

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

ЗАДАЧІ І ВПРАВИ З ХІМІЇ

для студентів спеціальності 6.090800 –
"Електричні системи та мережі"

Затверджено на засіданні
кафедри хімії і КМ
протокол № 6 від 29.01.02 р.

Чернігів ЧДТУ 2002

Задачі і вправи з хімії для студентів спеціальності 6.090800 – "Електричні системи та мережі". /Укл.: О.М. Красовський, О.І. Сиза, В.М. Челябієва. – Чернігів: ЧДТУ, 2002. – 132 с.

Укладачі: Красовський Олександр Миколайович,
професор, доктор фармацевтичних наук

Сиза Ольга Іллівна,
доцент, кандидат технічних наук

Челябієва Вікторія Миколаївна,
кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: Красовський Олександр Миколайович,
завідувач кафедри хімії і конструкційних
матеріалів, професор, доктор фарм. наук

Рецензент: Косухіна Л.Д., доцент, канд. техн. наук

Вступ

Задачі і вправи з загальної та неорганічної хімії укладено відповідно з програмою дисципліни “Хімія” для студентів енергетичних спеціальностей. Вони охоплюють питання загальнотеоретичної та спеціальної частини хімії.

У загальнотеоретичну частину включено завдання з основних законів і понять хімії, сучасної номенклатури неорганічних речовин і їх взаємних перетворень, будови атомів, енергетики і кінетики хімічних процесів, розчинів, їх концентрації і властивостей. Особлива увага приділена питанням термодинаміки і кінетики хімічних та окиснювально-відновних процесів, гальванічним елементам та електролізу.

Спеціальна частина включає в себе хімію конструкційних і електротехнічних матеріалів, властивостей металів і неметалів, а також полімерних матеріалів.

Нумерація вправ і задач (контрольні завдання) є суцільною (від № 1 до № 800), тому в додатку А наведено варіанти контрольних завдань, за якими кожний студент протягом семестру виконує персональне контрольне завдання.

З метою надання студентам методичної допомоги, у кожному розділі наведено приклади розв’язання типових задач, що сприятиме своєчасному виконанню ними контрольних завдань, а викладачам – контролювати їх самостійну роботу (домашнє завдання).

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

1 Сучасна номенклатура неорганічних сполук і їх взаємні перетворення. Стехіометричні розрахунки

Основні типи хімічних реакцій – це приєднання, розкладу, заміщення та обміну. Повторіть їх і наведіть приклади.

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

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 ЕОМ;
- єдині правила, якими слід користуватися, створені Комісією з номенклатури Міжнародної Спілки Чистої та Прикладної хімії (IUPAC), при цьому назви аніонів йдуть за назвами катіонів;
- назви оксидів (окиснів) будуються так: N_2O_5 – діазот пентаоксид (азот геміпентаоксид), азот (V) оксид, азот (5^+) оксид; Al_2O_3 – діалюміній триоксид (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 фтором (флуором): OF_2 – кисень дифторид (дифлуорид); O_2F_2 – дикисень дифторид (дифлуорид);
- назви основ та амфотерних гідроксидів утворюються з назви катіона і слова гідроксид: KOH – калій гідроксид, $TiOH$ – талій (I) гідроксид, $Cr(OH)_3$ – хром тригідроксид;
- 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 водню: H_2SeO_3 – водень селенат (IV) або дигідроген триоксоселенат, або селенітна (IV) кислота; H_2SO_4 – водень тетраоксосульфат (VI) або сульфатна (VI) кислота,

- або сульфатна кислота; HMnO_4 – моноводень тетраоксоманганат або гідроген тетраоксоманганат (VII), або перманганатна кислота; HNO_3 – водень нітрат (V) або водень триоксонітрат, 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 або хлоридна; HBr – бромоводнева кислота або бромідна; HCN – ціановоднева кислота або ціанідна; HN_3 – азидоводнева кислота або азидна;
 - назви солей легко утворюються з назв катіонів і аніонів з відповідними числівниковими префіксами: ZnSO_4 – цинк (II) сульфат, $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ – диртуть динітрат, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – діамоній дихромат (VI) або амоній (+1) дихромат (2-), $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ дизалізо трисульфат;
 - до назви кислих солей додається слово водень (гідроген) з відповідним числовим префіксом: NaHCO_3 – натрій гідрогенкарбонат (водень карбонат), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – амоній дигідрогенфосфат (диводеньфосфат), $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – діамоній гідрогенфосфат (моноводеньфосфат), NaHS – натрій гідрогенсульфід;
 - основні солі можуть називатись, як подвійні, вважаючи O^{2-} та OH^- за гетероаніони: CaClOH – кальцій гідроксид хлорид, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ або $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – дикупрум дигідроксид карбонат або біс(гідроксомідь) карбонат, димідь дигідроксид карбонат.

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:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0} \quad (1.2)$$

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.).

1.1.1.2 Приклади розв'язання 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, $T_1 = 273 + 27 = 300$ К і $T_2 = 273 + 57 = 330$ К. Тоді за законом Бойля-Маріотта:

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

Приклад 2 За 15 °С 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 $T_1 = 273 + 15 = 288$ К, $P_1 = 91,2 \cdot 10^2$ кПа, $P_2 = 101,33 \cdot 10^2$ кПа. Тоді, за законом Гей-Люссака:

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

Приклад 3 За 25 °С 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°С 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 O₂ і 4 л SO₂, 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 сірки діоксиду – в 6/4=1,5 рази. У стільки ж раз зменшиться парціальний тиск газів:

$$P_{O_2} = 100/3 = 33,3 \text{кПа}, P_{SO_2} = 100/1,5 = 66,7 \text{кПа}$$

Приклад 5 Змішують 3 л CO₂, 4 л O₂ і 6 л N₂. До змішування тиск CO₂, O₂ і N₂ складав відповідно 96; 108 і 90,6 кПа. Загальний об'єм суміші 10 л. Визначити тиск 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):

$$P_{CO_2} = \frac{96 \cdot 3}{10} = 28,8 \text{ кПа}$$

$$P_{O_2} = \frac{108 \cdot 4}{10} = 43,2 \text{ кПа}$$

$$P_{N_2} = \frac{90,6 \cdot 6}{10} = 54,4 \text{ кПа}$$

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

Приклад 6 Обчисліть молекулярну масу бензену C₆H₆, знаючи, що маса 600 мл його пари за 87 °С і тиску 83,2 кПа дорівнює 1,3 г.

Розв'язування: Виражають дані задачі у одиницях СІ (P=8,32·10⁴Па; V = 6 · 10⁻⁴ м³; m = 1,3 · 10⁻³ кг; T = 360 К) і підставляють їх у рівняння Клапейрона-Менделєєва:

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

=78 г/моль

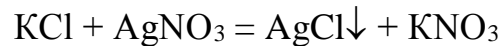
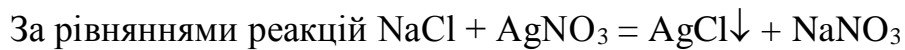
Молекулярна маса бензену дорівнює 78 а.о.м.

1.1.2 Класи і номенклатура неорганічних сполук

1.1.2.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Суміш солей NaCl і KCl, маса якої 0,325 г, розчинили у воді і до розчину додали надлишок розчину AgNO₃. 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 компонента суміші:

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

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

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

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

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:

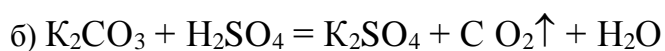
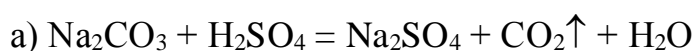
$$m_{\text{KCl}} = \frac{0,079}{0,53} = 0,149 \text{ г}$$

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

Приклад 2 Суміш карбонатів калію і натрію 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'язання 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 $V_a(\text{CO}_2)$ об'єм вуглець диоксиду, що утворився в реакції (а). Тоді внаслідок реакції (б) виділиться:

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

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

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

$$n_a(\text{CO}_2) = \frac{V_a(\text{CO}_2)}{V_m}; \quad n_b(\text{CO}_2) = \frac{V_b(\text{CO}_2)}{22,4} \text{ моль};$$

$$n_{(K_2CO_3)} = \frac{m_{(K_2CO_3)}}{M_{(K_2CO_3)}} = \frac{7 - m_{(Na_2CO_3)}}{138} \text{ моль};$$

$$n_{\delta(CO_2)} = \frac{V_{\delta(CO_2)}}{V_m}; \quad n_{\delta(CO_2)} = \frac{1,344 - V_a(CO_2)}{22,4} \text{ моль};$$

З рівняння (а) випливає: $n(Na_2CO_3) = n_a(CO_2)$,

$$\text{або} \quad \frac{m_{(Na_2CO_3)}}{106} = \frac{V_a(CO_2)}{22,4} \quad (\text{в})$$

З рівняння (б) випливає: $n(K_2CO_3) = n_{\delta}(CO_2)$,

$$\text{або} \quad \frac{7 - m_{(Na_2CO_3)}}{138} = \frac{1,344 - V_a(CO_2)}{22,4} \quad (\text{г})$$

Розв'язують системи рівнянь (в) і (г), знаходять: $m(Na_2CO_3) = 4,24$ г.
Тоді: $m(K_2CO_3) = m - m(Na_2CO_3)$; $m(K_2CO_3) = (7 - 4,24)$ г = 2,76 г.

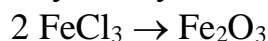
Визначають масові частки компонентів натрію і калію:

$$W_{(Na_2CO_3)} = \frac{m_{(Na_2CO_3)}}{m}; \quad W_{(Na_2CO_3)} = \frac{4,24}{7} = 0,606 \text{ або } 60,6 \%$$

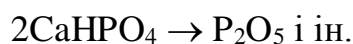
$$W_{(K_2CO_3)} = \frac{m_{(K_2CO_3)}}{m}; \quad W_{(K_2CO_3)} = \frac{2,76}{7} = 0,394 \text{ або } 39,4 \%$$

Приклад 3 У результаті ряду реакцій із $ZnSO_4$ одержано 0,876 г $Zn_2P_2O_7$. 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 $Fe(OH)_3$ одержали Fe_2O_3 . Для того, щоб обчислити масу $FeCl_3$ за масою Fe_2O_3 , складають стехіометричну схему:



Аналогічно $FeS_2 \rightarrow 2H_2SO_4$



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

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

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

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

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

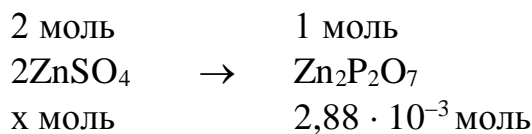
б) Розв'язання за кількістю речовини:

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} :

$$m_{\text{ZnSO}_4} = v \cdot M = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ моль} (65 + 32 + 64) \text{ г/моль} = 0,92 \text{ г.}$$

1.2 Контрольні завдання

1.2.1 Основні газові закони

- Обчислити мольну масу газу, якщо маса 600 мл його за нормальних умов дорівнює 1,714 г.
Відповідь: 64 г/моль.
- 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.
- 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 приготована 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 Номенклатура неорганічних сполук

- 21) Дайте назву таким сполукам: Na_2O_2 , KO_3 , MgO , Mn_2O_7 , CrO , KHSO_3 , KHSO_4 , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.
- 22) Дайте назву солям: K_3AsO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, BaSO_4 , $\text{Pb}(\text{HSO}_4)_2$, $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$.
- 23) Напишіть формули ангідридів наступних кислот: H_2SO_3 , HClO_3 , HBrO , H_2MnO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Дайте назву кислот і їх ангідридів.
- 24) Дайте назву наступним сполукам: K_2O_2 , MnO_2 , BaO_2 , MnO , Cr_2O_3 , CrO_3 , V_2O_5 .
- 25) Які солі можна одержати, якщо мати у своєму розпорядженні CuSO_4 , AgNO_3 , K_3PO_4 , BaCl_2 ? Напишіть рівняння реакцій і дайте назву одержаним солям.
- 26) Дайте назву наступним солям: BiOCl , $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, Na_2HPO_4 , NaHS , Na_2S .
- 27) 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.
- 28) Дайте назву наступним солям: $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, KHS , K_2S , BaCrO_4 , $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$.
- 29) 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.
- 30) Дайте назву наступним солям: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, NaH_2SbO_4 , NH_4MgPO_4 , CaCrO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$.

