

**Міністерство освіти і науки України
Чернігівський державний технологічний університет**

ЗБІРНИК ЗАДАЧ І ВПРАВ З ХІМІЇ

Методичні рекомендації до вивчення курсу
загальної та неорганічної хімії
для студентів механіко-технологічного факультету
денної та заочної форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри хімії і КМ
протокол № 8 від 16. 03. 2004 р.

Чернігів ЧДТУ 2004

Збірник задач і вправ з хімії: метод. рекомендації до вивчення курсу загальної та неорганічної хімії для студентів механіко-технологічного факультету денної та заочної форм навчання / Укл.: О.М. Красовський, В.М. Челябієва. – Чернігів: ЧДТУ, 2004. – 120 с.

Укладачі: Красовський Олександр Миколайович, доктор фармацевтичних наук, професор

Челябієва Вікторія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Сиза Ольга Іллівна, завідувач кафедри хімії і конструкційних матеріалів, доктор технічних наук, професор

Рецензент: Кирюшко В.І., кандидат технічних наук кафедри хімії і конструкційних матеріалів Чернігівського державного технологічного університету

Вступ

Збірник задач і вправ укладено для студентів інженерних спеціальностей університету з метою їх більш плідної самостійної роботи над курсом загальної та неорганічної хімії. За характером і побудовою збірник розрахований, зокрема, на заочне навчання.

Основні поняття і закони хімії, сучасна номенклатура неорганічних речовин, будова атомів, елементи термодинаміки, кінетика і дисперсні системи – це завдання загальної частини хімії.

Спеціальна частина (неорганічна хімія) охоплює питання хімії конструкційних і електротехнічних матеріалів, а також відомості про сучасні полімерні матеріали. Більш глибокому засвоєнню цього розділу сприятиме виконання студентами вправ – “хімічних ланцюгів”, оскільки розв’язування таких завдань вимагає певного об’єму знань з хімії елементів та їх сполук.

У збірнику міститься більше 700 задач і вправ, які відносяться до різних розділів курсу. В додатку А наведено варіанти завдань. Кожний студент за певним варіантом протягом семестру виконує індивідуальне контрольне завдання. У збірнику є приклади розв’язування типових задач, що істотно сприятиме своєчасному виконанню студентами контрольних завдань.

Автори мають надію, що запропоновані задачі і вправи з загальної та неорганічної хімії нададуть студентам можливість більш глибоко оволодіти теоретичним матеріалом з хімії.

1 Класи і номенклатура неорганічних сполук.

Стехіометричні розрахунки

Розділ хімії, який розглядає кількісний склад речовин і кількісні відношення (масові, об'ємні) між реагуючими речовинами, називається *стехіометрією*. Відповідно, обчислення кількісних відношень між елементами у сполуках або між речовинами у хімічних реакціях, називаються стехіометричними розрахунками. В основу їх покладено закони збереження маси, сталості складу, кратних відношень та газові закони – об'ємних відношень Гей-Люссака і закон Авагадро.

1.1 Стехіометричні розрахунки

1.1.1 Основні газові закони

Стан газу характеризується його температурою, тиском і об'ємом. Якщо температура газу дорівнює 0 °С, а тиск – нормальному атмосферному (101,325 кПа або 760 мм рт. ст.), то такі умови, за яких знаходиться газ, називаються нормальними. Об'єм, який займає газ за даних умов, прийнято позначати через V_0 , а тиск – через P_0 .

Згідно закону Бойля-Маріотта, за постійної температури тиск, який здійснюється даною масою газу, обернено пропорційний об'єму газу:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{або} \quad PV = \text{const} \quad (1.1)$$

Залежність між об'ємом газу, тиском і температурою можна виразити загальним рівнянням, яке об'єднує закони Бойля-Маріотта і Гей-Люссака:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \quad (1.2)$$

де P і V – тиск і об'єм газу за даної температури T ;

P_0 і V_0 – тиск і об'єм газу за нормальних умов (н.у.), $T_0 = 273 \text{ К}$

1.1.1.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 За 27 °С об'єм газу дорівнює 600 мл. Який об'єм займає газ за 57 °С, якщо тиск залишиться постійним?

Розв'язування: Позначають об'єм, який необхідно обчислити, через V_2 , а відповідну йому температуру через T_2 . За умовою задачі $V_1=600$ мл, $T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ К}$ і $T_2 = 273 + 57 = 330 \text{ К}$. Тоді за законом Бойля-Маріотта:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{600}{300} = \frac{V_2}{330}, \quad \text{звідси} \quad V_2 = \frac{600 \cdot 330}{300} = 660 \text{ мл}$$

Приклад 2 За $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск у балоні з киснем дорівнює $91,2 \cdot 10^2$ кПа. За якої температури він стане рівним $101,33 \cdot 10^2$ кПа?

Розв'язування: Позначають температуру, яку обчислюють, через T_2 . За умовою задачі $T_1 = 273 + 25 = 288$ К, $P_1 = 91,2 \cdot 10^2$ кПа, $P_2 = 101,33 \cdot 10^2$ кПа. Тоді, за законом Гей-Люссака:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, \text{ звідси } T_2 = \frac{P_2 \cdot T_1}{P_1} = \frac{101,33 \cdot 10^2 \cdot 288}{91,2 \cdot 10^2} = 320 \text{ К або } 47^{\circ}\text{C}$$

Приклад 3 За $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $99,3$ кПа (745 мм рт.ст.) деяка кількість газу займає об'єм 152 мл. Знайти, який об'єм займе ця ж кількість газу за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $101,33$ кПа.

Розв'язування: Підставляють дані із умови задачі в рівняння (1.2) і одержують:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T} = \frac{99,3 \cdot 152 \cdot 273}{101,33 \cdot 298} = 136,5 \text{ мл}$$

Приклад 4 Змішують 2 л O_2 і 4 л SO_2 , взятих за однакового тиску, який дорівнює 100 кПа (750 мм рт. ст.); об'єм суміші 6 л. Визначити парціальний тиск газів у суміші.

Розв'язування: Парціальний тиск газу у суміші – це тиск, який здійснював би цей газ, займаючи за тих же фізичних умов об'єм усієї газової суміші.

За умови задачі об'єм кисню збільшився після змішування в $6/2=3$ рази, об'єм сульфур діоксиду – в $6/4=1,5$ рази. У стільки ж раз зменшиться парціальний тиск газів:

$$P_{\text{O}_2} = 100/3 = 33,3 \text{ кПа}, \quad P_{\text{SO}_2} = 100/1,5 = 66,7 \text{ кПа}$$

Приклад 5 Змішують 3 л CO_2 , 4 л O_2 і 6 л N_2 . До змішування тиск CO_2 , O_2 і N_2 складав відповідно 96 ; 108 і $90,6$ кПа. Загальний об'єм суміші 10 л. Визначити тиск газової суміші.

Розв'язування: Згідно закону парціальних тисків, загальний тиск суміші газів, що не вступають у хімічну взаємодію між собою, дорівнює сумі парціальних тисків газів, які складають суміш.

Знаходять парціальний тиск окремих газів (див. приклад 4):

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{96 \cdot 3}{10} = 28,8 \text{ кПа} \quad P_{\text{O}_2} = \frac{108 \cdot 4}{10} = 43,2 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{90,6 \cdot 6}{10} = 54,4 \text{ кПа}$$

Звідси: $P_{\text{заг.}} = 28,8 + 43,2 + 54,4 = 126,4$ кПа

Приклад 6 Обчислити молекулярну масу бензену C_6H_6 , якщо відомо, що маса 600 мл його пари за $87^\circ C$ і тиску $83,2$ кПа дорівнює $1,3$ г.

Розв'язування: Виражають дані задачі у одиницях СІ ($P=8,32 \cdot 10^4$ Па; $V = 6 \cdot 10^{-4}$ м³; $m = 1,3 \cdot 10^{-3}$ кг; $T = 360$ К) і підставляють їх у рівняння Клапейрона-Менделєєва:

$$PV = \frac{m}{M}RT, \quad M = \frac{mRT}{PV} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 360}{8,32 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кмоль} = 78 \text{ г/моль}$$

Відносна молекулярна маса бензену дорівнює 78 а.о.м.

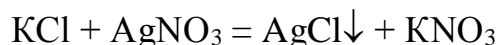
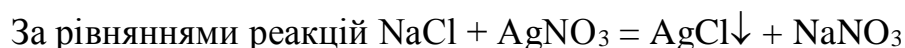
1.1.2 Класи і номенклатура неорганічних сполук

Основні класи неорганічних сполук: оксиди, гідроксиди (основи, кислоти), солі (середні, кислі, основні, оксосолі). Повторіть класифікацію оксидів, їх властивості та методи одержання.

1.1.2.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Суміш солей $NaCl$ і KCl , маса якої $0,325$ г, розчинили у воді і до розчину додали надлишок розчину $AgNO_3$. Випав осад $AgCl$, маса якого $0,717$ г. Скільки $NaCl$ і KCl містилося у суміші?

Розв'язування: а) Алгебраїчний метод розв'язання:



визначають, скільки $AgCl$ одержується із 1 г кожного компоненту суміші:

$$m_{AgCl/NaCl} = 1g \frac{M_{AgCl}}{M_{NaCl}} = 1g \frac{143,5}{58,5} = 2,45 \text{ г}$$

$$m_{AgCl/KCl} = 1g \frac{M_{AgCl}}{M_{KCl}} = 1g \frac{143,5}{74,5} = 1,92 \text{ г}$$

Позначають масу $NaCl$ через x і масу KCl – через y . Тоді маса $AgCl$, що одержується у результаті реакції з $NaCl$, буде $2,45 \cdot x$, а маса $AgCl$, одержаного у реакції з KCl , буде $1,92 \cdot y$. Складають систему із двох

$$\text{рівнянь: } \begin{cases} 1) x + y = 0,325 \\ 2) 2,45 \cdot x + 1,92 \cdot y = 0,717 \end{cases} \quad \text{і розв'язують її.}$$

Звідки: $x = 0,176$, $y = 0,149$

Склад суміші: $m_{NaCl} = 0,176$ г; $m_{KCl} = 0,149$ г

б) Арифметичний метод розв'язання:

Обчислення починається таким же чином, як і за алгебраїчним методом: із знаходження маси AgCl , яка відповідає 1 г NaCl і 1 г KCl . Порівнюючи ці маси, видно:

$$m_{\text{AgCl}/\text{NaCl}} \text{ більше } m_{\text{AgCl}/\text{KCl}} \text{ на } 2,45 - 1,92 = 0,53 \text{ г.}$$

Обчислюють, якою б була маса AgCl у випадку лише одного NaCl , а не суміші:

$$m_{\text{AgCl}} = 2,45 \text{ г} \cdot 0,325 = 0,796 \text{ г.}$$

Ця маса більше фактично одержаного AgCl на $0,796 - 0,717 = 0,079$.

Різниця одержана внаслідок заміни KCl на NaCl , а оскільки різниця у масі AgCl , що одержується із 1 г NaCl , порівняно з масою AgCl , що одержується із 1 г KCl , дорівнює 0,53 г, то ділять 0,079 на 0,53, знаходять скільки KCl міститься у суміші:

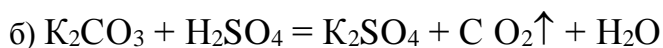
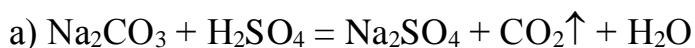
$$m_{\text{KCl}} = \frac{0,079}{0,53} = 0,149 \text{ г}$$

Звідки: $m_{\text{NaCl}} = 0,325 - 0,149 = 0,176 \text{ г}$

Приклад 2 Суміш калій і натрій карбонатів масою 7 г обробили сульфатною (сірчаною) кислотою, взятою в надлишку. При цьому виділився газ об'ємом 1,344 л (н.у.). Визначити масові частки карбонатів у вихідній суміші.

Розв'язування за кількістю речовини:

Записують рівняння реакцій взаємодії карбонатів з кислотою:



Нехай маса натрій карбонату у вихідній суміші складає $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$. Тоді $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = m(\text{суміші}) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$; $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = [7 - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)] \text{ г.}$

Позначають символом $V_{\text{а}}(\text{CO}_2)$ об'єм карбон діоксиду, що утворився в реакції (а). Тоді внаслідок реакції (б) виділиться:

$$V_{\text{б}}(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) - V_{\text{а}}(\text{CO}_2); V_{\text{б}}(\text{CO}_2) = [1,344 - V_{\text{а}}(\text{CO}_2)] \text{ л.}$$

Визначають кількість речовин Na_2CO_3 ; K_2CO_3 і CO_2 , добутих у реакціях (а) і (б):

$$n_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{M_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}} = \frac{m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{106} \text{ МОЛЬ ;}$$

$$n_{a(\text{CO}_2)} = \frac{V_{a(\text{CO}_2)}}{V_m}; \quad n_{a(\text{CO}_2)} = \frac{V_{a(\text{CO}_2)}}{22,4} \text{ МОЛЬ};$$

$$n_{(\text{K}_2\text{CO}_3)} = \frac{m_{(\text{K}_2\text{CO}_3)}}{M_{(\text{K}_2\text{CO}_3)}} = \frac{7 - m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{138} \text{ МОЛЬ};$$

$$n_{b(\text{CO}_2)} = \frac{V_{b(\text{CO}_2)}}{V_m}; \quad n_{b(\text{CO}_2)} = \frac{1,344 - V_{a(\text{CO}_2)}}{22,4} \text{ МОЛЬ};$$

З рівняння (а) випливає: $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_a(\text{CO}_2)$,

$$\text{або} \quad \frac{m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{106} = \frac{V_{a(\text{CO}_2)}}{22,4} \quad (\text{в})$$

З рівняння (б) випливає: $n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n_b(\text{CO}_2)$,

$$\text{або} \quad \frac{7 - m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{138} = \frac{1,344 - V_{a(\text{CO}_2)}}{22,4} \quad (\text{г})$$

Розв'язують системи рівнянь (в) і (г), знаходять: $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 4,24$ г. Тоді: $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = m - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$; $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = (7 - 4,24)$ г = 2,76 г.

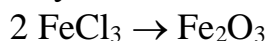
Визначають масові частки компонентів натрію і калію:

$$W_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)}}{m}; \quad W_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{4,24}{7} = 0,606 \text{ або } 60,6 \%$$

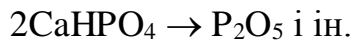
$$W_{(\text{K}_2\text{CO}_3)} = \frac{m_{(\text{K}_2\text{CO}_3)}}{m}; \quad W_{(\text{K}_2\text{CO}_3)} = \frac{2,76}{7} = 0,394 \text{ або } 39,4\%$$

Приклад 3 У результаті ряду реакцій із ZnSO_4 одержано 0,876 г $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Обчислити, скільки було взято ZnSO_4 .

Розв'язування: Необхідно пам'ятати, що не обов'язково складати усі проміжні рівняння хімічних реакцій, можна обмежитися стехіометричними схемами. Наприклад, із FeCl_3 через $\text{Fe}(\text{OH})_3$ одержали Fe_2O_3 . Для того, щоб обчислити масу FeCl_3 за масою Fe_2O_3 , складають стехіометричну схему:



Аналогічно $\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$



Розрахунок за стехіометричними схемами здійснюється таким же чином, як і за рівняннями реакцій.

а) Із стехіометричної схеми $2\text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ знаходять:

$$\frac{m_{\text{ZnSO}_4}}{m_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7}} = \frac{M_{\text{ZnSO}_4}}{M_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7}}$$

$$M_{\text{ZnSO}_4} = 161; \quad M_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7} = 304$$

$$\text{Звідки: } m_{\text{ZnSO}_4} = 0,876 \cdot \frac{2 \cdot 161}{304} = 0,927 \text{ г}$$

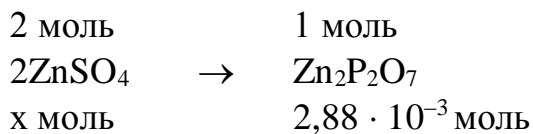
б) Розв'язання за кількістю речовини:

Складають стехіометричну схему $2\text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$

Знаходять кількість $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$:

$$v_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7} = \frac{m_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7}}{M_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7}} = \frac{0,876 \text{ г}}{(2,65 + 2 \cdot 31 + 7 \cdot 16) \text{ г/моль}} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Із стехіометричної схеми видно, що на 1 моль $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ витрачено 2 моль ZnSO_4 . Якщо прийняти $v_{\text{ZnSO}_4} = x$, тоді:



Звідки $x = 2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 5,76 \cdot 10^{-3}$ моль, тобто $v_{\text{ZnSO}_4} = 5,76 \cdot 10^{-3}$ моль

Знаходять m_{ZnSO_4} :

$$m_{\text{ZnSO}_4} = v \cdot M = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot (65 + 32 + 64) \text{ г/моль} = 0,927 \text{ г.}$$

1.2 Контрольні завдання

1.2.1 Основні газові закони

1) Обчислити мольну масу газу, якщо маса 600 мл його за нормальних умов дорівнює 1,714 г.

Відповідь: 64 г/моль.

2) Маса 0,001 м³ газу (0 °С, 101,33 кПа) дорівнює 1,25 г. Обчислити:

а) мольну масу газу; б) масу однієї молекули газу.

Відповідь: а) 28 г/моль; б) $4,65 \cdot 10^{-23}$ г.

3) За температури 17 °С і тиску 104 кПа (780 мм рт. ст.) маса 624 мл газу дорівнює 1,56 г. Обчислити молекулярну масу газу.

Відповідь: 58 а. о. м.

- 4) Який об'єм займає 1 кг повітря за температури 17 °С і тиску 101,33кПа?
Відповідь: 820 л.
- 5) Обчислити масу 1 м³ повітря за температури 17 °С і тиску 83,2 кПа (624 мм рт. ст.).
Відповідь: 1 кг.
- 6) Маса 0,001 м³ газу за нормальних умов дорівнює 0,0021 кг. Обчислити мольну масу газу і його густину за повітрям.
Відповідь: 47 г/моль; 1,62.
- 7) Обчислити мольну масу ацетону, якщо маса 500 мл його пари за 87°С і тиску 96 кПа (720 мм рт. ст.) дорівнює 0,93 г.
Відповідь: 58 г/моль.
- 8) Газова суміш виготовлена із 2 л Н₂ (P = 93,3 кПа) і 5 л СН₄ (P = 112кПа). Об'єм суміші дорівнює 7 л. Знайти парціальний тиск газів і загальний тиск суміші.
Відповідь: P_{Н₂} = 26,7 кПа; P_{СН₄} = 80 кПа, P_{заг} = 106,7 кПа.
- 9) Газова суміш складається із NO і CO₂. Обчислити об'ємний вміст газів у суміші (у %), якщо їх парціальний тиск дорівнює відповідно 36,3 і 70,4 кПа (272 і 528 мм рт. ст.).
Відповідь: 34% NO, 66% CO₂.
- 10) У закритій посудині ємністю 0,6 м³ знаходиться за 0 °С суміш, яка складається із 0,2 кг CO₂, 0,4 кг O₂ і 0,15 кг СН₄. Обчислити: а) загальний тиск суміші; б) парціальний тиск кожного із газів; в) відсотковий склад суміші за об'ємом.
Відповідь: 100 кПа, 17,2% CO₂; 47,3% O₂; 35,5% СН₄.
- 11) Тиск газу, який займає об'єм 2,5 л, дорівнює 121,6 кПа (912 мм рт. ст.). Чому буде дорівнювати тиск, якщо не змінюючи температуру, стиснути газ до об'єму в 1л?
Відповідь: 304 кПа.
- 12) Маса 344 мл газу за 42 °С і 772 мм рт. ст. дорівнює 0,865 г. Обчислити молекулярну масу газу.
Відповідь: 64 а. о. м.
- 13) Маса 85,5 мл пари метилового спирту за 91 °С і 768 мм рт. ст. дорівнює 0,0925 г. Обчислити молекулярну масу спирту.
Відповідь: 32 а. о. м.
- 14) Балон ємністю 20 л містить 3 кг кисню. Обчислити тиск у балоні за 20 °С.
Відповідь: 112,62 атм.
- 15) Газометр ємністю 20 л наповнено газом, густина якого за повітрям дорівнює 0,40, тиск 103,3 кПа (774,8 мм.рт.ст.), температура 17 °С. Обчислити масу газу.
Відповідь: 9,94 г.

- 16) Маса 1 л азоту за нормальних умов дорівнює 1,251 г. Обчислити густину азоту за воднем.
Відповідь: 14.
- 17) За 17 °С деяка кількість газу займає об'єм 580 мл. Який об'єм займе ця ж кількість газу за 100 °С, якщо тиск залишиться незмінним?
Відповідь: 746 мл.
- 18) На скільки градусів необхідно нагріти газ, який знаходиться у закритій посудині за 0 °С, щоб тиск його збільшився вдвічі?
Відповідь: на 273 градуси.
- 19) За тиску 98,7 кПа і температури 91 °С деяка кількість газу займає об'єм 608 мл. Знайти об'єм газу за нормальних умов.
Відповідь: 444 мл.
- 20) Тиск газу у закритій посудині за 12 °С дорівнює 100 кПа (750 мм рт. ст.). Яким стане тиск газу, якщо нагріти посудину до 30 °С?
Відповідь: 106,3 кПа.

1.2.2 Класи неорганічних сполук

1.2.2.1 Розв'язування задач за хімічними рівняннями

- 21) При прожарюванні 5 г суміші KCl і KNO₃ одержали 4,68 г залишку. Визначити склад вихідної і одержаної сумішей.
Відповідь: 2,98 г KCl, 2,02 г KNO₃, 1,7 г KNO₂.
- 22) У 10 г суміші, яка складається з кальцій сульфату і кальцій фосфату, міститься 3,2 г кальцію. Скільки грамів фосфору у цій суміші?
Відповідь: 0,56 г.
- 23) При обробці 4,52 г суміші KCl і KNO₃ сульфатною (сірчаною) кислотою добули 4,35 г калій сульфату. Визначити кількісний склад вихідної суміші.
Відповідь: 3,03 г KNO₃, 1,49 г KCl.
- 24) При обробці 1,724 г суміші NaCl і KCl сульфатною (сірчаною) кислотою добули 2,024 г K₂SO₄ і Na₂SO₄. Визначити хімічний склад і масу вихідної та одержаної сумішей.
Відповідь: 1,49 KCl, 0,234 г NaCl, 1,74 г K₂SO₄, 0,284 г Na₂SO₄.
- 25) Суміш містить 30% натрій карбонату, 45% натрій сульфату і 25% кальцій карбонату. Скільки відсотків Натрію містить суміш?
Відповідь: 27,6%.
- 26) При обробці 10,88 г суміші CaCO₃ і MgCO₃ сульфатною (сірчаною) кислотою утворилося 15,2 г CaSO₄ і MgSO₄. Визначити кількісний склад вихідної і одержаної сумішей.
Відповідь: 5 г CaCO₃, 5,88 г MgCO₃, 6,8 г CaSO₄, 8,4 г MgSO₄.
- 27) Суміш містить 72% кальцій дигідроксиду, 12% піску і 16% води. Обчислити скільки Кальцію містить 1 тонна безводної суміші після її

висушування.

Відповідь: 0,46 тонни.

- 28) При обробці 11,1 г суміші CaCO_3 і $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ сульфатною (сірчаною) кислотою утворилося 10,88 г CaSO_4 . Визначити кількісний склад вихідної суміші.

Відповідь: 3 г CaCO_3 , 8,1 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

- 29) У якій кількості потрібно змішати кальцій оксид і кальцій дигідроксид, щоб суміш містила 60% кальцію?

Відповідь: 34 г CaO , 66 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$

- 30) При розкладі 9,68 г суміші KHCO_3 і NaHCO_3 утворилося 1,12 л CO_2 (н.у.). Визначити хімічний склад і масу утвореної суміші та кількісний склад вихідної суміші.

Відповідь: 8 г KHCO_3 , 5,52 г K_2CO_3 , 1,68 г NaHCO_3 , 1,06 г Na_2CO_3 .

- 31) При прожарюванні 7,1 г суміші кальцій і магній карбонатів одержано 3,8 г їх оксидів. Який відсотковий склад карбонатів?

Відповідь: 70,4% CaCO_3 , 29,6% MgCO_3 .

- 32) При нагріванні 13,52 г суміші K_2CO_3 і KHCO_3 утворилося 896 мл карбон діоксиду (CO_2). Визначити склад суміші.

Відповідь: 5,52 г K_2CO_3 , 8 г KHCO_3 .

- 33) При прожарюванні 72,8 г суміші калій і натрій нітратів виділилося 8,96 л кисню (н.у.). Знайти склад вихідної суміші.

Відповідь: 30,3 г KNO_3 , 42,5 г NaNO_3 .

- 34) У 200 г суміші кальцій, калій і натрій фосфатів міститься 30 г металів. Скільки Фосфору міститься у суміші?

Відповідь: 55,5 г.

- 35) Суміш KCl і NaCl має масу 1,585 г. Після перетворення хлоридів у сульфати маса збільшилась до 1,878 г. Визначити кількість NaCl у вихідній суміші.

Відповідь: 0,589 г.

- 36) У процесі виробництва $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ одержали 1 тонну 98%-ного розчину купрум (II) сульфату CuSO_4 , на що затратили 0,48 тонни мідного брухту. Який відсоток від теоретично можливого складає вихід мідного купоросу?

Відповідь: 81,67 %.

- 37) 29 г манган діоксиду (MnO_2) обробили розчином, який містить 50 г HCl . Скільки виділилося при цьому: а) грамів, б) молів, в) літрів хлору (н.у.)?

Відповідь: а) 23,67 г, б) 0,33 моль, в) 7,47 л.

- 38) Надлишком розчину луґу обробили 1 г сплаву міді з алюмінієм. Залишок сплаву розчинили у нітратній (азотній) кислоті, сіль виділили і прожарили. Маса залишку після прожарювання дорівнює 0,4 г. Який відсотковий склад сплаву?

Відповідь: 32% Cu , 68% Al .

- 39) Скільки сульфатної (сірчаної) кислоти можна одержати з 1 тонни залізного колчедану, який містить 45% FeS_2 ?
Відповідь: 735 кг.
- 40) При розчиненні 4 г сплаву цинку і алюмінію у нітратній (азотній) кислоті одержали 25,08 г цинк і алюміній нітратів. Обчислити відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 67,5% Al, 32,5% Zn.
- 41) При випалюванні 0,5 тонн піриту, який містить 45% Сульфур, добули 440 кг SO_2 . Обчислити вихід SO_2 у відсотках від теоретично можливого.
Відповідь: 97,78%.
- 42) Скільки гіпсу CaSO_4 як побічного продукту утворюється при добуванні H_3PO_4 у результаті взаємодії 1 тонни фосфориту, що містить 90% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ з сульфатною (сірчаною) кислотою, взятою з великим надлишком?
Відповідь: 1184,5 кг.
- 43) Скільки грамів хлору можна добути при взаємодії 0,5 моль KClO_3 і необхідної кількості хлоридної (соляної) кислоти? Який об'єм займе ця кількість хлору за нормальних умов? Рівняння реакції добування хлору: $\text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
Відповідь: 106,5 г; 33,6 л.
- 44) При дії певної кількості сульфатної (сірчаної) кислоти на 620 кг природного фосфориту добули 390 кг H_3PO_4 . Обчислити відсотковий вміст $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ у вихідному фосфориті.
Відповідь: 99,5%.
- 45) У результаті взаємодії KClO_3 з HCl утворилося 30 моль Cl_2 . Обчислити кількість KClO_3 і подати її у: а) г/моль; б) кмоль; в) грамах.
Відповідь: а) 10 г/моль; б) 0,01 кмоль; в) 1,225 кг.
- 46) Яка кількість міді окиснюється при нагріванні її: а) з 56 г розведеної HNO_3 ; б) з 126 г концентрованої HNO_3 ? Який газ утворюється у кожному з цих випадків?
Відповідь: а) 21,33 г; 6,67 г NO ; б) 32 г і 46 г NO_2 .
- 47) Скільки грамів алюміній трихлориду утворюється у результаті взаємодії: а) 5,4 г алюмінію з необхідною кількістю хлору; б) 108 г алюмінію з 355 г хлору?
Відповідь: 26,7 г; б) 445 г.
- 48) Скільки 100%-ної нітратної (азотної) кислоти можна добути з 1 тонни аміаку, якщо вихід складає 92% від теоретично можливого?
Відповідь: 3,4 тонни.
- 49) Для добування амоній гідрогенкарбонату NH_4HCO_3 затрачено 17 кг аміаку і необхідну кількість H_2CO_3 . Яка маса продукту реакції, якщо вихід його складає 98% від теоретично можливого?
Відповідь: 77,42 кг.

- 50) На виробництво 2 тонн залізного купоросу, який містить 52,6% FeSO_4 , затрачено 0,5 тонн залізного брухту. Який відсоток від теоретично можливого складає вихід FeSO_4 ?
Відповідь: 77,52%.
- 51) Скільки відсотків Сульфуру у сульфаті деякого металу, якщо сульфат містить 20,5% цього металу?
Відповідь: 26,5%.
- 52) При виробництві сульфатної (сірчаної) кислоти контактним способом втрати сірки становлять 8%. Скільки необхідно залізного колчедану FeS_2 , що містить 30% Сульфуру, для виробництва 1 тонни 96%-ної сульфатної кислоти?
Відповідь: 2,125 тонни.
- 53) Карбонат деякого металу містить 65,19%, а нітрат – 47,54% цього металу. Обчислити атомну масу і ступінь окиснення металу.
Відповідь: $A_{r(\text{Cd})} = 112,4$; 2.
- 54) Сульфат деякого металу містить 49% Оксигену. Обчислити відсотковий склад солі.
Відповідь: 24,5% Сульфуру, 26,5% металу.
- 55) Тальк, який застосовується для електро- і радіокераміки (радіопорцелян), містить 0,53% Гідрогену, 19,22% Магнію, 29,63% Силіцію та 50,62 % Оксигену. Знайти формулу тальку.
Відповідь: $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
- 56) При взаємодії 174 кг манган (IV) оксиду з хлоридною (соляною) кислотою утворюється 140 кг хлору. Які витрати хлору в процесі його добування?
Відповідь: 2 кг.
- 57) У 400 г суміші залізного і мідного купоросів $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ міститься 156 г води. Скільки мідного купоросу міститься у суміші?
Відповідь: 270,5 г.
- 58) Скільки кальцій фосфату, що містить 12% домішок, необхідно для одержання фосфору у кількості: а) 200 кг, б) 6 тонн, якщо вихід складає 92% від теоретично можливого?
Відповідь: а) 1,235 тонни, б) $\approx 37,1$ тонни.
- 59) Суміш фосфату і нітрату амонію містить 30% азоту. Скільки у ній відсотків Фосфору?
Відповідь: 15,37%.
- 60) Суміш CaCO_3 і SrCO_3 масою 1,738 г прожарили і одержали суміш оксидів масою 1,078 г. Яка кількість CaCO_3 міститься у вихідній суміші?
Відповідь: $\approx 1,0$ г.

1.2.3 Сучасна номенклатура неорганічних речовин

Запам'ятайте, що:

- головним завданням номенклатури є створення систематичних раціональних назв хімічних речовин. При цьому назви повинні якомога повніше описувати склад і будову речовини, а також, при можливості, її хімічну природу, виконувати роль службової мови інформаційних систем на базі сучасних комп'ютерних систем;
- єдині правила, якими слід користуватися, створені Комісією з номенклатури Міжнародної Спільки Чистої та Прикладної хімії (IUPAC). Систематичні назви елементів, які необхідно використовувати, наведені в додатку Б;
- назви оксидів будуються так: N_2O_5 – динітроген пентаоксид; Al_2O_3 – діалюміній триоксид. Поряд з ними зустрічаються назви: N_2O_5 – нітроген геміпентаоксид, нітроген (V) оксид, азот (5+) оксид, де (V) і (5+) – числа Штока та Еванса-Бассета відповідно, Al_2O_3 – алюміній сесквіоксид, алюміній (III) оксид, алюміній (3+) оксид;
- якщо елемент утворює лише один оксид, то назва його може складатися лише з назви елемента та слова оксид: BaO – барій оксид; ZnO – цинк оксид;
- сполуки, що містять угруповання O_2^{2-} , O_2^- та O_3^- називають відповідно: K_2O_2 – калій пероксид, KO_2 – калій надпероксид, KO_3 – калій озонід;
- сполуки кисню з флуором (фтором): OF_2 – кисень дифлуорид, O_2F_2 – диоксиген дифлуорид;
- назви основ та амфотерних гідроксидів утворюються з назви катіона і слова гідроксид: KOH – калій гідроксид, $TlOH$ – талій (I) гідроксид, $Cr(OH)_3$ – хром тригідроксид, хром (III) гідроксид;
- якщо до складу сполуки, крім гідроксиду, входить оксид-іон, то в назві перелічують обидва аніони з відповідними числовими префіксами: $WO(OH)_3$ – вольфрам тригідроксидмонооксид, $VO(OH)_2$ – оксованадій (IV) дигідроксид або монооксованадій (2+) гідроксид, де VO^{2+} – радикал;
- систематичні назви кислот будуються на основі назв аніонів, а починаються з назви катіону, тобто гідрогену (Додаток В): H_2SeO_3 – дигідроген селенат (IV) або дигідроген триоксоселенат (IV), або селенітна (IV) кислота; H_2SO_4 – дигідроген тетраоксосульфат (VI) або сульфатна (VI) кислота, або сульфатна кислота; $HMnO_4$ – моногідроген тетраоксоманганат (VII) або перманганатна кислота; HNO_3 – гідроген нітрат (V) або гідроген триоксонітрат (V), або нітратна кислота;
- для деяких кислот комісія IUPAC дозволяє використання традиційних назв, наприклад, H_2SO_4 – сірчана, H_3PO_4 – фосфорна (ортофосфорна), HPO_3 – метафосфорна, HNO_3 – азотна та ін.;
- для водних розчинів галогеноводнів та інших можна зберегти традиційні назви: HCl – хлороводнева кислота, хлоридна або соляна; HBr –

бромоводнева кислота або бромідна; HCN – ціановоднева кислота або ціанідна; HN₃ – азидоводнева кислота або азидна;

- назви солей легко утворюються з назв катіонів і аніонів з відповідними числівниковими префіксами: ZnSO₄ – цинк сульфат, Hg(NO₃)₂ – меркурій динітрат, меркурій (II) нітрат, Hg₂(NO₃)₂ – димеркурій динітрат, (NH₄)₂Cr₂O₇ – діамоній дихромат (VI) або амоній (+1) дихромат (2-), FeSO₄ – ферум (II) сульфат, Fe₂(SO₄)₃ диферум трисульфат або ферум (III) сульфат;
- до назви кислих солей додається слово гідроген з відповідним числовим префіксом: NaHCO₃ – натрій гідрогенкарбонат, NH₄H₂PO₄ – амоній дигідрогенфосфат, (NH₄)₂HPO₄ – діамоній гідрогенфосфат, NaHS – натрій гідрогенсульфід;
- основні солі можуть називатись, як подвійні, вважаючи O²⁻ та OH⁻ за гетероаніони: CaClOH – кальцій гідроксид хлорид, Cu₂(OH)₂CO₃ – дикупрум дигідроксид карбонат, BiONO₃ – бісмут оксид нітрат.

Зверніть увагу, що номенклатура комплексних сполук будується за тими ж принципами, що й назви простих, але враховується їх хімічна природа. Наприклад:

- сполуки, що містять комплексні катіони – [Ag(NH₃)₂]Cl – діамінаргентум (I) хлорид, [Cu(NH₃)₄](OH)₂ – тетраамінкупрум (II) дигідроксид;
- сполуки, що містять комплексні аніони – Na[Al(OH)₄] – натрій тетрагідроксоалюмінат, K₃[Fe(CN)₆] – калій гексаціаноферат (III), K₄[Fe(CN)₆] – калій гексаціаноферат (II),
- нейтральні комплекси – [Ni(CO)₄] – тетракарбонілнікол, [Cr(H₂O)₃F₃] – трифлуоротриаквахром (III).

Тривіальні і стандартні назви деяких неорганічних сполук – див. Додаток Д.

