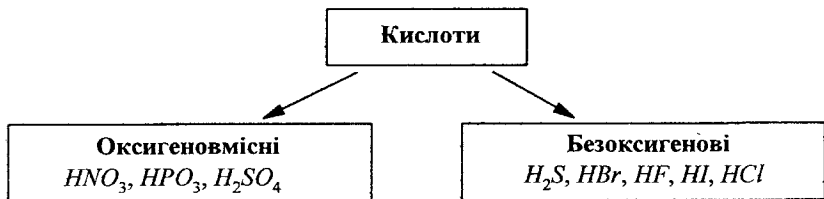


Рисунок В.6 – Класифікація кислот за складом та основністю

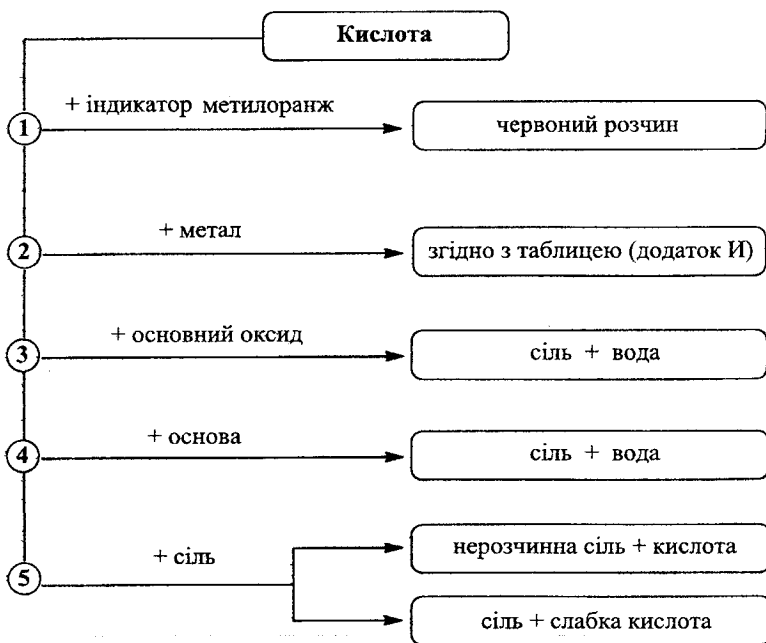


Рисунок В.7 – Хімічні властивості кислот

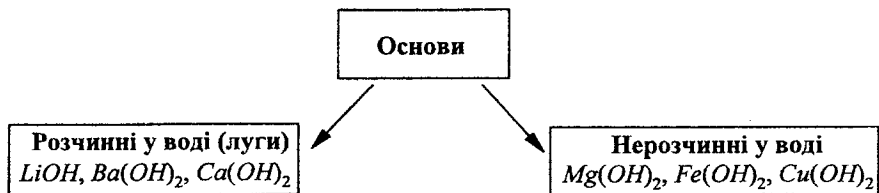
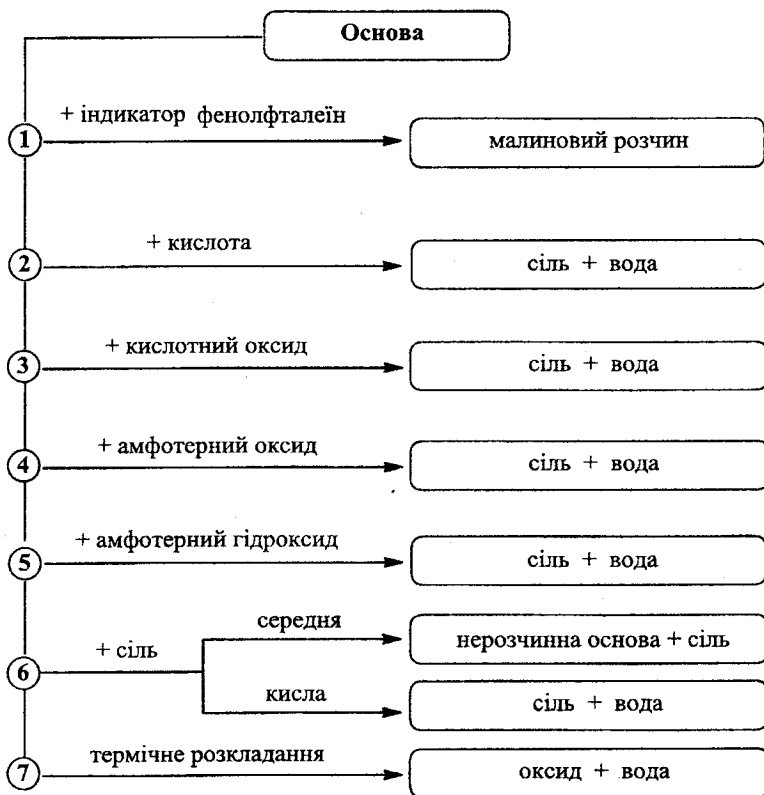