- 31) 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.
- 32) Дайте назву наступним солям: SbONO_3 , $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$, $\text{Cd}(\text{HS})_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
- 33) Дайте назву наступним солям: NaCl , NaClO , NaClO_2 , NaClO_3 , NaClO_4 .
- 34) Дайте назву таким сполукам: SO_3 , N_2O , N_2O_3 , Cl_2O_7 , $\text{Ni}(\text{OH})_2$, H_3BO_3 , $\text{Ti}(\text{OH})_3\text{Cl}$.
- 35) 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.
- 36) Дайте назву кислотам за традиційною, систематичною та раціональною номенклатурами: H_2MnO_4 , H_3PO_4 , HClO_3 , HI , HNO_2 .
- 37) Які оксиди відповідають основним, амфотерним, кислотним: Al_2O_3 , CaO , FeO , CO_2 , Mn_2O_7 , MnO_2 , MnO ? Дайте назву оксидам.
- 38) 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 .
- 39) Дайте назву комплексним сполукам: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$.
- 40) 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.

1.2.2.2 Розв'язання задач за хімічними рівняннями

- 41) При прожарюванні 5 г суміші KCl і KNO_3 одержали 4,68 г залишку. Визначити склад вихідної і одержаної сумішей.
Відповідь: 2,98 г KCl , 2,02 г KNO_3 , 1,7 г KNO_2 .
- 42) 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.
- 43) При обробці 4,52 г суміші KCl і KNO_3 сульфатною (сірчаною) кислотою добули 4,35 г калій сульфату. Визначити кількісний склад вихідної суміші.
Відповідь: 3,03 г KNO_3 , 1,49 г KCl .
- 44) При обробці 1,724 г суміші NaCl і KCl сульфатною (сірчаною) кислотою добули 2,024 г K_2SO_4 і Na_2SO_4 . Визначити хімічний склад і масу вихідної та одержаної сумішей.
Відповідь: 1,49 KCl , 0,234 г NaCl , 1,74 г K_2SO_4 , 0,284 г Na_2SO_4 .
- 45) Суміш містить 30% натрій карбонату, 45% натрій сульфату і 25% кальцій карбонату. Скільки відсотків натрію містить суміш?
Відповідь: 27,6%.

- 46) При обробці 10,88 г суміші CaCO_3 і MgCO_3 сульфатною (сірчаною) кислотою утворилося 15,2 г CaSO_4 і MgSO_4 . Визначити кількісний склад вихідної і одержаної сумішей.
Відповідь: 5 г CaCO_3 , 5,88 г MgCO_3 , 6,8 г CaSO_4 , 8,4 г MgSO_4 .
- 47) 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.
- 48) 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 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
- 49) У якій кількості потрібно змішати кальцій оксид і кальцій дигідроксид, щоб суміш містила 60% кальцію?
Відповідь: 34 г CaO , 66 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- 50) 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 .
- 51) 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 .
- 52) При нагріванні 13,52 г суміші K_2CO_3 і KHCO_3 утворилося 896 мл вуглець діоксиду (CO_2). Визначити склад суміші.
Відповідь: 5,52 г K_2CO_3 , 8 г KHCO_3 .
- 53) 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 .
- 54) У 200 г суміші кальцій, калій і натрій фосфатів міститься 30 г металів. Скільки фосфору міститься у суміші?
Відповідь: 55,5 г.
- 55) 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.
- 56) У процесі виробництва $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ одержали 1 тонну 98%-ного розчину мідь (II) сульфату CuSO_4 , на що затратили 0,48 тонни мідного брухту. Яки відсоток від теоретично можливого складає вихід мідного купоросу?
Відповідь: 81,67%.

- 57) 29 г манган діоксиду (MnO_2) обробили розчином, який містить 50 г HCl . Скільки виділилося при цьому: а) грамів, б) моль, в) літрів хлору (н.у.)?
Відповідь: а) 23,67 г, б) 0,33 моль, в) 7,47 л.
- 58) Надлишком розчину лугу 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 .
- 59) Скільки сульфатної (сірчаної) кислоти можна одержати з 1 тонни залізного колчедану, який містить 45% FeS_2 ?
Відповідь: 735 кг.
- 60) 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 .
- 61) При випалюванні 0,5 тонн піриту, який містить 45% сірки, добули 440 кг SO_2 . Обчислити вихід SO_2 у відсотках від теоретично можливого.
Відповідь: 97,78%.
- 62) Скільки гіпсу $CuSO_4$ як побічного продукту утворюється при добуванні H_3PO_4 у результаті взаємодії 1 тонни фосфориту, що містить 90% $Ca_3(PO_4)_2$ з сульфатною (сірчаною) кислотою, взятою з великим надлишком?
Відповідь: 1184,5 кг.
- 63) 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: $KClO_3 + HCl \rightarrow KCl + Cl_2 + H_2O$.
Відповідь: 106,5 г; 33,6 л.
- 64) При дії певної кількості сульфатної (сірчаної) кислоти на 620 кг природного фосфориту добули 390 кг H_3PO_4 . Обчислити відсотковий вміст $Ca_3(PO_4)_2$ у вихідному фосфориті.
Відповідь: 99,5%.
- 65) У результаті взаємодії $KClO_3$ з HCl утворилося 30 г/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.
- 66) 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 NO₂.

- 67) Скільки грамів алюміній трихлориду утворюється у результаті взаємодії: а) 5,4г алюмінію з необхідною кількістю хлору; б) 108 г алюмінію з 355 г хлору?

Відповідь: 26,7 г; б) 445 г.

- 68) Скільки 100%-ної нітратної (азотної) кислоти можна добути з 1 тонни аміаку, якщо вихід складає 92% від теоретично можливого?

Відповідь: 3,4 тонни.

- 69) Для добування амоній гідрогенкарбонату NH₄HCO₃ затрачено 17 кг аміаку і необхідну кількість H₂CO₃. Яка маса продукту реакції, якщо вихід його складає 98% від теоретично можливого?

Відповідь: 77,42 кг.

- 70) На виробництво 2 тонн залізного купоросу, який містить 52,6% FeSO₄, затрачено 0,5 тонни залізного брухту. Який відсоток від теоретично можливого складає вихід FeSO₄?

Відповідь: 77,38%.

- 71) Скільки відсотків сірки у сульфаті деякого металу, якщо сульфат містить 20,5% цього металу?

Відповідь: 26,5%.

- 72) При виробництві сульфатної (сірчаної) кислоти контактним способом втрати сірки становлять 8%. Скільки необхідно залізного колчедану FeS₂, що містить 30% сірки, для виробництва 1 тонни 96%-ної сульфатної кислоти?

Відповідь: 2,125 тонни.

- 73) Карбонат деякого металу містить 65,19%, а нітрат – 47,54% цього металу. Обчислити атомну масу і ступінь окиснення металу.

Відповідь: $A_{r(Cd)} = 112,4$; 2.

- 74) Сульфат деякого металу містить 49% кисню. Обчислити відсотковий склад солі.

Відповідь: 24,5% сірки, 26,5% металу.

- 75) Тальк, який застосовується для електро- і радіокераміки (радіопорцелян), містить 0,53% водню, 19,22% магнію, 29,63% силіцію та 50,62% кисню. Знайти формулу тальку.

Відповідь: 3MgO · 4SiO₂ · H₂O.

- 76) При взаємодії 174 кг манган (IV) оксиду з хлоридною (соляною) кислотою утворюється 140 кг хлору. Які витрати хлору в процесі добування Cl₂?

Відповідь: 2 кг.

- 77) У 400 г суміші залізного і мідного купоросів FeSO₄ · 7H₂O і CuSO₄·5H₂O міститься 156 г води. Скільки мідного купоросу

міститься у суміші?

Відповідь: 270,5 г.

- 78) 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.

- 79) Суміш фосфату і нітрату амонію містить 30% азоту. Скільки у ній відсотків фосфору?

Відповідь: 15,37%.

- 80) 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.

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

Хімічним еквівалентом елемента називається така його кількість, яка сполучається з одним молем атомів водню або заміщує таку саму кількість атомів водню у хімічних реакціях.

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

2.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Визначити еквіваленти (E) та еквівалентні маси (m_e) хлору, кисню та азоту у 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 водню сполучається один моль атомів хлору, $1/2$ моль атомів кисню і $1/3$ моль атомів азоту. Таким чином, згідно з визначенням, еквіваленти хлору, кисню та азоту дорівнюють відповідно 1 моль, $1/2$ та $1/3$ моль, тоді як їх еквівалентні маси складають: $m_{(\text{Cl})} = 35,45$ г/моль; $m_{(\text{O})} = 16/2 = 8$ г/моль; $m_{(\text{N})} = 14/3 = 4,67$ 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'язанні 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:

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

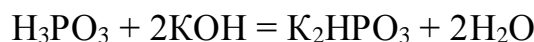
Звідки $m_{e(\text{Me})} = 15 \text{ г/моль}$.

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

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

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:

$$V_{e(\text{O}_2)} = \frac{m_e}{M} \cdot V_M = \frac{8}{32} \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л або } 5600 \text{ мл}$$

За законом еквівалентів:

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

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 $Ca(OH)_2$. 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 КОН. Обчислити еквівалентну масу і основність кислоти. На підставі розрахунку написати рівняння реакції.

Відповідь: 1 моль; 98 г/моль; 1.

3 Будова атомів та періодичний закон Д. І. Менделєєва

При підготовці до виконання контрольних завдань треба 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 ↑↓.

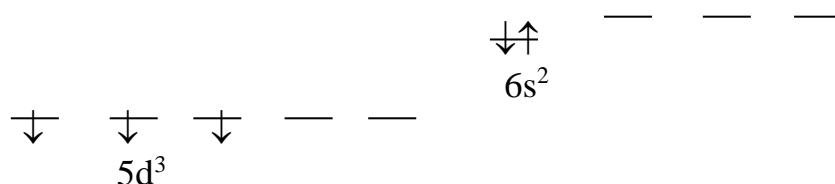
За структурою електронної оболонки атома судять:

- про розміщення елементу 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-, d-, f-елементи та p-елементи III А групи, крім бору); неметалів (решта p-елементів); металоїдів – за фізичними властивостями наближаються до металів, а хімічними – до неметалів (за класифікацією українського хіміка А.М. Голуба 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 (Mn_2O_7 , CrO_3); основні – це оксиди s- та d-елементів з нижчим ступенем окиснення (CaO , MnO); амфотерні – це оксиди p-елементів III А-групи (Al_2O_3), d-елементів у проміжному ступені окиснення (MnO_2 , Cr_2O_3).