1.2.3.1 Номенклатура неорганічних сполук

- 61) Дайте назву таким сполукам: Na₂O₂, KO₃, MgO, Mn₂O₇, CrO, KHSO₃, KHSO₄, Cu₂(OH)₂CO₃.
- 62) Дайте назву солям: K₃AsO₄, Na₂Cr₂O₇, BaSO₄, Pb(HSO₄)₂, Cr(OH)SO₄.
- 63) Напишіть формули ангідридів наступних кислот: H₂SO₃, HClO₃, HBrO, H₂MnO₄, H₂Cr₂O₇. Дайте назву кислот і їх ангідридів.
- 64) Дайте назву наступним сполукам: K₂O₂, MnO₂, BaO₂, MnO, Cr₂O₃, CrO₃, V₂O₅.
- 65) Які солі можна одержати, якщо мати у своєму розпорядженні CuSO₄, AgNO₃, K₃PO₄, BaCl₂? Напишіть рівняння реакцій і дайте назву одержаним солям.
- 66) Дайте назву наступним солям: BiOCl, Zn₂(OH)₂CO₃, Na₂HPO₄, NaHS, Na₂S.

- 67) Які солі можна одержати, якщо мати у своєму розпорядженні Na_2SO_4 , AgNO_3 , Na_3PO_4 , SrCl_2 ? Напишіть рівняння реакцій і дайте назву одержаним солям.
- 68) Дайте назву наступним солям: $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, KHS , K_2S , BaCrO_4 , $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$.
- 69) Напишіть формули оксидів, які відповідають наступним гідроксидам: $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Дайте назву цим сполукам.
- 70) Дайте назву наступним солям: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, NaH_2SbO_4 , NH_4MgPO_4 , CaCrO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$.
- 71) Напишіть формули ангідридів таких кислот: H_2SO_4 , HClO , H_2CO_3 , H_3BO_3 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, HMnO_4 . Дайте назву кислотам та їх ангідридам.
- 72) Дайте назву наступним солям: SbONO_3 , $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$, $\text{Cd}(\text{HS})_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
- 73) Дайте назву наступним солям: NaCl , NaClO , NaClO_2 , NaClO_3 , NaClO_4 .
- 74) Дайте назву таким сполукам: SO_3 , N_2O , N_2O_3 , Cl_2O_7 , $\text{Ni}(\text{OH})_2$, H_3BO_3 , $\text{Ti}(\text{OH})_3\text{Cl}$.
- 75) Напишіть формули кислотних оксидів, які відповідають наступним кислотам: H_2SeO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HMnO_4 , HNO_3 , HNO_2 , H_3PO_4 . Дайте їм назву.
- 76) Дайте назву кислотам за традиційною, систематичною та раціональною номенклатурами: H_2MnO_4 , H_3PO_4 , HClO_3 , HI , HNO_2 .
- 77) Які оксиди відповідають основним, амфотерним, кислотним: Al_2O_3 , CaO , FeO , CO_2 , Mn_2O_7 , MnO_2 , MnO ? Дайте назву оксидам.
- 78) Дайте назву наступним сполукам: $\text{Ni}(\text{OH})\text{NO}_3$, MgNH_4PO_4 , K_2CO_3 , PbO , $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, NaHCO_3 .
- 79) Дайте назву комплексним сполукам: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$.
- 80) Які оксиди можна одержати при нагріванні таких речовин: H_2SiO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NaHCO_3 ? Дайте назву вихідним речовинам і одержаним оксидам.

2 Основні хімічні поняття і закони. Еквіваленти і еквівалентні маси речовин

Хімічним еквівалентом елементу називається така його кількість, яка сполучається з одним молем атомів Гідрогену або заміщує таку саму кількість атомів Гідрогену в хімічних реакціях.

Еквівалентною масою називається маса одного еквівалента елементу (речовини). Таким чином, еквіваленти виражають у молях, а еквівалентні маси – у г/моль.

2.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Визначити еквіваленти (E) та еквівалентні маси (m_e) Хлору, Оксигену та Нітрогену в сполуках HCl , H_2O і H_3N (NH_3).

Розв'язування: Маса і кількість речовини – це не ідентичні поняття, оскільки маса речовини виражається у кілограмах (грамах), а кількість речовини – у молях.

У наведених сполуках з одним молем атомів Гідрогену сполучається один моль атомів Хлору, 1/2 моль атомів Оксигену і 1/3 моль атомів Нітрогену. Таким чином, згідно з визначенням, еквіваленти Хлору, Оксигену та Нітрогену дорівнюють відповідно 1 моль, 1/2 та 1/3 моль, тоді як їх еквівалентні маси складають: $m_{e(\text{Cl})} = 35,45$ г/моль; $m_{e(\text{O})} = 16/2 = 8$ г/моль; $m_{e(\text{N})} = 14/3 = 4,67$ г/моль.

Приклад 2 Із 3,85 г нітрату металу одержано 1,6 г його гідроксиду. Обчислити еквівалентну масу металу m_e .

Розв'язування: При розв'язуванні задачі потрібно мати на увазі, що: а) еквівалентна маса гідроксиду дорівнює сумі еквівалентних мас металу та гідроксильної групи; б) еквівалентна маса солі дорівнює сумі еквівалентних мас металу та кислотного залишку.

Еквівалентну масу будь-якої зарядженої частинки можна визначити, поділивши молекулярну масу її на заряд. Наприклад:

$$m_{e(\text{NO}_3^-)} = 62/1 = 62 \text{ г/моль}; \quad m_{e(\text{SO}_4^{2-})} = 96/2 = 48 \text{ г/моль}$$

Тобто, за законом еквівалентів:

$$\frac{3,85}{1,60} = \frac{m_{e(\text{Me})} + m_{e(\text{NO}_3^-)}}{m_{e(\text{Me})} + m_{e(\text{OH}^-)}} \quad \text{або} \quad \frac{3,85}{1,60} = \frac{m_{e(\text{Me})} + 62}{m_{e(\text{Me})} + 17}$$

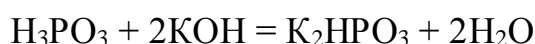
Звідки $m_{e(\text{Me})} = 15$ г/моль.

Приклад 3 На нейтралізацію 0,943 г фосфітної кислоти H_3PO_3 витрачено 1,288 г КОН. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність кислоти. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Розв'язування: Еквівалентна маса КОН дорівнює його молярній масі – 56 г/моль. За законом еквівалентів $\frac{0,943}{1,288} = \frac{m_{e(\text{H}_3\text{PO}_3)}}{56}$.

Звідки $m_{e(\text{H}_3\text{PO}_3)} = \frac{56 \cdot 0,943}{1,288} \approx 41$ г/моль.

Молярна маса H_3PO_3 дорівнює 82 г/моль. Тобто, еквівалент H_3PO_3 дорівнює $41/82 = 0,5$ моль; основність кислоти n дорівнює M/m_e , тобто $n = 82/41 = 2$. Отже при взаємодії з КОН заміщується два атома водню у кислоті:



Приклад 4 Скільки грамів металу, еквівалентна маса якого 12,16 г/моль, взаємодіє з 310 мл кисню (н.у.)?

Розв'язування: Об'єм еквівалентної маси кисню (8 г/моль) дорівнюватиме:

$$V_{e(O_2)} = \frac{m_e}{M} \cdot V_M = \frac{8}{32} \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л або } 5600 \text{ мл}$$

За законом еквівалентів:

$$\frac{m_{(Me)}}{310} = \frac{12,16}{5600}; \quad m_{(Me)} = \frac{12,16 \cdot 310}{5600} = 0,673 \text{ г}$$

2.2 Контрольні завдання

- 81) При взаємодії 2,7 г оксиду металу з нітратною кислотою одержано 6,3 г його нітрату. Обчислити еквівалентну масу цього металу.
Відповідь: 32,5 г/моль.
- 82) На нейтралізацію 1,96 г H_3PO_4 витрачено 2,4 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу та основність H_3PO_4 у цій реакції. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.
Відповідь: 1/3 моль; 32,666 г/моль; 3.
- 83) На відновлення 3,18 г оксиду двовалентного металу витрачено 0,896 л водню (н.у.). Обчислити еквівалентну, молярну та атомну масу металу.
Відповідь: 31,75 г/моль; 63,5 г/моль; 63,5 а.о.м.
- 84) На нейтралізацію 2,829 г H_3PO_3 витрачено 3,864 г КОН. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу та основність кислоти. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.
Відповідь: 0,5 моль; 41 г/моль; 2.
- 85) При взаємодії 3,24 г тривалентного металу з кислотою добуто 4,03 л водню (н.у.). Обчислити еквівалентну, молярну і атомну маси металу.
Відповідь: 9 г/моль; 27 г/моль; 27 а.о.м.
- 86) До розчину, який містить 4,1 г H_3PO_3 , додали 2 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_3 у цій реакції. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.
Відповідь: 1 моль; 82 г/моль; 1.
- 87) При відновленні воднем 10,17 г оксиду двовалентного металу утворилося 2,25 г води. Обчислити еквівалентні маси оксиду та металу. Чому дорівнює атомна маса металу?
Відповідь: 40,68 г/моль; 32,68 г/моль; 65,36 а.о.м.
- 88) На нейтралізацію 2,45 г кислоти витрачено 2 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалентну масу кислоти.
Відповідь: 49 г/моль.
- 89) При взаємодії 2,6 г гідроксиду металу з сульфатною кислотою одержано 5,7 г сульфату цього металу. Обчислити еквівалентну масу металу.
Відповідь: 9 г/моль.
- 90) До розчину, який містить 1,96 г H_3PO_4 , додали 2,24 г КОН. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_4 у цій реакції. На

підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 0,5 моль; 49 г/моль; 2.

- 91) Оксид тривалентного металу містить 31,58% кисню. Обчисліть еквівалентну і атомну маси металу.

Відповідь: 17,33 г/моль; 51,99 а.о.м.

- 92) На нейтралізацію 1,64 г H_3PO_3 витрачено 1,6 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_3 . На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 0,5 моль; 41 г/моль; 2.

- 93) При відновленні воднем 2,4 г оксиду металу одержано 0,54 г води. Обчислити еквівалентні маси оксиду і металу.

Відповідь: 40 г/моль; 32 г/моль.

- 94) На нейтралізацію 0,98 г H_3PO_4 витрачено 0,8 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_4 у цій реакції. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 0,5 моль; 49 г/моль; 2.

- 95) При взаємодії 3,31 г нітрату металу з хлоридною кислотою одержано 2,78 г його хлориду. Обчислити еквівалентну масу цього металу.

Відповідь: 103,5 г/моль.

- 96) На нейтралізацію 2,64 г H_3PO_2 витрачено 1,6 г натрій гідроксиду. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_2 . На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 1 моль; 66 г/моль; 1.

- 97) На окиснення 3,24 г тривалентного металу витрачено 2,019 л кисню. Обчислити еквівалентну, молярну і атомну маси металу.

Відповідь: 9 г/моль; 27 г/моль; 27 а.о.м.

- 98) До розчину, який містить 4,9 г H_3PO_4 , додали 3,7 г кальцій дигідроксиду $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Обчислити еквівалент, еквівалентну масу і основність H_3PO_4 у цій реакції. На підставі розрахунку написати рівняння реакції і знайти, скільки грамів солі утворилося при цьому.

Відповідь: 0,5 моль; 49 г/моль; 2; 6,8 г.

- 99) Знайти еквівалентні маси металу і сірки, якщо 3,24 г металу утворюють 3,48 г оксиду і 3,72 г сульфїду.

Відповідь: 108 г/моль; 16 г/моль.

- 100) На нейтралізацію 2,94 г H_2SO_4 витрачено 1,68 г KOH . Обчислити еквівалентну масу і основність кислоти. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 1 моль; 98 г/моль; 1.

3 Сучасна теорія будови атомів і періодичний закон

Д. І. Менделєєва

При підготовці до виконання контрольних завдань необхідно пам'ятати, що атомна орбіталь характеризує ту частину простору навколо ядра, у якому найбільш вірогідне знаходження електрона. Сукупність атомних орбіталей одного енергетичного рівня утворює електронний шар (оболонку). Енергетичний стан електрона у атомі описується 4 квантовими числами: n , l , m_l , m_s .

Головне квантове число " n " – характеризує рівень енергії у полі ядра і відстань цього рівня від ядра. Співпадає з номером періоду, тобто енергетичного рівня. Приймає значення: $n = 1, 2, 3 \dots \infty$.

Побічне, орбітальне або азимутальне число " l " – визначає енергію енергетичного підрівня, характеризує форму орбіталі. Приймає значення від 0 до $(n-1)$:

$l = 0$	1	2	3	4
s	p	d	f	g

Магнітне квантове число " m_l " – характеризує просторове розміщення орбіталей відносно магнітної осі атома. Приймає значення: від $+1$ через 0 до -1 .

Спінове квантове число " m_s " – характеризує рух електрона навколо власної осі. Воно має два значення: $+1/2$, $-1/2$ $\uparrow\downarrow$.

За структурою електронної оболонки атома судять:

- про розміщення елемента у певному періоді (за максимальною кількістю s-електронів, наприклад, $5s^2 4d^2$ – це елемент 5-го періоду);
- до якої групи відноситься елемент (до головної підгрупи А належать s- і p-елементи, оскільки валентні електрони перебувають на одному й тому ж енергетичному рівні; до побічної підгрупи В належать d- і f-елементи, у яких валентні електрони перебувають на різних енергетичних рівнях);
- до якого типу (s-, p-, d- чи f-елементів) належить даний елемент (визначають за будовою відповідного енергетичного підрівня);
- про належність елемента до металів (на зовнішньому енергетичному рівні 1-3 електрони, це s- (крім H, He), d-, f-елементи та p-елементи III А групи, крім бору); неметалів (решта p-елементів); металоїдів – за фізичними властивостями вони наближаються до металів, а за хімічними – до неметалів (за класифікацією українського хіміка А.М. Голуба сюди належать елементи IV А – VI А-груп 5-6 періодів: Sn, Sb, Te, Pb, Bi, Po);
- про максимальний ступінь окиснення (встановлюється, як правило, за номером групи – числом валентних електронів); метали мають тільки позитивний ступінь окиснення, неметали ще й негативний, який визначається за формулою $n = N - 8$, де N – номер групи;
- які оксиди утворює даний елемент: кислотні оксиди – це оксиди неметалів (NO_2 , P_2O_5 , SiO_2) та оксиди металів вищого ступеня окиснення

Розв'язування: Масу атома Купруму обчислюємо за формулою:

$$m = Ar/N_A = 63,55/6,02 \cdot 10^{23} = 1,06 \cdot 10^{-22} \text{ г}$$

Молярний об'єм V_M – це об'єм, що займає один моль речовини:

$$V_M = M/\rho = 63,55/8,93 = 7,12 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Атомний (або молекулярний) об'єм $V_{ат}$ – це об'єм, що займає один атом (1 молекула) речовини:

$$V_{ат} = V_M/N_A = 7,12/6,02 \cdot 10^{23} = 1,18 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3.$$

Звідси можемо обчислити наближене значення радіуса атома:

$$r_{ат} = 0,5\sqrt[3]{V_{ат}} = 0,5\sqrt[3]{1,18 \cdot 10^{-23}} = 1,14 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 0,114 \text{ нм} (1,14 \text{ \AA})$$

Точне значення $r_{ат}$ за максимального (0,7405) упакування атомів у кристалічній структурі (кубічні гранецентровані ґратки К-12, гексагональні Г-12) дорівнює:

$$r_{ат} = \sqrt[3]{0,7405 \cdot (V_M/N_A) \cdot 3/(4\pi)} \quad (3.1)$$

Для кубічної об'ємноцентрованої ґратки (К-8):

$$r_{ат} = \sqrt[3]{0,67 \cdot (V_M/N_A) \cdot 3/(4\pi)} \quad (3.2)$$

У міді кристалічна ґратка К-12, тоді за формулою (3.1)

$$r_{ат} = \sqrt[3]{0,7405 \cdot 1,18 \cdot 10^{-23} \cdot 3/(4 \cdot 3,14)} = \sqrt[3]{2,087 \cdot 10^{-24}} = 1,28 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 1,28 \text{ \AA}$$

Приклад 4 Обчислити довжину хвилі де Бройля для електрона зі швидкістю $v=5,9 \cdot 10^6$ м/с. Чому дорівнює E , ν ?

Розв'язування: За формулою де Бройля $\lambda=h/mv$ знаходимо λ .

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,9 \cdot 10^6} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$\text{Тоді, } E=h\nu \text{ або } E=h(c/\lambda) = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,2 \cdot 10^{-10}} = 1,66 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}$$

$$\nu=c/\lambda=3 \cdot 10^8/1,66 \cdot 10^{-10}=2,5 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}$$

3.2 Контрольні завдання

3.1.1 Визначити квантові числа та навести графічне зображення валентних електронів для елемента:

101) В (Бору)

111) Нф (Гафнію)

102) С (Карбону)

112) Р (Фосфору)

103) Cl (Хлору)	113) I (Йоду)
104) Ge (Германію)	114) Pt (Платини)
105) Mo (Молибдену)	115) Ni (Ніколу)
106) Os (Осмію)	116) Zn (Цинку)
107) S (Сульфуру)	117) Co (Кобальту)
108) N (Нітрогену)	118) Cu (Купрум)
109) Fe (Феруму)	119) Br (Брому)
110) Pb (Плюмбуму)	120) Ti (Титану)

3.1.2 Назвати елемент і охарактеризувати його хімічні властивості за електронною будовою атома, валентні електрони якого:

121) $3s^2$	131) $4s^2 3d^5$
122) $3s^2 3p^1$	132) $4s^2 3d^7$
123) $4s^2 3d^2$	133) $4s^1 3d^{10}$
124) $5s^1 4d^5$	134) $6s^2 6p^2$
125) $4s^2 3d^{10}$	135) $5s^2 4d^{10}$
126) $4s^2 3d^6$	136) $4s^2 3d^8$
127) $6s^2 5d^4$	137) $4s^1 3d^5$
128) $5s^2 5p^2$	138) $6s^2 3p^2$
129) $6s^2 5d^{10}$	139) $6s^2 5d^{10}$
130) $6s^2 6p^1$	140) $2s^2 2p^3$

Наведіть приклади практичного використання даного елемента, використавши відповідні літературні джерела.

141) Визначити масу, приблизні розміри атома α -Fe (К-8), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Fe)} = 7,8 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m = 9,28 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,16 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,19 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,24 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

142) Визначити масу, точний розмір атома Ніколу (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Ni)} = 8,9 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m = 9,75 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 6,6 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,096 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,24 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

143) Визначити масу, точний розмір атома γ -Fe (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\gamma-Fe)} = 7,86 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m = 9,28 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,10 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,18 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,28 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

144) Яка маса, точні розміри атома Кобальту (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Co)} = 8,33 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m = 9,79 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,07 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,17 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,27 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

145) Чому дорівнює маса, точні розміри атома Ті (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Ti)} = 4,5 \text{ г/см}^3$.

- Відповідь: $m=7,96 \cdot 10^{-23} \text{Г}$; $V_M = 10,64 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,77 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,45 \cdot 10^{-8} \text{ см}$
- 146) Знайти масу, приблизний розмір атома Аргентума (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Ag})} = 10,5 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=1,79 \cdot 10^{-22} \text{Г}$; $V_M = 10,27 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,71 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,45 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 147) Знайти масу, приблизний розмір атома Лантану (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{La})} = 6,16 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=2,31 \cdot 10^{-22} \text{Г}$; $V_M = 22,55 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 3,75 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,88 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 148) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома Платини (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Pt})} = 21,45 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=3,24 \cdot 10^{-22} \text{ Г}$; $V_M = 9,09 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,51 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,39 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 149) Обчислити масу, приблизний розмір атома Ауруму (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Au})} = 19,32 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=3,27 \cdot 10^{-22} \text{ Г}$; $V_M = 10,2 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,69 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,44 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 150) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома Скандію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Sc})} = 3,02 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=7,47 \cdot 10^{-23} \text{Г}$; $V_M = 14,89 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 2,47 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,63 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 151) Визначити масу, приблизні розміри атома Хрому (К-8), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Cr})} = 7,19 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=8,64 \cdot 10^{-23} \text{Г}$; $V_M = 7,23 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,2 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,24 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 152) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома Молібдену (К-8), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Mo})} = 10,22 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=1,59 \cdot 10^{-22} \text{ Г}$; $V_M = 9,39 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,56 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,35 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 153) Визначити масу, приблизні розміри атома Вольфраму (К-8), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{W})} = 19,35 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=3,05 \cdot 10^{-22} \text{Г}$; $V_M = 9,5 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,58 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,35 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 154) Яка маса, приблизні розміри атома Цинку (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Zn})} = 7,13 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m=1,086 \cdot 10^{-22} \text{Г}$; $V_M = 9,17 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,52 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,39 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 155) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома Кадмію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Cd})} = 8,65 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m=1,87 \cdot 10^{-22} \text{Г}$; $V_M = 12,99 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 2,16 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,57 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

156) Визначити масу, приблизні розміри атома Мангану (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Mn})} = 7,4 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m=9,13 \cdot 10^{-23} \text{ Г}$; $V_M = 7,42 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,23 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

157) Яка маса, приблизні розміри атома Ренію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Re})} = 21,0 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m=3,1 \cdot 10^{-22} \text{ Г}$; $V_M = 8,87 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,47 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,38 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

158) Знайти масу, приблизний розмір атома Алюмінію (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Al})} = 2,7 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m=4,48 \cdot 10^{-23} \text{ Г}$; $V_M = 9,99 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,66 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,43 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

159) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома Магнію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Mg})} = 1,74 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m=4,04 \cdot 10^{-23} \text{ Г}$; $V_M = 13,98 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 2,32 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

160) Знайти масу, приблизний розмір атома Берилію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Be})} = 1,846 \text{ г/см}^3$.

Відповідь: $m = 1,5 \cdot 10^{-23} \text{ Г}$; $V_M = 4,88 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 8,1 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$;
 $r_{\text{ат}} = 1,13 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

4 Основні закономірності протікання хімічних реакцій. Елементи хімічної термодинаміки і термохімії

Науку про взаємні перетворення різних видів енергії називають термодинамікою. Термодинаміка встановлює закони цих перетворень, а також напрямок самодовільного протікання різних процесів у даних умовах.

Розділ термодинаміки, який вивчає теплові ефекти хімічних реакцій, називають термохімією.

За будь-якого процесу спостерігається закон збереження енергії. Теплота Q , яка поглинається системою, витрачається на зміну її внутрішньої енергії ΔU і на виконання роботи A :

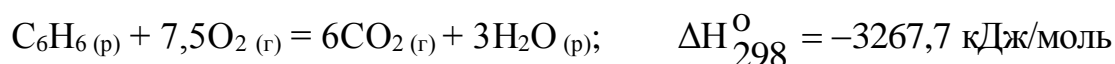
$$Q = \Delta U + A.$$

За хімічних реакцій A – це робота проти зовнішнього тиску, тобто у першому наближенні $A = p\Delta V$, де ΔV – зміна об'єму системи ($V_2 - V_1$). Оскільки більшість хімічних реакцій відбувається за постійного тиску, то для ізобарно-ізотермічного процесу ($p = \text{const}$; $T = \text{const}$) теплота $Q_p = \Delta U + p\Delta V$ звідки $Q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1)$ або $Q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1)$. Суму $(U + pV)$ позначаємо через H , тоді $Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$. Величину H називають ентальпією. Ентальпія, як і внутрішня енергія, є функцією стану. Неважко помітити, що

теплота реакції в ізохорно-ізотермічному процесі ($V = \text{const}$; $T = \text{const}$), за якого $\Delta V = 0$, дорівнює зміні внутрішньої енергії системи: $Q_V = \Delta U$.

Теплоти хімічних процесів, які протікають за p , $V = \text{const}$ і V , $T = \text{const}$, називають тепловими ефектами.

Хімічні реакції, в яких ентальпія системи зменшується ($\Delta H < 0$) або збільшується ($\Delta H > 0$), називаються екзо- і ендотермічними відповідно. Величину теплового ефекту реакції вказують у вигляді зміни ентальпії ΔH (для екзотермічних реакцій $-\Delta H$, для ендотермічних $+\Delta H$), наприклад:



Реакція, яка за даної температури перебігає з виділенням теплоти, за інших температур перебігає з поглинанням теплоти. Це пояснюється тим, що з одного боку система прагне до упорядкованості (агрегації), до зменшення H , а з другого боку, система прагне до безладдя (деагрегації).

Перша тенденція зростає з пониженням, а друга – з підвищенням температури. Тенденцію до безладдя характеризує величина, яку називають ентропією (S , Дж/(моль \cdot К)). Вона відображає рух частинок речовини і є мірою неупорядкованості системи (зростає при нагріванні, випаровуванні, плавленні і інш.) $\approx T\Delta S$. Ентропія є функцією стану, тобто її зміна (ΔS) залежить від початкового (S_1) і кінцевого (S_2) стану і не залежить від шляху процесу: $\Delta S_{\text{х.р.}} = \sum S_{\text{прод.}}^0 - \sum S_{\text{вих.}}^0$.

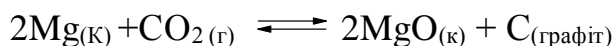
Таким чином, рушійна сила процесу складається із двох сил: прагнення до упорядкованості (H) і прагнення до безладдя (TS). За $p = \text{const}$ і $T = \text{const}$ загальну рушійну силу процесу, яку позначають ΔG , можна знайти із співвідношення: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

Величина G – ізобарно-ізотермічний потенціал або енергія Гіббса. Таким чином, мірою хімічної спорідненості є зменшення енергії Гіббса (ΔG), яка залежить від природи речовини, її кількості і від температури (є функцією стану), тому $\Delta G_{\text{х.р.}} = \sum G_{\text{прод.}}^0 - \sum G_{\text{вих.}}^0$.

Якщо $\Delta G < 0$, процес принципово можливий, якщо $\Delta G > 0$, процес самодовільно протікати не може.

4.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Користуючись додатком Д обчислити $\Delta H_{\text{х.р.}}^0$:



Розв'язування: За даними таблиці (додаток Е) стандартні ентальпії утворення CO_2 та MgO відповідно дорівнюють $-393,5$ і $-601,8$ кДж/моль. (Необхідно пам'ятати, що стандартні ентальпії утворення простих речовин дорівнюють нулю).

За законом Гесса: “Стандартна зміна ентальпії хімічної реакції дорівнює сумі стандартних ентальпій утворення продуктів реакції за відрахуванням суми стандартних ентальпій утворення вихідних речовин”. У кожному випадку необхідно враховувати кількість молей речовин, які беруть участь у реакції (відповідно до рівняння реакції).

Звідси знаходять $\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ}$ за рівнянням реакції:

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = 2\Delta H_{\text{MgO}}^{\circ} - \Delta H_{\text{CO}_2}^{\circ} = 2(-601,8) - (-393,5) = -1203,6 + 393,5 = -810,1 \text{ кДж.}$$

Приклад 2 Реакція горіння етилового спирту описується термохімічним рівнянням:



Обчислити тепловий ефект реакції, якщо відомо, що теплота пароутворення $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}$ дорівнює 42,36 кДж.

Розв’язування: Для визначення $\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ}$ необхідно знати теплоту утворення $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}$, яку знаходять таким чином:

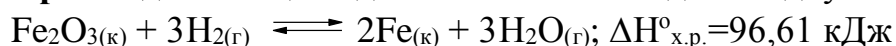


$$\text{Звідки } 42,36 = -235,31 - \Delta H_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}}^{\circ}; \Delta H_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}}^{\circ} = -235,31 - 42,36 = -277,67 \text{ кДж}$$

Знаходимо $\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ}$, застосувавши висновок із закону Гесса:

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = 2\Delta H_{\text{CO}_2}^{\circ} + 3\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} - \Delta H_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}}^{\circ} = 2(-393,5) + 3(-285,8) - (-277,67) = -1366,73 \text{ кДж}$$

Приклад 3 Реакція відновлення Fe_2O_3 воднем відбувається за рівнянням:



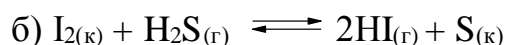
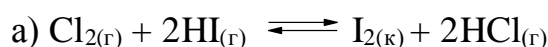
За якої температури почнеться відновлення Fe_2O_3 , якщо зміна ентропії $\Delta S^{\circ} = 0,1387 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

Розв’язування: Оскільки у момент рівноваги $\Delta G^{\circ}_T = 0$, а $\Delta H^{\circ} = T\Delta S^{\circ}$, тоді:

$$T = \Delta H^{\circ} / \Delta S^{\circ} = 96,61 / 0,1387 = 696,5 \text{ К}$$

Отже, за температури $\approx 696,5 \text{ К}$ почнеться реакція відновлення Fe_2O_3 (температура початку реакції).

Приклад 4 Визначити, чи відбудуться реакції:



Чи можливо їх самодовільне протікання у прямому напрямку за 298 К?

Розв'язування: Для відповіді на поставлені питання необхідно знайти ΔG°_{298} прямих реакцій а і б.

$$\text{а) } \Delta G^{\circ}_{298} = 2\Delta G^{\circ}_{\text{HCl}} - 2\Delta G^{\circ}_{\text{HI}} = 2 \cdot (-95,2) - 2 \cdot (1,8) = -194,0 \text{ кДж}$$

$$\text{б) } \Delta G^{\circ}_{298} = 2\Delta G^{\circ}_{\text{HI}} - \Delta G^{\circ}_{\text{H}_2\text{S}} = 2 \cdot (1,8) - (-33,8) = 37,4 \text{ кДж}$$

Висновки: негативний знак ΔG°_{298} свідчить про можливість самодовільного перебігу реакції (а); позитивний знак ΔG°_{298} означає, що реакція (б) за даних умов відбуватися не може, однак потрібно перевірити ймовірність її за інших температур.

4.2 Контрольні завдання

161) Обчислити кількість теплоти, що виділиться при відновленні Fe_2O_3 алюмінієм, якщо було одержано 335,1 г заліза.

Відповідь: $\Delta H^{\circ}_{\text{x.p.}} = -2554,54 \text{ кДж}$.

162) За якої температури настає рівновага в системі:



Відповідь: 886,8 К.

163) Обчислити кількість теплоти, що виділяється в результаті вибуху 8,4 л гримучого газу, взятого за нормальних умов.

Відповідь: $\Delta H^{\circ}_{\text{x.p.}} = -60,45 \text{ кДж}$

164) Відновлення Fe_3O_4 карбон (II) оксидом відбувається за рівнянням: $\text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{к})} + \text{CO}_{(\text{r})} = 3\text{FeO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{r})}$. Обчислити ΔG° і зробити висновок про самодовільний перебіг цієї реакції за стандартних умов. Чому дорівнює ΔS° у цьому процесі?

Відповідь: $\Delta G^{\circ} = 51 \text{ кДж}$; $\Delta S^{\circ} = 52,4 \text{ Дж/К}$.

165) Водяний газ – це суміш рівних об'ємів водню і карбон (II) оксиду. Обчислити кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 112 л водяного газу, взятого за нормальних умов.

Відповідь: $\Delta H^{\circ}_{\text{x.p.}} = -1312 \text{ кДж}$.

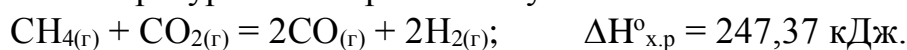
166) Обчислити, за якої температури починається реакція відновлення Fe_3O_4 , яка описується рівнянням: $\text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{к})} + \text{CO}_{(\text{r})} = 3\text{FeO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{r})}$; $\Delta H^{\circ}_{\text{x.p.}} = 34,55 \text{ кДж}$.

Відповідь: 659,35 К.

167) При відновленні 12,7 г купрум (II) оксиду коксом з утворенням CO , поглинається 8,24 кДж теплоти. Обчислити ΔH°_{298} утворення CuO .

Відповідь: -162,4 кДж/моль.

168) За якої температури настає рівновага у системі:



Відповідь: 965,9 К.

- 169) При сполученні 2,1 г заліза з сіркою виділилося 3,77 кДж теплоти. Обчислити ентальпію утворення ферум (II) сульфїду.
Відповідь: -100,5 кДж/моль.
- 170) За якої температури настає рівновага у системі:
 $\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$; $\Delta H^{\circ}_{x,p} = -128,05$ кДж
Відповідь: ≈ 386 К.
- 171) Які із карбонатів, BeCO_3 чи BaCO_3 , можна добути взаємодією відповідних оксидів з CO_2 ? Зробити висновок, обчисливши ΔG°_{298} реакцій.
Відповідь: 31,26 кДж (реакція неможлива, $\Delta G^{\circ}_{298} > 0$);
-216,9 кДж (реакція можлива, $\Delta G^{\circ}_{298} < 0$).
- 172) Пряма чи зворотна реакція відбуватиметься за стандартних умов у системі: $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$? Відповідь аргументувати, обчисливши ΔG°_{298} прямої реакції.
Відповідь: -70,2 кДж ($\Delta G^{\circ}_{298} < 0$).
- 173) При взаємодії 6,3 г заліза з сіркою виділилось 11,31 кДж теплоти. Обчислити ентальпію утворення ферум (II) сульфїду.
Відповідь: -100,5 кДж/моль.
- 174) Які із вказаних оксидів можна відновити алюмінієм за 298 К: CaO , FeO , Cr_2O_3 ? Обчислити $\Delta G^{\circ}_{x,p}$ і зробити висновок.
Відповідь: FeO , Cr_2O_3 .
- 175) Обчислити скільки теплоти виділиться при спалюванні 165 л (н.у.) ацетилену C_2H_2 , якщо продуктами спалювання є CO_2 і $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$?
Відповідь: $\Delta H^{\circ}_{x,p} = -9248,8$ кДж.
- 176) Реакція відновлення Fe_2O_3 описується рівнянням:
 $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{H}_{2(г)} = 2\text{FeO}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$; $\Delta H^{\circ}_{x,p} = 96,61$ кДж
Чи можлива ця реакція за стандартних умов, якщо зміна ентропії $\Delta S^{\circ}_{x,p} = 0,1387$ кДж/К? За якої температури починається відновлення Fe_2O_3 ?
Відповідь: 696,5 К.
- 177) Виходячи із теплового ефекту реакції $3\text{CaO}_{(к)} + \text{P}_2\text{O}_{5(к)} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(к)$; $\Delta H^{\circ}_{x,p} = -739$ кДж, обчислити ΔH°_{298} утворення трикальцій дифосфату.
Відповідь: -4137,5 кДж/моль.
- 178) При повному згорянні етилену C_2H_4 (з утворенням рідкої води) виділилося 6226 кДж теплоти. Знайти об'єм кисню, який вступив у реакцію (н.у.).
Відповідь: 296,5 л.
- 179) Обчислити значення ΔG°_{298} реакції і встановити, у якому напрямку вони перебігатимуть самодовільно за стандартних умов (за 25°C):
а) $\text{NiO}_{(к)} + \text{Pb}_{(к)} = \text{Ni}_{(к)} + \text{PbO}_{(к)}$;
б) $\text{Pb}_{(к)} + \text{CuO}_{(к)} = \text{PbO}_{(к)} + \text{Cu}_{(к)}$
Відповідь: а) 22,5 кДж; б) -59,2 кДж.