Рисунок В.8 – Класифікація основ



Увага! Властивості, наведені в пунктах 1, 4 – 6, характерні тільки для лугів, а наведені в пункті 7 – тільки для нерозчинних основ.

Рисунок В.9 – Хімічні властивості основ

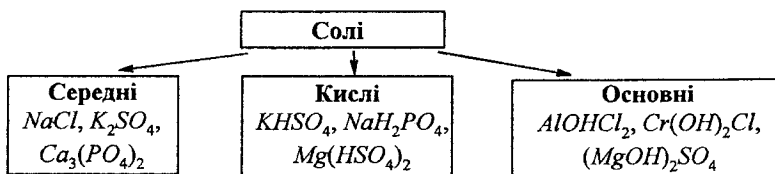


Рисунок В.10 – Класифікація солей



Рисунок В.11 – Хімічні властивості солей

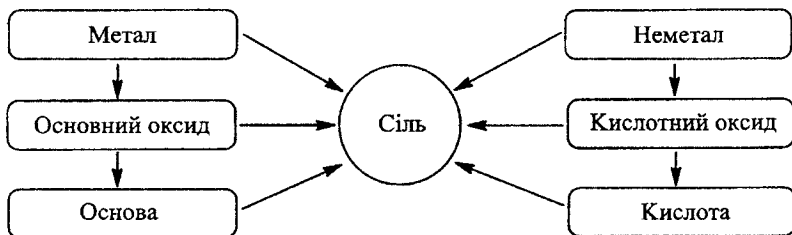


Рисунок В.12 – Генетичний зв'язок між основними класами неорганічних речовин

Додаток Г

Термодинамічні характеристики деяких речовин за стандартних умов

Таблиця Г.1 – Основні термодинамічні характеристики деяких речовин за стандартних умов

Речовина	Агрегатний стан	ΔH_f^0 , кДж/моль	ΔG_f^0 , кДж/моль	S^0 , Дж/(моль·К)
<i>AgCl</i>	тверда речовина	-127,035	-109,720	96,11
<i>Al₂O₃</i>	тверда речовина	-1669,80	-538,00	107,10
<i>Ba</i>	тверда речовина	0	0	66,95
<i>BaO</i>	тверда речовина	-558,10	-528,40	70,30
<i>Ba(OH)₂</i>	тверда речовина	-946,10	-886,00	103,80
<i>BaCO₃</i>	тверда речовина	-1218,80	-1138,80	112,10
<i>BaSO₄</i>	тверда речовина	-1465,20	-1353,10	132,20
<i>C алмаз</i>	тверда речовина	1,90	2,87	2,44
<i>C графіт</i>	тверда речовина	0	0	5,70
<i>CO</i>	газ	-110,53	-137,27	197,91
<i>CO₂</i>	газ	-393,51	-394,38	213,65
<i>CH₄</i>	газ	-74,85	-50,82	186,20
<i>C₂H₄</i>	газ	52,28	68,12	219,40
<i>C₂H₅OH</i>	рідина	-277,34	-168,45	281,73
<i>C₂H₆</i>	газ	-84,67	-32,89	229,50
<i>C₃H₈</i>	газ	-103,90	-23,49	269,90
<i>C₆H₆</i>	рідина	49,04	124,17	173,31
<i>CCl₄</i>	рідина	-134,44	-64,70	214,60
<i>Ca</i>	тверда речовина	0	0	41,63
<i>CaO</i>	тверда речовина	-635,60	-604,20	39,80
<i>Ca(OH)₂</i>	тверда речовина	-986,5	-896,96	76,10
<i>CaCO₃</i>	тверда речовина	-1206,87	-1128,75	92,80
<i>CaSO₄</i>	тверда речовина	-1432,68	-1320,31	106,70
<i>Ca₃(PO₄)₂</i>	тверда речовина	-4126,20	-3889,90	241,00
<i>CdO</i>	тверда речовина	-254,64	-225,06	54,80
<i>CdCO₃</i>	тверда речовина	-754,60	-674,50	96,70
<i>Cl₂</i>	газ	0	0	222,95
<i>Cr₂O₃</i>	тверда речовина	-1128,40	-1046,80	81,10
<i>CuO</i>	тверда речовина	-155,20	-127,20	43,51
<i>F₂</i>	газ	0	0	202,90