3.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Визначити квантові числа та навести графічне зображення валентних електронів атома елементу Та (танталу).

Розв'язування: Тантал ($Z = 73$) розміщується у періодичній системі елементів у шостому періоді, V В-групі. Його валентні електрони – $6s^2 5d^3$, а їх графічне зображення:

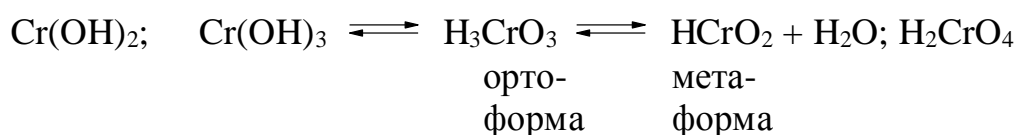


Квантові числа: $6s^2 - n = 6; l = 0; m_l = 0; \sum m_s = 0$

$5d^3 - n = 5; l = 2; m_l = -2, -1, 0, 1, 2; \sum m_s = \pm \frac{1}{2} \cdot 3$

Приклад 2 Назвати елемент і охарактеризувати його хімічні властивості за електронною будовою атома, валентні електрони якого – $4s^1 3d^5$. Наведіть приклади практичного використання цього елементу.

Розв'язування: Хром ($4s^1 3d^5$) – це d-елемент IV періоду ($n=4$), VI В-групи ($\sum_{s+d} = 6$), метал, утворює оксиди зі ступенем окиснення +2 (CrO), +3 (Cr_2O_3) та +6 (CrO_3). За загальним правилом: оксид з нижчим ступенем окиснення (+2) має основний характер, з проміжним (+3) – амфотерний та з вищим ступенем окиснення (+6) – кислотний характер. Їм відповідають гідроксиди, амфоліти і кислоти:



Хром використовують як легуючу домішку у різні сорти сталі (жаростійкі, інструментальні та ін.). Введення у сталь 13% Cr робить її нержавіючою. Входить до складу ніхрому (80% Ni, 20% Cr), який використовують у електронагрівачах. Широко застосовується хромування різних виробів (дизайн, захист від корозії). Є складовою частиною композиційних матеріалів – керметів (кераміка + метал), наприклад, матеріал, що містить 72% Cr і 28% Al_2O_3 .

Приклад 3 Обчислити масу, приблизний розмір атома міді, молярний та атомарний об'єми, якщо густина $\rho_{\text{Cu}} = 8,93 \text{ г/см}^3$ ($8,93 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Розв'язування: Масу атома міді 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 $r_{ат}$ при максимальній (0,7405) упаковці 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)

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

3.2 Контрольні завдання

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

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 101) В (бору) | 111) Hf (гафнію) |
| 102) С (вуглецю) | 112) Р (фосфору) |
| 103) Cl (хлору) | 113) I (йоду) |
| 104) Ge (германію) | 114) Pt (платини) |
| 105) Мо (молібдену) | 115) Ni (нікелю) |

106) Os (осмію)	116) Zn (цинку)
107) S (сірки)	117) Co (кобальту)
108) N (азоту)	118) Cu (міді)
109) Fe (заліза)	119) Br (бром)
110) Pb (свинцю)	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.

- 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: $m = 9,28 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,16 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,19 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,14 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 142) Визначити масу, точний розмір атома нікелю (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Ni)} = 8,9 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m = 9,75 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 6,6 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,096 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,25 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 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: $m = 9,78 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,07 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,17 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,27 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 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: $m = 7,96 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 10,64 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{ат} = 1,77 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{ат} = 1,30 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

- 146) Знайти масу, приблизний розмір атома срібла (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Ag})} = 10,5 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m = 1,79 \cdot 10^{-22} \text{ г}$; $V_M = 10,27 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,71 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{\text{ат}} = 1,285 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 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: $m = 3,24 \cdot 10^{-22} \text{ г}$; $V_M = 9,09 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,51 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{\text{ат}} = 1,27 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 149) Обчислити масу, приблизний розмір атома золота (К-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Au})} = 19,32 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $m = 3,27 \cdot 10^{-22} \text{ г}$; $V_M = 10,2 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,69 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{\text{ат}} = 2,05 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 150) Чому дорівнює маса, приблизний розмір атома скандію (Г-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(\text{Sc})} = 7,8 \text{ г/см}^3$.
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: $m = 8,64 \cdot 10^{-23} \text{ г}$; $V_M = 7,23 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,2 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{\text{ат}} = 1,14 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 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: $m = 3,05 \cdot 10^{-22} \text{ г}$; $V_M = 9,5 \text{ см}^3/\text{моль}$; $V_{\text{ат}} = 1,58 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$; $r_{\text{ат}} = 1,37 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 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 (K-12), молярний та атомний об'єми, якщо густина $\rho_{(Mn)} = 7,4 \text{ г/см}^3$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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. Реакції, які супроводжуються виділенням теплоти, називають екзотермічними, а ті, що супроводжуються поглинанням теплоти, - ендотермічними (позначаються знаками "+" і "-" відповідно).

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

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

При хімічних реакціях 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 ($V = \text{const}$; $T = \text{const}$), при якому $\Delta V = 0$, дорівнює зміні внутрішньої енергії системи: $Q_V = \Delta U$.

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

Реакція, яка за даної температури проходить з виділенням теплоти, при іншій температурі проходить 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: $\Delta S_{\text{х.р.}} = \sum S^0_{\text{прод.}} - \sum S^0_{\text{вих.}}$.

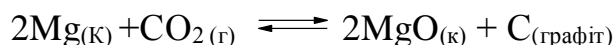
Таким чином рушійна сила процесу складається із двох сил: прагнення до упорядкованості (H) і прагнення до безладдя (TS). При $p = \text{const}$ і $T = \text{const}$ загальну рушійну силу процесу, яку позначають ΔG , можна знайти із співвідношення: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

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 $\Delta G_{\text{х.р.}} = \sum G^0_{\text{прод.}} - \sum G^0_{\text{вих.}}$.

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

4.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Користуючись додатком Б обчислити $\Delta H^0_{\text{х.р.}}$:



Розв'язування: За даними таблиці (додаток Б) 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 $\Delta H^{\circ}_{x.p.}$ за рівнянням реакції:

$$\Delta H^{\circ}_{x.p.} = 2\Delta H^{\circ}_{MgO} - \Delta H^{\circ}_{CO_2} = 2(-601,8) - (-393,5) = -1203,6 + 393,5 = -810,1 \text{ кДж.}$$

Приклад 2 Реакція горіння етилового спирту описується термохімічним рівнянням:



Обчислити тепловий ефект реакції, якщо відомо, що теплота пароутворення $C_2H_5OH_{(p)}$ дорівнює 42,36 кДж.

Розв'язування: Для визначення $\Delta H^{\circ}_{x.p.}$ необхідно знати теплоту утворення $C_2H_5OH_{(p)}$, яку знаходять таким чином:



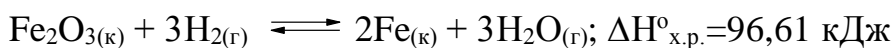
$$\text{Звідки } 42,36 = -235,31 - \Delta H^{\circ}_{C_2H_5OH_{(p)}};$$

$$\Delta H^{\circ}_{C_2H_5OH_{(p)}} = -235,31 - 42,36 = -277,67 \text{ кДж}$$

Знаходимо $\Delta H^{\circ}_{x.p.}$, застосувавши висновок із закону Гесса:

$$\Delta H^{\circ}_{x.p.} = 2\Delta H^{\circ}_{CO_2} + \Delta H^{\circ}_{H_2O} - \Delta H^{\circ}_{C_2H_5OH_{(p)}} = 2(-393,5) + 3(-285,8) - (-277,67) = -1366,73 \text{ кДж}$$

Приклад 3 Реакція відновлення Fe_2O_3 воднем відбувається за рівнянням:



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

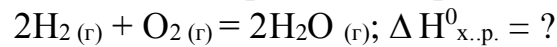
Розв'язування: Оскільки у момент рівноваги $\Delta G^{\circ}_T = 0$, а $\Delta H^{\circ} = T\Delta S^{\circ}$, тоді:

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

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

Приклад 4 Знайти кількість теплоти, яка виділиться під час вибуху 12,6 л гримучого газу (взятого за нормальних умов), з утворенням водяної пари.

Розв'язування: Запишемо термохімічне рівняння цієї реакції:



Тепловий ефект цієї реакції дорівнюватиме стандартній ентальпії утворення водяної пари:

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = 2\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 2(-241,8) = -483,6 \text{ кДж.}$$

Оскільки в утворенні 2 моль води бере участь 3 моль газоподібних речовин (67,2 л), то:

$$\begin{array}{l} 67,2 \text{ л} - (-483,6) \text{ кДж} \\ 12,6 \text{ л} - x \end{array}$$

Звідси $x = \frac{-483,6 \cdot 12,6}{67,2} = -90,67 \text{ кДж}$. Отже $Q = 90,67 \text{ кДж}$.

4.2 Контрольні завдання

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

Відповідь: $\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = -2554,54 \text{ кДж}$.

162) За якої температури настає рівновага в системі:
 $4\text{HCl}(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + 2\text{Cl}_2(\text{u}); \Delta H_{\text{х.р.}}^0 = -114,4 \text{ кДж}$

Відповідь: 886,8 К.

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

Відповідь: $\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = -60,45 \text{ кДж}$.

164) Відновлення Fe_3O_4 вуглець (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^0 і зробити висновок про самочинний перебіг цієї реакції за стандартних умов. Чому дорівнює ΔS^0 у цьому процесі?

Відповідь: $\Delta G^0 = 51 \text{ кДж}$; $\Delta S^0 = 52,4 \text{ Дж/К}$.

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

Відповідь: $\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = -1322 \text{ кДж}$.

166) Обчислити, за якої температури починається реакція відновлення Fe_3O_4 , яка описується рівнянням: $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к}) + \text{CO}(\text{r}) = 3\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{r})$; $\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = 34,55 \text{ кДж}$.

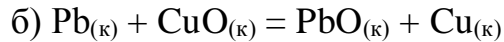
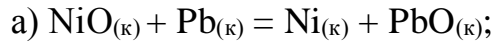
Відповідь: 659,35 К.