- 180) При згорянні газоподібного аміаку утворюється водяна пара і нітроген (II) оксид. Скільки теплоти виділиться у цій реакції, якщо добуто 44,8 л NO (н.у.)?
Відповідь: -452,4 кДж.
- 181) Реакція горіння метилового спирту описується термохімічним рівнянням: $\text{CH}_3\text{OH}_{(p)} + 1,5\text{O}_{2(g)} = \text{CO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(p)}$; $\Delta H^\circ_{x,p} = ?$ Обчислити тепловий ефект цієї реакції, якщо відомо, що молярна теплота пароутворення $\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$ дорівнює 37,4 кДж.
Відповідь: -689,0 кДж.
- 182) Обчислити значення ΔG°_{298} реакцій і встановити, у якому напрямку вони можуть перебігати самодовільно за стандартних умов:
а) $8\text{Al}_{(к)} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4_{(к)} = 9\text{Fe}_{(к)} + 4\text{Al}_2\text{O}_3_{(к)}$;
б) $\text{Ni}_{(к)} + \text{PbO}_{(к)} = \text{NiO}_{(к)} + \text{Pb}_{(к)}$
Відповідь: а) -3204,4 кДж; б) -22,5 кДж.
- 183) Знайти масу метану, при повному згорянні якого утворюється рідка вода і виділяється теплота, достатня для нагрівання 100 г води від 20 до 30°C. Молярна теплоємність води дорівнює 75,3 Дж/(моль·К).
Відповідь: 0,075 г.
- 184) Обчислити ΔH°_{298} реакції: $\text{C}_2\text{H}_6_{(г)} + 3,5\text{O}_2_{(г)} = 2\text{CO}_2_{(г)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$.
Відповідь: -1422,7 кДж.
- 185) На підставі стандартних теплот утворення і абсолютних стандартних ентропій відповідних речовин обчислити ΔG°_{298} реакції, яка описується рівнянням: $\text{C}_2\text{H}_4_{(г)} + 3\text{O}_2_{(г)} = 2\text{CO}_2_{(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(p)}$. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?
Відповідь: -1331,4 кДж ($\Delta G^\circ < 0$).
- 186) При згорянні 11,5 г рідкого етилового спирту виділилось 308,71 кДж теплоти. Написати термохімічне рівняння реакції, у результаті якої утворюється водяна пара і карбон діоксид. Обчислити ентальпію утворення $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(p)}$.
Відповідь: -277,56 кДж/моль.
- 187) Спалено з утворенням $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ рівні об'єми водню і ацетилену, взятих за однакових умов. У якому випадку виділиться більше теплоти? У скільки разів?
Відповідь: у 5,2 рази більше при спалюванні ацетилену.
- 188) Обчислити ΔH°_{298} реакції $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{(к)} = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(p)} + 2\text{CO}_2_{(г)}$.
Відповідь: -69,34 кДж.
- 189) Скориставшись довідниковими даними, показати, у якому напрямку перебігає реакція: $\text{Cu}_{(к)} + \text{ZnO}_{(к)} = \text{CuO}_{(к)} + \text{Zn}_{(к)}$.
Відповідь: справа наліво.
- 190) Обчислити ΔH°_{298} реакції $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{(к)} + 6\text{O}_2_{(г)} = 6\text{CO}_2_{(г)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)}$.
Відповідь: -2538,8 кДж.

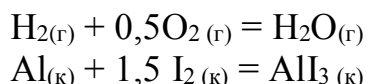
- 191) При одержанні еквівалентної маси кальцій дигідроксиду із $\text{CaO}_{(к)}$ і $\text{H}_2\text{O}_{(р)}$ виділяється 32,53 кДж теплоти. Скласти термохімічне рівняння цієї реакції і обчислити ентальпію утворення кальцій оксиду.
Відповідь: -635,7 кДж/моль.
- 192) Порівняти ΔH°_{298} реакції відновлення ферум (III) оксиду різними відновниками за 298 К:
а) $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(к)} + 3\text{H}_2_{(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$;
б) $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(к)} + 3\text{CO}_{(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{CO}_2_{(г)}$
Відповідь: а) 96,8 кДж; б) -26,8 кДж.
- 193) Обчислити ΔG° для реакції $\text{CaCO}_3_{(к)} = \text{CaO}_{(к)} + \text{CO}_2_{(г)}$ за 25, 500 і 1500°C. Залежностями $\Delta H^{\circ}_{х.р.}$ та $\Delta S^{\circ}_{х.р.}$ від температури знехтувати.
Відповідь: 128,92 кДж; 50,7 кДж; -114,0 кДж.
- 194) При згорянні 1 л ацетилену $\text{C}_2\text{H}_2_{(н.у.)}$ виділилось 56,053 кДж теплоти. Написати термохімічне рівняння реакції, у результаті якої утворюється водяна пара і карбон діоксид. Обчислити ентальпію утворення $\text{C}_2\text{H}_2_{(г)}$.
Відповідь: 226,78 кДж/моль.
- 195) Реакція горіння аміаку описується термохімічним рівнянням:
 $4\text{NH}_3_{(г)} + 3\text{O}_2_{(г)} = 2\text{N}_2_{(г)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(р)}$; $\Delta H^{\circ}_{х.р.} = -1530,28$ кДж
Обчислити ентальпію утворення $\text{NH}_3_{(г)}$.
Відповідь: -46,13 кДж/моль.
- 196) Обчислити тепловий ефект і написати термохімічне рівняння реакції горіння 1 моль етану $\text{C}_2\text{H}_6_{(г)}$, у результаті якої утворюються водяна пара і карбон діоксид. Скільки теплоти виділиться при спалюванні 1 м^3 етану взятого за нормальних умов?
Відповідь: -63513 кДж.
- 197) На підставі стандартних ентальпій утворення і абсолютних стандартних ентропій відповідних речовин обчислити ΔG°_{298} реакції:
 $4\text{NH}_3_{(г)} + 5\text{O}_2_{(г)} = 4\text{NO}_{(г)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)}$.
Чи можлива дана реакція за стандартних умов?
Відповідь: -958,4 кДж.
- 198) Які із оксидів можуть бути відновлені алюмінієм за 298 К: CaO , CuO , PbO , Fe_2O_3 ?
Відповідь: CuO , PbO , Fe_2O_3 .
- 199) На підставі стандартних теплот утворення і абсолютних стандартних ентропій відповідних речовин обчислити ΔG°_{298} реакції, яка описується рівнянням: $\text{CO}_2_{(г)} + 4\text{H}_2_{(г)} = \text{CH}_4_{(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р)}$. Чи можлива дана реакція за стандартних умов?
Відповідь: -131,03 кДж.
- 200) Обчислити ΔH° , ΔS° і ΔG° реакції, яка описується рівнянням:
 $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(к)} + 3\text{C}_{(к)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{CO}_{(г)}$.
Чи можлива реакція відновлення Fe_2O_3 коксом за температур 500 і

1000 К ?

Відповідь: 219,7 кДж; -51,3 кДж.

5 Хімічна кінетика і рівновага

Кінетика – вчення про швидкість різних процесів, у тому числі хімічних реакцій. Критерієм принципової можливості реакції є нерівність $\Delta G_{p,T} < 0$. Але ця нерівність не є ще повною гарантією фактичного перебігу процесу за даних умов, не є достатньою для оцінки кінетичних можливостей реакції. Наприклад, $\Delta G^{\circ}_{298}, \text{H}_2\text{O}_{(r)} = -228,59$ кДж/моль, а $\Delta G^{\circ}_{298}, \text{AlI}_3_{(к)} = -313,8$ кДж/моль і, відповідно, за $T = 298$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па можливі реакції, які перебігають за рівняннями:



Але ці реакції за стандартних умов перебігають лише за наявності каталізатора (платини для першої і води для другої). Каталізатор неначе знімає кінетичне “гальмо”, і тоді проявляється термодинамічна природа речовини. Швидкість хімічної реакції залежить від багатьох факторів, основні із яких – природа реагуючих речовин, концентрація (тиск) реагентів, температура і дія каталізаторів. Ці ж фактори визначають і досягнення рівноваги у реагуючій системі.

При розв’язуванні задач необхідно пам’ятати, що константа рівноваги K_T за температури T хімічної реакції пов’язана зі стандартною зміною енергії Гіббса цієї реакції рівнянням:

$$\Delta G^{\circ}_T = -2,3RT \lg K_T \quad (5.1)$$

За 298 К (25 °С) це рівняння має вигляд:

$$\Delta G^{\circ}_{298} = -5,7 \lg K_{298}, \quad (5.2)$$

де ΔG°_{298} виражено у кДж/моль

5.1 Приклади розв’язування типових задач

Приклад 1 Як зміниться швидкість реакції $2\text{NO}_{(r)} + \text{O}_{2(r)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(r)}$, якщо зменшити об’єм посудини, у якій перебігає реакція, в 3 рази?

Розв’язування: Початкова швидкість прямої реакції виражається рівнянням $v = k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$. При зменшенні об’єму концентрація кожної з реагуючих речовин збільшується у 3 рази. Отже $v_1 = k_1 (3 [\text{NO}]^2) \cdot (3 [\text{O}_2]) = = 27 k_1 [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$. Порівнюючи вирази для v і v_1 видно, що швидкість реакції збільшиться у 27 разів.

Приклад 2 Обчислити, у скільки разів збільшиться швидкість реакції, яка відбувається у газовій фазі, при підвищенні температури від 30 до 70 °С, якщо температурний коефіцієнт реакції дорівнює 2.

Розв’язування: За правилом Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}, \quad \text{звідки } v_{t_2} = v_{t_1} \cdot 2^{\frac{70-30}{10}} = v_{t_1} \cdot 2^4 = 16v_{t_1}.$$

Отже, швидкість реакції за 70 °С більша від швидкості реакції за 30 °С у 16 разів.

Приклад 3 Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), знайти приблизне значення температури, за якої константа рівноваги реакції утворення водяного газу $C_{(\text{графіт})} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{(r)} + H_2_{(r)}$ дорівнює одиниці. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Розв'язування: Знаходимо значення ΔH° і ΔS° , використавши дані таблиці (Додаток Е).

$$\Delta H^\circ_{\text{х.р.}} = \Delta H^\circ_{CO} - \Delta H^\circ_{H_2O} = -110,5 - (-241,8) = 131,3 \text{ кДж}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{х.р.}} = \Delta S^\circ_{H_2} + \Delta S^\circ_{CO} - (\Delta S^\circ_{H_2O} + \Delta S^\circ_C) = 130,5 + 197,5 - (188,7 + 5,7) = 133,6 \text{ Дж/К} = 0,1336 \text{ кДж/К}$$

Із рівняння $\Delta G^\circ_T = -2,3RT \lg K_T$ виходить, що при $K_T = 1$ стандартна енергія Гіббса хімічної реакції дорівнює нулю. Отже, з рівняння $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ за відповідної температури $\Delta H^\circ = T\Delta S^\circ$, маємо:

$$T = \Delta H^\circ / \Delta S^\circ = 131,3 / 0,1336 = 983 \text{ К}$$

Приклад 4 У системі $CO_{(r)} + Cl_{2(r)} \rightleftharpoons COCl_{2(r)}$ рівноважні концентрації речовин $[Cl_2]_p = 0,3$ моль/л, $[CO]_p = 0,2$ моль/л і $[COCl_2]_p = 1,2$ моль/л. Обчислити константу рівноваги і початкові концентрації Cl_2 і CO .

Розв'язування: Константа рівноваги

$$K = \frac{[COCl_2]_p}{[CO]_p [Cl_2]_p} = \frac{1,2}{0,3 \cdot 0,2} = 20$$

Оскільки за рівнянням реакції з 1 моль CO або Cl_2 утворюється 1 моль $COCl_2$, то $[CO]_o = 1,2 + 0,2 = 1,4$ моль/л; $[Cl_2]_o = 1,2 + 0,3 = 1,5$ моль/л.

5.2 Контрольні завдання

201) Обчислити значення константи швидкості реакції $A + B \rightarrow AB$, якщо за концентрації речовин A і B , що дорівнюють відповідно 0,5 і 0,1 моль/л, швидкість реакції становить 0,005 моль/(л·хв).

Відповідь: 0,1 л/(моль·хв).

202) Реакція між речовинами A і B описується рівняннями $A + 2B \rightarrow C$. Початкові (вихідні) концентрації становлять: $[A]_o = 0,3$ моль/л; $[B]_o = 0,5$

моль/л. Константа швидкості реакції дорівнює 0,4. Обчислити початкову швидкість реакції і швидкість на момент, коли концентрація речовини А зменшиться на 0,1 моль/л.

Відповідь: $v_0 = 0,03$; $v_1 = 0,0072$.

- 203) Реакція відбувається за рівнянням $N_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2NO_{(r)}$. Концентрації вихідних речовин: $[N_2]_0 = 0,049$ моль/л; $[O_2]_0 = 0,01$ моль/л. Обчислити концентрації цих речовин на момент, коли $[NO] = 0,005$ моль/л.

Відповідь: $[N_2]_p = 0,0465$ моль/л; $[O_2]_p = 0,0075$ моль/л.

- 204) Реакція відбувається за рівнянням $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$. Концентрації речовин, які беруть участь в реакції, склали:

$[N_2]_0 = 0,80$ моль/л; $[H_2]_0 = 1,5$ моль/л; $[NH_3]_0 = 0,10$ моль/л. Обчислити концентрації водню і аміаку, коли $[N_2]_p = 0,5$ моль/л.

Відповідь: $[NH_3]_p = 0,70$ моль/л; $[H_2]_p = 0,60$ моль/л.

- 205) Реакція перебігає за рівнянням $H_{2(r)} + I_{2(r)} \rightleftharpoons 2HI_{(r)}$. Константа швидкості цієї реакції за певної температури дорівнює 0,16. Початкові концентрації реагуючих речовин: $[H_2]_0 = 0,04$ моль/л; $[I_2]_0 = 0,05$ моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли $[H_2]_p = 0,03$ моль/л.

Відповідь: $v_0 = 3,2 \cdot 10^{-4}$; $v_1 = 1,92 \cdot 10^{-4}$.

- 206) Константа швидкості реакції розкладу N_2O , яка перебігає за рівнянням $2N_2O_{(r)} \rightleftharpoons 2N_{2(r)} + O_{2(r)}$, дорівнює $5 \cdot 10^{-4}$. Початкова концентрація $[N_2O]_0 = 6$ моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли розкладеться 50% N_2O .

Відповідь: $v_0 = 1,8 \cdot 10^{-2}$; $v_1 = 4,5 \cdot 10^{-3}$.

- 207) У гомогенній системі $A + 2B \rightleftharpoons C$ рівноважні концентрації реагуючих газів складають: $[A]_p = 0,06$ моль/л; $[B]_p = 0,12$ моль/л; $[C]_p = 0,216$ моль/л. Обчислити константу рівноваги системи і початкові концентрації речовин А і В.

Відповідь: $K=250$; $[A]_0 = 0,276$ моль/л; $[B]_0=0,552$ моль/л.

- 208) У гомогенній газовій системі $A + B \rightleftharpoons C + D$ рівновага настає за концентрацій: $[B]_p = 0,05$ моль/л і $[C]_p = 0,02$ моль/л. Константа рівноваги системи дорівнює 0,04. Обчислити початкові концентрації речовин А і В.

Відповідь: $[A]_0 = 0,22$ моль/л; $[B]_0=0,07$ моль/л.

- 209) У скільки разів зміниться швидкість реакції $2A + B \rightleftharpoons A_2B$, якщо концентрацію речовини А збільшити вдвічі, а концентрацію речовини В зменшити вдвічі?

Відповідь: $v_0 = 1$; $v_1 = 2$.

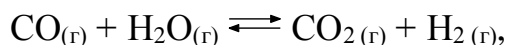
- 210) Обчислити константу рівноваги для гомогенної системи $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$, якщо на момент рівноваги концентрації реагуючих речовин склали: $[CO]_p = 0,004$ моль/л; $[H_2O]_p = 0,064$ моль/л; $[CO_2]_p = 0,016$ моль/л, $[H_2]_p = 0,016$ моль/л. Чому дорівнюють початкові концентрації води і СО?

Відповідь: $K = 1,0$; $[H_2O]_0 = 0,08$ моль/л; $[CO]_0 = 0,02$ моль/л.

211) Дві реакції перебігають за 25 °С з однаковою швидкістю. Температурний коефіцієнт швидкості першої реакції дорівнює 2,0, а другої – 2,5. Обчислити відношення швидкостей цих реакцій за 95°С.

Відповідь: $v_2 / v_1 = 4,77$.

212) Константа рівноваги гомогенної системи:



за певної температури дорівнює 1,0. Обчислити концентрації усіх реагуючих речовин на момент рівноваги, якщо початкові концентрації становили: $[\text{CO}]_0 = 0,1$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 0,4$ моль/л.

Відповідь: $[\text{CO}_2]_p = [\text{H}_2]_p = 0,08$ моль/л; $[\text{CO}]_p = 0,02$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_p = 0,32$ моль/л.

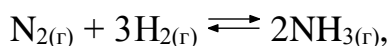
213) Чому дорівнює температурний коефіцієнт швидкості реакції, якщо при збільшенні температури на 30 °С швидкість реакції збільшується у 15,6 рази?

Відповідь: $\gamma = 2,5$.

214) Температурний коефіцієнт швидкості хімічної реакції дорівнює 2,3. У скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на 25 °С?

Відповідь: у 8 разів.

215) Константа рівноваги гомогенної системи:



за певної температури дорівнює 0,1. Рівноважні концентрації водню і аміаку дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л відповідно. Обчислити рівноважну і початкові концентрації N_2 .

Відповідь: $[\text{N}_2]_p = 8$ моль/л; $[\text{H}_2]_p = 8,04$ моль/л.

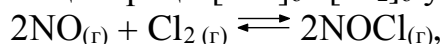
216) За 150 °С хімічна реакція перебігає за 16 хв. Враховуючи, що температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,5, обчислити, через який час ця реакція закінчиться, якщо здійснювати її: а) за 200 °С; б) за 80 °С.

Відповідь: а) 9,8 с; б) 162 год.

217) За певної температури настала рівновага у гомогенній системі: $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(г)}$. Концентрація реагуючих речовин на момент рівноваги становила: $[\text{NO}]_p = 0,2$ моль/л; $[\text{O}_2]_p = 0,1$ моль/л; $[\text{NO}_2]_p = 0,1$ моль/л. Обчислити константу рівноваги і початкові концентрації NO і O_2 .

Відповідь: $K=2,5$; $[\text{NO}]_0 = 0,3$ моль/л; $[\text{O}_2]_0 = 0,15$ моль/л.

218) Початкові концентрації $[\text{NO}]_0$ і $[\text{Cl}_2]_0$ у гомогенній системі:



становили 0,5 і 0,2 моль/л відповідно. Обчислити константу рівноваги, якщо до моменту встановлення рівноваги прореагувало 20% NO .

Відповідь: $K = 0,416$.

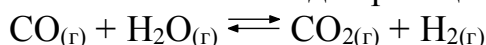
219) Початкові концентрації $[CO]_0$ і $[H_2O]_0$ дорівнюють 0,03 моль/л. Обчислити рівноважні концентрації CO , H_2O і H_2 у гомогенній системі $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$, якщо рівноважна концентрація $[CO_2]_p = 0,01$ моль/л, а також константу рівноваги.

Відповідь: $K=0,25$; $[CO]_p=[H_2O]_p=0,02$ моль/л; $[H_2]_p = 0,01$ моль/л.

220) У системі $CO_{(r)} + Cl_{2(r)} \rightleftharpoons COCl_{2(r)}$, концентрацію CO збільшили з 0,3 до 1,2 моль/л, а концентрацію Cl_2 – з 0,2 до 0,6 моль/л. У скільки разів збільшилась швидкість прямої реакції?

Відповідь: у 12 разів.

221) Користуючись довідковими даними (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції:



Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $K_{298} = 1,3 \cdot 10^5$; $K_T = 0,908$.

222) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $2NO_{2(r)} \rightleftharpoons N_2O_{4(r)}$ дорівнює одиниці. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати. У якому напрямку буде зміщена рівновага за нижчих температур, ніж обчислена?

Відповідь: $T = 325$ К; вправо.

223) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $CO_{2(r)} + C_{(графіт)} \rightleftharpoons 2CO_{(r)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $K_{298} = 3,5 \cdot 10^{-22}$; $K_T = 1,45$.

224) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції $4HCl_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(r)} + 2Cl_{2(r)}$ не залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа рівноваги цієї реакції дорівнює одиниці.

Відповідь: 886,8 К.

225) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $K_{298} = 3,35 \cdot 10^5$; $K_T = 1,11 \cdot 10^{-6}$.

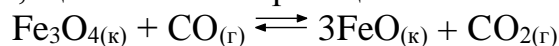
226) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$ дорівнює одиниці. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $T = 980,95$ К.

227) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $Pb_{(к)} + CuO_{(к)} \rightleftharpoons PbO_{(к)} + Cu_{(к)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $6,31 \cdot 10^9$; $3,75 \cdot 10^2$.

228) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:



не залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа

рівноваги цієї реакції дорівнює 1,0.

Відповідь: 757,6 К.

- 229) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $\text{Ni}_{(к)} + \text{PbO}_{(к)} \rightleftharpoons \text{NiO}_{(к)} + \text{Pb}_{(к)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $8,5 \cdot 10^3$; $2,61 \cdot 10^1$.

- 230) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_2_{(г)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2_{(г)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: 797 К.

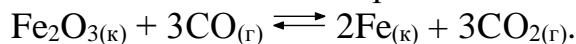
- 231) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(к)} + 3\text{H}_2_{(г)} \rightleftharpoons 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $1,75 \cdot 10^{-10}$; $2,18 \cdot 10^2$.

- 232) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{CaCO}_3_{(к)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(к)} + \text{CO}_2_{(г)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: 1080,75 К.

- 233) Користуючись довідковими даними (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції:



Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $1,09 \cdot 10^{-4}$; $2,56 \cdot 10^{-1}$.

- 234) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{CO}_2_{(г)} + \text{C}_{(\text{графіт})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(г)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: 982,57 К.

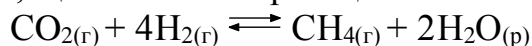
- 235) Використавши довідкові дані (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $\text{CO}_2_{(г)} + 4\text{H}_2_{(г)} \rightleftharpoons \text{CH}_4_{(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $2,51 \cdot 10^{23}$; $6,64 \cdot 10^{-9}$.

- 236) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{N}_2_{(г)} + 3\text{H}_2_{(г)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3_{(г)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: 448,1 К.

- 237) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:

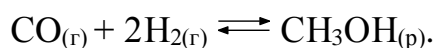


не

залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа рівноваги цієї реакції дорівнює 1,0.

Відповідь: 575,9 К.

- 238) Користуючись довідковими даними (див. Додаток Е), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції:



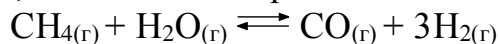
Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: $1,73 \cdot 10^5$; $2,22 \cdot 10^{-11}$.

- 239) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $2\text{NO}_{2(r)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(r)} + \text{O}_{2(r)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.

Відповідь: 779,1 К.

- 240) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:



не залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа рівноваги цієї реакції дорівнює 1,0.

Відповідь: 963,1 К.

6 Розчини. Концентрація розчинів. Теорія електролітичної дисоціації. Кислотно-основна рівновага

6.1 Способи вираження концентрації розчинів

Важливішою характеристикою розчинів є їх концентрація – це відношення кількості розчиненої речовини до кількості розчину чи розчинника. Її виражають різними способами, а саме:

- молярна концентрація (C_M) – це кількість молів якогось одного компонента в 1 л розчину;
- моляльна концентрація компонента (C_m) – це кількість молів розчиненої речовини в 1 кг (1000 г) розчинника, наприклад, води:

$$C_m = \frac{m_2 \cdot 1000}{m_1 \cdot M_2}, \quad (6.1)$$

де m_1 і m_2 – маса розчинника і розчиненої речовини відповідно, M_2 – молярна маса розчиненої речовини;

- молярна частка (N_2) – це відношення кількості молів розчиненої речовини (n_2) до загальної кількості молів у системі, тобто до суми молів розчинника (n_1) і всіх розчинених у ньому речовин. Для бінарного розчину:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad (6.2); \quad n_1 + n_2 = 1 \quad \text{або} \quad \sum_{i=1}^n n_i = 1 \quad (6.3)$$

- масова частка (W) – це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину:

$$W = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad \text{або} \quad W\% = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot 100\%, \quad (6.4)$$

де m_1 – маса розчинника, г; m_2 – маса розчиненої речовини, г;

- молярна концентрація еквіваленту (C_H) – це кількість молів еквівалентів розчиненої речовини в 1 л розчину, (моль·екв)/л:

$$C_H = \frac{m}{m_e \cdot V}, \quad (6.5)$$

де m_e – еквівалентна маса, г/(моль·екв)
 m – маса розчиненої речовини (г) в 1 л розчину,
 V – об'єм розчину в літрах.

- титр розчину (Т) – це маса розчиненої речовини, яка міститься у 1 мл розчину.

6.1.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 У 450 г води розчинили 50 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Обчислити масову частку кристалогідрату та безводної солі у розчині.

Розв'язування: Масова частка $W = m_{\text{речовини}}/m_{\text{розчину}}$

$$W_1 = m_{\text{кристалогідр.}}/m_{\text{розчину}}; \quad W_2 = m_{\text{CuSO}_4} / m_{\text{розчину}}$$

$$m_{\text{розчину}} = 450 + 50 = 500 \text{ г}; \quad W_1 = 50/500 = 0,1$$

$$W_2 = \frac{m_{\text{(кристалог.)}} \cdot W_3}{m_{\text{(розчину)}}}, \text{ де } W_3 = \frac{M_{\text{CuSO}_4}}{M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}} = \frac{160}{250} = 0,64$$

$$\text{Звідки } W_2 = \frac{50 \cdot 0,64}{500} = 0,064 \text{ або у відсотках: } W_1 = 0,1 \cdot 100\% = 10\%;$$

$$W_2 = 0,064 \cdot 100\% = 6,4\%.$$

Приклад 2 Обчислити: а) відсоткову, б) C_M , C_H , C_m концентрації розчину H_3PO_4 , одержаного при розчиненні 18 г кислоти у 282 мл води, якщо густина розчину $1,031 \text{ г/см}^3$.

$$\text{Розв'язування: } W = \frac{m_{\text{(H}_3\text{PO}_4)}}{m_{\text{(р-ну)}}} \cdot 100\%; \quad C_M = \nu/V, \text{ моль/л};$$

$$C_H = \nu_{\text{екв}}/V, \text{ моль/л}; \quad m_{\text{(р-ну)}} = 18 + 282 = 300 \text{ г}$$

$$V_{\text{(р-ну)}} = 300/1,031 = 291 \text{ мл або } 0,291 \text{ л}$$

$$\text{Тоді } W = \frac{18}{300} \cdot 100\% = 6\%; \quad \nu = \frac{m_{\text{(H}_3\text{PO}_4)}}{M_{\text{(H}_3\text{PO}_4)}} = 18/98 = 0,184 \text{ моль}$$

$$v_e = \frac{m_{(H_3PO_4)}}{m_{e_{(H_3PO_4)}}} = 18/32,6 = 0,552 \text{ моль} \cdot \text{екв.} \quad \text{Звідки:}$$

$$C_M = 0,184/0,290=0,63; C_H = 0,552/0,291=1,90; C_m = \frac{m_2 \cdot 1000}{m_1 \cdot M_2} = \frac{18 \cdot 1000}{282 \cdot 98} = 0,65$$

Приклад 3 Скільки грамів 32%-ного розчину нітратної кислоти необхідно додати до 600 г 80%-ного розчину тієї самої кислоти, щоб одержати 64%-ний розчин?

Розв'язування: Для розв'язання такого типу задач можна застосувати метод змішування ("правило хреста"). Записують концентрації вихідних розчинів і розчину, який потрібно одержати, як це показано на схемі:

$$\begin{array}{ccc} 80 & \diagdown & 32 \text{ ч (80\%)} \\ & & | \\ & 64 & \diagup \\ 32 & \diagup & 16 \text{ ч (32\%)} \\ & & \hline & & 48 \text{ ч (64\%)} \end{array}$$

Як видно із наведеної схеми, на 32 частини 80%-ного розчину, необхідно взяти 16 ч 32%-ного розчину, тоді:

$$\begin{array}{l} 32 \text{ ч} - 16 \text{ ч} \\ 600 \text{ ч} - x \end{array} \quad x = \frac{600 \cdot 16}{32} = 300 \text{ г (32\%-ного р-ну)}$$

Маса нового розчину складає: $m = 600 + 300 = 900 \text{ ч}$

Перевірка: $m_{(HNO_3)}$ в 900 ч 64%-ного розчину складає:
 $m = 900 \cdot 0,64 = 576 \text{ г}$

Маса HNO_3 в 600 г 80 %-ного і 300 г 32 %-ного розчинів дорівнює:
 $m = (600 \cdot 0,8) + (300 \cdot 0,32) = 480 + 96 = 576 \text{ г}$

Приклад 4 На нейтралізацію 20 мл розчину кислоти витрачено 10 мл розчину лугу ($C_H = 0,5$). Чому дорівнює C_H кислоти?

Розв'язування: Речовини взаємодіють між собою в однакових кількостях еквівалентів:

$$C_{H(\text{лугу})} \cdot V_{(\text{лугу})} = C_{H(\text{к-та})} \cdot V_{(\text{к-та})}$$

$$\text{Тоді: } C_{H(\text{к-ти})} = \frac{C_{H(\text{лугу})} \cdot V_{(\text{лугу})}}{V_{(\text{к-ти})}} = \frac{10 \cdot 0,5}{20} = 0,25$$

Приклад 5 Скільки грамів сульфатної кислоти міститься в 23,5 см³ розчину з $C_H = 0,542$, враховуючи, що еквівалент сульфатної кислоти взято відносно до реакції повного заміщення водню в кислоті?

Розв'язування:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{C_{\text{H}} \cdot m_{e(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot V}{1000} = \frac{0,542 \cdot 49 \cdot 23,5}{1000} = 0,624 \text{ г}$$

6.1.2 Контрольні завдання

- 241) Скільки грамів калій хлориду потрібно додати до 450 г 8%-ного розчину тієї самої солі, щоб одержати 12%-ний розчин?
Відповідь: 20,45 г.
- 242) Із 10 кг 20%-ного розчину при охолодженні виділилося 400 г солі. Чому дорівнює відсоткова концентрація охолодженого розчину?
Відповідь: 16,7%.
- 243) У якій масі води необхідно розчинити 40 г калій броміду для одержання 4%-ного розчину?
Відповідь: 960 г.
- 244) Із 400 г 50%-ного розчину сульфатної кислоти випарували 100 г води. Чому дорівнює відсоткова концентрація цього розчину?
Відповідь: 66,7%.
- 245) До 3 л 10%-ного розчину HNO_3 (густиною $1,054 \text{ г/см}^3$) додали 5 л 2%-ного розчину тієї самої кислоти (густиною $1,009 \text{ г/см}^3$). Обчислити відсоткову і молярну концентрації одержаного розчину, об'єм якого дорівнює 8 л.
Відповідь: 5%; $C_M = 0,82$.
- 246) У якій масі води потрібно розчинити 67,2 л гідроген хлориду (н.у.), щоб одержати 9%-ний розчин хлоридної (соляної) кислоти?
Відповідь: 1107 г.
- 247) Змішали 300 г 20%-ного розчину і 500 г 40%-ного розчину натрій хлориду. Чому дорівнює відсоткова концентрація одержаного розчину?
Відповідь: 32,5%.
- 248) Який об'єм води необхідно додати до 100 мл 20%-ного розчину сульфатної кислоти (густина $1,14 \text{ г/см}^3$), щоб одержати 5%-ний розчин?
Відповідь: 342 мл.
- 249) Яку масу натрій нітрату необхідно розчинити у 400 г води, щоб приготувати 20%-ний розчин?
Відповідь: 100 г.
- 250) До 950 г води додали 50 мл 48%-ного розчину сульфатної кислоти (густина $1,38 \text{ г/см}^3$). Обчислити відсотковий вміст сульфатної кислоти в одержаному розчині.
Відповідь: 3,25%.
- 251) Скільки грамів $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ необхідно розчинити у 250 г води, щоб одержати розчин, який містить 5%-тів безводної солі?
Відповідь: 32 г.

- 252) Визначити відсоткову концентрацію розчину, одержаного змішуванням 300 г 25%-ного і 400 г 40%-ного розчинів.
Відповідь: 33,6%.
- 253) Обчислити відсотковий вміст кристалогідрату і безводної солі у розчині, який містить 100 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ у 900 г води.
Відповідь: 10,0%; 5,47%.
- 254) Для приготування 5%-ного розчину магній сульфату взято 400 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Знайти масу одержаного розчину.
Відповідь: 3,9 кг.
- 255) Скільки молів води необхідно додати до 1,6 кг 25%-ного розчину натрій гідроксиду для одержання 16%-ного розчину?
Відповідь: 50 моль.
- 256) Із 750 кг 48%-ного розчину сульфатної кислоти випарували 300 кг води. Визначити відсотковий вміст сульфатної кислоти в одержаному розчині.
Відповідь: 80%.
- 257) Скільки грамів $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ необхідно для реакції обміну із 75 мл 2,3 % розчину сульфатної кислоти (густиною $1,015 \text{ г/см}^3$)?
Відповідь: 4,36 г.
- 258) У якій масі води необхідно розчинити 50 г сульфатної кислоти, щоб одержати 10%-ний розчин?
Відповідь: 25 моль.
- 259) У якій масі води необхідно розчинити 25 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, щоб одержати 8 %-ний розчин CuSO_4 ?
Відповідь: 175 г.
- 260) Змішали 247 г 62%-ного і 145 г 18%-ного розчинів сульфатної кислоти. Яка відсоткова концентрація одержаного розчину?
Відповідь: 45,72%.

6.2 Властивості розчинів неелектролітів і електролітів. Методи визначення ступеня електролітичної дисоціації

Для розбавлених розчинів неелектролітів, за другим законом Рауля, підвищення температури кипіння і зниження температури замерзання пропорційно моляльній концентрації розчину:

$$\Delta t_{\text{кип.}} = E \cdot C_m \quad (6.8); \quad \Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot C_m \quad (6.9)$$

де E і K – ебуліоскопічна і криоскопічна постійні (E і K залежать лише від природи розчинника і не залежать від природи розчиненої речовини).

В таблиці 6.1 наведені значення ебуліоскопічних і криоскопічних постійних E і K для деяких розчинників.

Таблиця 6.1 – Ебуліоскопічні (E) і криоскопічні (K) постійні для деяких розчинників

Розчинник	E	K
-----------	-----	-----

Анілін $C_6H_5NH_2$	3,69	5,87
Бензен C_6H_6	2,6	5,1
Вода	0,52	1,86
n-Ксилен (ксилол)	–	4,3
Мурашина кислота $HCOOH$	–	2,77
Нафталін $C_{10}H_8$	–	6,9
Нітробензен $C_6H_5NO_2$	5,27	6,9
Оцтова кислота CH_3COOH	3,1	3,9
Фенол C_6H_5OH	3,6	–
Хлороформ $CHCl_3$	3,88	7,3

Ступінь електролітичної дисоціації (α) можна визначити за осмотичним тиском, підвищенням чи пониженням температури кипіння чи замерзання розчину. Відношення експериментально встановлених значень цих величин до обчислених теоретично за рівняннями для розчинів неелектролітів показує, у скільки разів число частинок у розчині електроліту більше загального числа розчинених молекул. Коефіцієнт “ i ”, отриманий з такого відношення, називається коефіцієнтом Вант-Гоффа (ізотонічний коефіцієнт):

$$i = \frac{P_{\text{осм.факт.}}}{P_{\text{осм.теор.}}} \quad (6.10); \quad i = \frac{\Delta t_{\text{факт.}}}{\Delta t_{\text{теор.}}} \quad (6.11)$$

Якщо концентрація розчину C , ступінь електролітичної дисоціації – α , число іонів, одержаних при дисоціації – n , тоді C_α буде виражати число молекул, які протисоціювали, а $(C - C_\alpha)$ – число недисоційованих молекул, $C_{\text{ан}}$ – число іонів. Загальне число частинок у розчині буде дорівнювати:

$$C - C_\alpha + C_{\text{ан}} = C[1 + \alpha(n-1)] \quad (6.12)$$

$$i = \frac{C[1 + \alpha(n-1)]}{C} = 1 + \alpha(n-1) \quad \text{або} \quad \alpha = \frac{i-1}{n-1} \quad (6.13)$$

6.2.1 Приклади розв’язування типових задач

Приклад 1 Підвищення температури кипіння розчину, що містить 11,07 г $Ba(NO_3)_2$ в 100 г води, дорівнює 0,466 град. Обчислити ступінь дисоціації $Ba(NO_3)_2$ в розчині.

Розв’язування: За другим законом Рауля:

$$\Delta t_{\text{теор.}} = E \frac{m_{Ba(NO_3)_2} \cdot 1000}{M_{Ba(NO_3)_2} \cdot m_{H_2O}} = 0,51 \frac{11,07 \cdot 1000}{261 \cdot 100} = 0,216$$

$$\text{Тобто: } i = \frac{0,466}{0,216} = 2,16; \alpha = \frac{2,16-1}{3-1} = \frac{1,16}{2} = 0,58 \text{ або } 58\%.$$

Приклад 2 Обчислити осмотичний тиск розчину оцтової кислоти з $C_M = 0,01$ за 0°C , якщо $\alpha = 0,013$.