Продовження таблиці Г.1

Речовина	Агрегатний стан	$\Delta H_f^0_{298}$, кДж/моль	$\Delta G_f^0_{298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)
<i>Fe</i>	тверда речовина	0	0	27,00
<i>FeO</i>	тверда речовина	-266,52	-244,30	54,00
<i>Fe₂O₃</i>	тверда речовина	-822,10	-741,0	90,00
<i>Fe₃O₄</i>	тверда речовина	-1117,10	-1014,20	146,40
<i>Fe(OH)₃</i>	тверда речовина	-826,6	-699,60	105,00
<i>FeCl₂</i>	тверда речовина	-341,75	-302,35	118,00
<i>H₂</i>	газ	0	0	130,59
<i>H₂O</i>	газ	-241,83	-228,60	188,72
<i>H₂O</i>	рідина	-285,84	-237,19	69,94
<i>H₂O₂</i>	рідина	-187,61	-118,11	102,26
<i>H₂S</i>	газ	-20,15	-33,020	205,64
<i>H₂SO₄</i>	рідина	-811,35	-866,50	156,85
<i>HCl</i>	газ	-92,31	-95,27	186,68
<i>HF</i>	газ	-268,6	-270,70	173,52
<i>HI</i>	газ	25,94	-1,30	206,31
<i>HNO₃</i>	розчин	-173,23	-79,92	155,61
<i>KCl</i>	тверда речовина	-435,87	-408,32	82,67
<i>KClO₃</i>	тверда речовина	-391,20	-289,91	142,96
<i>MgCO₃</i>	тверда речовина	-1112,93	-1029,20	65,70
<i>MgO</i>	тверда речовина	-601,83	-569,57	28,60
<i>MgSO₄</i>	тверда речовина	-1301,40	-1158,70	91,60
<i>N₂</i>	газ	0	0	191,49
<i>N₂O</i>	газ	81,55	103,60	219,99
<i>NO</i>	газ	89,86	90,37	210,20
<i>NO₂</i>	газ	33,85	51,84	240,46
<i>NH₃</i>	газ	-46,19	-16,64	192,50
<i>NH₄Cl</i>	тверда речовина	-314,20	-203,20	95,80
<i>NH₄NO₃</i>	тверда речовина	-365,10	-183,80	150,60
<i>NaCl</i>	тверда речовина	-411,00	-384,03	72,38
<i>O₂</i>	газ	0	0	205,03
<i>O₃</i>	газ	-142,30	163,43	237,60
<i>P₄</i> білий	тверда речовина	0	0	44,40
<i>PH₃</i>	газ	5,40	13,40	210,20
<i>P₄O₁₀</i>	тверда речовина	-3096,00	-2697,60	280,00

Продовження таблиці Г.1

Речовина	Агрегатний стан	$\Delta H_f^{\circ}{}_{298}$, кДж/моль	$\Delta G_f^{\circ}{}_{298}$, кДж/моль	$S^{\circ}{}_{298}$, Дж/(моль·К)
<i>PCl₃</i>	газ	-306,35	-286,27	311,66
<i>PCl₅</i>	газ	-398,94	-324,63	352,71
<i>Pb</i>	тверда речовина	0	0	64,81
<i>PbO</i>	тверда речовина	-217,86	-188,49	69,40
<i>PbS</i>	тверда речовина	-94,31	-92,68	91,20
<i>S</i> ромбічна	тверда речовина	0	0	31,90
<i>SO₂</i>	газ	-296,90	-300,37	248,53
<i>SO₃</i>	газ	-395,81	-370,42	256,23
<i>SrO</i>	тверда речовина	-590,40	-559,80	54,40
<i>SrSO₄</i>	тверда речовина	-1444,70	-1334,30	121,70
<i>SeO₂</i>	газ	-225,50	-173,60	56,90
<i>ZnO</i>	тверда речовина	-347,99	-318,20	44,00
<i>ZnCO₃</i>	тверда речовина	-812,60	-731,40	82,40
<i>ZnS</i>	тверда речовина	-202,92	-198,40	57,80