- 167) При відновленні 12,7 г мідь (II) оксиду вуглецем 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:
 $\text{CH}_4(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{r}) = 2\text{CO}(\text{r}) + 2\text{H}_2(\text{r}); \Delta H^{\circ}_{\text{x.p}} = 247,37$ кДж.
Відповідь: 965,9 К.
- 169) При сполученні 2,1 г заліза з сіркою виділилося 3,77 кДж теплоти. Обчислити ентальпію утворення залізо (II) сульфїду.
Відповідь: -100,5 кДж/моль.
- 170) За якої температури настає рівновага у системі:
 $\text{CO}(\text{r}) + 2\text{H}_2(\text{r}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{r}); \Delta H^{\circ}_{\text{x.p}} = -128,05$ 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, $\Delta G^{\circ}_{298} > 0$);
-51,64 кДж (реакція можлива, $\Delta G^{\circ}_{298} < 0$).
- 172) Пряма чи зворотна реакція відбуватиметься за стандартних умов у системі: $2\text{NO}(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) = 2\text{NO}_2(\text{r})$? 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 залізо (II) сульфїду.
Відповідь: -100,5 кДж/моль.
- 174) Які із вказаних оксидів можна відновити алюмінієм за 298 К: CaO, FeO, Cr_2O_3 ? Обчислити $\Delta G^{\circ}_{\text{x.p}}$ 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 $\text{H}_2\text{O}(\text{r})$?
Відповідь: $\Delta H^{\circ}_{\text{x.p}} = -9248,8$ кДж.
- 176) Реакція відновлення Fe_2O_3 описується рівнянням:
 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{H}_2(\text{r}) = 2\text{FeO}(\text{к}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{r}); \Delta H^{\circ}_{\text{x.p}} = 96,61$ кДж
Чи можлива ця реакція за стандартних умов, якщо зміна ентропії $\Delta S^{\circ}_{\text{x.p}} = 0,1387$ кДж/К? За якої температури починається відновлення Fe_2O_3 ?
Відповідь: 695,5 К.
- 177) Виходячи із теплового ефекту реакції $3\text{CaO}(\text{к}) + \text{P}_2\text{O}_5(\text{к}) = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{к}); \Delta H^{\circ}_{\text{x.p}} = -739$ кДж, обчислити ΔH°_{298} утворення кальцій фосфату.
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 самочинно за стандартних умов (за 25°C):



Відповідь: а) 22,5 кДж; б) -59,2 кДж.

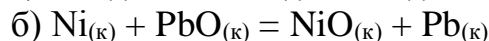
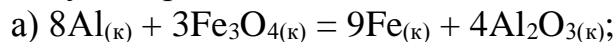
180) При згорянні газоподібного аміаку утворюється водяна пара і азот (II) оксид. Скільки теплоти виділиться у цій реакції, якщо добуто 44,8 л NO (н.у.)?

Відповідь: -452,4 кДж.

181) Реакція горіння метилового спирту описується термохімічним рівнянням: $\text{CH}_3\text{OH}_{(р)} + 1,5\text{O}_{2(г)} = \text{CO}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р)}$; $\Delta H^{\circ}_{х,р} = ?$ Обчислити тепловий ефект цієї реакції, якщо відомо, що молярна теплота пароутворення $\text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$ дорівнює 37,4 кДж.

Відповідь: -689,0 кДж.

182) Обчислити значення ΔG°_{298} реакцій і встановити, у якому напрямку вони можуть перебігати самочинно за стандартних умов:



Відповідь: а) -2976,7 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: $\text{C}_2\text{H}_{4(г)} + 3\text{O}_{2(г)} = 2\text{CO}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р)}$. 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 вуглець діоксид. Обчислити ентальпію утворення $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(р)}$.

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 $C_6H_{12}O_6 (к) = 2C_2H_5OH (р) + 2CO_2 (г)$.
Відповідь: -69,34 кДж.
- 189) Скориставшись довідниковими даними, показати, у якому напрямку відбуватиметься реакція: $Cu(к) + ZnO(к) = CuO(к) + Zn(к)$.
Відповідь: справа наліво.
- 190) Обчислити ΔH°_{298} реакції $C_6H_{12}O_6 (к) + O_2 (г) = 6CO_2 (г) + 6H_2O (г)$.
Відповідь: -2538,8 кДж.
- 191) При одержанні еквівалентної маси кальцій дигідроксиду із $CaO(к)$ і $H_2O(р)$ виділяється 32,53 кДж теплоти. Скласти термохімічне рівняння цієї реакції і обчислити ентальпію утворення кальцій оксиду.
Відповідь: -635,7 кДж.
- 192) Порівняти ΔH°_{298} реакції відновлення залізо (III) оксиду різними відновниками за 298 К:
а) $Fe_2O_3 (к) + 3H_2 (г) = 2Fe(к) + 3H_2O(г)$;
б) $Fe_2O_3 (к) + 3CO (г) = 2Fe(к) + 3CO_2 (г)$.
Відповідь: а) 96,8 кДж; б) -26,8 кДж.
- 193) Обчислити ΔG° для реакції $CaCO_3 (к) = CaO(к) + CO_2 (г)$ 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 $C_2H_2 (н.у.)$ виділилось 56,053 кДж теплоти. Написати термохімічне рівняння реакції, у результаті якої утворюється водяна пара і вуглець діоксид. Обчислити ентальпію утворення $C_2H_2 (г)$.
Відповідь: 226,78 кДж.
- 195) Реакція горіння аміаку описується термохімічним рівнянням:
 $4NH_3 (г) + 3O_2 (г) = 2N_2 (г) + 6H_2O (р)$; $\Delta H^{\circ}_{х.р.} = -1530,28$ кДж
Обчислити ентальпію утворення $NH_3 (г)$.
Відповідь: -46,13 кДж/моль.
- 196) Обчислити тепловий ефект і написати термохімічне рівняння реакції горіння 1 моль етану $C_2H_6 (г)$, у результаті якої утворюються водяна пара і вуглець діоксид. Скільки теплоти виділиться при спалюванні 1 м³ етану взятого за нормальних умов?
Відповідь: -46,13 кДж/моль.
- 197) На підставі стандартних ентальпій утворення і абсолютних стандартних ентропій відповідних речовин обчислити ΔG°_{298} реакції:
 $4NH_3 (г) + 5O_2 (г) = 4NO (г) + 6H_2O (р)$. Чи можлива дана реакція за стандартних умов?
Відповідь: -958,4 кДж.

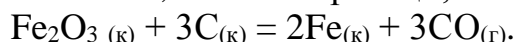
198) Які із оксидів можуть бути відновлені алюмінієм за 298 К: CaO, CuO, PbO, Fe₂O₃?

Відповідь: CuO, PbO, Fe₂O₃.

199) На підставі стандартних теплот утворення і абсолютних стандартних ентропій відповідних речовин обчислити ΔG°_{298} реакції, яка описується рівнянням: $\text{CO}_2(\text{r}) + 4\text{H}_2(\text{r}) = \text{CH}_4(\text{r}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{p})$. Чи можлива дана реакція за стандартних умов?

Відповідь: -131,03 кДж.

200) Обчислити ΔH° , ΔS° і ΔG° реакції, яка описується рівнянням:

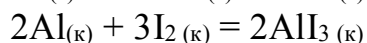
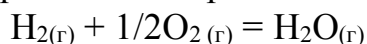


Чи можлива реакція відновлення Fe₂O₃ вуглецем за температур 500 і 1000 К ?

Відповідь: 238,15 кДж; 2,8 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, ΔG°_{298} , $\text{H}_2\text{O}(\text{r}) = -228,59$ кДж/моль, а ΔG°_{298} , $\text{AlI}_3(\text{к}) = -313,8$ 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 протікають 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’язанні 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:

$$\Delta G^{\circ}_{298} = -5,6RT \lg K_{298}, \quad (5.2)$$

де ΔG°_{298} виражено у кДж/моль.

5.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Як зміниться швидкість реакції $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{NO}_{2(г)}$, якщо зменшити об'єм посудини, у якій перебігає реакція, у 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 $v_1 = k_1(3[\text{NO}]^2)(3[\text{O}_2]) = 27k_1[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$. 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:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

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 Обчислити рівноважні концентрації водню та йоду, якщо відомо, що їх початкові концентрації складала по 0,02 моль/л, а рівноважна концентрація HI – 0,03 моль/л. Обчислити константу рівноваги.

Розв'язування: Із рівняння реакції: $\text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(г)}$ видно, що з 1 моль H_2 або I_2 утворюється 2 моль HI. Звідси:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль } \text{H}_2 (\text{I}_2) - 2 \text{ моль HI} \\ \quad \quad \quad x - 0,03 \text{ моль} \\ x = \frac{1 \cdot 0,03}{2} = 0,015 \end{array}$$

Отже: $[\text{H}_2]_p = [\text{I}_2]_p = 0,02 - 0,015 = 0,005$ моль/л.

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{0,03^2}{0,005 \cdot 0,005} = 36$$

Приклад 4 У системі $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(г)}$ рівноважні концентрації речовин $[\text{Cl}_2]_p = 0,3$ моль/л, $[\text{CO}]_p = 0,2$ моль/л і $[\text{COCl}_2]_p = 1,2$ 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 Cl₂ утворюється 1 моль COCl₂, то [CO]_о = 1,2 + 0,2 = 1,4 моль/л; [Cl₂]_о = 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 рівнянням $A + 2B \rightarrow C$. Початкові (вихідні) концентрації становлять: [A]_о = 0,3 моль/л; [B]_о = 0,5 моль/л. Константа швидкості реакції дорівнює 0,4. Обчислити початкову швидкість реакції і швидкість на момент, коли концентрація речовини A 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: [N₂]_о = 0,049 моль/л; [O₂]_о = 0,01 моль/л. Обчислити концентрації цих речовин на момент, коли [NO] = 0,005 моль/л.

Відповідь: [N₂]_р = 0,0465 моль/л; [O₂]_р = 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: [N₂]_о = 0,80 моль/л; [H₂]_о = 1,5 моль/л; [NH₃]_о = 0,10 моль/л. Обчислити концентрації водню і аміаку, коли [N₂]_р = 0,5 моль/л.

Відповідь: [NH₃]_р = 0,70 моль/л; [H₂]_р = 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: [H₂]_о = 0,04 моль/л; [I₂]_о = 0,05 моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли [H₂]_р = 0,03 моль/л.

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

206) Константа швидкості реакції розкладу N₂O, яка перебігає за рівнянням $2N_2O_{(r)} \rightleftharpoons 2N_{2(r)} + O_{2(r)}$, дорівнює $5 \cdot 10^{-4}$. Початкова концентрація [N₂O]_о = 6 моль/л. Обчислити початкову швидкість реакції і її швидкість, коли розкладеться 50% N₂O.

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: $K=250$; $[A]_o = 0,276$ моль/л; $[B]_o=0,552$ 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: $[A]_o = 0,22$ моль/л; $[B]_o=0,07$ 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: $v_o = 1$; $v_1 = 2$.

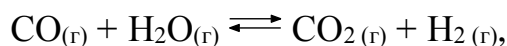
210) Обчислити константу рівноваги для гомогенної системи $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$, якщо на момент рівноваги концентрації реагуючих речовин складали: $[CO]_p = 0,004$ моль/л; $[H_2O]_p = 0,064$ моль/л; $[CO_2]_p = 0,016$ моль/л, $[H_2]_p = 0,016$ моль/л. Чому дорівнюють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

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

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

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: $[CO]_o = 0,1$ моль/л; $[H_2O]_o = 0,4$ моль/л.

Відповідь: $[CO_2]_p = [H_2]_p = 0,08$ моль/л; $[CO]_o = 0,02$ моль/л; $[H_2O]_p = 0,32$ моль/л.

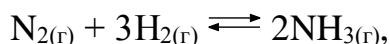
213) Чому дорівнює температурний коефіцієнт швидкості реакції, якщо при збільшенні температури на $30^\circ C$ швидкість реакції збільшується у 25,6 рази?