Розв'язування: За рівнянням, яке виражає залежність осмотичного тиску від концентрації i та температури, знаходять теоретичне значення осмотичного тиску:

$$P_{\text{осм.}} = CRT = 0,01 \cdot 0,082 \cdot 273 = 0,22386 \text{ атм};$$

оскільки $\frac{P_{\text{факт.}}}{P_{\text{теор.}}} = i = [1 + \alpha(n-1)]$, а n для CH_3COOH дорівнює 2, то

$$P_{\text{факт.}} = 0,01 \cdot 0,082 \cdot 273 \cdot 1,013 = 0,227 \text{ атм.}$$

6.2.2 Контрольні завдання

261) При розчиненні 3,24 г сірки у 40 г бензену C_6H_6 температура кипіння останнього підвищилася на $0,810^\circ\text{C}$. Із скількох атомів складається молекула сірки у розчині?

Відповідь: із 8-ми атомів.

262) У 60 г бензену C_6H_6 розчинено 2,09 г деякої речовини, елементний склад якої, % (за масою): С 50,69; Н 4,23; О 45,08. Розчин кристалізується за $4,25^\circ\text{C}$. Встановити молекулярну формулу речовини. Чистий бензен кристалізується за температури $5,5^\circ\text{C}$.

Відповідь: $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$.

263) Водно-спиртовий розчин, який містить 15%-нів спирту ($\rho = 0,97 \text{ г/см}^3$), кристалізується за $-10,26^\circ\text{C}$. Знайти молекулярну масу спирту та осмотичний тиск розчину за 293 К.

Відповідь: 32 а.о.м.; 11,07 МПа.

264) Водний розчин гліцерину замерзає за температури $-2,79^\circ\text{C}$. Обчислити кількість молів гліцерину, які припадають на кожні 100 моль води, а також тиск пари розчину за 20°C . Тиск водяної пари за 20°C дорівнює 17,54 мм рт. ст. (2,338 кПа).

Відповідь: 2,7 моль; 17,08 мм рт.ст. (2,277 кПа).

265) Температура замерзання бензену C_6H_6 $5,5^\circ\text{C}$, а розчин 6,15 г нітробензену у 400 г бензену замерзає за температури $4,86^\circ\text{C}$. Кріоскопічна константа бензену 5,12. Обчислити відносну молекулярну масу нітробензену.

Відповідь: 123 а.о.м.

266) Розчин цукру у воді показує підвищення температури кипіння на $0,312^\circ\text{C}$. Обчислити зниження температури замерзання цього розчину.

Відповідь: $1,116^\circ\text{C}$.

- 267) При розчиненні 0,4 г деякої речовини у 10 г води температура замерзання розчину знижується на 1,24 °С. Обчислити молекулярну масу розчиненої речовини.
Відповідь: 60 а.о.м.
- 268) У якій кількості води необхідно розчинити 0,5 кг гліцерину $C_3H_8O_3$ для одержання розчину з температурою замерзання -3 °С?
Відповідь: 3,37 кг.
- 269) Обчислити температуру замерзання водного розчину сечовини $(H_2N)_2CO$, у якому на 100 моль води припадає 1 моль розчиненої речовини.
Відповідь: -1,033 °С.
- 270) У скількох молях води необхідно розчинити 0,02 моль деякої речовини (неелектроліта) для одержання розчину, температура кипіння якого 100,026 °С?
Відповідь: 22,22 моль.
- 271) Обчислити температуру кипіння розчину, що містить 100 г цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$ у 750 г води. Яка моляльна концентрація цього розчину?
Відповідь: 100,2 °С; $m_B = 0,38$.
- 272) Температура кипіння ацетону 56,1 °С, а його ебуліоскопічна константа дорівнює 1,73. Обчислити температуру кипіння 8%-ного розчину гліцерину $C_3H_8O_3$ у ацетоні. Яка моляльна концентрація розчину?
Відповідь: 57,73 °С; $m_B = 0,95$.
- 273) Температура кипіння етеру 34,6 °С, а його ебуліоскопічна константа дорівнює 2,16. Обчислити молекулярну масу бензойної кислоти, якщо відомо, що 5%-ний розчин цієї кислоти у етері кипітиме за температури 35,53 °С?
Відповідь: 122,24 а.о.м.
- 274) Температура кипіння розбавленого розчину цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$ 100,065 °С. Обчислити осмотичний тиск розчину за 0 °С. Густина розчину прийміть за одиницю.
Відповідь: 2,68 атм (271,5 кПа).
- 275) Зниження температури замерзання розчину, який містить 0,05 моль нітробензену $C_6H_5NO_2$ у 250 г бензену, дорівнює 1,02 °С. Обчислити криоскопічну константу бензену.
Відповідь: 5,1.
- 276) Обчислити температуру замерзання 10%-ного водного розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$.
Відповідь: -1,148 °С.
- 277) У якій кількості сірковуглецю CS_2 потрібно розчинити 0,1 моль речовини, щоб розчин кипів за 47 °С? Температура кипіння CS_2 46,3°С, ебуліоскопічна константа 2,29 °С.
Відповідь: 327 г.

278) Розчин, який містить 2,05 г розчиненої речовини у 50 г води, замерзає за температури $-0,93\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обчислити молекулярну масу речовини.

Відповідь: 82 а.о.м.

279) Скільки гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ потрібно розчинити у 200 г води, щоб розчин замерзав за температури $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Відповідь: 9,9 г.

280) Обчислити відсоткову концентрацію розчину камфори у бензені виходячи з того, що цей розчин замерзає за $3,45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура замерзання чистого бензену $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, кріоскопічна константа $5,12$ град; молекулярна маса камфори 154.

Відповідь: 5,8%.

6.3 Водневий показник і гідроліз солей

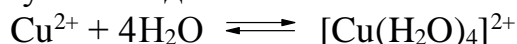
Гідроліз – це окремий випадок реакції протолізу і його механізм для різних типів сполук буде різним залежно від того, катіон чи аніон солі, яка піддається гідролізу, бере участь у реакції.

Гідроліз за катіоном. Катіони металів існують у водних розчинах у вигляді аквакомплексів певного складу. Наприклад: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ тощо, у яких молекули води зв'язані з центральним атомом (катіоном металу) ковалентними зв'язками, утвореними за донорно-акцепторним механізмом (катіон – акцептор, молекули води – донори електронних пар). Далі гідратація таких аквакомплексів молекулами води здійснюється за рахунок водневих зв'язків.

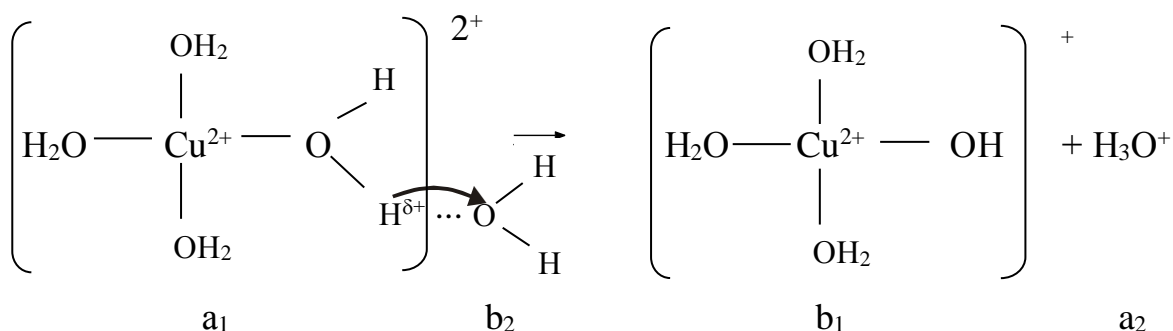
Наприклад, купрум (II) сульфат у водному розчині дисоціює на іони:



Іон Cu^{2+} утворює з молекулами води аквакомплекс



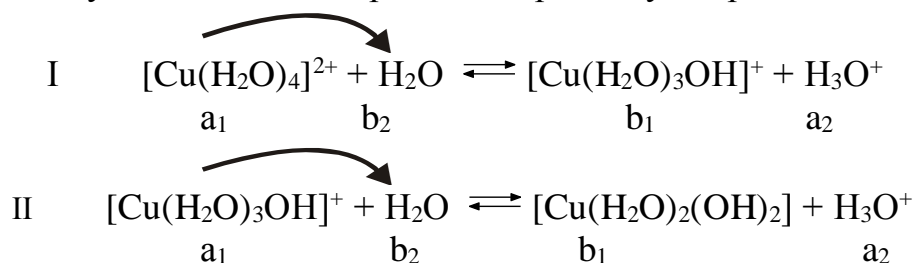
Щоб пояснити механізм гідролізу за катіоном, необхідно з'ясувати вплив центрального атома Cu^{2+} на одну із координованих біля нього молекул води, яка зв'язана з іншою молекулою води у гідратній оболонці слабшим водневим зв'язком (за схемою):



Центральний атом поляризує зв'язок $-\text{O}-\text{H}^{\delta+}$ у молекулі води, відштовхуючи від себе позитивно поляризований атом Гідрогену, що приводить до послаблення і розриву цього зв'язку та зміцненням водневого

зв'язку і переносом протону на молекулу води у гідратній оболонці (з утворенням H_3O^+).

Таким чином, аквакомплекс у даній рівноважній системі виступає як донор протону, тобто як кислоти (a_1), якій відповідає супряжена основа (b_1). Основою (b_2) є молекула води (розчинника), якій відповідає супряжена кислота H_3O^+ (a_2). Вона зумовлює кисле середовище розчину. Спрощено записують так:



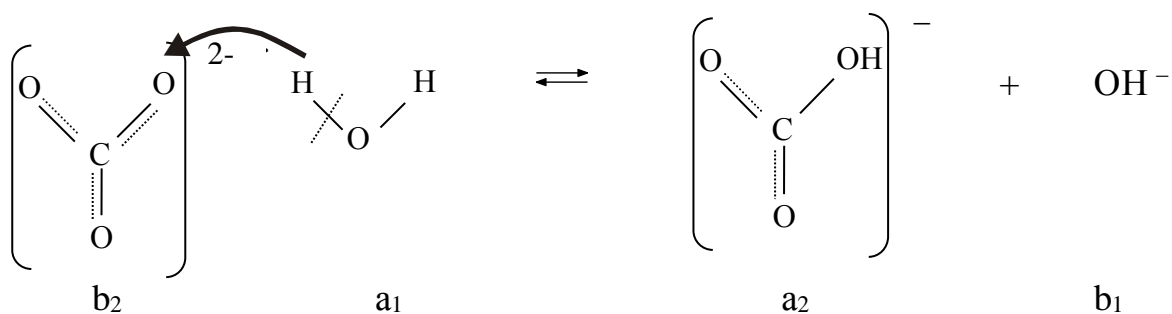
Слід пам'ятати, що гідролізу за катіоном піддаються солі, утворені слабкими основами, і тим більше, чим менше K_b (або більше $\text{p}K_b$) основи. Солі, утворені сильними основами, гідролізу за катіоном не піддаються.

Гідроліз за аніоном. Гідратація аніонів здійснюється за рахунок водневих зв'язків, утворених негативно поляризованим атомом аніона і позитивно поляризованим атомом Гідрогену молекули води у гідратній оболонці невизначеного складу (залежить від ряду умов).

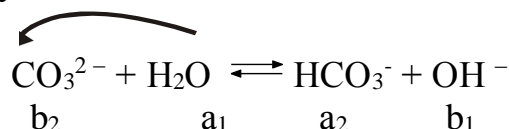
Наприклад, натрій карбонат у водному розчині дисоціює на іони



Негативно заряджений CO_3^{2-} -іон притягує до себе позитивно поляризований атом Гідрогену молекули води, додатково поляризує її з перетворенням водневого зв'язку у ковалентний, при цьому протон переноситься від молекули води до аніона за схемою:



Скорочено записують так:



Реакція середовища лужна, що зумовлено нагромадженням у розчині OH^- -іонів.

Слід пам'ятати: чим більший заряд і менший розмір аніона, тим в більшій мірі сіль піддається гідролізу. Такі реакції найбільш характерні для аніонів CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_3^{2-} , CN^- , NO_2^- , CH_3COO^- та ін., тобто гідролізу за аніоном піддаються солі, утворені слабкою кислотою і тим більше, чим менше K_a (або більше $\text{p}K_a$) кислоти.

Для розрахунку ступеня гідролізу використовують закон розведення Оствальда :

$$h = \sqrt{\frac{K_r}{C}} \quad (6.19)$$

де h - ступінь гідролізу; K_r – константа гідролізу і C – концентрація солі.

Для розрахунку константи гідролізу використовують формули:

- якщо гідроліз відбувається за аніоном $K_r = K_b = \frac{K_w}{K_a}$ (6.20);

- якщо гідроліз відбувається за катіоном $K_r = K_a = \frac{K_w}{K_b}$ (6.21);

- для солей слабкої кислоти і основи $K_r = \frac{K_w}{K_a K_b}$ (6.22)

де K_r , K_b , K_a – константа відповідно гідролізу, іонізації основи, іонізації кислоти (константи дисоціації електролітів – див. Додаток Ж).

Для розрахунку рН солі, яка піддається гідролізу, використовують формули:

- для солі, що утворена слабкою кислотою та сильною основою:
 $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_a + \frac{1}{2} \lg C_s$ (6.23)

- для солі, що утворена слабкою основою та сильною кислотою:
 $\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_b - \frac{1}{2} \lg C_s$ (6.24)

- для солі, що утворена слабкою кислотою та слабкою основою:
 $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_a - \frac{1}{2} \text{p}K_b$ (6.25)

6.3.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Обчислити рН 1%-ного розчину мурашиної кислоти, прийнявши, що густина її дорівнює 1,0. $K = 2,1 \cdot 10^{-4}$.

Розв'язування: В 1 л цього розчину міститься 10 г HCOOH , що відповідає такому значенню C_M . $C_M = 10/44 = 0,23$ моль/л. Обчислюють концентрацію H^+ -іонів за формулою:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{KC} = \sqrt{2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,23} = \sqrt{0,483 \cdot 10^{-4}} = \sqrt{48,3 \cdot 10^{-6}} = 6,95 \cdot 10^{-3} \text{ моль-іон/л.}$$

Звідки: $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$; $\text{pH} = -\lg 6,95 \cdot 10^{-3} = 3 - \lg 6,95 = 3 - 0,84 = 2,16$

Приклад 2 Обчислити рН розчину калій гідроксиду з $C_M = 0,0025$, прийнявши, що KOH дисоціює повністю.

- 283) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeCl_3 (к.ч. 6), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (к.ч. 4), KOH , Na_2S .
- 284) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (к.ч. 6), ZnSO_4 (к.ч. 4), KNO_2 , NaHCO_3 .
- 285) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeSO_4 (к.ч. 6), NH_4Cl , KCN , K_2HPO_4 .
- 286) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), MgBr_2 (к.ч. 6), KOH , KHS .
- 287) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: AlCl_3 (к.ч. 6), CuCl_2 (к.ч. 4), $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, NaBr .
- 288) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: CrCl_3 (к.ч. 6), ZnCl_2 (к.ч. 4), Na_2SO_3 , K_2S .
- 289) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), CuSO_4 (к.ч. 4), NaNO_3 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.
- 290) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (к.ч. 6), MgCl_2 (к.ч. 6), NaHSO_3 , CH_3COOK .
- 291) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeCl_3 (к.ч. 6), ZnBr_2 (к.ч. 4), $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, KH_2PO_4 .
- 292) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), NH_4Br , KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
- 293) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: MgSO_4 (к.ч. 6), ZnCl_2 (к.ч. 4), Na_2CO_3 , KHS .
- 294) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), MgSO_4 (к.ч. 6), NH_4Br , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.
- 295) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: AlCl_3 (к.ч. 6), MgBr_2 (к.ч. 6), NaBr , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
- 296) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (к.ч. 6), ZnCl_2 (к.ч. 4), K_2HPO_4 , NaOCl .
- 297) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeSO_4 (к.ч. 6), MgSO_4 (к.ч. 6), KCN , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

- 298) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $MgCl_2$ (к.ч. 6), $Zn(NO_3)_2$ (к.ч. 4), CH_3COONa , $NaCl$.
- 299) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $Fe_2(SO_4)_3$ (к.ч. 6), $CuBr_2$ (к.ч. 4), $(NH_4)_2S$, KBr .
- 300) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $Al(NO_3)_3$ (к.ч. 6), $ZnSO_4$ (к.ч. 4), $NaNO_2$, Na_2S .
- 301) Обчислити ступінь гідролізу $NaOCl$ у розчині ($C_M = 0,02$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 3,16 \cdot 10^{-3}$; $pH = 9,8$.
- 302) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COONa у розчині ($C_M = 0,1$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-5}$, $pH = 8,87$.
- 303) Обчислити ступінь гідролізу NH_4Cl у розчині ($C_M = 10^{-3}$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-4}$, $pH = 6,13$.
- 304) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COOK ($C_M = 0,001$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-4}$, $pH = 7,87$.
- 305) Обчислити ступінь гідролізу $NaOCl$ ($C_M = 0,1$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,41 \cdot 10^{-3}$, $pH = 10,15$.
- 306) Обчислити ступінь гідролізу $NaNO_2$ у розчині з $C_M = 0,1$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,58 \cdot 10^{-5}$, $pH = 8,2$.
- 307) Обчислити ступінь гідролізу NH_4Cl у розчині ($C_M = 0,01$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 2,35 \cdot 10^{-4}$, $pH = 5,63$.
- 308) Обчислити ступінь гідролізу $KOCl$ у розчині ($C_M = 0,01$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 4,47 \cdot 10^{-3}$, $pH = 9,65$.
- 309) Обчислити ступінь гідролізу $NaCN$ у розчині з $C_M = 0,001$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,12 \cdot 10^{-1}$, $pH = 10,05$.
- 310) рН розчину натрієвої солі ($C_M = 0,1$) деякої одноосновної органічної кислоти дорівнює 10. Обчислити константу дисоціації цієї кислоти.
Відповідь: $K_a = 10^{-7}$.
- 311) Обчислити ступінь гідролізу KCN у розчині з $C_M = 0,1$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,12 \cdot 10^{-2}$, $pH = 11,05$.
- 312) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COONa у розчині ($C_M = 0,01$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 2,35 \cdot 10^{-4}$, $pH = 8,37$.
- 313) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COOK у розчині ($C_M = 0,1$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-5}$, $pH = 8,87$.
- 314) Обчислити константу гідролізу KF , ступінь гідролізу цієї солі у розчині з $C_M = 0,01$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 3,88 \cdot 10^{-5}$, $pH = 7,59$.

Для розрахунку коефіцієнтів використовують метод електронного балансу:

324) Брому у сполуках: HBr , KBrO , KBrO_3 , KBrO_4 , AlBr_3 , Br_2O , BrO_2F .
Таблиця 7.1 – Правила урівнювання кількості атомів Оксигену

Реакція середовища	Кількість атомів Оксигену в окисненій або відновленій формі	
	за надлишку	за недостатчі
Кисла	На кожний зайвий атом Оксигену приписують два іони Гідрогену, а у праву частину переносять стільки ж молекул води, скільки може утворитися з даної кількості іонів Гідрогену (із $2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$) Наприклад: $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	На кожний атом Оксигену, якого бракує, приписують молекулу води, а у праву частину переносять стільки ж іонів Гідрогену, скільки може утворитися з даної кількості молекул води (із $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+$)
Нейтральна	На кожний зайвий атом Оксигену приписують молекулу води, а у праву частину переносять стільки ж гідроксил-іонів, скільки може утворитися з даної кількості молекул води (із $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{OH}^-$) Наприклад: $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	На кожний атом Оксигену, якого бракує, приписують молекулу води, а у праву частину переносять стільки ж іонів Гідрогену, скільки може утворитися з даної кількості молекул води (із $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+$) Наприклад: $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
Лужна	На кожний зайвий атом Оксигену приписують молекулу води, а у праву частину переносять стільки ж гідроксил-іонів, скільки може утворитися з даної кількості молекул води (із $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{OH}^-$) Наприклад: $\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	На кожний атом Оксигену, якого бракує, приписують два гідроксил-іони, а у праву частину переносять стільки ж молекул води, скільки може утворитися з даної кількості гідроксил-іонів (із $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)

325) Фосфору у сполуках: PH_3 , K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , K_2HPO_3 , KH_2PO_2 , $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

326) Феруму у сполуках: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , KFeO_2 , K_2FeO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_2 .

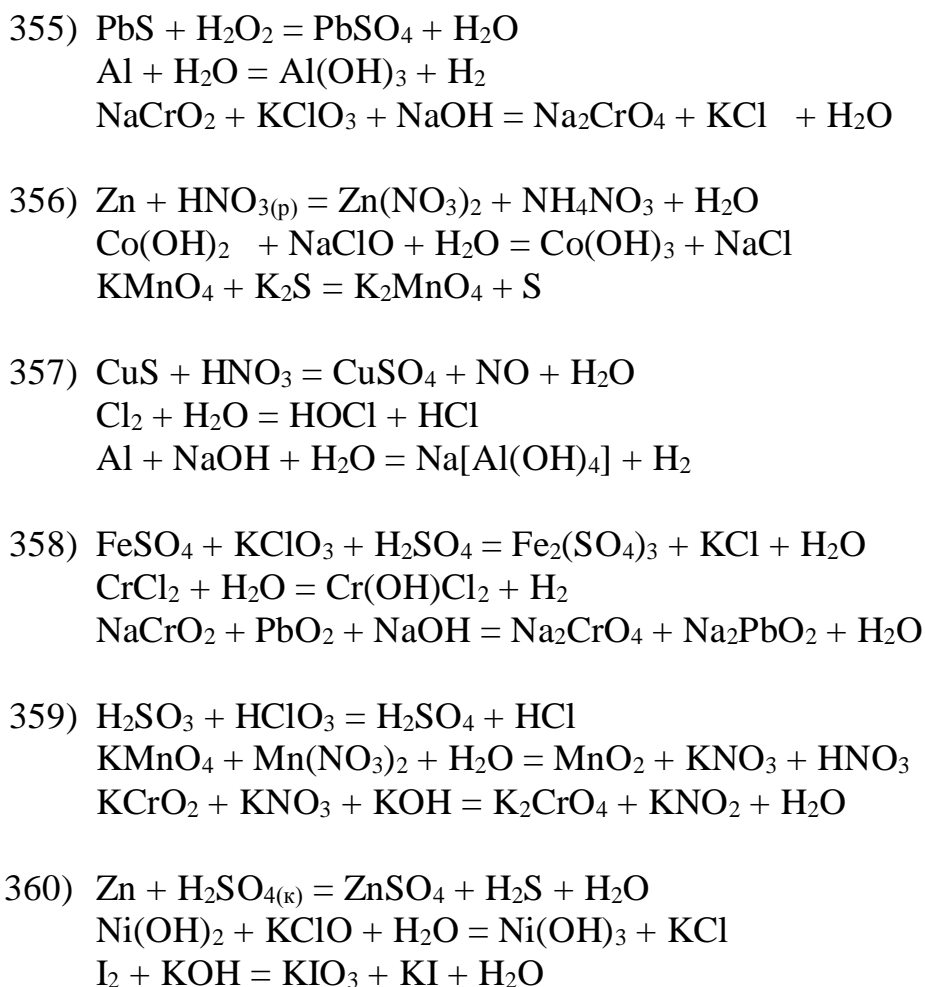
327) Нітрогену у сполуках: NH_3 , NH_4Cl , N_2O_3 , NO_2 , NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, N_2O , NaNO_2 .

- 328) Хлору у сполуках: HCl, HClO, HClO₂, HClO₃, HClO₄, Cl₂O, ClO₂, Cl₂O₇.
- 329) Йоду у сполуках: KI, KIO, KIO₃, KIO₄, I₂O₅, ICl, I₂.
- 330) Арсену у сполуках: AsH₃, HAsO₂, H₃AsO₃, HAsO₃, H₃AsO₄, H₄As₂O₇, AsCl₅.
- 331) Селену у сполуках: H₂Se, SeO₂, SeO₃, H₂SeO₃, H₂SeO₄, Na₂Se, CSe₂, BaSe.
- 332) Ніколу у сполуках: NiO, Ni(OH)₂, Ni₂O₃, Ni(OH)₃, Ni(ClO₄)₂, Ni(CN)₂, NiSO₄.
- 333) Плюмбуму у сполуках: PbO, PbO₂, Pb₃O₄, Pb(OH)₂, K₂PbO₃, PbCrO₄, (CH₃COO)₂Pb.
- 334) Стибію у сполуках: Sb₂O₃, Sb₂O₅, Sb₂O₄, NaSbO₂, Na₃SbO₄, SbOCl, KSbO₃.
- 335) Фосфору у сполуках: PH₃, K₃PO₄, K₂HPO₄, KH₂PO₄, PCl₃, PCl₅, CaHPO₄, Ca(H₂PO₄)₂.
- 336) Нітрогену у сполуках: NH₃, N₂H₄, NH₂OH, (NH₄)₂S, NH₄NO₃, Fe(NO₃)₃, N₂O, KNO₂.
- 337) Титану у сполуках: TiO₂, H₂TiO₃, Ti₂(SO₄)₃, Na₄TiO₄, Ti(OH)₃, TiH₂, TiOCl₂, Ti(SO₄)₂.
- 338) Магнію у сполуках: MgO, MgO₂, Mg(ClO₄)₂, MgSO₄, MgH₂, (MgOH)₂CO₃, Mg(HCO₃)₂, [Mg(H₂O)₆]SO₄.
- 339) Кобальту у сполуках: CoO, Co₂O₃, [Co₂(CO)₈], [Co(NH₃)₅Cl]Cl₂, CoCl₃, Co(OH)₃, Na₂[Co(CN)₄].
- 340) Молібдену у сполуках: MoS₂, MoO₃, Mo, K₂MoO₄, Na₂MoS₄, MoS₃, MoOF₄, PbMoO₄.

7.1.2 Методом іонно-електронного балансу знайти коефіцієнти у рівняннях реакцій:

- 341) $\text{KBrO}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Br}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 342) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$
 $\text{KCrO}_2 + \text{KBrO} + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 343) $\text{KClO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{S} = \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{NaCrO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 344) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})} = \text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr(OH)}_3 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

- 345) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 $\text{KCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 346) $\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{p})} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH}$
 $\text{Be} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 347) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{HCl} = \text{S} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 348) $\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{p})} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{I}_2 + \text{KOH}$
 $\text{Zn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 349) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{HCl} = \text{CrCl}_3 + \text{S} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{KOH} + \text{NaOH}$
 $\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_2$
- 350) $\text{KMnO}_4 + \text{HBr} = \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$
 $\text{Zn} + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2$
- 351) $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NiSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HIO}_3 + \text{HCl}$
 $\text{I}_2 + \text{KOH} = \text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O}$
- 352) $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{HCl} = \text{NiCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{Br}_2 + \text{NaOH} = \text{NaBrO} + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 353) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 = \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{Bi}(\text{OH})_3 + \text{SnCl}_2 + \text{KOH} = \text{Bi} + \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \text{KCl}$
- 354) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HBrO} + \text{HBr}$
 $\text{Be} + \text{KOH} = \text{K}_2\text{BeO}_2 + \text{H}_2$



8 Електроліз

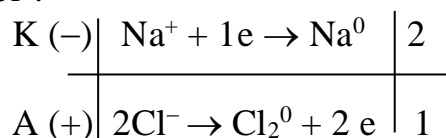
Електроліз – це окисно-відновний процес, який перебігає на електродах у розплаві чи розчині електроліту під дією постійного електричного струму. Електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму, називається катодом, а з'єднаний з позитивним полюсом – анодом. На катоді відбуваються процеси відновлення, а на аноді – окиснення.

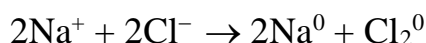
8.1 Приклади розв'язування типових задач

8.1.1 Електроліз розплаву солей

Приклад 1 Які процеси окиснення-відновлення перебігають на катоді і на аноді при електролізі розплаву NaCl з графітовими електродами?

Розв'язування: У розплаві солі містяться Na^+ і Cl^- -іони. Під дією постійного електричного струму Na^+ -іони рухаються до катоду, а Cl^- -іони – до аноду. Процеси, які перебігають при цьому, схематично можна зобразити таким чином: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$.

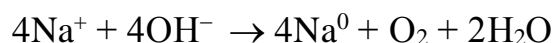
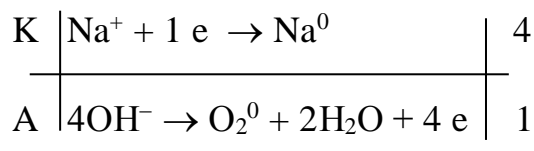




Таким чином, у результаті електролізу розплаву NaCl, одержують Na і Cl₂.

Приклад 2 Які окисно-відновні процеси перебігають на інертних електродах при електролізі розплаву NaOH?

Розв'язування: У розплаві NaOH містяться Na⁺- і OH⁻-іони, які рухаються відповідно до катоду і аноду. Процеси, які перебігають при цьому, записують таким чином: NaOH → Na⁺ + OH⁻.



Таким чином, біля катоду відновлюється натрій, а на аноді окиснюються OH⁻-іони (катодний і анодний простір – відокремлені!).

8.1.2 Електроліз у водному розчині

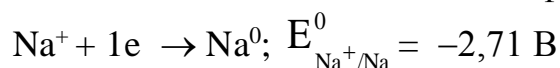
Внаслідок того, що вода може проявляти властивості як окисника, так і відновника, то при електролізі водних розчинів електролітів біля електродів можуть відновлюватися і окиснюватися не лише іони електроліту, а й сама вода. Це залежить від порівняльної величини електродних потенціалів води і іонів електроліту.

Приклад 3 Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину NaCl з графітовими електродами?

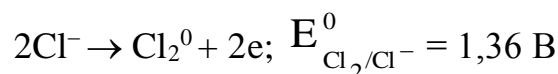
Розв'язування: У водному розчині NaCl знаходяться Na⁺- і Cl⁻-іони у гідратованому вигляді, а також вільні молекули води. Якщо система містить різні окисники (у даному випадку Na⁺-іони і H₂O), то на катоді відновлюється окиснена форма тієї електрохімічної системи, якій відповідає найбільше значення електродного потенціалу (за алгебраїчною величиною).

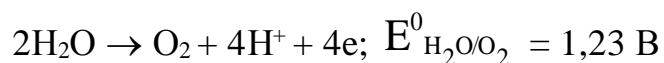
Аналогічно, за наявності у системі декількох відновників (у даному випадку Cl⁻-іони і вода), на аноді окиснюється відновлена форма тієї електрохімічної системи, якій відповідає найменше значення електродного потенціалу.

Порівнюють потенціали окиснених і відновлених форм:



$$-0,81 \text{ В} > -2,71 \text{ В}$$



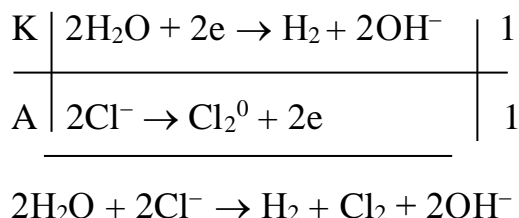


$$1,23 < 1,36 \text{ В}$$

Наведені дані свідчать про те, що на катоді будуть відновлюватися молекули води ($-0,81 \text{ В} > -2,71 \text{ В}$) за рівнянням $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

На аноді можливий перебіг двох процесів, оскільки вони мають близькі значення E^0 . Однак, у даному випадку здійснюється перший процес: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2^0 + 2\text{e}^-$, не дивлячись на те, що $1,36 > 1,23 \text{ В}$, що обумовлено гальмуючою дією матеріалу аноду на другий процес: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$.

Таким чином, на катоді виділяється водень, на аноді – хлор, а у катодному просторі накопичується NaOH. Склавши рівняння двох електродних процесів, одержують загальне рівняння процесу електролізу водного розчину NaCl:

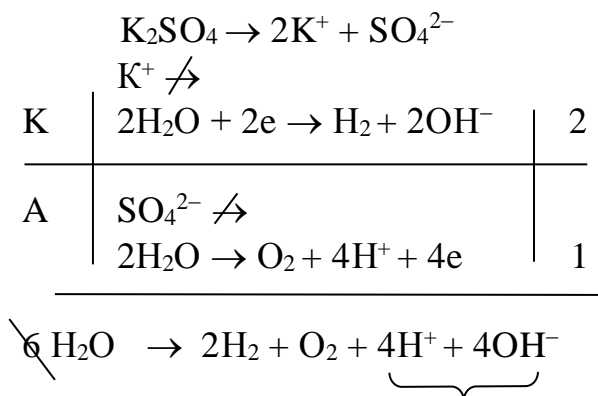


або в молекулярній формі $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{ел-3}} \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$.

Приклад 4 Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину K_2SO_4 з інертними електродами?

Розв'язування: У водному розчині містяться K^+ -іони і SO_4^{2-} -іони. Оскільки вода володіє більшою окиснювальною здатністю, ніж K^+ -іони, і більшою відновлювальною здатністю, ніж SO_4^{2-} -іони, то вона (вода) буде відновлюватися на катоді і окиснюватися на аноді.

Процеси, які перебігатимуть на катоді і аноді, схематично можна зобразити таким чином:

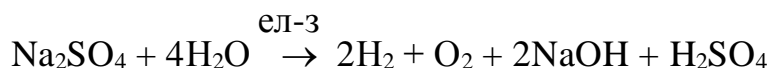


2

4H₂O

Продуктами електролізу біля катода є водень і OH⁻-іони, які з K⁺-іонами утворюють KOH, а біля анода – виділяється кисень і H⁺-іони, які з SO₄²⁻-іонами утворюють H₂SO₄ (при розділеному катодному і анодному просторах).

В цілому процес виражається рівнянням:

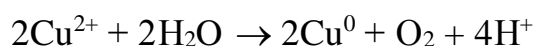
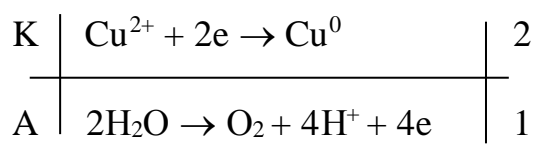


Якщо розчини біля катодного і анодного простору перемішують, то відбувається реакція нейтралізації: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ і у результаті продуктами електролізу є лише H_2 і O_2 .

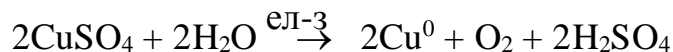
Приклад 5 Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину CuSO_4 з інертними електродами?

Розв'язування: У водному розчині містяться Cu^{2+} -іони і SO_4^{2-} -іони. Стандартний електродний потенціал $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,34 \text{ В}$, а $E_{\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2}^0 = -0,81 \text{ В}$. Таким чином, на катоді будуть відновлюватися Cu^{2+} -іони, а на аноді – окиснюватися вода.

Схематично ці процеси відображають таким чином:



або у молекулярному вигляді:

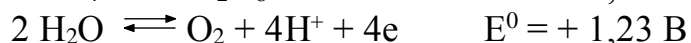
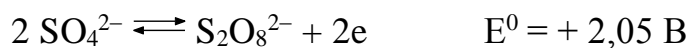


8.1.3 Електроліз з розчинним анодом

У випадку розчинного аноду електрони у зовнішній ланцюг посилає сам анод (виготовляють із Cu , Ag , Zn , Co , Ni , Fe і ін.), тоді як у випадку нерозчинного аноду (графіт, платина, вугілля і ін.) електрони надсилаються у зовнішній ланцюг в результаті окиснення аніонів і молекул води.

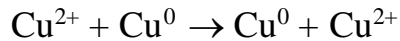
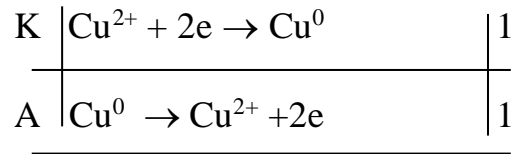
Приклад 6 Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину CuSO_4 з мідним анодом?

Розв'язування: У даному випадку відновниками біля аноду можуть бути SO_4^{2-} -іони, H_2O або Cu^0 . Порівнюють стандартні електродні потенціали цих відновників:



Порівняння свідчать про те, що потенціал Купруму – найменший. Таким чином, Купрум є кращим відновником і тому на аноді відбувається окиснення мідного аноду, при цьому перебігає процес: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}$.

Схема електролізу водного розчину CuSO_4 з мідним анодом:



У результаті цього процесу Купрум переноситься з аноду на катод (анодне розчинення металу).