Додаток Д

Розчинність кислот, основ і солей у воді

Таблиця Д.1 – Розчинність кислот, основ і солей у воді

Катіони	Аніони											
	OH^-	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}	SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NO_3^-	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	SiO_3^{2-}
H^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	н
NH_4^+	р	р	р	р	р	—	р	р	р	р	р	—
Na^+, K^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Mg^{2+}	н	м	р	р	р	—	н	р	р	н	н	н
Ca^{2+}	м	н	р	р	р	—	н	м	р	н	н	н
Ba^{2+}	р	м	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н
Al^{3+}	н	м	р	р	р	—	—	р	р	н	—	н
Cr^{3+}	н	м	р	р	н	н	—	р	р	н	—	н
Zn^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Mn^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Co^{2+}, Ni^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{3+}	н	м	р	р	—	—	—	р	р	н	—	н
Cd^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Hg^{2+}	—	р	р	м	н	н	н	р	р	н	—	—
Cu^{2+}	н	р	р	р	—	н	н	р	р	н	н	н
Ag^+	—	р	н	н	н	н	н	м	р	н	н	н
Sn^{2+}	н	р	р	р	м	н	—	р	—	н	—	—
Pb^{2+}	н	н	м	м	н	н	н	н	р	н	н	н

р – розчинна, м – малорозчинна, н – нерозчинна речовина,
— речовина не існує або розкладається водою

Додаток Е

Стандартні електродні потенціали металів у водних розчинах

Таблиця Е.1 – Стандартні електродні потенціали металів у водних розчинах

Рівняння електродного процесу	E^0, B
$Li^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Li$	-3,05
$K^+ + \bar{e} \rightleftharpoons K$	-2,93
$Ba^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ba$	-2,91
$Ca^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ca$	-2,87
$Na^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Na$	-2,71
$Mg^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Mg$	-2,36
$Al^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Al$	-1,66
$Ti^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ti$	-1,63
$Mn^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Mn$	-1,18
$Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$	-0,76
$Cr^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Cr$	-0,74
$Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Fe$	-0,44
$Cd^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cd$	-0,40
$Co^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Co$	-0,28
$Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ni$	-0,25
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Sn$	-0,14
$Pb^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Pb$	-0,13
$2H^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons H_2$	0
$Sb^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Sb$	+0,20
$Bi^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Bi$	+0,22
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cu$	+0,34
$Ag^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$	+0,80
$Hg^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Hg$	+0,85
$Pd^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Pd$	+0,98
$Pt^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Pt$	+1,19
$Au^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Au$	+1,50

Реакції на електродах в процесах електролізу

Таблиця Ж.1 – Реакції на електродах в процесах електролізу водних розчинів

Катодна реакція	E^0, B	Анодна реакція	E^0, B
$K^+ + 1\bar{e} \rightarrow K$	-2,93	$Zn - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+}$	-0,76
$Na^+ + 1\bar{e} \rightarrow Na$	-2,71	$Fe - 2\bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$	-0,44
$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$	-0,88	$Cd - 2\bar{e} \rightarrow Cd^{2+}$	-0,40
$Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Zn$	-0,76	$Ni - 2\bar{e} \rightarrow Ni^{2+}$	-0,25
$Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Fe$	-0,44	$Cu - 2\bar{e} \rightarrow Cu^{2+}$	+0,34
$Cd^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cd$	-0,40	$4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 2H_2O$	+0,40
$Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni$	-0,25	$2I^- - 2\bar{e} \rightarrow I_2$	+0,53
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Sn$	-0,14	$2Br^- - 2\bar{e} \rightarrow Br_2$	+1,07
$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$	0	$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$	+1,23
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$	+0,34	$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$	+1,36
$Ag^+ + 1\bar{e} \rightarrow Ag$	+0,80	$2SO_4^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow S_2O_8^{2-}$	+2,01
$Au^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Au$	+1,50	$2F^- - 2\bar{e} \rightarrow F_2$	+2,87

Додаток И

Знаходження в природі, способи добування і хімічні властивості металів та їх сполук

Таблиця И.1 – Знаходження в природі, способи добування і хімічні властивості металів та їх сполук