Відповідь: $\gamma = 2,5$.

214) Температурний коефіцієнт швидкості хімічної реакції дорівнює 2,3. У скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на $25^\circ C$?

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 азоту.

Відповідь: $[N_2]_p = 8$ моль/л; $[H_2]_p = 8,04$ моль/л.

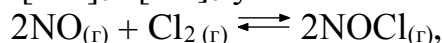
- 216) За $150^\circ C$ хімічна реакція перебігає за 16 хв. Враховуючи, що температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,5, обчислити, через який час ця реакція закінчиться, якщо здійснювати її: а) за $200^\circ C$; б) за $80^\circ C$.

Відповідь: а) 9,8 с; б) 162 год. 46 хв.

- 217) За певної температури настала рівновага у гомогенній системі: $N_{2(r)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$. Концентрація реагуючих речовин на момент рівноваги становила: $[NO]_p = 0,2$ моль/л; $[O_2]_p = 0,1$ моль/л; $[NO_2]_p = 0,1$ моль/л. Обчислити константу рівноваги і початкові концентрації NO і O_2 .

Відповідь: $K=2,5$; $[NO]_o = 0,3$ моль/л; $[O_2]_o = 0,15$ моль/л.

- 218) Початкові концентрації $[NO]_o$ і $[Cl_2]_o$ 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 $[CO]_o$ і $[H_2O]_o$ 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 $CO_{(r)} + Cl_{2(r)} \rightleftharpoons COCl_{(r)}$, 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 Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000K для реакції $CO_{(r)} + H_2O_{(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + H_{2(r)}$. 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: $T = 325,8 K$; вправо.

- 223) Використавши довідкові дані (див. Додаток Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{CO}_{(г)} + \text{C}_{(графіт)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(г)}$. 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 $4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{Cl}_{2(г)}$ не залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа рівноваги цієї реакції дорівнює одиниці.
Відповідь: 902,3 К.
- 225) Використавши довідкові дані (див. Додаток Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000 К для реакції $\text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(г)}$. 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 $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_{2(г)}$ дорівнює одиниці. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: $T = 980,95$ К.
- 227) Використавши довідкові дані (див. Додаток Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{Pb}_{(к)} + \text{CuO}_{(к)} \rightleftharpoons \text{PbO}_{(к)} + \text{Cu}_{(к)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 1,0097; 1,0069.
- 228) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:
 $\text{Fe}_3\text{O}_{4(к)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons 3\text{FeO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)}$
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 Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{Ni}_{(к)} + \text{PbO}_{(к)} \rightleftharpoons \text{NiO}_{(к)} + \text{Pb}_{(к)}$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 1,0037; 1,0025.
- 230) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{(г)}$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 797 К.
- 231) Використавши довідкові дані (див. Додаток Б), 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: 0,9188; 0,9403.
- 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 Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{CO}(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{CO}_2(\text{г})$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 1,005; 1,0037.
- 234) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{C}(\text{графіт}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{г})$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 982,34 К.
- 235) Використавши довідкові дані (див. Додаток Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{п})$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 1,021; 1,016.
- 236) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 448,1 К.
- 237) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:
$$\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{п})$$
не залежать від температури, обчислити температуру, за якої константа рівноваги цієї реакції дорівнює 1,0.
Відповідь: 963,1 К.
- 238) Користуючись довідковими даними (див. Додаток Б), обчислити константу рівноваги за 298 і 1000К для реакції $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{п})$. Залежностями ΔH° та ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 1,0048; 1,0035.
- 239) Обчислити температуру, за якої константа рівноваги реакції $2\text{NO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$ дорівнює 1,0. Залежностями ΔH° і ΔS° від температури знехтувати.
Відповідь: 779,1 К.
- 240) Враховуючи, що ΔH° та ΔS° реакції:
$$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$$
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,

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

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;

- еквівалентна (нормальна) концентрація (C_H) – це кількість молів еквівалентів розчиненої речовини в 1 л розчину, моль “eq”/л:

$$C_H = \frac{m_2}{M_{eq} \cdot V}, \quad (6.5)$$

де M_{eq} – молярна еквівалентна маса, г/(моль·екв.)

m_2 – маса розчиненої речовини (г) в 1 л розчину,

V – об’єм розчину в літрах.

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

$$T = \frac{C_n \cdot M_{eq}}{1000} \quad (6.6) \quad \text{або} \quad T = \frac{m}{V} \quad (6.7)$$

де C_n – еквівалентна концентрація розчиненої речовини, (моль·екв.)/л;

M_{eq} – молярна еквівалентна маса, г/(моль·екв.);

або m – маса розчиненої речовини, г;

V – об'єм розчину, мл.

6.1.1 Приклади розв'язання 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 $W = m_{\text{речовини}}/m_{\text{розчину}}$

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

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

$$W_2 = \frac{m_{(\text{кристалог.})} \cdot W_3}{m_{(\text{розчину})}},$$

$$\text{де } W_3 = \frac{M_{\text{CuSO}_4}}{M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}} = \frac{160}{250} = 0,64$$

$$\text{Звідки } W_2 = \frac{50 \cdot 0,64}{500} = 0,064$$

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_N , C_m концентрації розчину H_3PO_4 , одержаного при розчиненні 18 г кислоти у 282 мл води, якщо густина розчину 1,031 г/см³.

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

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

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

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

$$v_{\text{екв}} = \frac{m_{(\text{H}_3\text{PO}_4)}}{M_{\text{екв}(\text{H}_3\text{PO}_4)}} = 18/32,6 = 0,552$$

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:

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

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: $m_{(\text{HNO}_3)}$ 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:

$$m = (600 \cdot 0,8) + (300 \cdot 0,32) = 480 + 96 = 576 \text{ г}$$

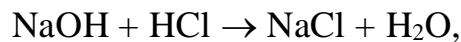
Приклад 4 Обчислити титр розчину HCl з $C_H = 0,1$.

Розв'язування: В 1 л розчину з $C_H = 0,1$ міститься 3,65 г HCl .

$$\text{Звідки: } T = \frac{3,65}{1000} = 0,00365 \text{ г/мл}$$

Приклад 5 Титр розчину HCl дорівнює 0,00365 г/мл. Обчислити титр цього розчину за NaOH .

Розв'язування: Титр цього розчину за NaOH знаходять із реакції:



де 36,5 г HCl вступають у реакцію з 40 г NaOH, або:

$$\begin{aligned} &36,5 \text{ г} - 40 \text{ г} \\ &0,00365 \text{ г/мл} - x \end{aligned}$$

$$x = \frac{40 \text{ г} \cdot 0,00365 \text{ г/мл}}{36,5 \text{ г}} = 0,004 / \text{мл}$$

Тобто: $T_{\text{HCl/NaOH}} = 0,004 \text{ г/мл}$

Приклад 6 На нейтралізацію 20 мл розчину кислоти витрачено 10 мл розчину луку ($C_{\text{H}} = 0,5$). Чому дорівнює нормальність кислоти?

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

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

$$\text{Тоді: } C_{\text{H(к-ти)}} = \frac{C_{\text{H(луку)}} \cdot V_{\text{(луку)}}}{V_{\text{(к-ти)}}} = \frac{10 \cdot 0,5}{20} = 0,25 \text{ моль} \cdot \text{"eq"} / \text{л}$$

Приклад 7 Скільки грамів сульфатної кислоти міститься в 23,5 см³ розчину з $C_{\text{H}} = 0,542$, враховуючи, що еквівалент сульфатної кислоти взято відносно до реакції повного заміщення водню в кислоті?

Розв'язування:

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

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 водень хлориду (н.у.), щоб одержати 9%-ний розчин хлоридної 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 обмінного розкладу з 75 мл 2,3%-ного 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%.
- 261) Який об'єм розчину HCl з $C_H = 4,0$ потрібно для нейтралізації 10 г NaOH ?
Відповідь: 62,5 мл.
- 262) Який об'єм розчину HCl з $C_H = 0,4$ необхідно додати до розчину AgNO_3 , щоб одержати 0,2868 г AgCl ?
Відповідь: 5 мл.
- 263) 250 мл розчину NaOH з $C_H = 4,0$ змішано зі 150 мл розчину KOH з $C_H = 6,0$. Обчислити нормальність (еквівалентність) одержаного розчину. Якій кількості грамів KOH відповідає 1 мл одержаного розчину?
Відповідь: $C_H = 4,75$; 0,2665 г/мл.
- 264) Скільки мілілітрів розчину H_2SO_4 з $C_H = 0,4$ можна нейтралізувати додаванням 800 мл розчину NaOH з $C_H = 0,25$?
Відповідь: 500 мл.
- 265) До якого об'єму необхідно розбавити водою 2,4 л розчину HCl з $C_H = 1,6$ для одержання розчину HCl з $C_H = 0,25$?
Відповідь: 15,36 л.
- 266) Скільки грамів 5%-ного розчину AgNO_3 потрібно для реакції обміну зі 120 мл розчину AlCl_3 з $C_H = 0,6$?
Відповідь: 244,8 г.
- 267) Який об'єм розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з $C_H = 0,1$ необхідно додати до 162 г 5%-ного розчину $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ для утворення нормальної (середньої) солі?
Відповідь: 1 л.

- 268) До якого об'єму необхідно випарувати 3,5 л розчину KOH з $C_H = 0,04$, щоб одержати розчин з $C_H = 0,1$?
Відповідь: 1,4 л.
- 269) Чому дорівнює титр розчину HCl, якщо при додаванні до 20,0 мл цього розчину надлишку AgNO₃ одержано 0,2868 г AgCl?
Відповідь: $T_{HCl} = 0,003646$ г/мл.
- 270) Чому дорівнює еквівалентність (нормальність) і титр розчину HNO₃, якщо на титрування 20,0 мл його витрачено 15,0 мл розчину NaOH з $C_H = 0,12$?
Відповідь: $C_H = 0,09$; $T = 0,005671$ г/мл.
- 271) Скільки грамів H₂SO₄ міститься у 5 л розчину, якщо на титрування 25,0 мл цього розчину витрачено 22,50 мл розчину KOH з $C_H = 0,095$?
Відповідь: 20,97 г.
- 272) На титрування 0,0340 г AgNO₃ витрачено 20,0 мл розчину HCl. Знайти T_{HCl/Ag^+} .
Відповідь: $T = 0,00108$ г/мл.
- 273) Чому дорівнює $T_{HCl/CaO}$, якщо на титрування 0,1144 г CaCO₃ витрачено 27,65 мл розчину HCl.
Відповідь: $T = 0,002189$ г/мл CaO.
- 274) Скільки мілілітрів розчину KMnO₄ з $C_H = 0,02$ необхідно на титрування 20,0 мл розчину FeSO₄ з $C_H = 0,03$?
Відповідь: 30 мл.
- 275) Чому дорівнює нормальність 40%-ного розчину CaCl₂ густиною 1,396 г/см³?
Відповідь: $C_H \approx 10$.
- 276) Яку наважку соди Na₂CO₃ необхідно взяти, щоб на титрування її витрачалося 20-30 мл розчину H₂SO₄ з $C_H = 0,1$?
Відповідь: біля 0,11-0,16 г.
- 277) Скільки грамів CaCO₃ випаде в осад, якщо до 400 мл розчину CaCl₂ ($C_H = 0,5$) додати надлишок розчину соди Na₂CO₃?
Відповідь: 10 г.
- 278) Густина 40%-ного розчину HNO₃ дорівнює 1,25 г/см³. Обчислити молярну концентрацію цього розчину.
Відповідь: $C_M = 7,94$.
- 279) На нейтралізацію 20 мл розчину, який містить 12 г лугу в 1 л, витрачено 24 мл розчину кислоти з $C_H = 0,25$. Обчислити еквівалентну масу лугу.
Відповідь: 40 г/моль.