8.1.4 Кількісні відношення при електролізі. Закони Фарадея

Приклад 7 Яка маса міді виділиться на катоді за 1 год електролізу розчину CuSO_4 силою струму 4 А?

Розв'язування: Еквівалентна маса міді визначається рівнянням $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}^0$ і буде дорівнювати: $m_{e(\text{Cu})} = 63,54/2 = 31,77$ г/моль. Відносно до

законів Фарадея $m = \frac{m_e \cdot I \cdot t}{F} = \frac{31,77 \cdot 4 \cdot 3600}{96500} = 4,74$ г

Приклад 8 Струм силою 2,5А виділив протягом 15 хв 0,72 г міді із розчину купрум (II) сульфату. Знайти коефіцієнт корисної дії (ККД) струму.

Розв'язування: Вихід за струмом визначають із формули

$$A_c = \frac{m \cdot F}{m_e \cdot I \cdot t} \cdot 100\% . \text{ Еквівалентна маса Купруму } (m_e) 31,77 \text{ г/моль (див.}$$

Приклад 7).

$$\text{Тобто } A_c = \frac{0,72 \cdot 96500}{31,77 \cdot 2,5 \cdot 15 \cdot 60} \cdot 100\% = 97,2\%$$

Перевірка: Обчислимо, скільки міді повинно виділитися згідно наведених

умов: $m_{(\text{Cu})} = \frac{m_e \cdot I \cdot t}{F} = \frac{31,77 \cdot 2,5 \cdot 15 \cdot 60}{96500} = 0,74075$ г

$$\text{Тоді: } W = \frac{0,72 \cdot 100}{0,74075} = 97,2\%$$

Приклад 9 Знайти еквівалентну масу металу, якщо при електролізі розчину його хлориду затрачено 38606 Кл струму, а на катоді виділилося 11,742 г металу.

Розв'язування: Оскільки $Q = It$, то $m = \frac{m_e Q}{F}$, звідки

$$m_e = \frac{mF}{Q} = \frac{11,742 \cdot 96500}{38606} = 29,35 \text{ г/моль}$$

Приклад 10 В процесі електролізу водного розчину хром (III) сульфату струмом силою 2А маса катоду збільшилась на 8,0 г. Протягом якого часу проводили електроліз?

Розв'язування: Еквівалентна маса хрому визначається за рівнянням:

$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}^0$ і дорівнює $51,996/3=17,332$ г/моль. Із формули $m = \frac{m_e \cdot I \cdot t}{F}$

знаходимо $t = \frac{8 \cdot 96500}{17,332 \cdot 2} = 22270,9$ с або $22270,9/3600=6,186$ год.

8.2 Контрольні завдання

361) При електролізі розчину солі кадмію виділилося 2 г кадмію. Яка кількість електричного струму затрачена при цьому, якщо $m_{e(\text{Cd})} = 56,25$ г/моль.

Відповідь: 3430 Кл.

362) Як можна добути літій гідроксид електролітичним способом? Яку кількість електричного струму потрібно затратити для добування 1 тонни LiOH? Скласти схеми електродних процесів.

Відповідь: $4 \cdot 10^9$ Кл.

363) При електролізі розчину купрум (II) сульфату на аноді виділилося 168 см^3 газу (н.у.). Скласти електродні рівняння процесів, які перебігають на інертних електродах, і обчислити, яка маса міді виділиться на катоді.

Відповідь: 0,953 г.

364) Визначити C_H аргентум (I) нітрату, якщо для виділення всього Аргентуму з 80 см^3 цього розчину потрібно пропускати струм силою 0,8 А протягом 20 хв?

Відповідь: $C_H = 0,124$.

365) Якою силою струму можна протягом 15 хв виділити весь Купрум з 120 см^3 розчину купрум (II) нітрату з $C_H = 0,2$?

Відповідь: 2,57 А.

366) При електролізі водного розчину станум (II) хлориду на аноді виділилося 4,48 л хлору (н.у.). Знайти масу олова, яка виділилася на катоді.

Відповідь: 23,7 г.

367) При проходженні струму силою 3,0 А через розчин солі тривалентного металу протягом 30 хвилин на катоді виділилося 2,142 г металу. Визначити атомну масу металу.

Відповідь: 114,82 а.о.м.

368) Обчислити еквівалентну масу металу, знаючи, що при електролізі розчину хлориду цього металу затрачено 38606 Кл електричного струму і на катоді виділилося 11,742 г металу.

Відповідь: 29,35 г/моль.

- 369) При електролізі розчинів магній сульфату і цинк (II) хлориду, з'єднаних послідовно з джерелом струму, на одному із катодів виділилося 0,25 г водню. Яка маса речовини виділиться на другому катоді і на анодах?
Відповідь: 8,10 г; 2,0 г; 8,80 г.
- 370) При електролізі солі тривалентного металу силою струму 1,5 А протягом 30 хв на катоді виділилося 1,071 г металу. Обчислити атомну масу металу.
Відповідь: 114,82 а.о.м.
- 371) Протягом якого часу потрібно проводити електроліз 250 см³ 6%-ного розчину меркурій (II) хлориду, густина якого 1,05 г/ см³? Сила струму 5,8 А.
Відповідь: 32,3 хв.
- 372) Яка маса Аргентуму виділиться при проходженні струму силою 6А через розчин аргентум (I) нітрату протягом 30 хв?
Відповідь: 12,08 г.
- 373) Який об'єм водню (н.у.) виділиться при проходженні струму силою 3А протягом 1 год через водний розчин сульфатної (сірчаної) кислоти?
Відповідь: 1,25 л.
- 374) Електроліз розчину цинк (II) сульфату проводили протягом 5 год, у результаті виділилося 6 л кисню (н.у.). Скласти рівняння електродних процесів і обчислити силу струму.
Відповідь: 5,74 А.
- 375) Для виділення 1,75 г деякого металу з розчину його солі потрібно пропустити струм силою 1,8 А протягом 1,5 год. Обчислити еквівалентну масу металу.
Відповідь: 17,37 г/моль.
- 376) Струм силою 3,5 А протягом 25 хв виділив 0,92 г міді з розчину купрум (II) сульфату. Обчислити коефіцієнт корисної дії струму.
Відповідь: 53,25%
- 377) При електролізі розчину хлориду двовалентного металу на аноді виділилося 560 см³ газу (н.у.), а на катоді за цей же час – 1,6 г металу. Що це за метал?
Відповідь: Cu (мідь).
- 378) Який об'єм кисню (н.у.) виділиться при пропусканні струму силою 6А протягом 30 хв через водний розчин КОН?
Відповідь: 0,627 л.
- 379) На скільки зменшиться маса срібного анода, якщо електроліз розчину аргентум (I) нітрату проводити силою струму 2 А протягом 30хв 20 с? Скласти електронні рівняння процесів, які відбуваються на графітових електродах.
Відповідь: 4,073 г.

- 380) Під час електролізу водного розчину хром (III) сульфату струмом силою 2 А маса катоду збільшилась на 8 г. Протягом якого часу проводили електроліз?
Відповідь: 6,186 год.
- 381) Електроліз розчину калій сульфату проводили силою струму 5 А протягом 3 год. Скласти електронні рівняння процесів, що відбуваються на електродах. Яка маса води при цьому розкладалась і чому дорівнює об'єм газів (н.у.), які виділилися на катоді і аноді?
Відповідь: 5,036 г; 6,266 л; 3,133 л.
- 382) За 10 хв з розчину солі платини струм силою 5 А виділив 1,517 г платини. Обчислити еквівалентну масу платини.
Відповідь: 48,8 г/моль.
- 383) Протягом скількох хвилин потрібно пропускати струм силою 0,5 А через розчин аргентум (I) нітрату, щоб виділити 0,27 г срібла?
Відповідь: 8 хв.
- 384) Скільки грамів міді виділиться на катоді у результаті електролізу розчину купрум (II) сульфату протягом 40 хв силою струму 1,2 А?
Відповідь: 0,948 г.
- 385) Чому дорівнює еквівалентна маса кадмію, якщо для виділення 1 г кадмію із розчину його солі потрібно пропустити через розчин 1717 Кл струму?
Відповідь: 56,2 г/моль.
- 386) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на електродах під час електролізу розчину КОН. Чому дорівнює сила струму, якщо протягом 1 год 15 хв 20 с на аноді виділилось 6,4 г газу (якого?). Скільки літрів газу (н.у.) виділилось на катоді (якого?).
Відповідь: 17,08 А; 8,96 л.
- 387) Під час електролізу солі деякого металу протягом 1,5 год з силою струму 1,8 А на катоді виділилось 1,75 г цього металу. Обчислити еквівалентну масу металу.
Відповідь: 17,37 г/моль.
- 388) Скільки годин доведеться витратити для повного розкладу 2 моль води струмом силою 2 А?
Відповідь: 53,6 год.
- 389) Скільки літрів водню виділиться на катоді, якщо проводити електроліз розчину K_2SO_4 протягом 2,5 год з силою струму 1,2 А? Об'єм газу виміряно за 27 °С і 764 мм.рт.ст.
Відповідь: 1,37 л.
- 390) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах під час електролізу розчину натрій сульфату. Обчислити масу речовини, що виділиться на катоді, якщо на аноді виділяється 1,12 л газу (н.у.)? Яка маса сульфатної (сірчаної) кислоти утворюється

при цьому біля аноду?

Відповідь: 0,2 г; 9,8 г.

- 391) Електроліз розчину сульфату деякого металу проводили силою струму 6 А протягом 45 хв, у результаті на катоді виділилося 5,49 г металу. Обчислити еквівалентну масу металу.

Відповідь: 32,7 г/моль.

- 392) Струм силою 10 А проходить через електролізер, у якому знаходиться 0,5 л 4,5%-ного розчину натрій гідроксиду, густиною 1,05 г/см³. Через скільки годин концентрація натрій гідроксиду у розчині досягне 10% ?

Відповідь: 86 год.

- 393) Яка кількість електричного струму необхідна для виділення із розчину: а) 2 г водню; б) 2 г кисню?

Відповідь: а) $1,93 \cdot 10^5$ Кл; б) $2,4 \cdot 10^4$ Кл.

- 394) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах при електролізі розчину купрум (II) хлориду. Обчислити масу міді, яка виділиться на катоді, якщо на аноді виділилось 560 см³ газу (н.у.).

Відповідь: 1,588 г.

- 395) Електроліз розчину натрій йодиду проводили силою струму 6 А протягом 2,5 год. Обчислити маси речовин, які виділяться на катоді і аноді.

Відповідь: 0,56 г H₂; 71,06 г I₂.

- 396) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах при електролізі розплавів і водних розчинів NaCl і KOH. Скільки літрів газу (н.у.) виділиться на аноді при електролізі розчину KOH, якщо електроліз проводили протягом 30 хв силою струму 0,5А?

Відповідь: 0,052 л.

- 397) Електроліз розчину купрум (II) сульфату проводили з мідним анодом протягом 15 хв силою струму 2,5 А, при цьому виділилося 0,72 г міді. Скласти електронні рівняння реакцій, які перебігають на електродах, якщо анод: а) мідний, б) графітовий. Обчислити вихід міді за струмом.

Відповідь: 97,2%.

- 398) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах при електролізу розчину аргентум (I) нітрату. Якщо електроліз проводити із срібним анодом, то його маса зменшиться на 5,4 г. Визначити витрати електричного струму при цьому.

Відповідь: ≈ 4830 Кл.

- 399) Струм проходить послідовно через два електролізери, які містять відповідно 750 см³ розчину аргентум (I) нітрату ($C_H = 0,12$) і розчин цинк (II) сульфату. Скільки грамів цинку виділиться на катоді за час, необхідний для хімічного перетворення даної кількості аргентум (I) нітрату?

Відповідь: 2,94 г.

400) Електроліз розчину купрум (II) сульфату проводили з мідним анодом протягом 4 год силою струму 50 А, при цьому виділилося 224 г міді. Обчислити вихід міді за струмом. Скласти електронні рівняння процесів електролізу CuSO_4 , які перебігають на аноді: а) мідному, б) графітовому.
Відповідь: 94,49%.

Скласти рівняння процесів, які перебігають на інертних електродах під час електролізу водних розчинів:

- | | |
|--|--|
| 401) KCl ; $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$; AgNO_3 | 411) MgSO_4 ; FeSO_4 ; $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ |
| 402) Na_2SO_4 ; FeSO_4 ; CuSO_4 | 412) AlCl_3 ; $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$; AgNO_3 |
| 403) NaNO_3 ; FeCl_2 ; HgSO_4 | 413) K_2SO_4 ; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |
| 404) MgCl_2 ; ZnSO_4 ; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 414) CuCl_2 ; SnSO_4 ; AgNO_3 |
| 405) LiNO_3 ; ZnCl_2 ; HgCl_2 | 415) Li_2SO_4 ; MnSO_4 ; AuCl_3 |
| 406) AlCl_3 ; MnSO_4 ; AgNO_3 | 416) MgCl_2 ; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ |
| 407) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; CdCl_2 ; AuCl_3 | 417) LiNO_3 ; SnCl_2 ; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |
| 408) Na_2SO_4 ; $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$; CuCl_2 | 418) KNO_3 ; MnSO_4 ; AuCl_3 |
| 409) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; MnCl_2 ; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ | 419) NaNO_3 ; NiSO_4 ; AgNO_3 |
| 410) LiCl ; NiSO_4 ; AuCl_3 | 420) MgSO_4 ; FeSO_4 ; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |

9 Метали і сплави

Легкі конструкційні метали (Be, Mg, Al, Ti)

Необхідно пам'ятати, що: стандартний стан металів – кристалічний (виняток – Fr і Hg); більшість із них характеризуються поліморфними видозмінами; кристалізуються в одній із трьох форм кристалічних ґраток – кубічна об'ємноцентрована (к.ч. 8); кубічна гранецентрована (к.ч. 12) і щільна гексагональна ґратка (к.ч. 12), які обумовлюють характерні фізичні властивості металів.

Найважливішими фізико-механічними властивостями металів є густина (легкі метали – $\rho < 5 \text{ г/см}^3$ і важкі – $\rho > 5 \text{ г/см}^3$); пластичність, тепло- і електропровідність та ін.

Зверніть увагу на діамагнітні, парамагнітні і феромагнітні властивості металів, а також на способи добування металів (пірометалургія, гідрометалургія) та методи їх очищення (електролітичне рафінування, відгонка і переплав у вакуумі, метод транспортних реакцій та зонної плавки).

Метали і сплави – важливіші конструкційні та електротехнічні матеріали.

9.1 Діаграма плавкості сплавів

Діаграми плавкості сплавів отримують кресленням кривої, яка відображає залежність температури плавлення сплаву від відсоткового вмісту в ньому компонентів, що входять до його складу (бінарні сплави).

9.2 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із олова й свинцю, за такими даними:

Sn, %	100	80	64	40	20	0
Pb, %	0	20	36	60	80	100
Т. пл., °С	232	205	181	235	280	326

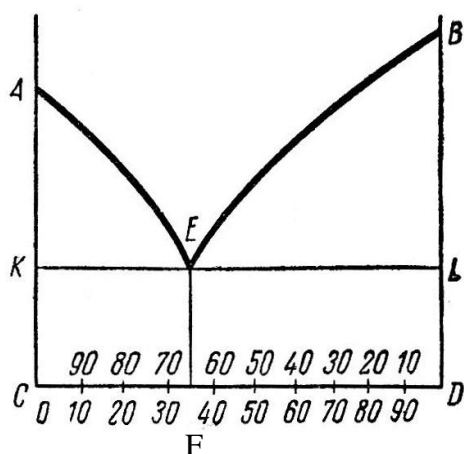


Рисунок 9.1

Розв'язування: На осі абсцис (рисунок 9.1) відкладають склад сплаву, враховуючи, що кожна точка відповідає певному вмісту в сплаві металів А і В (Sn і Pb). На осях ординат відкладають температури плавлення сплаву, де точці А відповідає температура плавлення чистого олова, а точці В – чистого свинцю. Крива свідчить, що найнижча температура плавлення сплаву відповідає певному його складові (64% Sn і 36% Pb). Сплав такого складу називається евтектичним, а його температура плавлення – евтектичною температурою (181 °С), а точка, яка

відзначає цю температуру на кривій плавкості – евтектичною точкою Е.

При твердінні рідкого сплаву, який має інший склад, ніж евтектика, спочатку виділяється у вигляді твердої фази той метал, вміст якого перевищує його вміст у евтектиці. Якщо опустити перпендикуляр із евтектичної точки Е на лінію CD (точка F), тоді при твердінні всіх сплавів, які мають склад, що відповідає точкам, що лежать зліва від точки F, спочатку буде виділятися метал А (Sn), а при твердінні усіх сплавів, що мають склад, який відповідає точкам, котрі лежать праворуч від точки F, спочатку буде виділятися метал В (Pb). У міру виділення того чи іншого металу, при твердінні сплаву, склад рідкої його частини наближається до складу евтектики. Водночас температура плавлення знижується, наближуючись до евтектичної температури. Коли склад твердої фази досягне складу евтектики, а температура плавлення – евтектичної температури, відбудеться одночасне твердіння всієї рідкої фази у вигляді суміші дрібних кристалів обох металів. Тому всі сплави, які мають склад, що відрізняється від складу евтектики, у твердому стані являють собою суцільну

масу, куди вкраплені більш крупні кристали металу, що виділяється при твердінні сплаву до досягнення ним евтектичної точки.

Якщо провести на рисунку 9.1 лінію KL, то можна отримати діаграму плавкості сплавів, що утворюють метали А і В (наприклад, Sn і Pb).

Точкам, які лежать вище лінії АЕВ, відповідає рідкий стан сплаву. Точкам, які лежать між лініями АЕВ і KL, відповідає двофазний стан сплаву. При цьому у вигляді твердої фази знаходиться метал А (наприклад, Sn), якщо фізичний стан сплаву визначається частиною діаграми, що обмежена лінією АЕК, або метал В (наприклад, Pb – лінією ВЕL). Чотирикутнику KLCD відповідає твердий стан сплаву. При цьому, якщо точка лежить справа від лінії EF, то сплав являє собою евтектичну суміш із дрібних кристалів цих металів, у яку вкраплені більші кристали металу В (Pb). Точці, що лежить зліва від лінії EF, відповідає евтектична суміш з вкрапленими в неї більшими кристалами металу А (Sn).

Приклад 2 Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію й стибію (сурми), за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
Т. пл., °С	650	626	961	594	630

Розв’язування: Будують діаграму плавкості сплаву аналогічно прикладу 1 (рисунок 9.2). Якщо два метали хімічно взаємодіють між собою з утворенням

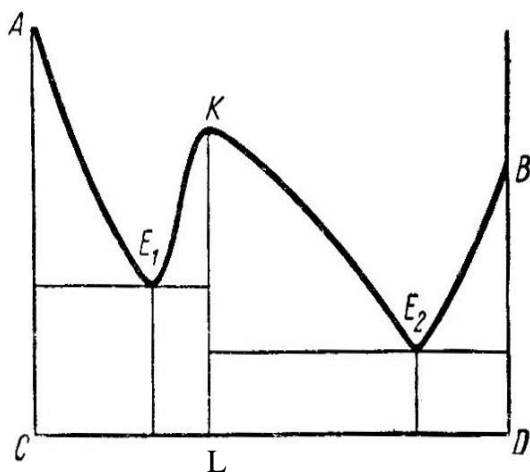


Рисунок 9.2

однієї сполуки, то діаграма плавкості має характер, показаний на рисунку 9.2. Крива плавкості має дві евтектичні точки E_1 і E_2 , а також перегин у точці K , що відповідає температурі плавлення хімічної сполуки. Перпендикуляр KL ділить діаграму на дві частини. Ліва частина відповідає сплавам, що складаються із металу, А (Mg) і хімічної сполуки обох металів, а права частина – сплавам, які складаються з тієї самої хімічної сполуки й надлишку металу В (Sb).

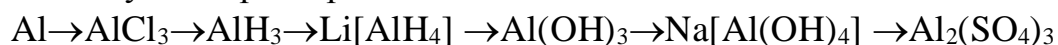
Приклад 3 Магній утворює зі стибієм (сурмою) хімічну сполуку, до складу якої входять 23% Mg і 77% Sb. Знайти формулу хімічної сполуки і обчислити, скільки грамів її міститься в 1 кг сплаву, склад якого 60% Mg і 40% Sb?

Розв'язування: Знаходять формулу хімічної сполуки, виходячи із її відсоткового вмісту: Mg (23:24) : Sb (77:121,7) = Mg : Sb = 0,96 : 0,63 або 1,5 : 1 або 3 : 2, тоді: Mg₃Sb₂.

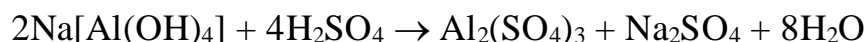
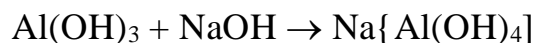
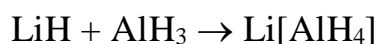
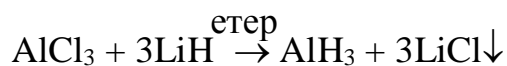
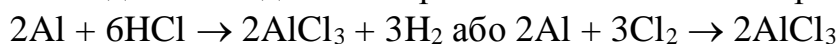
Оскільки вміст магнію у сплаві більший (60%) від вмісту його у хімічній сполуці (23%), то ймовірно, що магній частково перебуває у сплаві у вільному стані, тоді як стибій (сурма) повністю входить до складу хімічної сполуки. Із умов задачі видно, що в 1 кг сплаву міститься 400 г (1000 · 0,4) стибію (сурми) та 600 г (1000 · 0,6) магнію. Обчислюють масу хімічної сполуки, виходячи з цих даних: $m_{\text{сполуки}} = 400 / 0,77 = 519,48 \text{ г} \approx 520 \text{ г}$.

Перевірка: На 23 м.ч. Mg потрібно 77 м.ч. Sb. Тоді: $23 : 77 = x : 400$; $x = 400 \cdot 23 / 77 = 119,48 \text{ г}$ Mg буде затрачено на утворення хімічної сполуки, звідки її маса дорівнює: $119,48 + 400 = 519,48 \text{ г} \approx 520 \text{ г}$.

Приклад 4 Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



Розв'язування: Для таких перетворень складають ряд хімічних реакцій, враховуючи властивості алюмінію і його сполук (для окисно-відновних реакцій коефіцієнти знаходять методом електронного чи іонно-електронного балансу):



9.3 Контрольні завдання

9.3.1 Діаграма плавкості сплавів

421) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Pb, %	0	30	67,5	81	97	100
Mg, %	100	70	32,5	19	3	0
T. пл., °C	651	590	460	551	250	323

Використавши накреслену діаграму, з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу 10% Pb і 90% Mg за температур: 700, 500 і 400 °C. Що буде являти собою твердий сплав?

422) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і стибію, за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
T. пл., °C	650	626	961	594	630

За діаграмою плавлення Mg-Sb обчисліть формулу хімічної (інтерметалічної) сполуки, утвореної цими металами. Який склад твердої фази, що виділиться першою при охолодженні рідкого сплаву, який містить 60% стибію (сурми)? Що буде являти собою затверділий сплав?

Відповідь: Mg_3Sb_2

423) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Mg, %	100	70	32,5	19	3	0
Pb, %	0	40	67,5	81	97	100
T. пл., °C	651	590	460	551	250	323

Використавши накреслену діаграму, з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу 90% Pb і 10% Mg за 600, 450, 300 і 200°C. Що буде являти собою твердий сплав?

424) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із стибію й магнію, за такими даними:

Sb, %	100	95	77	40	0
Mg, %	0	5	23	60	100
T. пл., °C	630	594	961	626	650

Використавши накреслену діаграму, з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу 2% Mg і 98% Sb за 800, 600 і 400°C. Що буде являти собою твердий сплав?

425) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Pb, %	100	97	81	67,5	30	0
Mg, %	0	3	19	32,5	70	100
T. пл., °C	323	250	551	460	590	651

Свинець і магній утворюють хімічну сполуку, у якій 81% Pb і 19% Mg. Що являє собою твердий сплав, який має склад: 60% Pb і 40% Mg? Який метал перебуває у ньому у вільному стані? Скільки цього металу міститься у 400 г сплаву?

Відповідь: Mg – 103,5 г

426) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із стибію й магнію, за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
T. пл., °C	650	626	961	594	630

Магній і стибій (сурма) утворюють хімічну сполуку складу: 23% Mg і 77% Sb. Що являє собою затверділий сплав цих металів складу: 30% Mg і 70% Sb? Який із металів перебуває у вільному стані? Скільки його міститься у 300 г сплаву?

Відповідь: Mg – 27,28 г

427) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із міді та срібла, за такими даними:

Cu, %	100	80	70	60	40	28	20	0
Ag, %	0	20	30	40	60	72	80	100
T. пл., °C	1084	900	930	880	778	800	820	962

В 1 кг сплаву цих металів міститься 400 г евтектики. Обчислити склад сплаву, якщо мідь міститься у ньому в надлишку.

Відповідь: Cu – 71,2%, Ag – 28,8%

428) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із олова і свинцю, за такими даними:

Sn, %	100	80	64	40	20	0
Pb, %	0	20	36	60	80	100
T. пл., °C	232	205	181	235	280	326

За накресленою діаграмою з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 70% Sn і 30% Pb за 300, 200 і 100 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

429) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із стибію й магнію, за такими даними:

Sb, %	100	95	77	40	0
Mg, %	0	5	23	60	100
T. пл., °C	630	594	961	626	650

За накресленою діаграмою з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 70% Mg і 30% Sb за 1000, 600 і 500 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

Відповідь: Mg₃Sb₂

430) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Mg, %	100	70	32,5	19	3	0
Pb, %	0	30	67,5	81	97	100

Т. пл., °С	651	590	460	551	250	323
------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 90% Pb і 10% Mg за 600, 450, 300 і 200 °С. Що являтиме собою твердий сплав?

- 431) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й олова, за такими даними:

Pb, %	100	80	60	36	20	0
Sn, %	0	20	40	64	80	100
Т. пл., °С	323	280	235	181	205	232

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 85% Pb і 15% Sn за 400, 200 і 150 °С. Що являтиме собою твердий сплав?

- 432) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і стибію, за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
Т. пл., °С	650	626	961	594	630

Магній і стибій (сурма) утворюють хімічну сполуку складу: 23% Mg і 77% Sb. Що являє собою затверділий сплав цих металів складу: 40% Mg і 60% Sb? Який із металів перебуває у вільному стані? Скільки його міститься у 1 кг сплаву?

- 433) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із міді та срібла, за такими даними:

Cu, %	100	80	70	60	40	28	20	0
Ag, %	0	20	30	40	60	72	80	100
Т. пл., °С	1084	900	930	880	778	800	820	962

Срібні монети чеканять із сплаву, який складається із однакових мас міді і срібла. Скільки грамів міді міститься у 200 г такого сплаву у вигляді кристалів, вкраплених у евтектику, якщо остання містить 28% міді?

Відповідь: 61,1 г

- 434) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Mg, %	100	70	32,5	19	3	0
Pb, %	0	30	67,5	81	97	100
Т. пл., °С	651	590	460	551	250	323

Свинець і магній утворюють хімічну сполуку, у якій 81% Pb і 19% Mg. Що являє собою твердий сплав, який має склад: 50% Pb і 50% Mg? Який

метал перебуває у ньому у вільному стані? Скільки цього металу міститься у 600 г сплаву?

- 435) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і стибію, за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
T. Пл., °C	650	626	961	594	630

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 50% Mg і 50% Sb за 800, 600 і 400 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

- 436) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із міді та срібла, за такими даними:

Cu, %	100	80	70	60	40	28	20	0
Ag, %	0	20	30	40	60	72	80	100
T. пл., °C	1084	900	930	880	778	800	820	962

В 1,5 кг сплаву цих металів міститься 800 г евтектики. Обчислити склад сплаву, якщо мідь міститься у ньому в надлишку.

- 437) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із свинцю й магнію, за такими даними:

Pb, %	100	97	81	67,5	30	0
Mg, %	0	3	19	32,5	70	100
T. пл., °C	323	250	551	460	590	651

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 10% Pb і 90% Mg за 700, 500 і 400 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

- 438) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і стибію, за такими даними:

Mg, %	100	60	23	5	0
Sb, %	0	40	77	95	100
T. пл., °C	650	626	961	594	630

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 2% Mg і 98% Sb за 800, 600 і 400 °C. Що являтиме собою сплав у твердому стані?

- 439) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із міді та срібла, за такими даними:

Cu, %	100	80	70	60	40	28	20	0
Ag, %	0	20	30	40	60	72	80	100

Т. пл., °С 1084 900 930 880 778 800 820 962
 Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 90% Cu і 10% Ag за 1000, 900 і 700 °С. Що являтиме собою твердий сплав?

440) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із олова і свинцю, за такими даними:

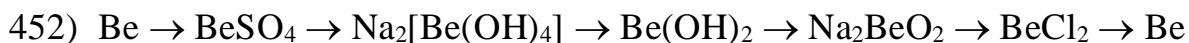
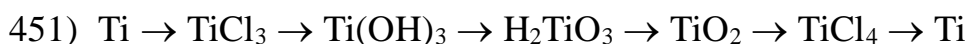
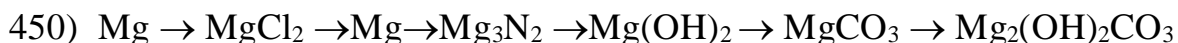
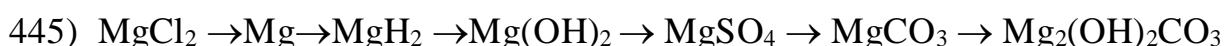
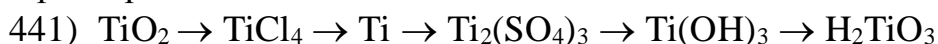
Sn, %	100	80	64	40	20	0
Pb, %	0	20	36	60	80	100
Т. пл., °С	232	205	181	235	280	326

Сплав має склад: 30% Sn і 70% Pb. У 800 г сплаву міститься 425 г свинцю у вигляді кристалів, які вкраплені в евтектику. Обчислити склад евтектики.

Відповідь: Sn – 64%, Pb – 36%

9.3.2 Хімічні ланцюги

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



- 453) $\text{BeCl}_2 \rightarrow \text{BeH}_2 \rightarrow \text{Be(OH)}_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be(OH)}_4] \rightarrow \text{BeCl}_2 \rightarrow \text{Be}$
- 454) $\text{Al}_4\text{C}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4] \rightarrow \text{AlCl}_3$
- 455) $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$
- 456) $\text{TiO}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 \rightarrow \text{Ti} \rightarrow \text{TiN} \rightarrow \text{TiO}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 \rightarrow \text{TiOCl}_2$
- 457) $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{AlH}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}$
- 458) $\text{BeCl}_2 \rightarrow \text{BeH}_2 \rightarrow \text{Be(OH)}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{BeO}_2 \rightarrow \text{BeSO}_4 \rightarrow \text{BeCO}_3 \rightarrow \text{BeO}$
- 459) $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4$
- 460) $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4] \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{AlH}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3$

9.3.3 Задачі для самостійного розв'язування

- 461) Обчислити масу AlN , необхідну для одержання 3 л NH_3 (н.у.).
Відповідь: 5,49 г.
- 462) Обчислити, яку кількість Mg_3N_2 , що містить 5% домішок, потрібно взяти для одержання 1,12 л NH_3 (н.у.).
Відповідь: 2,63 г.
- 463) Порівняйте маси CaH_2 і металічного Al , які необхідні для одержання 50 л H_2 (н.у.).
Відповідь: 46,875 г CaH_2 ; 40,178 г Al .
- 464) Для відновлення 15,7 кг Cr_2O_3 використано 5 кг Al . Яка кількість Cr утворилася при цьому? Які вихідні речовини є у надлишку?
Відповідь: 9,63 кг Cr ; 1,63 кг Cr_2O_3 .
- 465) Для одержання мангану із манган діоксиду, змішали 10,8 кг Al і 26,2 кг MnO_2 . Яку із вихідних речовин і у якій кількості взяли у надлишку?
Відповідь: 0,1 кг MnO_2 .
- 466) При роботі гальванічного елемента: $\text{Al}/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3//\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3/\text{Cr}$ на катоді одержано 31,2 г Cr . Обчислити на скільки зменшилася маса алюмінієвого електрода.
Відповідь: 16,2 г.
- 467) Обчислити, яка кількість NH_3 виділиться в результаті реакції гідролізу 5,26 г Mg_3N_2 , що містить 5% домішок, які не гідролізуються водою.
Відповідь: 2,24 л.
- 468) Обчислити, яка кількість CH_4 виділиться в результаті гідролізу 16 г Al_4C_3 , що містить 10% домішок, які не взаємодіють з водою.
Відповідь: 6,72 л.

- 469) Обчислити, яку кількість MgH_2 необхідно взяти, щоб одержати 6,72 л H_2 (н.у.).
Відповідь: 3,9 г.
- 470) Обчислити, яка кількість H_2 (н.у.) виділиться в результаті гідролізу 1,95 г MgH_2 .
Відповідь: 3,36 л.
- 471) Обчислити, яка кількість Al_4C_3 , що містить 10% домішок, що не взаємодіють з водою, потрібна для одержання 3,36 л CH_4 .
Відповідь: 8 г.
- 472) Обчислити, яка кількість NH_3 виділиться в результаті гідролізу 3,056 г Be_3N_2 , що містить 10% домішок, які не гідролізуються водою.
Відповідь: 2,24 л.
- 473) Для одержання мангану із манган діоксиду, змішали 5,5 кг Al і 13,1 кг MnO_2 . Яку із вихідних речовин і у якій кількості взяли у надлишку?
Відповідь: 0,08 кг Al .
- 474) Обчислити масу AlN , яку необхідно взяти для одержання 6 л NH_3 (н.у.), якщо вихід NH_3 складає 92%.
Відповідь: 11,93 г AlN .
- 475) Обчислити масу технічного алюмінію (масова частка алюмінію 98,4%), потрібного для алюмотермічного добування ванадію масою 15,3 кг з ванадій (V) оксиду V_2O_5 .
Відповідь: 13,72 кг.
- 476) Порівняйте маси Al і CaH_2 , які необхідні для одержання 100 л H_2 (н.у.).
Відповідь: 80,35 г Al ; 93,75 г CaH_2 .
- 477) Обчислити, яку кількість Ca_3N_2 , що містить 10% домішок, потрібно взяти для одержання 2,24 л NH_3 (н.у.).
Відповідь: 8,22 г.
- 478) Обчислити, яку кількість CaH_2 необхідно взяти, щоб одержати 6,72 л H_2 (н.у.), якщо вихід H_2 складає 90%.
Відповідь: 7 г.
- 479) Обчислити, яка кількість Al_4C_3 , що містить 15% домішок, що не взаємодіють з водою, потрібна для одержання 7,72 л CH_4 .
Відповідь: 19,46 г.
- 480) Обчислити масу AlN , яку необхідно взяти для одержання 15 л NH_3 (н.у.), якщо вихід NH_3 складає 94%.
Відповідь: 29,2 г.

9.3.4 Твердість води

Твердість – один із технологічних показників, які прийняті для характеристики складу і якості природної води. Вона обумовлена наявністю у воді розчинних солей Ca^{2+} і Mg^{2+} . Сума концентрацій іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} є кількісною мірою твердості води:

$$T = \Sigma C_M (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (9.1)$$

Примітка. Одиниця твердості води (ГОСТ 6055-86) – моль/м³. Числове значення твердості в молях на кубічний метр (моль/м³) дорівнює числовому значенню твердості в мг·екв/л (одиниця твердості води до 1986 р.). Один моль/м³ відповідає масовій концентрації еквівалентів іонів кальцію (1/2 Ca²⁺) 20,04 г/м³ та іонів магнію (1/2 Mg²⁺) 12,153 г/м³.

Види твердості води:

- загальна твердість води – сума молярних концентрацій еквівалентів іонів кальцію (1/2 Ca²⁺) і магнію (1/2 Mg²⁺) у воді (T_з);
- карбонатна твердість – сума молярних концентрацій еквівалентів карбонатних (CO₃²⁻) та гідрогенкарбонатних (HCO₃⁻) іонів у воді (T_к);
- некарбонатна твердість – різниця між загальною та карбонатною твердістю води (T_{нк});
- твердість, яку можна усунути кип'ятінням (“усувна”), зумовлена наявністю у воді карбонатних та гідрогенкарбонатних солей Ca²⁺ і Mg²⁺; визначається експериментально.