Відновна здатність у вільному стані (ряд напруг металів)	←																			
	зростає																			
Способи добування	електроліз розплавів сполук										відновлення вугіллям; CO ; H_2 ; Al ; електроліз водних розчинів солей					фізичні методи				
Взаємодія з киснем	швидко окиснюються за звичайних умов					повільно окиснюються за звичайних умов або при нагріванні										*				
Взаємодія з водою	за звичайних умов з утворенням лугу і виділенням H_2					при нагріванні витискують H_2 з утворенням оксидів металів					*									
Взаємодія з кислотами (таблиця И.2)	витискують H_2 із розчинів розведених кислот (крім HNO_3)										не витискують H_2									
											реагують з H_2SO_4 (конц.) і HNO_3 (конц.)					**				
Взаємодія з розчинами солей	взаємодіють з водою					метал, який стоїть ліворуч, витискує метал, розташований праворуч, з розчинів солей														
Взаємодія оксидів з водою	реагують з H_2O з утворенням лугів					оксиди не реагують з водою, їм відповідають нерозчинні гідроксиди														
Відношення оксидів до водню і нагрівання	оксиди цих металів при нагріванні не відновлюються воднем										оксиди відновлюються воднем при нагріванні					розкладаються за $t < 400\text{ }^\circ\text{C}$				
Відношення гідроксидів до нагрівання	плавляться без розкладання					гідроксиди розкладаються на оксид металу і воду при нагріванні														самовільно розкладаються до оксиду
Знаходження в природі	тільки у складі сполук										як у складі сполук, так і у вільному стані					***				
Окиснювальна здатність йонів (ряд напруг металів)	Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Co Ni Sn Pb H Bi Cu Hg Ag Pt Au																			
	+1 +1 +1 +2 +2 +2 +1 +2 +3 +2 +2 +3 +2 +2 +2 +2 +2 +3 +2 +2 +1 +2 +3																			
	→																			
	зростає																			

Примітка. * Взаємодія не відбувається; ** розчиняються у «царській водці»; *** переважно у вільному стані.

Таблиця И.2 – Взаємодія металів з кислотами

Кислота	Окисник	Продукти відновлення	Метали, що вступають в реакцію
<i>HCl</i> (розв.)	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2 в ряду напруг металів
<i>HCl</i> (конц.)	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2 в ряду напруг металів
<i>H_2SO_4</i> (розв.)	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2 в ряду напруг металів
<i>H_2SO_4</i> (конц.)	S^{+6}	SO_2	Малоактивні метали від <i>Cr</i> до <i>Pt</i> в ряду напруг металів (<i>Fe, Cr, Ni, Co</i> – пасивуються)
	S^{+6}	S, H_2S	Активні метали до <i>Cr</i> в ряду напруг металів
<i>HNO_3</i> (розв.)	N^{+5}	NO	Малоактивні метали від <i>Cr</i> до <i>Pt</i> в ряду напруг металів
	N^{+5}	N_2O, N_2, NH_4NO_3	Активні метали до <i>Cr</i> в ряду напруг металів
<i>HNO_3</i> (конц.)	N^{+5}	NO_2	Всі метали в ряду напруг металів, крім <i>Au</i> і <i>Pt</i> (<i>Al, Fe, Cr, Ni, Co</i> – пасивуються)

СЛОВНИК ГЛОСАРІЙ

українською мовою

атом
валентність
виділення теплоти
відновлення
гальванічний елемент
електроліз
електрорушійна сила
захисні покриття
кислота
кількість речовини
кінетика
константа рівноваги
концентрація розчину
корозія металів
луг
масова частка
молекула
молекулярна маса
метал
неелектроліти
номенклатура
окиснення
оксид
основа
поглинання
реакції йонного обміну
речовина
розчин
ряд напруг металів
сіль
стандартний електродний потенціал
ступінь окиснення
тепловий ефект
термохімія
хімічна реакція
хімічна формула
хімічний елемент
швидкість хімічної реакції

англійською мовою

— atom
— valency
— calorification
— reduction
— galvanic element
— electrolysis
— electromotive force
— protecting coating
— acid
— substance quantity
— kinetics
— equilibrium constant
— solution concentration
— metallic corrosion
— base, alkali
— mass concentration
— molecule
— molecular weight
— metal
— nonelectrolytes
— nomenclature
— oxidation
— oxide
— base
— absorption
— ion exchange reaction
— substance
— solution
— triboelectric series of metals
— salt
— standard electrode potential
— oxidation level
— thermal effect
— thermochemistry
— chemical reaction
— chemical formula
— chemical element
— rate of chemical reaction

Навчальне видання

Гордієнко Ольга Анатоліївна
Звудецька Надія Сергіївна
Панченко Тетяна Іванівна
Радомська Антоніна Олександрівна

Типові завдання та задачі з хімії **Навчальний посібник**

Редактор Є. Плетньова

Оригінал-макет підготовлено Т. Панченко

Підписано до друку 15.06.2016 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5,2.
Наклад 50 пр. Зам. № 2016-141.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.