280) Обчислити молярну концентрацію 10%-ного розчину аміаку густиною 0,958 г/см³.

Відповідь: $C_M \approx 5,6$.

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 молярній 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
п-Ксилен (ксилол)	–	4,3
Мурашина кислота	–	2,77
Нафталін $C_{10}H_8$	–	6,9
Нітробензен $C_6H_5NO_2$	5,27	6,9
Оцтова кислота	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:

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

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

Якщо концентрація розчину C , ступінь електролітичної дисоціації – α , число іонів, одержаних при дисоціації – n , тоді C_α буде виражати число молекул, які продисоціювали, 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'язання типових задач

Приклад 1 Підвищення температури кипіння розчину, що містить 11,07 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ в 100 г води, дорівнює 0,466 град. Обчислити ступінь дисоціації $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ в розчині.

Розв'язування: За другим законом Рауля:

$$\Delta t_{\text{теор.}} = E \frac{m_{\text{Ba}(\text{NO}_3)_2} \cdot 1000}{M_{\text{Ba}(\text{NO}_3)_2} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}} = 0,51 \frac{11,07 \cdot 1000}{261 \cdot 100} = 0,216 \text{град.}$$

Тобто: $i = \frac{0,466}{0,216} = 2,16$; $\alpha = \frac{2,16-1}{3-1} = \frac{1,16}{2} = 0,58$ 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 і температури, знаходять теоретичне значення осмотичного тиску:

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

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

281) 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.

282) 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 $1,25^\circ\text{C}$. Встановити молекулярну формулу речовини. Чистий бензен кристалізується за температури $5,5^\circ\text{C}$.

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

- 283) Водно-спиртовий розчин, який містить 15%-нів спирту ($\rho = 0,97 \text{ г/см}^3$), кристалізується за $-10,26 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти молекулярну масу спирту та осмотичний тиск розчину за 293 K .
Відповідь: 32 а.о.м.; 11,07 МПа.
- 284) Водний розчин гліцерину замерзає за температури $-2,79 \text{ }^\circ\text{C}$. Обчислити кількість моль гліцерину, які припадають на кожні 100 моль води, а також тиск пари розчину за $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Тиск водяної пари за $20 \text{ }^\circ\text{C}$ дорівнює $17,54 \text{ мм рт. ст. (2,338 кПа)}$.
Відповідь: 2,7 моль; 17,08 мм рт.ст. (2,277 кПа).
- 285) Температура замерзання бензену C_6H_6 $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$, а розчин $6,15 \text{ г}$ нітробензену у 400 г бензену замерзає за температури $4,86 \text{ }^\circ\text{C}$. Кріоскопічна константа бензену $5,12$. Обчислити відносну молекулярну масу нітробензену.
Відповідь: 123 а.о.м.
- 286) Розчин цукру у воді показує підвищення температури кипіння на $0,312 \text{ }^\circ\text{C}$. Обчислити зниження температури замерзання цього розчину.
Відповідь: $1,116 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 287) При розчиненні $0,4 \text{ г}$ деякої речовини у 10 г води температура замерзання розчину знижується на $1,24 \text{ }^\circ\text{C}$. Обчислити молекулярну масу розчиненої речовини.
Відповідь: 60 а.о.м.
- 288) У якій кількості води необхідно розчинити $0,5 \text{ кг}$ гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ для одержання розчину з температурою замерзання $-3 \text{ }^\circ\text{C}$?
Відповідь: 3,37 кг.
- 289) Обчислити температуру замерзання водного розчину сечовини $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$, у якому на 100 моль води припадає 1 моль розчиненої речовини.
Відповідь: $-1,033 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 290) У скількох молях води необхідно розчинити $0,02 \text{ г/моль}$ деякої речовини (неелектроліта) для одержання розчину, температура кипіння якого $100,026 \text{ }^\circ\text{C}$?
Відповідь: 22,22 моль.
- 291) Обчислити температуру кипіння розчину, що містить 100 г цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ у 750 г води. Яка моляльна концентрація цього розчину?
Відповідь: $100,2 \text{ }^\circ\text{C}$; $m_B = 0,39$.
- 292) Температура кипіння ацетону $56,1 \text{ }^\circ\text{C}$, а його ебуліоскопічна константа дорівнює $1,73$. Обчислити температуру кипіння 8%-ного розчину гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ у ацетоні. Яка моляльна концентрація розчину?
Відповідь: $57,73 \text{ }^\circ\text{C}$; $m_B = 0,95$.

- 293) Температура кипіння етеру $34,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 $35,53\text{ }^{\circ}\text{C}$?
Відповідь: $122,24$ а.о.м.
- 294) Температура кипіння розбавленого розчину цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ $100,065\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обчислити осмотичний тиск розчину за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Густина розчину прийміть за одиницю.
Відповідь: $2,68$ атм ($271,5$ кПа).
- 295) Зниження температури замерзання розчину, який містить $0,05$ моль нітробензену $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ у 250 г бензену, дорівнює $1,02\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обчислити кріоскопічну константу бензену.
Відповідь: $5,1$.
- 296) Обчислити температуру замерзання 10% -ного водного розчину глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
Відповідь: $-1,148\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 297) У якій кількості сірковуглецю CS_2 потрібно розчинити $0,1$ моль речовини, щоб розчин кипів за $47\text{ }^{\circ}\text{C}$? Температура кипіння CS_2 $46,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, ебуліоскопічна константа $2,29\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Відповідь: 327 г.
- 298) 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.
- 299) 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.
- 300) 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: $5,8\%$.
- 301) Ступінь дисоціації HCl в розчині, який містить $7,3$ г HCl в 200 г води, дорівнює 78% . Обчислити температуру кипіння розчину.
Відповідь: $100,91\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 302) Осмотичний тиск розчину KCl з $\text{C}_H = 0,01$ за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $0,44$ атм. Обчислити ступінь дисоціації KCl в розчині.
Відповідь: 96% .
- 303) Температура кипіння розчину, що містить $9,09$ г KNO_3 в 100 г води, дорівнює $100,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обчислити ступінь дисоціації KNO_3 в розчині.
Відповідь: 74% .

- 304) Ступінь дисоціації CaCl_2 в розчині, який містить 0,666 г CaCl_2 в 125 г води, дорівнює 75%. Обчислити температуру замерзання розчину.
Відповідь: $-0,22\text{ }^\circ\text{C}$.
- 305) Ступінь дисоціації MgCl_2 в розчині, що містить 0,25 моль MgCl_2 в 1000 г води, дорівнює 0,84. У скільки разів пониження температури замерзання цього розчину більше пониження температури замерзання еквімолярного розчину неелектроліту?
Відповідь: у 2,68 разів.
- 306) Ступінь дисоціації KNO_3 в розчині з $C_M = 0,02$ дорівнює 0,908. У скільки разів осмотичний тиск цього розчину більше осмотичного тиску еквімолярного розчину неелектроліту?
Відповідь: у 1,908 разів.
- 307) 5%-ний водний розчин KOH кипить за $100,86\text{ }^\circ\text{C}$. Обчислити ступінь дисоціації KOH в розчині.
Відповідь: 0,79.
- 308) Осмотичний тиск за $0\text{ }^\circ\text{C}$ розчину, який містить 0,05 г KNO_3 в 100 мл розчину, дорівнює 166,6 мм рт. ст. Обчислити ступінь дисоціації KNO_3 в розчині.
Відповідь: 97,5%.
- 309) Ступінь дисоціації K_2SO_4 в розчині, що містить 0,026 моль K_2SO_4 в 50 г води, дорівнює 53%. Обчислити підвищення температури кипіння розчину.
Відповідь: $0,546\text{ }^\circ\text{C}$.
- 310) Ступінь дисоціації HCl в розчині з $C_M = 0,02$ дорівнює 0,922. Обчислити осмотичний тиск розчину за $0\text{ }^\circ\text{C}$.
Відповідь: 654 мм рт. ст.
- 311) Ступінь дисоціації KCl в розчині, що містить 0,02 моль KCl в 10 л води, дорівнює 0,969. Обчислити в міліметрах ртутного стовпчика осмотичний тиск розчину за $18\text{ }^\circ\text{C}$.
Відповідь: 71,4 мм рт.ст.
- 312) Розчин, який містить 3,0 г MgCl_2 в 125 г води, замерзає за $-1,23\text{ }^\circ\text{C}$. Обчислити ступінь дисоціації MgCl_2 в розчині.
Відповідь: 81%.
- 313) Ступінь дисоціації Na_2CO_3 в розчині, який містить 0,01 моль Na_2CO_3 в 200 г води, дорівнює 0,7. Обчислити температуру замерзання розчину.
Відповідь: $-0,22\text{ }^\circ\text{C}$.
- 314) Ступінь дисоціації HBr в розчині з $C_H = 0,05$ дорівнює 0,889. Обчислити осмотичний тиск розчину за $20\text{ }^\circ\text{C}$.
Відповідь: 2,27 атм.

- 315) Розчин, що містить 0,636 г Na_2CO_3 в 120 г води, замерзає за $-0,225^\circ\text{C}$. Обчислити ступінь дисоціації Na_2CO_3 в розчині.
Відповідь: 0,7.
- 316) Обчислити осмотичний тиск за 27°C розчину цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, 1 л якого містить 91 г розчиненої речовини.
Відповідь: 6,55 атм.
- 317) Чому дорівнює за температури $-7,5^\circ\text{C}$ осмотичний тиск розчину, в 1,5 л якого міститься 276 г гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$?
Відповідь: 43,57 атм.
- 318) Обчислити осмотичний тиск розчину цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ з $C_M = 0,25$ за температури 38°C .
Відповідь: 6,38 атм.
- 319) За якої температури осмотичний тиск розчину, що містить в 1 л 45 г глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, досягне 6 атм?
Відповідь: $19,68^\circ\text{C}$.
- 320) Скільки грамів глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ міститься у 200 мл розчину, осмотичний тиск якого за температури 37°C складає 8 атм?
Відповідь: 11,3 г.

6.3 Іонна рівновага і концентрація іонів

У розчині слабкого електроліту має місце рівновага між іонами і недисоційованими молекулами:

$$\text{KA} = \text{K}^+ + \text{A}^-, \text{ тоді } K = \frac{[\text{K}^+][\text{A}^-]}{[\text{KA}]}, \quad (6.14)$$

де $[\text{K}^+]$, $[\text{A}^-]$, $[\text{KA}]$ – рівноважні концентрації відповідно катіона, аніона і недисоційованих молекул.