Використання природної води в техніці вимагає її попереднього очищення та пом'якшення (зниження твердості до певної норми). В сучасний час для пом'якшення води широко застосовується іонний обмін.

9.3.5 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Обчислити твердість води, якщо у 500 л її міститься 202,5 г Ca(HCO₃)₂.

Розв'язування: У 1 л води міститься $202,5 : 500 = 0,405$ г Ca(HCO₃)₂. Еквівалентна маса Ca(HCO₃)₂ дорівнює $M / 2$, тобто $162 / 2 = 81$ г/моль. Звідси, $(0,405 / 81) \cdot 10^3 = 5$ моль / м³. Тобто, твердість води складе 5 моль/м³.

Приклад 2 Скільки грамів CaSO₄ міститься у 1 м³ води, якщо її твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 4 моль/м³?

Розв'язування: Мольна маса $M_{CaSO_4} = 136,14$ г/моль; еквівалентна маса дорівнює $M/2 = 136,14/2 = 68,07$ г/моль. У 1 м³ води, твердість якої 4 моль/м³, міститься: $4 \text{ моль/м}^3 \cdot 1 \text{ м}^3 \cdot 68,07 \text{ г/моль} = 272,28 \text{ г CaSO}_4$.

9.3.6 Контрольні завдання

481) Яку масу Na₃PO₄ необхідно додати до 500 л води, щоб усунути її карбонатну твердість, що дорівнює 5 моль/м³.

Відповідь: 136,6 г.

482) Обчислити карбонатну твердість, знаючи, що для реакції з кальцій (II) гідрогенкарбонатом, який міститься у 200 мл води, потрібно 15 мл розчину HCl (C_H = 0,08).

Відповідь: 6 моль/м³.

- 483) У 1 л води міститься 36,47 мг Mg^{2+} -іонів і 50,1 мг Ca^{2+} -іонів. Чому дорівнює твердість цієї води?
Відповідь: 5,5 моль/м³.
- 484) Яку масу натрій карбонату (Na_2CO_3) необхідно додати до 400 л води, щоб усунути її твердість 3 моль/м³?
Відповідь: 63,6 г.
- 485) Вода, яка містить лише магній сульфат, має твердість 5 моль/м³. Яка маса магній сульфату міститься у 500 л цієї води?
Відповідь: 150,4 г.
- 486) Обчислити твердість води, у 600 л якої міститься 65,7 г магній (II) гідрогенкарбонату та 61,2 г магній сульфату.
Відповідь: 3,2 моль/м³.
- 487) У 220 л води міститься 11,0 г магній сульфату. Чому дорівнює твердість цієї води?
Відповідь: 0,83 моль/м³.
- 488) Твердість води, у якій розчинено лише кальцій (II) гідрогенкарбонат, дорівнює 4 моль/м³. Який об'єм розчину HCl з $C_H = 0,1$ необхідний для реакції із кальцій (II) гідрогенкарбонатом, що міститься у 75 мл цієї води?
Відповідь: 3 мл.
- 489) Вода, яка містить лише магній (II) гідрогенкарбонат, має твердість 3,5 моль/м³. Яка маса $Mg(HCO_3)_2$ міститься у 200 л цієї води?
Відповідь: 51,21 г.
- 490) Чому дорівнює твердість води, якщо для її усунення до 50 л води необхідно додати 21,2 г натрій карбонату?
Відповідь: 8 моль/м³.
- 491) Яка маса $CaSO_4$ міститься у 200 л води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 8 моль/м³?
Відповідь: 108,8 г.
- 492) Вода, яка містить лише кальцій (II) гідрогенкарбонат, має твердість 9 моль/м³. Яка маса $Ca(HCO_3)_2$ міститься у 500 л цієї води?
Відповідь: 364,5 г.
- 493) Яку масу $Ca(OH)_2$ необхідно додати до 2,5 л води, щоб усунути її твердість, що дорівнює 4,43 моль/м³?
Відповідь: 0,4098 г.
- 494) Чому дорівнює карбонатна твердість води, якщо у 1 л її міститься 0,292 г $Mg(HCO_3)_2$ і 0,2025 г $Ca(HCO_3)_2$?
Відповідь: 6,5 моль/м³.
- 495) У 1 м³ води міститься 140 г магній сульфату. Обчислити твердість цієї води.
Відповідь: 2,33 моль/м³.

496) До 1 м³ твердої води додали 132,5 г натрій карбонату. Наскільки знизилася твердість води?

Відповідь: на 2,5 моль/м³.

497) Які іони необхідно вилучити із природної води, щоб зробити її м'якою? Введенням яких іонів можна пом'якшити воду? Складіть рівняння відповідних реакцій. Яку масу Са(ОН)₂ необхідно додати до 5,0 л води, щоб усунути її твердість, яка дорівнює 4,75 моль/м³?

Відповідь: 0,879 г.

498) До 100 л твердої води додали 12,95 г Са(ОН)₂. На скільки знизилася карбонатна твердість?

Відповідь: на 3,5 моль/м³.

499) Чому дорівнює твердість води, у 100 л якої міститься 14,632 г Mg(НСО₃)₂?

Відповідь: 2 моль/м³.

500) Вода, яка містить лише MgSO₄, має твердість 7 моль/м³. Яка маса MgSO₄ міститься у 300 л цієї води?

Відповідь: 126,33 г.

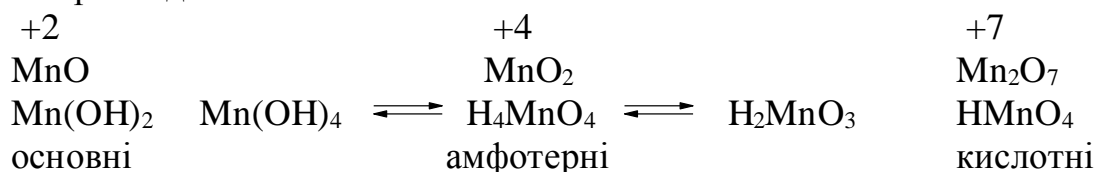
10 d-Елементи VI В і VII В підгруп (Cr, Mo, W, Mn, Tc, Re)

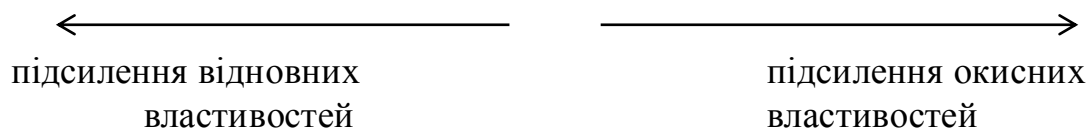
Зверніть увагу, що хімія d-елементів відрізняється від хімії s- і р-елементів великим числом ступенів їх окиснення, значною кількістю комплексних сполук, які вони утворюють. Усі d-елементи – метали з великою твердістю, тугоплавкістю, значною тепло- та електропровідністю. Для кожної декади d-елементів найстійкішими є електронні конфігурації d⁰(Sc, La), d⁵(Mn, Tc, Re) і d¹⁰(Zn, Cd, Hg), тому є стійкими і Ti⁺⁴ (d⁰), Fe⁺³ (d⁵) та Zn⁺² (d¹⁰), тоді як Cr⁺² і Mn⁺³ – нестабільні (d⁴).

В утворенні хімічних зв'язків беруть участь спочатку s-електрони, а потім d-електрони передзовнішнього енергетичного рівня (виняток – підгрупа цинку і Pd – 4d¹⁰5s⁰). Цим пояснюється великий набір їх валентних станів, тобто широкі діапазони змін окисно-відновних та кислотно-основних властивостей d-елементів.

Полярність зв'язків у сполуках із зростанням ступеня окиснення зменшується: для ступеня окиснення 1 і 2 – зв'язок близький до іонного; для максимального ступеня окиснення – наближається до ковалентного, що зумовлює зміни кислотно-основних і окисно-відновних властивостей.

Наприклад:





Для d-елементів характерна вертикальна і горизонтальна подібність (особливо за однакових ступенів окиснення).

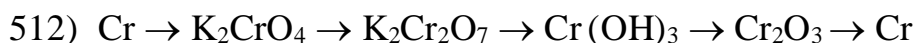
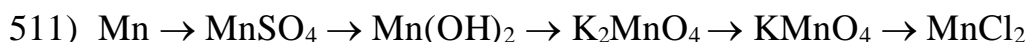
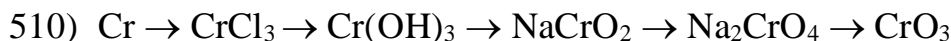
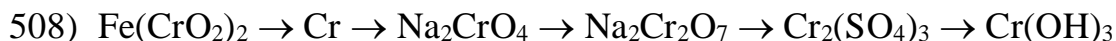
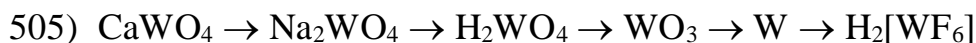
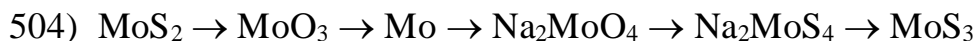
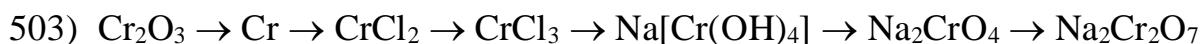
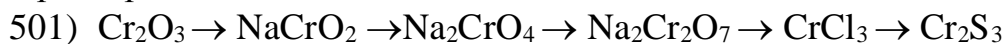
Багато сполук d-елементів мають змінний склад, особливо оксиди, сульфіди, нітриди, карбіди, силіциди, фосфіди і галогеніди. З Гідрогеном утворюють клатрати, які зберігають високу електропровідність та металевий блиск; більшість EH_x мають змінний склад (бертоліди).

d-Елементи утворюють сполуки, які містять зв'язки E – E, так звані кластери (від англ. cluster – рій, гроно, угруповання); до них належать деякі карбоніли, нижчі галогеніди, оксиди та ін.

10.1 Контрольні завдання

10.1.1 Хімічні ланцюги

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



- 513) $\text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$
- 514) $\text{MoS}_2 \rightarrow \text{MoO}_3 \rightarrow \text{Mo} \rightarrow \text{K}_2\text{MoO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MoS}_4 \rightarrow \text{MoS}_3$
- 515) $\text{CdS} \rightarrow \text{CdO} \rightarrow \text{CdSO}_4 \rightarrow \text{Cd} \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$
- 516) $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{HMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$
- 517) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$
- 518) $\text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4$
- 519) $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{KCrO}_2$
- 520) $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_3 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnO}_2$

10.1.2 Задачі для самостійного розв'язування

- 521) Обчислити еквівалентну масу мангану в оксиді, в якому Манган і Оксиген сполучені у співвідношенні : $m_{\text{Mn}} : m_{\text{O}} = 2,29 : 1,0$.
Відповідь: 18,32 г/моль.
- 522) На окиснення FeSO_4 у $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ в розчині витрачено 49 см³ розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ з $C_{\text{H}} = 0,1082$. Скільки грамів FeSO_4 містилося у розчині?
Відповідь: 0,8058 г.
- 523) У результаті електролізу водного розчину $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ струмом силою 3,2 А маса катоду збільшилася на 4,14 г. Протягом якого часу проводили електроліз?
Відповідь: 2 год.
- 524) Окиснення натрій сульфїту калій перманганатом у сильно лужному середовищі і за невеликої кількості відновника перебігає за рівнянням реакції: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Обчислити, скільки грамів K_2MnO_4 утворюється при окисненні 12,6 г Na_2SO_3 необхідною кількістю KMnO_4 ?
Відповідь: 39,4 г.
- 525) Обчислити еквівалентну масу мангану в оксиді, у якому Манган і Оксиген сполучені у співвідношенні: $m_{\text{Mn}} : m_{\text{O}} = 1,72 : 1,0$.
Відповідь: 13,76 г/моль.
- 526) На осадження Cl^- -іонів із розчину комплексної сполуки $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ витрачено 20 см³ розчину AgNO_3 з $C_{\text{H}} = 0,1$. Скільки солі містилось у розчині?
Відповідь: 0,461 г.
- 527) Скільки грамів манган діоксиду при взаємодії з хлоридною (соляною) кислотою виділяють: а) 142 г Cl_2 ; б) 8 моль Cl_2 ; в) 2,24 л Cl_2 (н.у.)?

Обчислити у кожному конкретному випадку відповідну кількість утвореного манган дихлориду.

Відповідь: а) 174 г і 252 г; б) 696 г і 1008 г; в) 8,7 г і 12,6 г.

528) Обчислити ступінь окиснення мангану в оксиді, у якому на 1,0 г Мангану припадає 1,02 г Оксигену.

Відповідь: +7.

529) Обчислити еквівалентну масу хрому, виходячи з того, що пропущений через розчин $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ електричний струм силою 10 А протягом 30 хвилин виділив на катоді 3,25 г хрому. Втратами при перебіганні процесу електролізу знехтувати.

Відповідь: 17,42 г/моль.

530) Обчислити ступінь окиснення хрому в оксиді, який має склад: 68,42% Cr і 31,58% O.

Відповідь: +3.

531) Яка кількість калій манганату буде одержана із 100 кг піролюзиту, який містить 87% MnO_2 , якщо вихід K_2MnO_4 становить 60% теоретично можливого? Скільки годин необхідно пропускати струм силою 1000 А для окиснення одержаної кількості калій манганату в калій перманганат?

Відповідь: 118,2 кг; 16,1 год.

532) Який об'єм розчину AgNO_3 з $C_H = 0,1$ потрібний для осадження Cl^- -іонів із 25 cm^3 розчину комплексної сполуки $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ з $C_M = 0,1$?

Відповідь: 50 cm^3 .

533) На осадження Cl^- -іонів, що містяться у розчині $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$, витрачено 22,6 cm^3 розчину AgNO_3 з $C_H = 0,1034$. Скільки $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ містилось у розчині?

Відповідь: 0,2844 г.

534) Обчислити, яка кількість із: а) 50,0 г; б) 0,6 моль чистого манган діоксиду залишиться у надлишку при дії на нього розчину, що містить 73 г HCl ?

Відповідь: а) 6,5 г; б) 0,1 моль.

535) 560 cm^3 H_2S (н.у.) витрачено на відновлення 500 cm^3 розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ у розчині H_2SO_4 . Обчислити C_H розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Відповідь: $C_H = 0,1$.

536) Скільки літрів сульфур (IV) оксиду (н.у.) потрібно для відновлення у кислому середовищі 100 cm^3 5,7%-го розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (густина 1,04 г/ cm^3)?

Відповідь: 1,35 л.

537) Який об'єм водню (н.у.) потрібно витратити на відновлення 125 г MoO_3 до металу?

Відповідь: 58,33 л.

538) Скільки манган діоксиду витрачено для одержання 448 л (н.у.) хлору взаємодією його з необхідною кількістю хлоридної (соляної) кислоти,

якщо вихід хлору складає 98% теоретично можливого?

Відповідь: 1,775 кг.

539) Речовина містить 26,53% Калію, 35,37% Хрому і 38,10% Оксигену. Знайти її найпростішу формулу.

Відповідь: $K_2Cr_2O_7$.

540) Скільки потрібно взяти молібденового блиску, який містить 2% MoS_2 , щоб одержати 1 тону молібдену?

Відповідь: 83,33 тонни.

11 d-Елементи VIII В підгрупи (Fe, Co, Ni)

Необхідно пам'ятати, що вилучення заліза із руд – двостадійний процес: одержання чавуну – відновний, одержання сталі – окисний (окиснюються надлишкові домішки – Сульфур, Фосфор, Карбон та ін.).

Хімічна активність d-металів VIII В підгрупи значно нижча, ніж у металів IV – VII В підгруп і знижується в міру заповнення d-підрівня (від d^6 – у Fe до d^8 – у Ni).

Внаслідок наявності вільних вакантних орбіталей в атомах Fe, Co, Ni, вони можуть розчиняти в кристалічній ґратці металу азот, водень. Фізико-хімічні і фізико-механічні властивості конструкційних металів при цьому значно погіршуються внаслідок водневого охрупчування (крихкості).

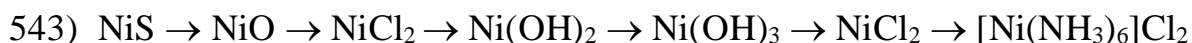
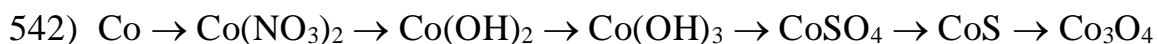
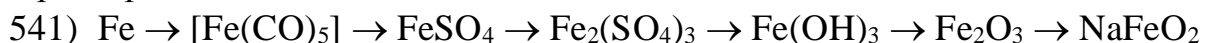
У високодисперсному стані ці метали пірофорні (самозаймаються на повітрі). Fe, Co, Ni – феромагнетики. Fe існує у вигляді чотирьох алотропних форм (α , β , γ , δ), кожна з яких має свій діапазон термічної стійкості.

Для Феруму найбільш характерні сполуки, у яких він буває дво- і тривалентним, для Кобальту і Ніколу – більш типовим є двовалентність. У ряду напруг металів Fe, Co, Ni розміщуються до водню і при взаємодії з розведеними кислотами (HCl, H_2SO_4) виділяють водень, утворюючи відповідні солі двовалентних металів.

11.1 Контрольні завдання

11.1.1 Хімічні ланцюги

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



- 545) $\text{CoAsS} \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow \text{Co(OH)}_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6]\text{Cl}_2$
- 546) $\text{Ni(OH)}_3 \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow [\text{Ni(NH}_3)_4]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{NiSO}_4$
- 547) $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe(OH)}_2 \rightarrow \text{FeO}$
- 548) $\text{Co} \rightarrow [\text{Co}_2(\text{CO})_8] \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{K}_2[\text{Co(SCN)}_4]$
- 549) $\text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{Ni(OH)}_3 \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiO} \rightarrow \text{NiCl}_2$
- 550) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}$
- 551) $\text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{CoS} \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3$
- 552) $[\text{Ni(CO)}_4] \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{NiS} \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{NiBr}_2 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2$
- 553) $\text{BaFeO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe(CN)}_2 \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6] \rightarrow \text{KFe[Fe(CN)}_6]$
- 554) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow [\text{Fe(CO)}_5] \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4$
- 555) $\text{CoC}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Co} \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co(CN)}_2 \rightarrow \text{K}_4[\text{Co(CN)}_6] \rightarrow \text{K}_3[\text{Co(CN)}_6]$
- 556) $\text{CoAsS} \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow \text{Co(OH)}_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6]\text{SO}_4$
- 557) $\text{NiS} \rightarrow \text{NiO} \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni(OH)}_3 \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow [\text{Ni(NH}_3)_4]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{NiS}$
- 558) $\text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe(OH)}_2 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KFeO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4$
- 559) $\text{Co} \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co(OH)}_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co(NH}_3)_6]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoS} \rightarrow \text{CoCl}_2$
- 560) $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe(CO)}_5 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3$

11.1.2 Задачі для самостійного розв'язування

- 561) Пластинка ніколу масою 15 г занурена в розчин аурум (III) хлориду. Через деякий час її маса стала дорівнювати 15,651 г. Скільки аурум (III) хлориду вступило в реакцію?
Відповідь: 1,82 г.
- 562) Скільки чавуну, який складається на 94% із заліза, можна виплавити із 1000 тонн червоного залізняка, що містить 20 % пустої породи?
Відповідь: 595,7 тонни.

- 563) На розчинення 5,2 г суміші заліза і ферум (II) сульфіді витрачено 350 см³ розчину хлоридної (соляної) кислоти з $C_M = 0,4$. Обчислити відсотковий вміст ферум (II) сульфіді в суміші.
Відповідь: 67,7%.
- 564) Обчислити час, протягом якого потрібно пропускати струм силою 4 А через розчин солі ніколу (II), щоб виділити на катоді 50 г ніколу.
Відповідь: 11 год. 26 хв. 20 с.
- 565) Обчислити еквівалентну масу феруму, якщо відомо, що для виділення із розчину солі феруму (II) 1,117 г заліза необхідно пропускати через цей розчин струм силою 4 А протягом 16 хвилин 5 секунд.
Відповідь: 27,9 г/моль.
- 566) Залізна пластинка занурена у розчин купрум (II) сульфату. Коли вона покрилася міддю, маса її збільшилася на 3,0 г. Скільки грамів заліза перейшло у розчин?
Відповідь: 21 г.
- 567) У розчині залізного купоросу ферум (II) окиснили до ферум (III), потім осадили його у вигляді ферум (III) гідроксиду й прожарили. Маса осаду після прожарювання дорівнює 0,4132 г. Скільки грамів $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ витрачено на виготовлення вихідного розчину?
Відповідь: 1,44 г.
- 568) У результаті електролізу розчину нікол (II) сульфату струмом 10 А протягом 5 годин на катоді виділилося 53,21 г ніколу. Обчислити вихід за струмом.
Відповідь: 97,2%.
- 569) Скільки грамів $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ можна окиснити у розчині H_2SO_4 при дії 40 см³ розчину $KMnO_4$ з $C_H = 0,12$?
Відповідь: 1,334 г.
- 570) У сполуці Феруму з Карбоном масова частка останнього складає 6,67%. Визначити формулу і дати назву сполуці.
Відповідь: Fe_3C .
- 571) У 200 см³ розчину $CuSO_4$ з $C_M = 0,1$ занурена залізна пластинка масою 10,112 г. Яка буде маса цієї пластинки, коли увесь купрум із розчину буде заміщений?
Відповідь: 10,512 г.
- 572) При спалюванні 0,5 тонни піриту FeS_2 , що містить 45% сульфуру, добуто 440 кг SO_2 . Обчислити вихід SO_2 у відсотках від теоретично можливого.
Відповідь: 97,78%.
- 573) При електролітичному осадженні усього Феруму із 200 см³ розчину $FeSO_4$ на аноді виділилося 2712 см³ кисню (за умов ≈ 3 °C і 776 мм рт. ст.). Обчислити C_M розчину $FeSO_4$.
Відповідь: $C_M = 1,22$

574) Який об'єм кисню вступає у реакцію з FeS_2 в процесі спалювання 1 тонни сірчаного колчедану, що містить 45% Сульфуру; скільки утворюється при цьому: а) Fe_2O_3 ; б) SO_2 ?

Відповідь: $433,125 \cdot 10^3$ л; а) 562,5 кг; б) 900 кг.

575) У результаті електролізу водного розчину NiSO_4 на аноді виділилося 3,8 л кисню (за умов – 27°C і 750 мм рт. ст.). Скільки грамів нікеля виділилося на катоді?

Відповідь: 17,9 г.

576) Обчислити час, протягом якого потрібно пропускати через розчин FeSO_4 електричний струм силою 5 А, щоб виділити на катоді 2,8 г заліза.

Відповідь: 32 хв. 10 с.

577) За якої сили струму можна отримати на катоді 0,5 г ніколу, якщо проводити електроліз розчину NiSO_4 протягом 25 хвилин?

Відповідь: 1,1 А.

578) У виробництві сульфатної (сірчаної) кислоти контактним способом втрати сірки складають 8%. Скільки колчедану, який містить 30% сульфуру, необхідно для виробництва 1 тонни 96%-ної сульфатної кислоти?

Відповідь: 2,125 тонни FeS_2 .

579) На виробництво 2 тонн залізного купоросу, що містить 52,5% FeSO_4 , витрачено 0,5 тонни залізного брухту. Який відсоток від теоретично можливого становить вихід FeSO_4 ?

Відповідь: 77,38%.

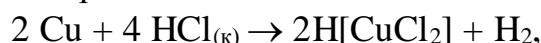
580) У 400 г суміші залізного $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і мідного $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ купоросів міститься 156 г води. Скільки грамів мідного купоросу міститься у суміші?

Відповідь: 270,5 г.

12 d-Елементи I В і II В підгруп

(Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg)

d-Елементи I В підгрупи (Cu, Ag, Au) мають електронну конфігурацію $ns^1(n-1)d^{10}$. Зверніть увагу, що d-підрівень у атомів цих елементів нестабільний і в утворенні хімічних зв'язків беруть участь один або два d-електрони (ступінь окиснення їх у сполуках: +1, +2, +3). Хімічна активність Cu, Ag, і Au порівняно невелика. З киснем реагує лише Cu; не витісняють водень із кислот (див. ряд напруг); виняток становить реакція:



оскільки в результаті комплексоутворення потенціал мідного електроду зміщується в бік негативних значень.

Cu і Ag розчиняються в HNO_3 , Au – в царській водці ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$).

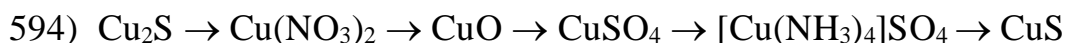
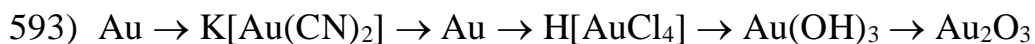
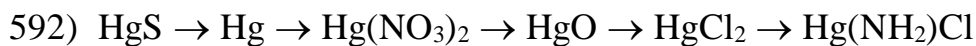
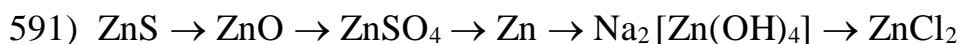
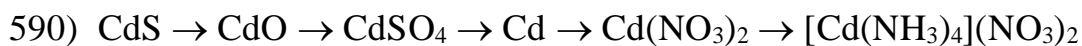
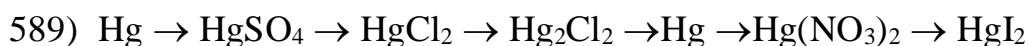
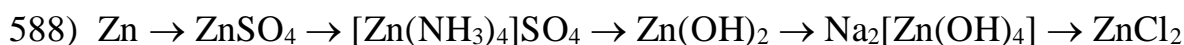
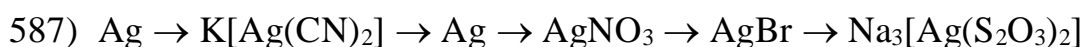
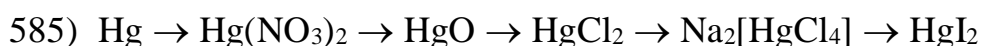
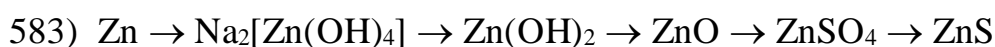
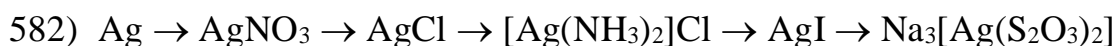
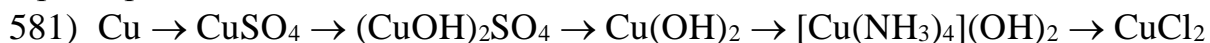
d-Елементи II В підгрупи (Zn, Cd, Hg) мають електронну конфігурацію $ns^2(n-1)d^{10}$ зі стійким (стабільним) d^{10} – підрівнем (ступінь окиснення Zn і Cd – +2; Hg – +1, +2).

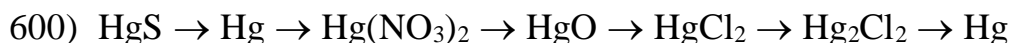
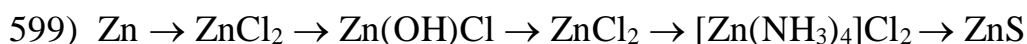
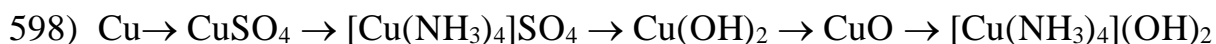
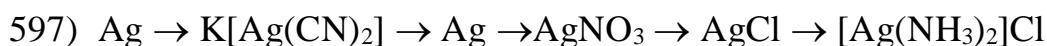
Сполуки Zn, Cd, і Hg – отруйні (особливо Hg!).

12.1 Контрольні завдання

12.1.1 Хімічні ланцюги

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:





12.1.2 Задачі для самостійного розв'язування

601) Взаємодія цинку з розбавленою нітратною (азотною) кислотою описується рівнянням: $4\text{Zn} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$. Скільки цинк (II) нітрату утворюється із 26,4 кг технічного цинку, що містить 2% домішок? Яка об'ємна кількість HNO_3 густиною 1,12 г/см³ потрібна для одержання 75,6 г цинк (II) нітрату?

Відповідь: 75,23 кг; 56 л.

602) Скільки цинку можна одержати при 96%-му виході із 1 тонни цинк оксиду, що містить 2 % домішок?

Відповідь: 754,94 кг \approx 755 кг.

603) При електролізі розчину ZnSO_4 на аноді виділилося 350 см³ газу (н.у.). Скільки грамів цинку виділилося на катоді?

Відповідь: 2,04 г.

604) Скільки срібла виділиться на катоді, якщо через розчин AgNO_3 пропустити струм силою 8 А протягом 15 хвилин?

Відповідь: 8,1 г.

605) При одержанні купрум (II) гідроксиду із купрум (II) нітрату взято 5 г $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ і 2,0 г NaOH . Який реагент взято у надлишку? Яка маса осаду, що утворився?

Відповідь: 0,3 г $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; 2,45 г $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

606) Насичений за 20 °С розчин мідного купоросу містить 27% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (густина 1,2 г/ см³). За якої сили струму кожна протягом 3 годин виділити усю мідь із 1 л такого розчину?

Відповідь: 23,3 А.

607) При розкладі малахіту масою 1,11 г добуто 111 см³ карбон діоксиду (н.у.). Визначити ступінь чистоти малахіту $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.

Відповідь: 99,1%.

608) Скільки цинку можна отримати при відновленні коксом: а) 8,1 тонни; б) 10 кмоль; в) 4,05 г чистого цинк оксиду?

Відповідь: а) 6,5 тонни; б) 10 кмоль; в) 3,25 г.

609) При прожарюванні 1,56 г суміші цинк карбонату і цинк оксиду отримали 1,34 г цинк оксиду. Обчислити склад вихідної суміші (у відсотках до маси).

Відповідь: 40,2% ZnCO_3 ; 59,8% ZnO .

- 610) Після обробки сульфатною кислотою 0,8 г суміші цинку з цинк оксидом виділилося 224 см³ водню (н.у.). Обчислити відсотковий вміст цинк оксиду у вихідній суміші.
Відповідь: 18,75%.
- 611) Скільки сульфур (IV) оксиду виділиться при нагріванні 21,6 г чистого срібла з необхідною кількістю концентрованої сульфатної (сірчаної) кислоти, якщо в результаті реакції утворюються також аргентум (I) сульфат і вода.
Відповідь: 6,4 г або 2,24 л (н.у.).
- 612) Обчислити кількість електричного струму, яку потрібно пропустити через розчин CuSO₄, щоб одержати 1 тону міді.
Відповідь: 845 000 А · год.
- 613) Скільки грамів аргентум (I) броміду випаде в осад, якщо додати надлишок аргентум (I) нітрату до 238 г 10%-го розчину KBr?
Відповідь: 37,6 г.
- 614) При електролізі протягом 30 хвилин розчину NaCl на аноді виділилося 2,8 л хлору (н.у.). Який об'єм розчину CuSO₄ з C_H = 0,751 можна хімічно перетворити при пропусканні струму тієї самої сили протягом 45 хвилин?
Відповідь: 0,5 л.
- 615) Для одержання аргентум (I) йодиду взято 113,4 г 15%-го розчину AgNO₃ і 180 г 10%-го розчину KI. Скільки утворилося при цьому AgI? Яка вихідна речовина залишилась у надлишку?
Відповідь: 23,5 г; 1,4 г KI.
- 616) Скільки потрібно витратити 34%-го розчину нітратної (азотної) кислоти (густина 1,21 г/см³) для розчинення 100 г срібла?
Відповідь: 190 см³.
- 617) При електролізі розчину AgNO₃ протягом 50 хвилин силою струму 3 А на катоді виділилося 9,6 г срібла. Обчислити вихід срібла у відсотках теоретично можливої маси.
Відповідь: 95,4%.
- 618) Скільки технічного цинку, що містить 4% домішок, потрібно взяти для реакції з необхідною кількістю хлоридної (соляної) кислоти, щоб одержати цинк (II) хлорид кількістю: а) 13,6 г; б) 2 моль?
Відповідь: а) 6,77 г; б) 135,42 г.
- 619) Гальванічний елемент складається із металічного цинку, зануреного в розчин цинк нітрату з C_M = 0,1, і металічного свинцю, зануреного в розчин плюмбум (II) нітрату з C_M = 0,02. Обчислити ЕРС (електрорушійну силу) елемента, написати рівняння електродних процесів, скласти схему гальванічного елемента.
Відповідь: ΔE = 0,61 В

- 620) Масова частка цинку в інтерметалічній сполуці з ферумом складає 83%. Обчислити стехіометричні коефіцієнти x і y для сполуки Zn_xFe_y .
Відповідь: $x = 21$, $y = 5$; $Zn_{21}Fe_5$

13 р-Елементи III A – IV A груп (B, C, Si, Ge, Sn, Pb)

Бор ($2s^22p^1$) відомий як аморфний (коричневий) і кристалічний (чорний) напівпровідник. Один з найсильніших акцепторів електронних пар (тому більшість його сполук – це кислоти Льюїса).

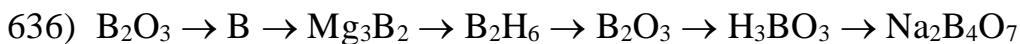
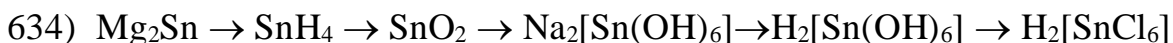
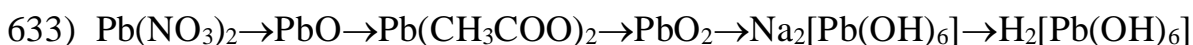
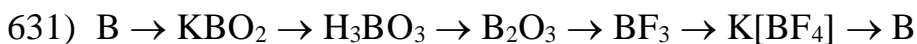
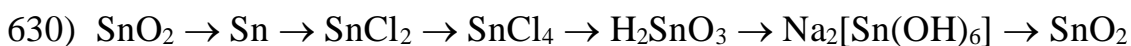
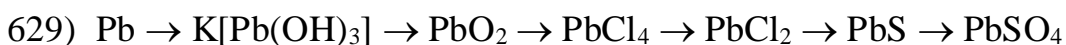
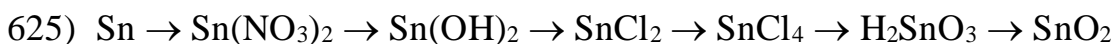
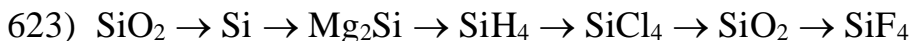
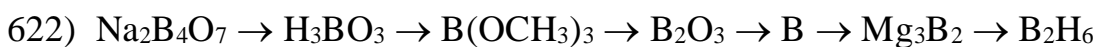
р-Елементи IV A підгрупи (ns^2np^2) у звичайних умовах малоактивні (особливо C, Si). Безпосередньо реагують за кімнатної температури лише з флуором (CF_4 , SiF_4).

Для Карбону відомі алотропічні модифікації алмаз, графіт та α і β -карбін. Для стануму - β -Sn (біле) і α -Sn (сіре, стійке за температури нижче $-13,2$ °C).