Взаємозв'язок між K , α і C виражається законом розведення Оствальда:

$$K = C \frac{\alpha^2}{1 - \alpha}, \quad (6.15)$$

якщо $\alpha < 5\%$, то $K = C\alpha^2$ або $\alpha = \sqrt{K/C}$, або $C = \frac{K}{\alpha^2}$ (6.16)

Якщо у розчині бінарного електроліту KA ступінь його дисоціації дорівнює α , то концентрація іонів K^+ і A^- буде однаковою і складе:

$$[\text{K}^+] = [\text{A}^-] = \alpha C, \text{ оскільки } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}, \text{ тоді: } [\text{K}^+] = [\text{A}^-] = C \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{KC} \text{ або}$$

$$C_{\text{іон}} = \sqrt{KC} \quad (6.17)$$

У розрахунках, які пов'язані з дисоціацією кислот, часто використовують не константу K , а показник константи дисоціації pK :

$$pK = -\lg K \quad (6.18)$$

Константи дисоціації деяких слабких електролітів – див. Додаток В.

6.3.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Константа дисоціації CH_3COOH дорівнює $1,8 \cdot 10^{-5}$. Обчислити концентрацію іонів H^+ у розчині цієї кислоти з $C_M = 0,5$.

Розв'язування: Згідно рівнянню (6.16):

$$[\text{H}^+] = \sqrt{KC} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5} = \sqrt{0,9 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{9 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Приклад 2 Константа дисоціації вугільної (карбонатної) кислоти за першим ступенем дорівнює $3 \cdot 10^{-7}$. Обчислити $[\text{H}^+]$ у розчині, якщо $\alpha = 1,74\%$.

Розв'язування: Згідно рівнянню (6.16):

$$[\text{H}^+] = \frac{K}{\alpha^2} = \frac{3 \cdot 10^{-7}}{(1,74 \cdot 10^{-2})^2} = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Приклад 3 Константа дисоціації $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ дорівнює $1,8 \cdot 10^{-5}$. Обчислити $[\text{OH}^-]$ у розчині, який містить суміш аміаку і NH_4Cl з концентраціями $C_{M(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = 0,1$ і $C_{M(\text{NH}_4\text{Cl})} = 1,0$.

Розв'язування: Згідно рівнянню (6.14):

$$[\text{OH}^-] = \frac{KC_{(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}}{C_{(\text{NH}_4^+)}}$$

Концентрація іонів NH_4^+ складається із концентрації іонів, які одержуються за рахунок дисоціації $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і NH_4Cl (останній дисоціює повністю і його концентрацію можна рахувати як 1 моль/л). Дисоціація $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ дає незначну концентрацію NH_4^+ -іонів, якою можна знехтувати. Тоді:

$$[\text{OH}^-] = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1}{1} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

Приклад 4 Константа дисоціації H_3PO_3 за першим ступенем дорівнює $1 \cdot 10^{-2}$. Обчислити α за першим ступенем у розчині з $C_M = 0,1$.

Розв'язування: Оскільки $[\text{K}^+] = [\text{A}^-] = \alpha C$, вводять це значення в рівняння (6.17):

$$K = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C \cdot \alpha^2}{(1-\alpha)}; \quad \alpha^2 = \frac{K(1-\alpha)}{C} = \frac{1 \cdot 10^{-2}(1-\alpha)}{0,1}.$$

Перетворюють це рівняння і розв'язують його:

$$\alpha^2 + 0,1\alpha - 0,1 = 0; \quad \alpha = 0,27 \text{ або } 27\%.$$

Приклад 5 У скільки разів зменшиться концентрація водневих іонів у розчині мурашиної кислоти HCOOH з $C_M = 0,2$ ($K = 1,8 \cdot 10^{-4}$), якщо до 1л цього розчину додати 0,1 моль солі HCOONa ? Вважати, що сіль дисоціює повністю.

Розв'язування: Вихідну концентрацію H^+ -іонів знаходять за рівнянням:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{KC} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Концентрацію H^+ -іонів у розчині після додавання солі позначають через x . Тоді концентрація недисоційованих молекул кислоти буде рівною $0,2 - x$. Концентрація ж іонів HCOO^- буде складатися із двох величин: із концентрації $\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$ і $\text{HCOONa} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCOO}^-$. Перша із цих величин дорівнює x , а друга – $0,1$ моль/л; загальна концентрація HCOO^- -іонів дорівнює: $0,1 + x$. Підставивши значення концентрації у вираз для константи дисоціації мурашиної кислоти, одержують:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} = \frac{x(0,1+x)}{0,2-x} = 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Оскільки за наявності однойменних іонів HCOO^- дисоціація мурашиної кислоти подавляється, то ступінь її дисоціації буде мала і значенням x порівняно з $0,1$ і $0,2$ можна знехтувати. Тоді останній вираз спрощується:

$$K = \frac{0,1x}{0,2} = 1,8 \cdot 10^{-4}, \text{ звідки: } 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2 = 0,1x;$$

$$x = \frac{0,2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Порівнявши величини $6 \cdot 10^{-3}$ і $3,6 \cdot 10^{-4}$, видно, що зменшення концентрації H^+ -іонів буде у $6 \cdot 10^{-3} / 3,6 \cdot 10^{-4} = 16,6$ разів.

6.3.2 Контрольні завдання

321) Як зміниться ступінь дисоціації мурашиної кислоти HCOOH внаслідок додавання до одного літру її розчину з $C_H = 0,05$ 0,1 моль HCOOK ?

Відповідь: зменшиться у 33,3 разів.

322) Ступінь дисоціації вугільної (карбонкової) кислоти за першим ступенем у розчині з $C_M = 0,006$ дорівнює 0,85%. Обчислити константу дисоціації.

Відповідь: $K = 4,34 \cdot 10^{-6}$.

323) Ступінь дисоціації оцтової кислоти CH_3COOH у розчині з $C_H = 0,1$ дорівнює 1,34%, а у розчині з $C_H = 0,01$ – 4,25%. Обчислити константу дисоціації CH_3COOH за цими даними і впевнитися, що величина її наближено одна й та ж.

Відповідь: $K_1 = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $K_2 = 1,81 \cdot 10^{-5}$.

324) До 2 л розчину оцтової кислоти CH_3COOH з $C_M = 0,1$ додали 0,5 моль натрій ацетату CH_3COONa . Обчислити концентрацію H^+ -іонів.

Відповідь: $\approx 7 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

325) До розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з $C_M = 0,25$ додали рівний об'єм розчину KOH з $C_H = 0,1$. Обчислити концентрацію NH_4^+ -іонів у розчині.

Відповідь: $4,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

326) До 200 мл розчину оцтової кислоти з $C_H = 0,6$ додали 500 мл розчину лугу з $C_H = 0,1$. Обчислити концентрацію H^+ -іонів після додавання лугу.

Відповідь: $2,44 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

327) До 500 мл розчину мурашиної кислоти з $C_H = 0,25$ додали 20 г натрій формиату HCOONa . Обчислити концентрацію H^+ -іонів у розчині.

Відповідь: $0,765 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

328) До 800 мл розчину HCN з $C_M = 0,2$ додали 400 мл розчину HCl з $C_M = 0,5$. Обчислити концентрацію CN^- -іонів в одержаному розчині.

Відповідь: $4 \cdot 10^{-10}$ моль/л.

329) До 400 мл розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з $C_H = 0,4$ додали 100 мл розчину HCl з $C_H = 0,5$. Обчислити концентрацію OH^- -іонів у розчині.

Відповідь: $3,87 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

330) До 500 мл розчину HCOOH з $C_H = 0,2$ додали 10 мл 8%-ного розчину аміаку ($\rho = 0,967 \text{ г/см}^3$). Якою стала концентрація H^+ -іонів у розчині?

Відповідь: $6,38 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

331) Скільки грамів CH_3COONa необхідно додати до 1л розчину оцтової кислоти з $C_H = 0,1$, щоб концентрація H^+ -іонів стала рівною $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л?

Відповідь: ≈ 143 г.

332) До 300 мл розчину CH_3COOH з $C_M = 0,38$ додали 25 мл 10%-ного розчину HCl ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$). Обчислити концентрацію CH_3COO^- -іонів в одержаному розчині.

Відповідь: $2,75 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

- 333) До розчину HCl з $C_M = 0,5$ додали рівний об'єм розчину CH_3COONa з $C_M = 0,5$. Обчислити концентрацію H^+ -іонів у суміші.
Відповідь: $\approx 2,09 \cdot 10^{-3}$ моль/л.
- 334) Обчислити концентрацію CH_3COO^- -іонів у розчині, 1 л якого містить 1 моль CH_3COOH і 0,1 моль HCl , прийнявши дисоціацію HCl повною.
Відповідь: $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л.
- 335) До розчину луку з $C_H = 1,0$ додали подвійний об'єм розчину HCOOH з $C_H = 1,0$. Обчислити концентрацію H^+ -іонів в одержаному розчині.
Відповідь: $1,84 \cdot 10^{-4}$ моль/л.
- 336) У скільки разів зменшиться концентрація H^+ -іонів, якщо до 1 л розчину оцтової кислоти CH_3COOH з $C_M = 0,005$ додати 0,05 моль CH_3COONa ?
Відповідь: у 169,5 разів.
- 337) Ступінь дисоціації мурашиної кислоти HCOOH у розчині з $C_H = 0,2$ дорівнює 0,03. Обчислити константу дисоціації кислоти і значення pK .
Відповідь: $K = 1,8 \cdot 10^{-4}$; $\text{pK} = 3,74$.
- 338) В 1 л розчину оцтової кислоти CH_3COOH з $C_M = 0,01$ міститься $6,26 \cdot 10^{21}$ її молекул і іонів. Обчислити ступінь дисоціації оцтової кислоти.
Відповідь: $\alpha = 0,04$.
- 339) Ступінь дисоціації вугільної (карбонової) кислоти H_2CO_3 за першим ступенем у розчині з $C_H = 0,1$ дорівнює $2,11 \cdot 10^{-3}$. Обчислити K_1 .
Відповідь: $K_1 = 4,45 \cdot 10^{-7}$.
- 340) За якої концентрації розчину ступінь дисоціації нітритної (азотистої) кислоти HNO_2 буде дорівнювати 0,2?
Відповідь: $1,725 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

6.4 Водневий показник і гідроліз солей

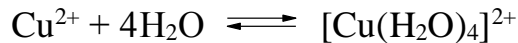
Гідроліз – це окремий випадок реакції протолізу і його механізм для різних типів сполук буде різним залежно від того, катіон чи аніон солі, яка піддається гідролізу, бере участь у реакції.

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.