13.1 Контрольні завдання

14.1.1 Хімічні ланцюги

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



- 637) $\text{SnO}_2 \rightarrow \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{H}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{H}_2[\text{SnCl}_6] \rightarrow \text{SnS}_2 \rightarrow \text{Na}_4\text{SnS}_4$
 638) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si} \rightarrow \text{SiCl}_4 \rightarrow \text{SiH}_4 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiF}_4$
 639) $\text{PbO}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 \rightarrow \text{PbSiO}_3 \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{Na}_2\text{PbO}_2$
 640) $\text{SnO}_2 \rightarrow \text{Sn} \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3 \rightarrow \text{SnO}_2 \rightarrow \text{SnCl}_4 \rightarrow \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{H}_2[\text{SnCl}_6]$

12.1.2 Задачі для самостійного розв'язування

- 641) Виходячи із складу скла $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ обчисліть, в яких кількостях потрібно взяти вихідні речовини для виготовлення 1 тонни скла?
 Відповідь: 0,222 тонни Na_2CO_3 ; 0,210 тонни CaCO_3 ; 0,754 тонни SiO_2 .
- 642) Які матеріали і у якій кількості необхідні для одержання 1 тонни карборунду?
 Відповідь: SiO_2 – 1,5 тонни; C – 0,9 тонни.
- 643) Якщо пропускати водяну пару над розжареним вугіллям, то утворюється карбон (II) оксид і водень. Який об'єм “водяного” газу добувають із 6 кг вугілля?
 Відповідь: 22,4 м³.
- 644) Прожарили суміш, яка складається із 24 г силіцій (IV) оксиду і 28,8 г магнію. При обробці одержаної маси розчином хлоридної (соляної) кислоти виділилося 6,72 л водню (н.у.). Обчислити кількість силіцію, що утворилася.
 Відповідь: 9,8 г Si.
- 645) Розкладом 14,2 г суміші CaCO_3 і MgCO_3 одержали 6,6 г карбон (IV) оксиду. Обчислити вміст CaCO_3 і MgCO_3 у суміші.
 Відповідь: 10 г CaCO_3 ; 4,2 г MgCO_3 .
- 646) Скільки грамів силіцію, масова частка домішок у якому складає 8 %, вступило у реакцію з натрій гідроксидом, якщо при цьому утворилося 5,6 л водню (н.у.)?
 Відповідь: 3,8 г.
- 647) Який об'єм CO_2 (н.у.) можна одержати термічним розкладом 1 тонни вапняку, що містить 95 % CaCO_3 ?
 Відповідь: 212,8 м³.
- 648) Скільки кілограмів силіцію й води потрібно витратити для одержання водню, яким слід наповнити повітряну кулю ємністю 200 м³ (н.у.)?
 Відповідь: Si – 125 кг; H_2O – 80,3 кг.
- 649) Для спалювання 136 г суміші H_2 і CO витрачено 179,2 л O_2 (н.у.). Визначити відсотковий вміст суміші (за об'ємом).
 Відповідь: 75 % H_2 ; 25 % CO.
- 650) Скільки Na_2SO_4 й вугілля потрібно для заміни Na_2CO_3 , яка витрачається на виплавку 1 тонни скла?
 Відповідь: 0,297 тонни; 0,0125 тонни.

- 651) 400 кг NaOH прореагувало із 179,2 м³ CO (н.у.). Визначити відсотковий склад одержаної суміші. Рівняння реакції: NaOH + CO = HCOONa.
Відповідь: 87,2 % HCOONa; 12,8 % NaOH.
- 652) Скільки бору міститься в 1 л 2 %-го розчину Na₂B₄O₇ (густина 1,018 г/см³)?
Відповідь: 4,43 г.
- 653) Скільки кілограмів силіцію і який об'єм 32 %-го розчину NaOH (ρ = 1,35 г/см³) потрібно для одержання 15 м³ H₂ (17 °C, 740 мм рт. ст.)?
Відповідь: 8,6 кг; 56,8 л.
- 654) До складу силікату входить 63,5 % SiO₂; 31,7 % MgO і 4,8 % H₂O. Знайдіть формулу силікату і виразіть її у вигляді сполук оксидів.
Відповідь: 3 MgO · 4SiO₂ · H₂O
- 655) Які речовини і в якій кількості потрібні для одержання 1 л SiH₄ (н.у.)?
Відповідь: 2,14 г Mg; 1,25 г Si; 6,52 г HCl
- 656) Який об'єм CO₂ (н.у.) може дати вогнегасник, що містить 20 л 8 %-го розчину NaHCO₃ (ρ = 1,05 г/см³)?
Відповідь: 448 л
- 657) Скільки кілограмів борної кислоти H₃BO₃ і який об'єм 23%-го розчину Na₂CO₃ (ρ = 1,25 г/см³) необхідно витратити для одержання 1 тонни бури Na₂B₄O₇ · 10H₂O?
Відповідь: 649,2 кг; 965 л
- 658) На реакцію з 0,3824 г Na₂B₄O₇ · 10H₂O витрачено 20,5 см³ розчину HCl. Обчислити C_H хлоридної (соляної) кислоти.
Відповідь: C_H (HCl) = 0,0977
- 659) Обчислити теплоту утворення бор (III) оксиду на підставі рівняння реакції: B₂O₃ (к) + 3Mg(к) = 2B(к) + 3MgO(к); ΔH^o_{x.p.} = -426,9 кДж.
Відповідь: ΔH^o_{ут.} (B₂O₃) = -1378,5 кДж
- 660) Обчислити відсотковий вміст суміші, одержаної внаслідок плавлення 6 г Mg з 24 г SiO₂.
Відповідь: ≈55% SiO₂; ≈33,3% MgO; ≈11,7% Si.

14 Полімерні матеріали та їх практичне значення

Зверніть увагу на різноманітність органічних речовин, легкість їх перетворень, взаємного впливу атомів у молекулах, що обумовлено характером хімічного зв'язку, ступенем його полярності, безпосередньо зв'язаним з електронегативністю атомів.

Полімери – хімічні сполуки з молекулярною масою від 10 тисяч до 1 млн. а.о.м. і більше, молекули яких побудовані із подібних атомних груп, що перетворюються. Вони є високомолекулярними, тому й одержали назву полімерів.

За походженням полімери поділяють на природні (гума, гутаперча, білок, крохмаль); штучні (віскоза, целофан, клеї, емульгатори, миючі засоби, пластмаси і ін.); синтетичні.

Практичне застосування полімерних матеріалів наведено в додатку Д [10].

14.1 Приклади розв'язування типових задач

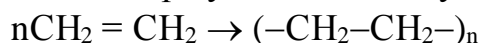
Приклад 1 Обчислити ступінь полімеризації поліпропілену, якщо середня молекулярна маса його зразку дорівнює $357 \cdot 10^3$.

Розв'язування: Елементарна ланка поліпропілену: $(-\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$,
 $\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

$M_r = 42$; звідки: $n = M_n / M_r = 357 \cdot 10^3 / 42 = 8500$.

Приклад 2 Скільки кубічних метрів етилену (н.у.) потрібно для одержання 100 кг поліетилену шляхом полімеризації за температури 190 – 250 °С і тиску $1,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$? Вихід полімеру складає 94,5%.

Розв'язування: Поліетилен одержують із етилену за реакцією:



Молекулярна маса елементарної ланки 28 (C_2H_4). Тобто, для одержання 28 кг поліетилену необхідно $22,4 \text{ м}^3$ етилену, тоді, щоб одержати 100 кг поліетилену необхідно:

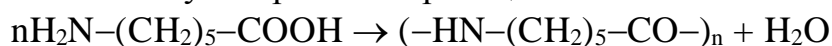
$$22,4 \text{ м}^3 - 28 \text{ кг} \qquad x = \frac{22,4 \text{ м}^3 \cdot 100 \text{ кг}}{28 \text{ кг}} = 80 \text{ м}^3$$

$x \quad - 100 \text{ кг},$

Оскільки вихід кінцевого продукту складає 94,5%, тоді $80/0,945 = 84,66 \text{ м}^3$ (потрібно ввести в реакцію).

Приклад 3 Скільки ϵ -амінокапронової кислоти взято для одержання капрону, якщо у результаті реакції виділилося 24 кг води?

Розв'язування: Записують рівняння реакції:



Як видно із рівняння реакції, 1 кмоль ϵ -амінокапронової кислоти виділяє при поліконденсації 1 кмоль води, звідки:

18 кг H_2O одержується із 131 кг ϵ -амінокапронової кислоти

24 кг H_2O одержується із x кг ϵ -амінокапронової кислоти

$$x = \frac{24 \cdot 131}{18} = 175 \text{ кг}$$

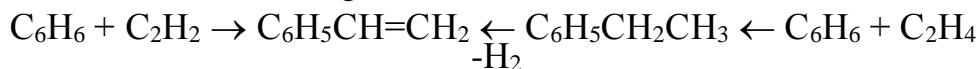
14.2 Контрольні завдання

661) Яку кількість ацетилену (н.у.) потрібно взяти для того, щоб у результаті полімеризації одержати 443 см^3 бензену C_6H_6 густиною $0,88 \text{ г/см}^3$ (вихід

складає 50%)?

Відповідь: 780 г; 672 л.

- 662) Найпростіший спосіб одержання стиролу полягає у взаємодії бензену C_6H_6 з ацетиленом. Недолік – низький вихід. У промисловості стирол одержують синтезом із бензену і етилену. Із одержаного етилбензену дегідруванням вилучають стирол. Скільки можна одержати стиролу із 1 тонни бензену у першому та другому випадках, якщо вихід складає 40% і 70% відповідно? Рівняння реакції:

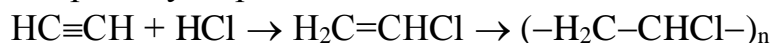


Відповідь: 533,33 кг; 933,31 кг.

- 663) Синтетичний етиловий спирт одержують реакцією гідратації етилену: $H_2C=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3CH_2OH$. Обчислити: а) скільки етилену необхідно для одержання 23 кг спирту, якщо вихід складає 98%; б) скільки води вступає у реакцію зі 112 г етилену?

Відповідь: а) 14,3 кг; б) 72 г.

- 664) Скільки ацетилену за масою і об'ємом (н.у.) необхідно для одержання 1 тонни поліхлорвінілу за реакцією:



Відповідь: 416 кг; ≈ 360 м³.

- 665) Бутадієн (дивініл) $H_2C=CH-CH=CH_2$ можна одержати, пропускаючи пароподібний етиловий спирт над спеціальними каталізаторами при нагріванні, при цьому утворюються також вода і водень:



Скільки бутадієну можна одержати із етилового спирту, якого взято у кількості: а) 184 кг; б) 8 кмоль? Вихід продукту прийняти рівним 96% від теоретично можливого.

Відповідь: а) 103,68 кг; б) 207,36 кг.

- 666) Скласти схему поліконденсації фенол-формальдегідної смоли, прийнявши, що число молекул фенолу і формальдегіду, які беруть участь у процесі однакове. Обчислити, скільки фенолу C_6H_5OH і формальдегіду CH_2O витрачається для одержання 1 тонни смоли і скільки води при цьому виділиться.

Відповідь: C_6H_5OH – 887 кг; CH_2O – 283 кг; H_2O – 170 кг.

- 667) Скласти рівняння дегідрування бутану з утворенням бутадієну і обчислити, який об'єм бутану (н.у.) потрібно для виробництва 1000 кг бутадієнового каучуку. Обчислити ступінь полімеризації бутадієну.

Відповідь: 415 м³; $n = 18$.

- 668) Допустивши, що бутадієн-стирольний каучук одержується сополімеризацією однакових кількостей молекул бутадієну і стиролу, обчислити, який об'єм (н.у.) бутану і стиролу потрібно для виробництва 1000 кг бутадієн-стирольного каучуку. Обчислити ступінь

сополімеризації.

Відповідь: 142 м³; 658,2 кг; n ≈ 9-10.

- 669) Волокно анід одержується із продуктів поліконденсації гексаметилендіаміну $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ і адипінової кислоти $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$. Написати графічну формулу елементарної ланки поліконденсату. Скласти рівняння реакції поліконденсації гексаметилендіаміну і адипінової кислоти. Скільки потрібно гексаметилендіаміну і адипінової кислоти для одержання 1 тонни поліконденсату, якщо виробничі втрати складають 4%? Обчислити ступінь сополімеризації.

Відповідь: 533,6 кг; 671,8 кг; n ≈ 4-5.

- 670) Скільки поліетилену можна одержати із 784 м³ (н.у.) етилену, якщо вихід полімеру складає 92%? Обчислити ступінь полімеризації.

Відповідь: 901,6 кг; n ≈ 32.

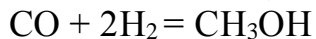
- 671) Для синтезу фенол-формальдегідної смоли на 1 моль фенолу беруть 1 моль формальдегіду і 0,13 моль NH_3 . Скільки 32%-го розчину формаліну і 25%-го розчину NH_3 потрібно для одержання 1 кг смоли?

Відповідь: 884,4 г; 83,4 г.

- 672) Скільки ацетилену і хлороводню необхідно для одержання 1 тонни вінілхлориду з концентрацією 98%, якщо вихід останнього складає 96% від теоретично можливого?

Відповідь: 365,87 м³ або 424 кг; 365,87 м³ або 597 кг.

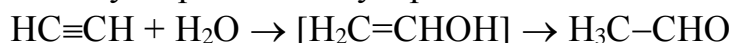
- 673) Метиловий спирт можна синтезувати за рівнянням реакції:



Реакція перебігає при нагріванні (350 – 400 °С), підвищеному тиску (200 – 1000 атм) і за наявності каталізаторів. Скільки спирту буде одержано із:
а) 3 моль CO ; б) 112 г CO ; в) 1120 л CO (н.у.)?

Відповідь: а) 96 г; б) 128 г; в) 1600 г.

- 674) Скільки ацетилену і води потрібно для добування 45 тонн 98%-го оцтового альдегіду за реакцією Кучерова:



Відповідь: 22,451 м³; 18,04 м³ H_2O .

- 675) Скільки 40%-го розчину формаліну і 25%-го розчину аміаку потрібно завантажити у реактор для одержання фенол-формальдегідної смоли за наявності 94 кг фенолу, якщо у виробництві фенол, формальдегід і аміак завантажують у відношенні 1 : 1 : 13 ?

Відповідь: 75 кг розчину формаліну; 884 кг 25%-го розчину аміаку.

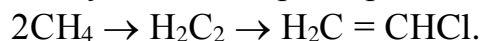
- 676) Скільки дивінілу (бутадієну) можна одержати із 200 л 96%-го етилового спирту ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), якщо вихід дивінілу складає 75% від теоретично можливого?

Відповідь: 67,6 кг.

677) Скільки вапняку необхідно обпалити, щоб карбідним способом одержати ацетилен, якого було б достатньо для синтезу 500 кг 25%-го розчину ацетальдегіду за схемою: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$?

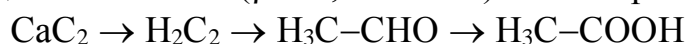
Відповідь: 284 кг.

678) Який об'єм хлороводню (н.у.) повинен приєднатися до ацетилену, одержаного із 1 м³ природного газу (0,98 об'ємної частки CH_4), щоб одержати вінілхлорид при 90%-му виході? Скільки літрів вінілхлориду утворюється при цьому? Схема перетворення:



Відповідь: 0,490 м³; 0,441 м³ і 441 л відповідно.

679) Скільки необхідно технічного кальцій карбіду CaC_2 , який містить 0,2 масові частки домішок, щоб карбідним способом одержати 1000 л льодової оцтової кислоти ($\rho = 1,049 \text{ г/см}^3$)? Схема реакції:



Відповідь: 1398,7 кг.

680) Скільки 98%-ної оцтової кислоти можна одержати із 100 тонн технічного кальцій карбіду CaC_2 , який містить 0,04 масової частки домішок?

Відповідь: 91,8 тонни.

681) Скільки грамів нітробензену $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ добувають із 312 г бензену C_6H_6 при взаємодії з необхідною кількістю нітратної (азотної) кислоти, якщо вихід складає 92%? Який об'єм нітратної кислоти густиною 1,44 г/см³ буде витрачено при цьому?

Відповідь: 452,64 г; 175 см³.

682) При спалюванні деякої кількості речовини, яка складається із Карбону, Гідрогену і Хлору, отримано 0,44 г CO_2 і 0,18 г H_2O . Хлор, що містився у цій речовині, утворив 2,87 г AgCl . Молекулярна маса речовини 85 а.о.м. Вивести її формулу.

Відповідь: CH_2Cl_2 .

683) Через 50 г суміші бензену C_6H_6 , фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ і аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ пропущено потік сухого хлороводню HCl . Осад, який випав при цьому, відфільтрували і маса його дорівнює 26 г. Фільтрат, який обробили розчином NaOH , розшарувався на дві частини. Визначити склад суміші у масових частках, якщо об'єм верхнього шару 17,7 см³, а густина його 0,88 г/см³.

Відповідь: $W_g(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 37,3 \%$; $W_g(\text{C}_6\text{H}_6) = 31,15 \%$; $W_g(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 31,55 \%$.

684) Знайдіть молекулярну формулу речовини, що містить 54,65 % Карбону, 8,99 % Гідрогену і 36,36 % Оксигену, якщо 1 л цієї речовини (н.у.) має масу приблизно 4 г.

Відповідь: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$; $M_r = 88$ а.о.м.

- 685) Скільки кілограмів бензену C_6H_6 реагує з нітратною (азотною) кислотою у випадку утворення нітробензену кількістю: а) 369 кг; б) 0,25 кмоль?
Відповідь: а) 234 кг; б) 19,5 кг.
- 686) Із 39 кг бензену C_6H_6 при нітруванні одержано 61,2 кг нітробензену $C_6H_5NO_2$. Обчислити скільки відсотків становить цей вихід від теоретично можливого?
Відповідь: 99,51%.
- 687) При спалюванні деякої кількості газоподібного вуглеводню добуто 3,3 г CO_2 і 2,02 г H_2O . Відносна густина за повітрям вуглеводню 1,035. Скласти (знайти) структурну формулу вуглеводню. До якого гомологічного ряду він належить?
Відповідь: C_2H_6 ; гомологічний ряд метану.
- 688) Зобразити схематично структуру сополімеру етилену і бутілену, у якому число молекул C_2H_4 і C_4H_8 , що входять до складу макромолекули, знаходяться у відношенні 2 : 5. Прийняти загальне число ланцюгів у сополімері за 2000. Обчислити молекулярну масу сополімеру.
Відповідь: 96 000.
- 689) При повному згорянні 6,9 г органічної речовини одержано 13,2 г CO_2 і 8,1 г H_2O . Знайти молекулярну формулу речовини, якщо 400 cm^3 пари її (н.у.) мають масу 0,82 г.
Відповідь: C_2H_6O .
- 690) Ацетон добувають за реакцією:
$$(CH_3COO)_2Ca \rightarrow H_3C-CO-CH_3 + CaCO_3.$$
Скільки ацетону буде добуто із а) 2 кмоль солі; б) 2 кг солі; яка містить 2% домішок; в) 75 кг чистої солі за умови 98%-го виходу продукту?
Відповідь: а) 116 кг; б) 0,72 кг; в) 27 кг.
- 691) Для вилучення води із технічного етилового спирту його кип'ятять з кальцій карбідом CaC_2 . Скільки грамів CaC_2 необхідно внести в колбу, якщо у ній міститься 50 cm^3 96%-го технічного етилового спирту, густина якого 0,8 g/cm^3 ?
Відповідь: 2,84 г.
- 692) Скільки грамів натрій феноляту C_6H_5ONa можна добути із 9,4 г фенолу при його взаємодії з необхідною кількістю натрій гідроксиду?
Відповідь: 11,6 г.
- 693) Визначити склад і будову одноосновної органічної кислоти, якщо відомо, що для нейтралізації 4,8 г її потрібно 16,95 cm^3 22,4%-го розчину KOH ($\rho = 1,18 g/cm^3$).
Відповідь: $M_r = 60$; CH_3COOH .
- 694) 92 г етилового спирту пропустили над нагрітим алюміній (III) оксидом, у результаті чого добуто 40 л етилену (н.у.). Який вихід етилену у відсотках від теоретично можливого?
Відповідь: 89,3 %.

695) Спирт, який містить домішки води, можна зневодити кип'ятінням у суміші з кальцій карбідом CaC_2 . Скільки грамів води можна вилучити із спирту, використавши: а) 32 г чистого CaC_2 ; б) 60 г технічного продукту, який містить 95% CaC_2 ?

Відповідь: а) 18 г; б) 32,06 г.

696) До складу вуглеводню входять 92,3% Карбону і 7,7% Гідрогену. Відомо, що 200 см^3 пари вуглеводню за температури $87 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 623 мм рт. ст. мають масу 0,433 г. Визначити, що це за вуглеводень.

Відповідь: C_6H_6 .

697) Скільки літрів кисню необхідно для повного спалювання 3 л суміші метану CH_4 і етану C_2H_6 , густина якої за повітрям дорівнює 0,6.

Відповідь: 15,9 л.

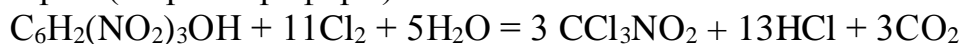
698) Пропущено 20 л суміші повітря з етиленом (н.у.) через бром, при цьому маса бромової рідини збільшилася на 21 г. Назвати речовини, які отримано у результаті реакції, та обчислити їх кількість. Визначити відсотковий об'єм етилену у газовій суміші.

Відповідь: 141 г $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$; 84 % C_2H_4 .

699) Обчислити кількість теплоти, яку можна одержати при спалюванні 1 м^3 газової суміші, що містить 40% CO , 50% H_2 (н.у.) і 10% домішок, які не горять. Теплоти утворення: $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{CO}) = -110,5$; $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{CO}_2) = -393,5$; $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{H}_2\text{O}) = -241,8 \text{ кДж/моль}$.

Відповідь: $\Delta H = -10451 \text{ кДж}$.

700) Дією хлору на лужний розчин пікринової кислоти добувають CCl_3NO_2 – хлорпікрин (нітрохлороформ):



Обчислити, скільки хлорпікрину буде добуто при дії невеликого надлишку хлору на: а) 458 кг; б) 4 кмоль пікринової кислоти; в) при взаємодії 22,9 кг пікринової кислоти з необхідною кількістю хлору і води одержано 49 кг хлорпікрину. Який відсоток становить це від теоретично можливого виходу?

Відповідь: а) 987 кг; б) 12 кмоль; в) 99,29%.

15 Завдання підвищеної складності

701) Залізну сітку масою 10,0 г занурили у 200 г 20 %-ного розчину купрум (II) сульфату. Коли реакція пройшла на 10 %, сітку вийняли, промили водою і висушили. Визначити масу сітки після реакції і концентрацію розчину купрум (II) сульфату, який залишився у розчині.

Відповідь: 10,14 г; 18,57 %-ний розчин CuSO_4 .

702) 1,04 г хлориду двовалентного металу розчинили у воді і до одержаного розчину додали надлишок розчину K_2CO_3 . Осад, який випав, розчинили у HNO_3 і до утвореного розчину додали надлишок H_2SO_4 . Осад, що утворився, відфільтрували, промили невеликою кількістю води і

висушили до постійної маси. При цьому було одержано 1,165г білого порошку. Визначити, хлорид якого металу було взято, і написати рівняння усіх проведених реакцій.

Відповідь: BaCl_2 .

703) До 63,3 г 15 %-ного розчину магній дихлориду додали 250 г 8,48 %-ного розчину Na_2CO_3 . Осад відфільтрували, а до фільтрату прибавили 14,6 %-ний розчин хлоридної (соляної) кислоти до припинення виділення газу. Визначити масу хлоридної кислоти, яку витратили.

Відповідь: 50 г 14,6 %-ного розчину HCl .

704) Якого складу утворюється сіль і яка її концентрація у розчині, якщо до 25 мл 25 %-ного розчину NaOH ($\rho = 1,28 \text{ г /см}^3$) додати ангідрид фосфатної (фосфорної) кислоти, який одержано при спалюванні 6,2 г фосфору?

Відповідь: 50,85 % NaH_2PO_4 .

705) Розчин суміші дифосфатної (дифосфорної) і метафосфатної (метафосфорної) кислот розділили на дві рівні частини, одну із яких зразу нейтралізували содою Na_2CO_3 , а другу попередньо прокип'ятили, а потім також нейтралізували содою. Для нейтралізації першої частини розчину потрібно у 2,5 рази менше соди, ніж для другої. У якому співвідношенні знаходилися мета – і дифосфатні кислоти у вихідному розчині?

Відповідь: молі HPO_3 / молі $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 8$.

706) Тверда кристалічна сполука, яка складається із одновалентного металу і одновалентного неметалу, енергійно реагує з водою і водними розчинами кислот з виділенням водню. При взаємодії з водою 2,4 г цієї речовини виділилося 2630 мл водню (37°C і 734 мм. рт. ст.), а розчин набув лужну реакцію. Визначити склад речовини, написати рівняння реакції її з водою, хлоридною кислотою та хлором.

Відповідь: NaN .

707) В хімічний стакан, який містить 150 г 20 %-ного розчину хлоридної (соляної) кислоти, занурили цинкову пластинку. Через деякий час її вийняли, промили, висушили і зважили. Маса пластинки зменшилася на 6,5 г. Визначити концентрацію хлоридної кислоти, яка залишилася у розчині.

Відповідь: 15,13 %.

708) 1,97 г карбонату двовалентного металу прожарили за температури $600\text{--}800^\circ\text{C}$, при цьому одержали білий порошок, який енергійно реагує з водою. До розчину, який утворився, додали надлишок розчину калій сульфату, осад, що випав, відфільтрували, промили невеликою кількістю води, висушили до постійної маси і одержали 2,33 г білого порошку. Визначити, карбонат якого металу було взято, і написати рівняння усіх проведених реакцій.

Відповідь: BaCO_3 .

709) 2,74 г двовалентного металу спалили у надлишку кисню. Речовину, яка утворилася при цьому, повністю розчинили у хлоридній (соляній) кислоті і до одержаного розчину прилили розчин натрій сульфату до припинення виділення осаду. Осад, що випав, відфільтрували, промили водою і висушили до постійної маси. При цьому одержано 4,66 г білої речовини. Визначити, який метал було взято і написати рівняння усіх проведених реакцій.

Відповідь: Барій (Ba).

710) Через вапняну воду пропустили 1 л суміші газів CO_2 і CO . Осад, що випав при цьому, відфільтрували і висушили. Маса його дорівнює 2,45 г. Встановити відсотковий вміст CO_2 у цій суміші.

Відповідь: $\approx 55\%$ (за об'ємом).

711) Газ, одержаний при взаємодії концентрованої сульфатної (сірчаної) кислоти (91,4 %) з Cu , пропустили через розчин барій дихлориду, насиченого аміаком. Утворилося 151,9 г осаду. Скільки грамів 91,4 %-ного розчину сульфатної кислоти і Cu було взято?

Відповідь: 44,8 г Cu ; 150,1 г 91,4 %-ного розчину H_2SO_4 .

712) Наважку мармуру масою 2,507 г, яка містить домішки, розчинили у розведеній хлоридній (соляній) кислоті. До одержаного розчину додали розчин амоній оксалату, осад CaC_2O_4 відфільтрували і прожарили за температури 800°C . Кальцій оксид, що одержали при цьому, обробили розчином сульфатної (сірчаної) кислоти і знову прожарили. Одержали речовину масою 2,806г. Визначити відсотковий вміст кальцій карбонату у взятій пробі.

Відповідь: 82,3 %.

713) До 107 г 20 %-ного розчину амоній хлориду прибавили 150 г 18 %-ного розчину натрій гідроксиду. Розчин прокип'ятили. Визначити, які речовини і у якій кількості (у мас. %) залишилося у розчині. Яка мінімальна кількість 60 %-ного розчину фосфатної (фосфорної) кислоти потрібно для поглинання газу, який виділяється при кип'ятінні?

Відповідь: 4,28 % NaOH ; 9,1 % NaCl ; 32,6 г 60 %-ного розчину H_3PO_4 .

714) Для визначення вмісту кухонної солі у технічному їдкому натрі, 2 г його розчинили у воді і до розчину, підкисленого HNO_3 , додали розчин AgNO_3 у надлишку. Маса осаду, який випав при цьому, дорівнює 0,287 г. Скільки відсотків NaCl містив їдкий натр?

Відповідь: 5,85 %.

715) До розчину, що містить 4,42 г суміші ферум (III) і алюміній (III) сульфату, додали надлишок розчину натрій гідроксиду. Осад відфільтрували і прожарили. Маса осаду, який одержали при цьому, дорівнює 1,42 г. Визначити вміст сульфатів алюмінію і феруму у взятому

розчині.

Відповідь: 1 г $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; 3,42 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

716) До розчину, який містить 49,8 г калій йодиду, додали 250 г розчину бром у воді. Йод, що виділився при цьому, вилучили, а розчин випарували. Маса сухого залишку дорівнює 45,1 г. Визначити відсоткову концентрацію бром у воді і склад сухого залишку.

Відповідь: 3,2 %; 33,2 г KI; 11,9 г KBr.

717) До 400 мл розчину купрум (II) сульфату прибавили розчин калій йодиду, у результаті чого утворилося 20,32 г йоду. Визначити молярну концентрацію розчину купрум (II) сульфату.

Відповідь: $C_M = 0,4$.

718) Через 500 мл розчину натрій гідроксиду з $C_M = 1,6$ пропустили 80 л повітря, яке містило 16,8 % (за об'ємом) нітроген діоксиду, розчин випарували. Визначити склад одержаного твердого залишку.

Відповідь: 20,7 г NaNO_2 , 25,5 г NaNO_3 і 8 г NaOH.

719) При обробці щавлевої (оксалатної) кислоти концентрованою сульфатною (сірчаною) кислотою виділяються карбон діоксид і карбон монооксид (кислота відіграє роль водовіднімаючої речовини). Одержані гази пропустили через розчин лугу, у результаті чого утворилося 400 г 10,6 %-ного розчину соди. Визначити об'єм (н. у.) карбон монооксиду, що утворився при цьому.

Відповідь: 8,96 л.

720) При пропусканні 20 л (н. у.) суміші H_2S з повітрям через 4 кг розчину сульфатної (сірчистої) кислоти утворилося 38,4 г сірки. Визначити відсоткову концентрацію сульфатної кислоти у розчині. Скільки літрів H_2S вступило в реакцію?

Відповідь: 0,82 %, 17,92 л.

721) При розчиненні у розведеній нітратній (азотній) кислоті 5,0 г сплаву Cu, Fe і Au, утворилося 1344 мл NO (н. у.) і 0,04 г осаду, який не розчинився у кислоті. Визначте відсотковий вміст сплаву.

Відповідь: 76,8 % Cu, 22,4 % Fe, 0,8 % Au.

722) У виробництві сульфатної (сірчаної) кислоти контактним способом із 14 тонн FeS_2 , що містить 42,4 % сірки, отримали 18 тонн сульфатної кислоти. Який відсоток від теоретично можливого становить цей вихід?

Відповідь: 99,0 %.

723) При розчиненні 4,0 г сплаву Cu, Fe і Al у хлоридній (соляній) кислоті утворилося 2016 мл водню (н. у.) і 1,24 г осаду, що не розчинився. Визначте відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 42 % Fe, 27 % Al, 31 % Cu.

724) Fe масою 12,2 г сплавляли із S масою 6,4 г, а потім до сплаву додали надлишок розчину HCl. Газ, що виділився, пропустили через 200 г розчину купрум (II) хлориду з концентрацією 15 % (за масою). Яка маса

осаду, що утворився при цьому?

Відповідь: 19,2 г.

725) На розчинення суміші оксидів ферума (II) і ферума (III) масою 14,64 г витрачено 89 мл розчину HNO_3 концентрації 30 % (густина $1,18\text{г/см}^3$). Обчисліть масові частки оксидів у суміші (у відсотках).

Відповідь: 34,36 % FeO ; 65,64 % Fe_2O_3 .

726) Із однієї тонни хромистого залізняка $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ утворилося при виплавленні 240 кг сплаву Fe з Cr – ферохрому, що містить 65 % хрому. Обчисліть відсотковий вміст домішок у руді.

Відповідь: 64,4 %.

727) При розчиненні 13,5 г суміші карбідів кальцію і алюмінію в хлоридній (соляній) кислоті отримали 5,6 л газу (н. у.), густина якого за воднем дорівнює 10. Визначте вміст карбідів кальцію й алюмінію у суміші.

Відповідь: 6,4 г CaC_2 , 7,1 г Al_4C_3 .

728) Суміш мідного купоросу і гіркої солі масою 3,0 г втратила після прожарювання половину своєї маси. Обчисліть масові частки солей у суміші.

Відповідь: 8 % $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 92% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

729) 1,0 г суміші ошурків Cu , Mg і Al обробили надлишком хлоридної (соляної) кислоти. Розчин відфільтрували. До фільтрату додали надлишок натрій гідроксиду. Одержаний при цьому осад відфільтрували, промили водою і прожарили до сталої маси, яка становила 0,635г. Залишок, що одержали після розчинення суміші ошурків у хлоридній кислоті, прожарили на повітрі до сталої маси, яка дорівнює 0,795 г. Обчисліть склад вихідної суміші у масових відсотках.

Відповідь: 63,5 % Cu , 24,5 % Mg і 12,0 % Al .

730) При розчиненні 3,0 г сплаву Mg і Al у сульфатній (сірчаній) кислоті утворилося 16,44 г сульфатів цих металів (у перерахунку на безводні солі). Визначте відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 64 % Mg , 36 % Al .

731) При розчиненні 4,5 г сплаву Al з Mg у кислоті виділилося 5,04 л водню (н. у.). Визначте відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 60 % Al , 40 % Mg .

732) У якому мольному відношенні потрібно змішати карбонати кальцію й магнію, щоб після прожарювання суміші за температури вище за 1000°C маса її зменшилася наполовину?

Відповідь: 1 : 3.

733) Для розчинення 60 г сплаву фосфору і кальцію витрачено 690 мл розчину HCl ($C_M = 3,0$). Визначте відсотковий склад суміші до і після сплавлення.

Відповідь: 69 % Ca , 31 % P ; 9 % Ca і 91 % Ca_3P_2 .

- 734) Суміш фосфату і нітрату амонію містить 30 % нітрогену. Скільки відсотків фосфору міститься у суміші?
Відповідь: 15,27 %.
- 735) При розчиненні 8,0 г сплаву цинку з алюмінієм у розчині луку виділилось 7,616 л водню (н.у.). Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 32,5 % Zn, 67,5 % Al.
- 736) При розчиненні 8,0 г сплаву цинку з алюмінієм у нітритній (азотній) кислоті одержали 50,16 г суміші нітратів цих металів. Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 67,5 % Al, 32,5 % Zn.
- 737) При розчиненні 1,86 г сплаву магнію з алюмінієм у розведеної нітратній (азотній) кислоті виділилося 560 мл нітроген (I) оксиду (н. у.). Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 87,1 % Al, 12,9 % Mg.
- 738) При розчиненні 6,0 г сплаву Cu, Fe і Al у хлоридній (соляній) кислоті утворилося 3,024 л (н. у.) водню і 1,86 г залишку, що не розчинився. Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 42 % Fe, 27 % Al, 31 % Cu.
- 739) При розчиненні 3,0 г сплаву магнію з алюмінієм у сульфатній (сірчаній) кислоті одержали 17,4 г сульфатів цих металів. Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 40 % Mg, 60 % Al.
- 740) При розчиненні 6,0 г сплаву Cu з Ag у нітратній (азотній) кислоті одержали 14,68 г суміші їх нітратів. Визначте відсотковий склад сплаву.
Відповідь: 64 % Cu, 36 % Ag.
- 741) Із фосфорного добрива фосфор осадили у вигляді $MgNH_4PO_4$. Після прожарювання маса одержаного магній пірофосфату (дифосфату) дорівнює 0,2548 г. Визначити вміст фосфору у добриві в грамах..
Відповідь: 0,071 г.
- 742) Із розчину хлорного вапна Ca^{2+} -іони осадили у вигляді $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$. Маса прожареного осаду CaO дорівнює 0,4850 г. Обчислити вміст кальцію у розчині хлорного вапна.
Відповідь: 0,3464 г.
- 743) Із розчину $Al_2(SO_4)_3$ SO_4^{2-} -іони осадили у вигляді $BaSO_4$, маса якого дорівнює 0,2543 г. Скільки грамів SO_4^{2-} -іонів і безводного $Al_2(SO_4)_3$ містилося у розчині?
Відповідь: 0,1047 г; 0,12443 г.
- 744) Розчин цинкового купоросу обробили розчином амоній тетрароданомеркуріату (II). Маса одержаного осаду цинк тетрароданомеркуріату (II) дорівнює 2,4839 г. Скільки грамів цинку містилося у розчині?
Відповідь: 0,3249 г.

- 745) Сплав, що містить невелику кількість Pb, після розчинення в кислоті обробили розчином K_2CrO_4 . Осад $PbCrO_4$ після висушування має масу 0,4582 г. Скільки грамів Pb містилося у сплаві?
Відповідь: 0,2937 г.
- 746) Pb, що входить до складу сплаву, після розчинення сплаву у кислоті, дією амоній молібдату переведено в $PbMoO_4$. Обчислити вміст Pb у сплаві, якщо маса висушеного осаду дорівнює 0,4852 г.
Відповідь: 0,2737 г.
- 747) Із наважки глини масою 2,3485 г після відповідної обробки одержали 0,2924 г SiO_2 та 0,0825 г Fe_2O_3 і Al_2O_3 . Обчислити відсотковий вміст SiO_2 та Fe_2O_3 і Al_2O_3 у цьому зразку глини.
Відповідь: 12,45 %, 3,5 %.
- 748) Із наважки сплаву, що містить Sn масою 0,2446 г, після відповідної обробки одержали 0,2625 г осаду SnO_2 . Обчислити відсотковий вміст Sn у сплаві.
Відповідь: 84,57 %.
- 749) Із наважки свинцевого сплаву масою 3,4845 г виділено у чистому вигляді Cu і Zn, маса яких дорівнює 0,0357 г. Обчислити відсотковий вміст Pb, прийнявши суму усіх компонентів сплаву за 100 %.
Відповідь: 98,98 %.
- 750) Із наважки глини масою 0,5340 г після відповідної обробки одержано 0,2345 г CaO і 0,0235 г MgO. Обчислити відсотковий вміст у глині $CaCO_3$ і $MgCO_3$.
Відповідь: 78,48 %; 9,24 %.
- 751) При визначенні магнію у доломіті із наважки масою 2,4548 г одержано 2,3748 г магній пірофосфату (дифосфату). Обчислити відсотковий вміст магнію і його карбонату у зразку, який досліджується.
Відповідь: 20,92 %, 73,21 %.
- 752) Обчислити відсотковий вміст вольфраму і цинку в сплаві, якщо із наважки сплаву масою 2,4850 г після прожарювання осажденої форми одержано оксиди WO_3 і ZnO , маса яких дорівнює 0,1348 і 0,1252 г відповідно.
Відповідь: 4,3 %; 4,04 %.
- 753) При аналізі мінералу на вміст фосфору була взята наважка масою 0,1112 г, із якої фосфор виділено у вигляді $P_2O_5 \cdot 24MoO_3$. Обчислити відсотковий вміст фосфору у мінералі, якщо маса одержаного осаду $P_2O_5 \cdot 24 MoO_3$ дорівнює 0,02010 г.
Відповідь: 0,31 %.
- 754) Для визначення вмісту сульфуру у чавуні взято наважку масою 6,0204 г. Після відповідної обробки одержано купрум (II) сульфід, при прожарюванні якого вилучено 0,0854 г CuO. Обчислити відсотковий

вміст сульфур у чавуні.

Відповідь: 0,567 %.

755) Із наважки органічної речовини, яка містить сульфур, масою 0,3245г, сульфур окиснено до SO_4^{2-} -іона і осаджено у вигляді BaSO_4 . Обчислити відсотковий вміст сульфур у речовині, якщо маса осаду BaSO_4 дорівнює 0,3248 г.

Відповідь: 13,74 %.

756) Який відсотковий вміст Sb_2S_3 у сур'мяному блиску, якщо із наважки його масою 0,2048 г увесь сульфур вилучений у вигляді BaSO_4 , маса якого дорівнює 0,2234 г?

Відповідь: 53,26 %.

757) Із наважки солі Мора масою 2,2548 г після відповідної обробки одержано 0,0862 г FeS . Обчислити відсотковий вміст FeSO_4 у солі Мора.

Відповідь: 6,6 %.

758) Обчислити відсотковий вміст FeSO_4 у солі Мора, якщо із наважки масою 5,4850 г, яку взяли для аналізу, вилучили 1,1848 г Fe_2O_3 .

Відповідь: 41,04 %.

759) При визначенні чистоти солі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ сульфат-іон вилучено у вигляді BaSO_4 , а Al^{3+} -іон – у вигляді AlPO_4 . Яка повинна бути маса AlPO_4 , якщо осад BaSO_4 має масу 0,1560 г?

Відповідь: 0,0545 г.

760) 0,2515 г суміші, яка містить, головним чином, CaSO_4 і CaCl_2 , послідовно обробили Na_2CO_3 і BaCl_2 . Одержали осад BaSO_4 і CaCO_3 масою 0,1063 і 0,1228 г відповідно. Обчислити відсотковий вміст кожної солі у суміші, враховуючи, що CaSO_4 не перетворюється у CaCO_3 .

Відповідь: 24,67 % CaSO_4 ; 54,19 % CaCl_2 .

15.1 Аналіз сплавів

Належність даного сплаву до певного типу дає можливість передбачити його наблизений склад. Наприклад, сплави алюмінію містять: Mg, Fe, Si, Ti, Cu, Zn, Mn, Ni і ін.; мідні сплави: Sn, Zn, Pb, Sb, Bi, Fe, Ni, Si, P і ін. (див. Додаток Л).

Перед початком аналізу звертають увагу на колір сплаву і його відношення до дії кислот та лугів.

Чавуни і сталі (основний елемент Fe) мають сірий або сріблястий колір і розчиняються у хлоридній (соляній) та сульфатній (сірчаній) кислотах.

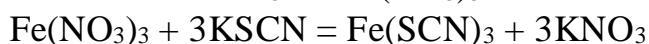
Латуні і бронзи (основний елемент Cu) відрізняються жовтуватим або золотистим кольором і розчиняються у нітратній (азотній) кислоті.

Легкі сплави (основний елемент Al) мають срібно-білий колір і розчиняються у розчині NaOH . За наявності Al спостерігається бурхливе виділення Гідрогену, тоді як з магнієвими сплавами луги не реагують.

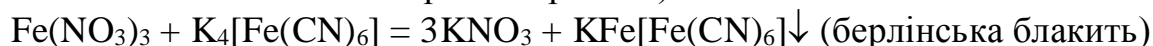
15.1.1 Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1 Яким чином можна встановити наявність Fe в сталі?

Розв'язування: Невелику кількість сплаву розчиняють при нагріванні у декількох краплях концентрованої HCl, потім додають 1-2 краплі розчину HNO₃ і здійснюють реакції на катіон Fe³⁺ [1,7,10,12]. Хімізм реакцій, які перебігають при цьому: Fe + 2HCl = FeCl₂ + H₂



(кров'янисто-
червоний розчин)



15.1.2 Контрольні завдання

- 761) Складіть схему визначення Мангану в сталі.
- 762) Як можна встановити наявність Хрому в сталі? Складіть схему ходу аналізу.
- 763) Як можна встановити наявність Ніколу в сталі? Запропонуйте хід визначення.
- 764) Складіть схему визначення Кобальту в сплаві.
- 765) Складіть схему визначення Феруму в сталі (через катіон Fe²⁺).
- 766) За допомогою методів хімічного аналізу доведіть наявність Купруму в сплаві.
- 767) Запропонуйте спосіб визначення Плюмбуму в сплаві.
- 768) Яким чином можна довести, що запропонований для аналізу зразок – срібло?
- 769) Доведіть, що дюралюміній – це сплав, який містить Mg та Al.
- 770) Складіть схему визначення Sn у сплаві.
- 771) Яким чином можна встановити наявність Цинку в сплаві? Складіть схему визначення.
- 772) Яким чином можна відрізнити латунь (сплав Cu та Zn) від бронзи (сплав Cu та Sn)? Складіть схему аналізу.
- 773) Яким чином можна відрізнити зразок дюралюмінію (сплав Al та Mg) від зразку алюмінію?
- 774) Яким чином можна відрізнити зразок сплава з Cr від зразка сплава з Ni?
- 775) Яким чином можна відрізнити нікелін (сплав Ni та Cu) від інвару (сплав Ni та Fe)?
- 776) Яким чином можна відрізнити зразок хрому від ферохрому?
- 777) Яким чином можна відрізнити мельхіор (сплав Cu, Ni, Fe та Mn) від нейзильбору (сплав Cu, Ni та Zn)?
- 778) Яким чином можна відрізнити олово від сплаву олова зі свинцем?
- 779) Складіть схему визначення Кадмію у сплаві?
- 780) Яким чином можна відрізнити алюмінієву бронзу від латуні?

Рекомендована література

- 1 Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. – М.: Химия, 1973
- 2 Ахметов Н.С. Неорганическая химия. – М.: Высш. шк., 1986
- 3 Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – Л.: Химия, 1989
- 4 Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Вища шк., 1988
- 5 Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Высш. шк., 1986
- 6 Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.:Химия, 1985
- 7 Крешков А. П. Основы аналитической химии, т.І, т.ІІ, т.ІІІ. – М.: Химия, 1976, 1977
- 8 Курс общей химии /Под ред. Н.В. Коровина. – М: Высш. шк., 1987
- 9 Некрасов Б.В. Учебник общей химии. – М.: Химия, 1981.
- 10 Пономарев В. Д. Аналитическая химия, т.І, т.ІІ. – М.: Высш. шк., 1982
- 11 Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Вища шк., 1988
- 12 Романова Н. В. Основы хімічного аналізу. – Київ: Освіта, 1992

Додаток А

Таблиця А.1 – Варіанти контрольних завдань

Номер варіанту	Номери завдань
1	2
01	1,21,41,61,81,101,121,141,161,181,201,221,241,261,281,301,321, 341,361,381,401,421,441,461,481,501,521,541,561,581,601,621, 641,661,681,701,721,741,761
02	2,22,42,62,82,102,122,142,162,182,202,222,242,262,282,302,322, 342,362,382,402,422,442,462,482,502,522,542,562,582,602,622, 642,662,682,702,722,742,762
03	3,23,43,63,83,103,123,143,163,183,203,223,243,263,283,303,323, 343,363,383,403,423,443,463,483,503,523,543,563,583,603,623, 643,663,683,703,723,743,763
04	4,24,44,64,84,104,124,144,164,184,204,224,244,264,284,304,324, 344,364,384,404,424,444,464,484,504,524,544,564,584,604,624, 644,664,684,704,724,744,764
05	5,25,45,65,85,105,125,145,165,185,205,225,245,265,285,305,325, 345,365,385,405,425,445,465,485,505,525,545,565,585,605,625, 645,665,685,705,725,745,765
06	6,26,46,66,86,106,126,146,166,186,206,226,246,266,286,306,326, 346,366,386,406,426,446,466,486,506,526,546,566,586,606,626, 646,666,686,706,726,746,766
07	7,27,47,67,87,107,127,147,167,187,207,227,247,267,287,307,327, 347,367,387,407,427,447,467,487,507,527,547,567,587,607,627, 647,667,687,707,727,747,767
08	8,28,48,68,88,108,128,148,168,188,208,228,248,268,288,308,328, 348,368,388,408,428,448,468,488,508,528,548,568,588,608,628, 648,668,688,708,728,748,768
09	9,29,49,69,89,109,129,149,169,189,209,229,249,269,289,309,329, 349,369,389,409,429,449,469,489,509,529,549,569,589,609,629, 649,669,689,709,729,749,769
10	10,30,50,70,90,110,130,150,170,190,210,230,250,270,290,310, 330,350,370,390,410,430,450,470,490,510,530,550,570,590,610, 630,650,670,690,710,730,750,770
11	11,31,51,71,91,111,131,151,171,191,211,231,251,271,291,311, 331,351,371,391,411,431,451,471,491,511,531,551,571,591,611, 631,651,671,691,711,731,751,771

Продовження таблиці А.1	
1	2
12	12,32,52,72,92,112,132,152,172,192,212,232,252,272,292,312, 332,352,372,392,412,432,452,472,492,512,532,552,572,592,612, 632,652,672,692,712,732,752,772
13	13,33,53,73,93,113,133,153,173,193,213,233,253,273,293,313, 333,353,373,393,413,433,453,473,493,513,533,553,573,593,613, 633,653,673,693,713,733,753,773
14	14,34,54,74,94,114,134,154,174,194,214,234,254,274,294,314, 334,354,374,394,414,434,454,474,494,514,534,554,574,594,614, 634,654,674,694,714,734,754,774
15	15,35,55,75,95,115,135,155,175,195,215,235,255,275,295,315, 335,355,375,395,415,435,455,475,495,515,535,555,575,595,615, 635,655,675,695,715,735,755,775
16	16,36,56,76,96,116,136,156,176,196,216,236,256,276,296,316, 336,356,376,396,416,436,456,476,496,516,536,556,576,596,616, 636,656,676,696,716,736,756,776
17	17,37,57,77,97,117,137,157,177,197,217,237,257,277,297,317, 337,357,377,397,417,437,457,477,497,517,537,557,577,597,617, 637,657,677,697,717,737,757,777
18	18,38,58,78,98,118,138,158,178,198,218,238,258,278,298,318, 338,358,378,398,418,438,458,478,498,518,538,558,578,598,618, 638,658,678,698,718,738,758,778
19	19,39,59,79,99,119,139,159,179,199,219,239,259,279,299,319, 339,359,379,399,419,439,459,479,499,519,539,559,579,599,619, 639,659,679,699,719,739,759,779
20	20,40,60,80,100,120,140,160,180,200,220,240,260,280,300,320, 340,360,380,400,420,440,460,480,500,520,540,560,580,600,620, 640,660,680,700,720,740,760,780
21	2,23,44,65,86,107,128,149,170,182,203,224,245,266,287,304,325, 346,367,388,409,430,451,462,483,504,525,546,567,588,609,630, 651,672,693,704,725,746,766
22	3,24,45,66,87,108,129,150,171,183,204,225,246,267,288,305,326, 347,368,389,410,431,452,463,484,505,526,547,568,589,610,631, 652,673,694,705,726,747,767
23	4,24,46,67,88,109,130,151,172,184,205,226,247,268,289,306,327, 348,369,390,411,432,453,464,485,506,527,548,569,590,611,632, 653,674,695,706,727,748,768
24	5,26,47,68,89,110,131,152,173,185,206,227,248,269,290,307,328, 349,370,391,412,433,454,465,486,507,528,549,570,591,612,633, 654,675,696,707,728,749,769

Продовження таблиці А.1	
1	2
25	2,27,48,69,90,111,132,153,174,186,207,228,249,270,291,308,329,350,371,392,413,434,455,466,487,508,529,550,571,592,613,634,655,676,697,708,729,750,770
26	7,28,49,70,91,112,133,154,175,187,208,229,250,271,292,309,330,351,372,393,414,435,456,467,488,509,530,551,572,593,614,635,656,677,698,709,730,751,771
27	8,29,50,71,92,113,134,155,176,188,209,230,251,272,293,310,331,352,373,394,415,436,457,468,489,510,531,552,573,594,615,636,657,678,699,710,731,752,772
28	9,30,51,72,93,114,135,156,177,189,210,231,252,273,294,311,332,353,374,395,416,437,458,469,490,511,532,553,574,595,616,637,658,679,700,711,732,753,773
29	10,31,52,73,94,115,136,157,178,190,211,232,253,274,295,312,333,354,375,369,417,438,459,470,491,512,533,554,575,596,617,638,659,670,682,712,733,754,774
30	11,32,53,74,95,116,137,158,179,191,212,233,254,275,296,313,334,355,376,397,418,439,460,471,492,513,534,555,576,597,618,639,660,671,683,713,734,755,775
31	12,33,54,75,96,117,138,159,180,192,213,234,255,276,297,314,335,356,377,398,419,440,442,472,493,514,535,556,577,598,619,640,643,672,684,714,735,756,776
32	13,34,55,76,97,118,139,160,163,193,214,235,256,277,298,315,336,357,378,399,420,423,444,475,494,515,536,557,578,599,620,621,644,673,685,716,737,757,777
33	14,35,56,77,98,119,140,142,164,195,216,237,258,279,299,316,337,358,378,400,401,424,445,476,495,516,537,558,579,600,602,623,645,674,686,717,738,758,778
34	15,36,57,78,99,120,121,143,165,196,217,238,259,280,300,317,338,359,380,382,402,425,446,477,496,517,538,559,580,583,604,625,646,677,688,719,739,759,779
35	16,37,58,79,100,103,122,144,166,197,218,239,260,261,282,318,339,360,362,383,404,426,447,478,497,518,539,560,562,584,605,626,647,678,689,720,740,760,780
36	17,38,59,80,81,104,123,145,167,198,219,240,242,263,284,319,340,342,363,384,405,427,448,479,498,519,540,542,563,585,606,627,648,679,690,702,723,742,762
37	18,39,60,61,82,105,124,146,168,199,220,222,243,264,285,320,322,343,364,385,406,428,449,480,499,520,522,543,564,586,607,628,649,680,691,703,724,743,763

--	--

Продовження таблиці А.1	
1	2
38	19,40,41,62,83,106,125,147,169,200,202,223,244,265,286,302, 323,344,365,386,407,429,450,462,500,503,523,544,565,587,608, 629,650,661,692,704,725,744,764
39	20,21,42,63,84,107,126,148,170,182,203,224,245,266,287,303, 324,345,366,387,408,430,451,463,483,504,525,546,567,588,609, 630,651,662,693,705,726,745,765
40	1,22,43,64,85,108,127,149,171,183,204,225,246,267,288,304,325, 346,367,388,409,431,452,464,485,506,527,548,569,590,610,631, 652,663,694,706,727,746,766
41	2,23,44,65,86,109,128,150,172,184,205,226,247,268,289,305,326, 347,368,389,410,432,453,465,486,507,528,549,570,591,611,632, 653,664,695,707,728,747,767
42	3,24,45,66,87,110,129,151,173,185,206,227,248,269,290,306,327, 348,369,390,411,433,454,466,487,508,529,550,571,592,612,633, 654,665,696,708,729,748,768
43	4,25,46,67,88,111,130,152,174,186,207,228,249,270,291,307,328, 349,370,391,412,434,455,467,488,509,530,551,572,593,613,634, 655,666,697,709,730,749,769
44	5,26,47,68,89,112,131,153,175,187,208,229,250,271,292,308,329, 350,372,393,414,436,457,468,489,510,531,552,573,594,614,635, 656,667,698,710,731,750,770
45	6,27,48,69,90,113,132,154,176,188,209,230,251,272,293,309,330, 351,372,394,415,437,458,469,490,511,532,553,574,595,615,636, 657,668,699,711,732,751,771
46	7,28,49,70,91,114,133,155,177,189,210,231,252,273,294,310,331, 352,373,395,416,438,459,470,491,512,533,554,575,596,616,637, 658,669,700,712,733,752,772
47	8,29,50,71,92,115,134,152,178,190,211,232,253,274,295,311,332, 353,374,396,417,439,460,471,492,513,534,555,576,597,617,638, 659,670,681,713,734,753,773
48	9,30,51,72,93,116,135,157,179,191,212,233,254,275,296,312,333, 354,375,397,418,440,442,472,493,514,535,556,577,598,618,639, 660,671,682,714,735,754,774
49	10,31,52,73,94,117,136,158,180,192,213,234,255,276,297,313, 334,355,376,398,419,422,443,474,495,516,537,558,579,600,619, 640,643,672,683,715,736,755,775
50	11,32,53,74,95,118,137,159,162,193,214,235,256,277,298,314, 335,356,377,398,420,423,444,475,496,517,538,559,580,584,620, 623,644,673,684,716,737,756,776

Er	68	Ербій	Ербій	Mo	42	Молібден	Молібден
Продовження таблиці Б.1							
1	2	3	4	5	6	7	8
N	7	Нітроген, Азот, Нітр	Азот	Se	34	Селен	Селен
Na	11	Натрій	Натрій	Si	14	Силіцій	Силіцій, Кремній
Nb	41	Ніобій	Ніобій	Sm	62	Самарій	Самарій
Nd	60	Неодим	Неодим	Sn	50	Станум, Стан	Олова, цина
Ne	10	Неон	Неон	Sr	38	Стронцій	Стронцій
Ni	28	Нікол, Нікель	Нікель	Ta	73	Тантал	Тантал
No	10 2	Нобелій	Нобелій, Жоліотій	Tb	65	Тербій	Тербій
Np	93	Нептуній	Нептуній	Tc	43	Технецій	Технецій
O	8	Оксиген, Кисень	Кисень	Te	52	Телур	Телур
Os	75	Осмій	Осмій	Th	90	Торій	Торій
P	15	Фосфор	Фосфор	Ti	22	Титан, Тітан	Титан
Pa	91	Протакти- ній	Протакти- ній	Tl	81	Талій	Талій
Pb	82	Плюмбум	Плюмбум	Tm	69	Тулій	Тулій
Pd	46	Паладій	Паладій	U	92	Уран	Уран
Pm	61	Прометій	Прометій	Unh	106	Унілгексій	---
Po	84	Полоній	Полоній	Uno	108	Унілоктій	---
Pr	59	Празео- дим	Празео- дим	Unp	105	Унілпентій	Нільсборій
Pu	94	Плутоній	Плутоній	Unq	104	Унілквадій	Курчатовій
Ra	88	Радій	Радій	Uns	107	Унілсептій	---
Rb	37	Рубідій	Рубідій	V	23	Ванадій	Ванадій
Re	75	Реній	Реній	W	74	Вольфрам	Вольфрам
Rh	45	Родій	Родій	Xe	54	Ксенон	Ксенон
Rn	86	Радон	Радон	Y	39	Ітрій	Ітрій
Ru	44	Рутеній	Рутеній	Yb	70	Ітербій	Ітербій
S	16	Сульфур, Сірка, Сулфур	Сірка	Zn	30	Цинк	Цинк
Sb	51	Стибій	Стибій, Сурма	Zr	40	Цирконій	Цирконій
Sc	21	Скандій	Антимо- ній, Скандій				

Додаток В

Таблиця В.1 – Назви деяких кислот

Формула	Традиційна	Систематична	Раціональна
H_2SO_4	Сірчана	Дигідроген тетраоксосульфат (VI)	Сульфатна кислота
$HMnO_4$	Манганова	Гідроген тетраоксоманганат (VII)	Перманганатна кислота
HCl	Соляна	Гідроген хлорид (хлороводнева)	Хлоридна
$HClO_2$	Хлориста	Гідроген диоксохлорат (III)	Хлоритна кислота
$H[AuCl_4]$	Хлорозолота	Гідроген тетрахлороаурат (III)	Тетрахлороауратна кислота
HNO_3	Азотна	Гідроген триоксонітрат (V)	Нітратна кислота
H_2S	Сірководнева	Дигідроген сульфід	Сульфідна кислота
H_2SO_3	Сірчиста	Дигідроген триоксосульфат (IV)	Сульфитна кислота
$H_2S_2O_3$	Тіосірчана	Дигідроген триоксотіосульфат (VI)	Тіосульфатна кислота
H_2CO_3	Вуглецева	Дигідроген триоксокарбонат (IV)	Карбонатна кислота
H_2SeO_3	Селениста	Дигідроген триоксоселенат (IV)	Селенітна кислота

Додаток Д

Таблиця Д.1 – Стандартизовані і тривіальні назви деяких неорганічних сполук

Хімічна формула	Назва	
	Стандартизована	тривіальна (випадкова), раціональна (*)
Хімічні реактиви загального призначення		
NaOH (твердий)	Натрій гідроксид (твердий)	Їдкий натр (твердий); каустична сода; каустик; твердий натрійний луг*
NaOH (у розчині)	Натрій гідроксид (у розчині)	Їдкий натр (у розчині); натрійний луг*
Na ₂ CO ₃	Динатрій карбонат; натрій триоксокарбонат (IV)	Кальцинована сода
NaHCO ₃	Натрій гідрогенкарбонат	Двовуглекисла сода; бікарбонат натрію; питна сода; чайна сода; гідрокарбонат натрію*
K ₂ CO ₃	Дикалій карбонат; калій триоксокарбонат (IV)	Поташ
Na ₂ S ₂ O ₃	Динатрій тіосульфат (VI); натрій триоксотіосульфат (VI)	Гіпосульфїт; натрій тіосульфат*
Пігменти		
2PbCO ₃ · Pb(OH) ₂ або Pb ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂	Бісплюмбум (II) карбонат · плюмбум дигідроксид; триплюмбум дигідроксид дикарбонат	Свинцеве білило

Додаток Е

Таблиця Е.1 – Стандартні ентальпії утворення ΔH^0_{298} , ентропії S^0_{298} і енергії Гіббса ΔG^0_{298} деяких речовин при 298 К (25° С)

Речовина	ΔH^0_{298} , кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	ΔG^0_{298} , кДж/моль
Al ₂ O _{3(к)}	-1676,0	50,9	-1582,0
BaCO _{3(к)}	-1176,76	112,1	-1138,8
BaO _(к)	-538,9	67,87	-527,5
BeCO _{3(к)}	–	–	-944,75
BeO _(к)	–	–	-581,61
C _(графіт)	0	5,74	0
C _(алмаз)	1,897	2,38	–
CH _{4(г)}	-74,9	186,2	-50,8
C ₂ H _{2(г)}	226,8	200,8	209,2
C ₂ H _{4(г)}	52,3	219,4	68,1
C ₂ H _{6(г)}	-89,7	229,5	-32,9
CH ₃ OH _(р)	-238,7	126,7	-167,22
C ₂ H ₅ OH _(р)	-277,67	160,7	-174,8
C ₂ H ₅ OH _(г)	-235,31	–	–
C ₆ H _{6(р)}	89,2	269,2	129,7
C ₆ H ₁₂ O _{6(глюкоза)}	-1273,0		-919,5
CO _(г)	-110,5	197,5	-137,1
CO _{2(г)}	-393,5	213,7	-394,4
COCl ₂	-219,50	283,64	-205,31
CaCO _{3(к)}	-1207,0	88,7	-1127,7
CaO _(к)	-635,5	39,7	-604,2
Ca(OH) _{2(к)}	-986,6	76,1	-896,8
Cl _{2(г)}	0	222,9	0
Cr ₂ O _{3(к)}	-1440,6	81,2	-1050,0
Cu	0	33,3	0
CuO _(к)	-162,0	42,6	-129,9
Fe _(к)	0	27,15	0
FeO _(к)	-264,8	60,8	-244,3
Fe ₂ O _{3(к)}	-822,2	87,4	-740,3
Fe ₃ O _{4(к)}	-1117,1	146,2	-1041,2
H _{2(г)}	0	130,5	0
HCl _(г)	-92,3	186,8	-95,2
H ₂ O _(г)	-241,8	188,7	-228,6
H ₂ O _(р)	-285,8	70,1	-237,3
H ₂ S _(г)	-21,0	205,7	-33,8

Продовження таблиці Е.1			
$\text{HI}_{(r)}$	25,9	206,5	1,3
$\text{KCl}_{(к)}$	-435,9	82,6	-408,0
$\text{KClO}_{3(к)}$	-391,2	143,0	-289,9
$\text{MgCO}_{3(к)}$	-	65,69	-1028,3
$\text{MgO}_{(к)}$	-601,8	26,9	-569,6
$\text{N}_{2(r)}$	0	199,9	0
$\text{NH}_{3(r)}$	-46,2	192,6	-16,7
$\text{N}_{2}\text{O}_{(r)}$	82,0	219,9	104,1
$\text{NO}_{(r)}$	90,3	210,6	86,6
$\text{NO}_{2(r)}$	33,5	240,2	51,5
$\text{N}_{2}\text{O}_{4(r)}$	9,6	303,8	98,4
Ni	0	30,1	0
$\text{NiO}_{(к)}$	-239,7	38,0	-211,6
$\text{O}_{2(r)}$	0	205,0	0
$\text{P}_{2}\text{O}_{3(к)}$	-820,0	173,5	-
$\text{P}_{2}\text{O}_{5(к)}$	-1492,0	114,5	-1348,8
Pb	0	64,9	0
$\text{PbO}_{(к)}$	-219,3	66,1	-189,1
$\text{PbO}_{2(к)}$	-276,6	74,9	-218,3
$\text{PCl}_{3(r)}$	-	311,66	-
$\text{PCl}_{5(r)}$	-	352,71	-
$\text{CS}_{2(r)}$	115,28	229,6	62,82
$\text{NH}_{4}\text{Cl}_{(к)}$	-315,39	94,5	-203,88
$\text{ZnO}_{(к)}$	-350,6	43,6	-320,7

Додаток Ж

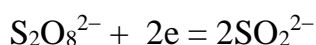
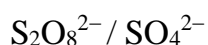
Таблиця Ж.1 – Константи дисоціації деяких слабких електролітів у водних розчинах за 25 °С

Електроліт	К	pK = -lgK
Амоній гідроксид $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Боратна кислота H_3BO_3	K_1 $5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
	K_2 $1,8 \cdot 10^{-13}$	12,75
	K_3 $1,6 \cdot 10^{-14}$	13,80
Гіпохлоритна кислота HClO	$5,0 \cdot 10^{-8}$	7,30
Карбонатна кислота H_2CO_3	K_1 $4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	K_2 $4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33
Нітритна кислота HNO_2	$4,0 \cdot 10^{-4}$	3,40
Оцтова кислота CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Сульфатна кислота H_2SO_4	K_2 $1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
Сульфїтна кислота H_2SO_3	K_1 $1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80
	K_2 $6,3 \cdot 10^{-8}$	7,21
Сульфїдна кислота H_2S	K_1 $6,0 \cdot 10^{-8}$	7,22
	K_2 $1,2 \cdot 10^{-15}$	14,92
Формїатна кислота HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Фосфатна кислота H_3PO_4	K_1 $7,5 \cdot 10^{-3}$	2,12
	K_2 $6,3 \cdot 10^{-8}$	7,20
	K_3 $1,3 \cdot 10^{-12}$	11,89
Фторидна кислота HF	$6,6 \cdot 10^{-4}$	3,18
Цїанїдні кислота HCN	$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,24

Додаток К

Таблиця К.1 – Стандартні потенціали металічних і газових електродів
(T = 298 K)

Електрод	Електрична реакція	E°, В
1	2	3
Li ⁺ / Li	Li ⁺ + e = Li	- 3,045
K ⁺ / K	K ⁺ + e = K	- 2,925
Ba ²⁺ / Ba	Ba ²⁺ + 2e = Ba	- 2,906
Ca ²⁺ / Ca	Ca ²⁺ + 2e = Ca	- 2,866
Mg ²⁺ / Mg	Mg ²⁺ + 2e = Mg	- 2,363
Al ³⁺ / Al	Al ³⁺ + 3e = Al	- 1,662
Ti ²⁺ / Ti	Ti ²⁺ + 2e = Ti	- 1,628
Mn ²⁺ / Mn	Mn ²⁺ + 2e = Mn	- 1,180
Cr ²⁺ / Cr	Cr ²⁺ + 2e = Cr	- 0,913
Zn ²⁺ / Zn	Zn ²⁺ + 2e = Zn	- 0,763
Cr ³⁺ / Cr	Cr ³⁺ + 3e = Cr	- 0,744
S ⁰ / S	S ⁰ + 2e = S ²⁻	- 0,510
Fe ²⁺ / Fe	Fe ²⁺ + 2e = Fe	- 0,440
Sn ²⁺ / Sn	Sn ²⁺ + 2e = Sn	- 0,136
Pb ²⁺ / Pb	Pb ²⁺ + 2e = Pb	- 0,126
Fe ³⁺ / Fe	Fe ³⁺ + 3e = Fe	- 0,036
H ⁺ / H ₂	H ⁺ + e = ½ H ₂	0,000
Cu ²⁺ / Cu	Cu ²⁺ + 2e = Cu	+ 0,337
Ag ⁺ / Ag	Ag ⁺ + e = Ag	+ 0,799
Hg ²⁺ / Hg	Hg ²⁺ + 2e = Hg	+ 0,854
Br ₂ / Br ⁻	½ Br ₂ + e = Br ⁻	+ 1,065
Cl ₂ / Cl ⁻	½ Cl ₂ + e = Cl ⁻	+ 1,359
Стандартні окисно-відновні потенціали (T = 298K)		
Cr ³⁺ / Cr ²⁺	Cr ³⁺ + e = Cr ²⁺	- 0,408
Sn ⁴⁺ / Sn ²⁺	Sn ⁴⁺ + 2e = Sn ²⁺	+ 0,150
[Co(NH ₃) ₆] ³⁺ / [Co(NH ₃) ₆] ²⁺	[Co(NH ₃) ₆] ³⁺ + e = [Co(NH ₃) ₆] ²⁺	+ 0,160
SO ₄ ²⁻ / H ₂ S	SO ₄ ²⁻ + 10H ⁺ + 8e = H ₂ S _{aq} + 4H ₂ O	+ 0,303
[Fe(CN) ₆] ³⁻ / [Fe(CN) ₆] ⁴⁻	[Fe(CN) ₆] ³⁻ + e = [Fe(CN) ₆] ⁴⁻	+ 0,360
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	Fe ³⁺ + e = Fe ²⁺	+ 0,771
NO ₃ ⁻ / NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻ + 2H ⁺ + 2e = NO ₂ ⁻ + H ₂ O	+ 0,940
Cr ₂ O ₇ ²⁻ / Cr ³⁺	Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14H ⁺ + 6e = 2Cr ³⁺ + 7H ₂ O	+ 1,330
PbO ₂ / Pb ²⁺	PbO ₂ + 4H ⁺ + 2e = Pb ²⁺ + 2H ₂ O	+ 1,455
MnO ₄ ⁻ / Mn ²⁺	MnO ₄ ⁻ + 8H ⁺ + 5e = Mn ²⁺ + 4H ₂ O	+ 1,510
PbO ₂ / PbSO ₄	PbO ₂ + 4H ⁺ + SO ₄ ²⁻ + 2e = PbSO ₄ + H ₂ O	+ 1,640
H ₂ O ₂ / H ₂ O	H ₂ O ₂ + 2H ⁺ + 2e = 2H ₂ O	+ 1,776



+ 2,010

Додаток Л

Таблиця Л.1 – Характеристика сплавів деяких кольорових металів

Сплав	Склад, %	$T_{пл.}, ^\circ C$	Застосування
Алюмінієво-марганцева бронза	Cu (≈ 90), Al (8,5-9,5), Mn (1,5-2)	1060	Виготовлення деяких деталей машин
Берилієва бронза	Cu (97,4-98), Be (2-2,6)	1000	Для виготовлення пружин та інструментів, які при ударі не утворюють іскру
Латунь	Cu (57-60), Zn (40-43)	900	Виготовлення деталей та предметів побуту, в тому числі корозійностійких
Нейзільбер	Cu (≈ 65), Zn (20), Ni (15)	1040	Для виготовлення монет
Константан	Cu (≈ 60), Ni (39-41), Mn (0,4-0,6)	1270	Для виготовлення деталей електровимірювальних приладів
Мельхіор	Cu (≈ 80), Ni (18,5-20,5), Fe (0,1-1)	1170	Для виготовлення деталей машин, інструментів, монет
Нікелін	Cu (65-67), Ni (33-35), Mn (0,4-0,6)	1250	Для виготовлення деталей електричних нагрівачів
Легкоплавкий сплав	Bi (36), Pb (28), Cd (6), Hg (30)	48	У автоматичних вогнегасниках та засобах сигналізації, яка спрацьовує при досягненні певної температури
Сплав Вуда	Bi (50), Pb (25), Cd (12,5), Sn (12,5)	60,5	
Електрон	Mg (86,5-96,6), Al (3-10), Zn (0,2-3), Mn (0,15-0,5)	625	В ракетній техніці, авіа- та автобудуванні

Зміст

Вступ.....	3
1 Класи і номенклатура неорганічних сполук. Стехіометричні розрахунки.....	4
2 Основні хімічні поняття і закони. Еквіваленти і еквівалентні маси речовин.....	17
3 Сучасна теорія будови атомів і періодичний закон Д. І. Менделєєва.....	20
4 Основні закономірності протікання хімічних реакцій. Елементи хімічної термодинаміки і термохімії.....	26
5 Хімічна кінетика і рівновага.....	32
6 Розчини. Концентрація розчинів. Теорія електролітичної дисоціації. Кислотно-основна рівновага.....	38
7 Окисно-відновні реакції.....	52
8 Електроліз.....	57
9 Метали і сплави. Легкі конструкційні метали (Be, Mg, Al, Ti).....	66
10 d-Елементи VI В і VII В підгруп (Cr, Mo, W, Mn, Tc, Re).....	78
11 d-Елементи VIII В підгрупи (Fe, Co, Ni).....	82
12 d-Елементи I В і II В підгруп (Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg).....	86
13 p-Елементи III А – IV А груп (B, C, Si, Ge, Sn, Pb).....	89
14 Полімерні матеріали та їх практичне значення.....	91
15 Завдання підвищеної складності.....	97
Рекомендована література.....	106
Додатки.....	107