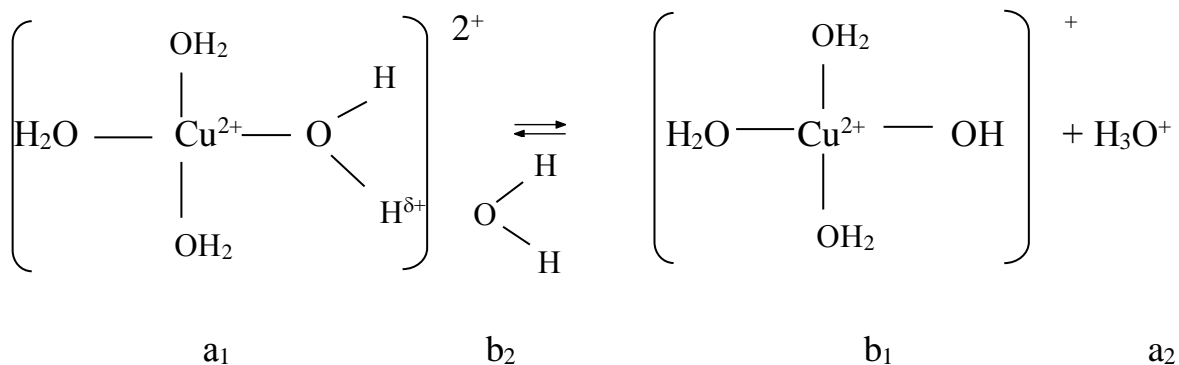
Наприклад, сульфат міді у водному розчині дисоціює на іони:



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

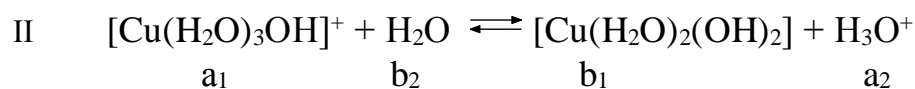
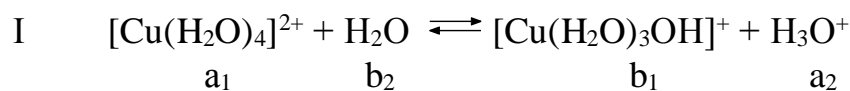


Щоб пояснити механізм гідролізу за катіоном, необхідно з'ясувати вплив центрального атома Cu^{2+} на одну із координованих біля нього молекул води, яка зв'язана слабшим водневим зв'язком у гідратній оболонці (за схемою):



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



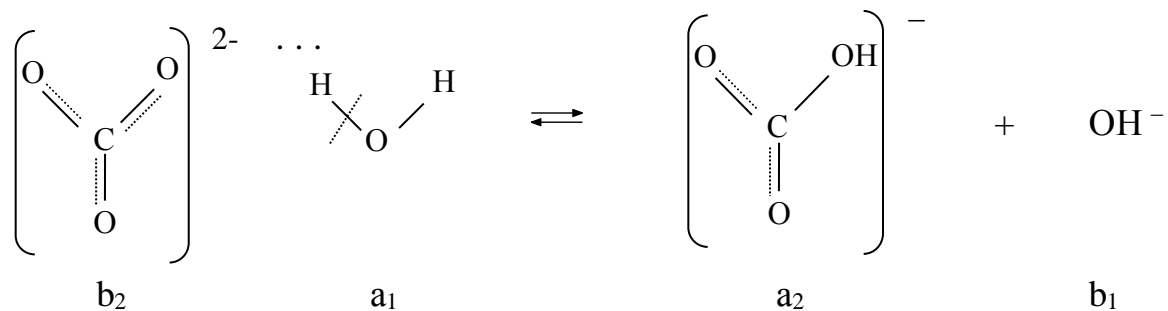
Слід пам'ятати, що гідролізу за катіоном піддаються солі, утворені слабкими основами, і тим більше, чим менше K_b (або більше pK_b) основи. Солі, утворені сильними основами, гідролізу за катіоном не піддаються.

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

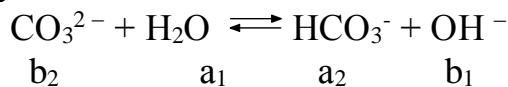
Наприклад, карбонат натрію у водному розчині дисоціює на іони



Негативно заряджений CO_3^{2-} -іон притягує до себе позитивно поляризований атом водню 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 pK_a) кислоти.

Для розрахунку ступеня гідролізу використовують закон розведення Оствальда :

$$h = \sqrt{K_{\Gamma} / C} \quad (6.19)$$

де h - ступінь гідролізу; K_{Γ} – константа гідролізу і C – концентрація солі.

Для розрахунку константи гідролізу використовують формули:

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

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

$$- \text{ для солей слабкої кислоти і основи } K_{\Gamma} = \frac{K_w}{K_a K_b} \quad (6.22)$$

де K_{Γ} , K_b , K_a – константа відповідно гідролізу, іонізації основи, іонізації кислоти (константи дисоціації електролітів – див. Додаток В).

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

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

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

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

6.4.1 Приклади розв'язання 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:

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

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

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

Розв'язування: Якщо KOH дисоціює повністю, тоді $[\text{OH}^-] = 0,0025 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ моль-іон/л. Звідки $\text{pOH} = -\lg \text{OH}^-$; $\text{pOH} = -\lg 2,5 \cdot 10^{-3} = 3 - \lg 2,5 = 3 - 0,4 = 2,6$. Тоді $\text{pH} = 14 - 2,6 = 11,4$.

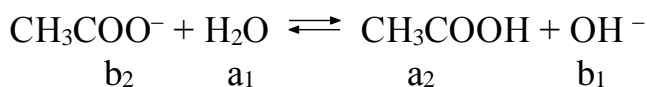
Приклад 3 рН розчину складає 4,3. Обчислити $[\text{H}^+]$ і $[\text{OH}^-]$.

Розв'язування: а) Запишемо дане значення рН у вигляді різниці $5 - 0,7$; 0,7 – це логарифм коефіцієнта, який стоїть при 10^{-5} . Цьому логарифму відповідає число 5. Тобто: $[\text{H}^+] = 5 \cdot 10^{-5}$ моль-іон/л; а $[\text{OH}^-] = 14/5 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-10}$ моль-іон/л.

б) Оскільки $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$, тоді $4,3 = -\lg [\text{H}^+]$, $\lg [\text{H}^+] = -4,3 = \overline{5,7}$, звідки $[\text{H}^+] = 5 \cdot 10^{-5}$ моль-іон/л.

Приклад 4 Обчислити ступінь гідролізу калій ацетату в розчині з $C_M = 0,1$ і рН розчину.

Розв'язування: Рівняння реакції гідролізу:



Константа гідролізу дорівнює: $K_r = K_b = \frac{K_w}{K_a}$;

$$K_r = K_b = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

Тепер знайдемо значення ступеня гідролізу h :

$$h = \sqrt{\frac{K_r}{C}} = \sqrt{\frac{5,56 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = 7,5 \cdot 10^{-5}$$

Оскільки $[\text{OH}^-] = h \cdot C = 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 = 7,5 \cdot 10^{-6}$ моль/л. Тоді:
 $\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-]$; $\text{pOH} = -\lg 7,5 \cdot 10^{-6} = 5,12$; $\text{pH} = 14 - 5,12 = 8,88$.

6.4.2 Контрольні завдання

- 341) Обчислити pH розчину оцтової кислоти ($C_H = 0,01$), для якого ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,042.
 Відповідь: 3,38.
- 342) Обчислити pH розчину, у 1л якого міститься 0,1 г NaOH. Дисоціацію лугу вважати повною.
 Відповідь: 11,4.
- 343) У скільки разів концентрація іонів водню у крові (pH = 7,38) більше, ніж у спинномозковій рідині (pH = 7,53)?
 Відповідь: в 1,5 рази.
- 344) Визначити $[\text{H}^+]$ і $[\text{OH}^-]$ у розчині, pH якого дорівнює 6,2.
 Відповідь: $[\text{H}^+] = 6,3 \cdot 10^{-7}$ моль/л; $[\text{OH}^-] = 1,6 \cdot 10^{-8}$ моль/л.
- 345) Обчислити pH розчину аміаку ($C_M = 0,02$), якщо $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$.
 Відповідь: pH = 10,78.
- 346) Обчислити pH розчину ціанідної кислоти HCN ($C_M = 0,1$), якщо $K_a = 7,9 \cdot 10^{-10}$.
 Відповідь: pH = 5,05.
- 347) Обчислити pH розчину мурашиної кислоти HCOOH ($C_H = 0,05$), якщо $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$.
 Відповідь: pH = 2,52.
- 348) Обчислити pH розчину оцтової кислоти ($C_M = 0,01$), якщо $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$.
 Відповідь: pH = 3,38.

- 349) Чому дорівнює концентрація розчину оцтової кислоти, рН якого дорівнює 5,2?
Відповідь: $2,29 \cdot 10^{-6}$ моль/л.
- 350) Ступінь дисоціації слабкої одноосновної кислоти у розчині ($C_H = 0,2$) дорівнює 0,03. Обчислити значення $[H^+]$, $[OH^-]$ і рОН для цього розчину.
Відповідь: $[H^+] = 6,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $[OH^-] = 1,7 \cdot 10^{-12}$ моль/л; рОН = 11,78.
- 351) Обчислити рН розчину, одержаного змішуванням 25 мл розчину HCl ($C_M = 0,5$), 10 мл розчину NaOH ($C_M = 0,5$) і 15 мл води. Коефіцієнти активності іонів прийняти рівними одиниці.
Відповідь: рН = 0,82.
- 352) Обчислити рН розчину, в 1 л якого міститься 0,51 мг OH^- -іонів.
Відповідь: рН = 9,48.
- 353) 25 мл 10%-ного розчину HCl ($\rho = 1,05$ г/см³) розбавили водою до 500 мл. Обчислити рН розведеного розчину.
Відповідь: рН = 0,84.
- 354) До 250 мл нейтрального розчину додали 50 мл розчину КОН ($C_H=0,5$). Обчислити рН цього розчину.
Відповідь: рН = 12,9.
- 355) До 100 мл розчину HCl ($C_H = 0,2$) додали 5 мл 3%-ного розчину КОН. Як змінився рН розчину?
Відповідь: з 0,7 на 0,78.
- 356) До 100 мл розчину NaOH ($C_H = 0,1$) додали 5 мл 4%-ного розчину HCl ($\rho = 1,0$ г/см³). Як змінився рН розчину?
Відповідь: з 13, на 12,6.
- 357) До 100 мл розчину HNO₃ ($C_H = 0,1$) додали 2 мл 6%-ного розчину NaOH ($\rho = 1,07$ г/см³). Яким став рН розчину?
Відповідь: рН = 1,2.
- 358) До 25 мл розчину HCl ($C_H = 0,2$) додали 25 мл розчину NaOH ($C_H=0,1$). Яким став рН суміші?
Відповідь: рН = 1,3.
- 359) Скільки грамів КОН знаходиться у стані повної дисоціації у 10 л розчину, рН якого дорівнює 11?
Відповідь: 0,56 г.
- 360) Яким об'ємом води необхідно розбавити 1 л 0,6%-ного розчину СН₃СООН для одержання розчину, рН якого дорівнює 3,0? $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$.
Відповідь: 0,8 л.

- 361) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: AlCl_3 (к.ч. 6), CuSO_4 (к.ч. 4), NaCN , KNO_3 .
- 362) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: ZnCl_2 (к.ч. 4), MgSO_4 (к.ч. 6), K_3PO_4 , NaCl .
- 363) 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), KOCl , Na_2S .
- 364) 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 .
- 365) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeSO_4 (к.ч. 6), NH_4Cl , KCN , K_2HPO_4 .
- 366) 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), KOCl , KHS .
- 367) 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 .
- 368) 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 .
- 369) 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 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.
- 370) 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 .
- 371) 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 .
- 372) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), NH_4Br , KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
- 373) 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 .
- 374) 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 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

- 375) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: AlCl_3 (к.ч. 6), MgBr_2 (к.ч. 6), NaBr , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
- 376) 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 .
- 377) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: FeSO_4 (к.ч. 6), MgSO_4 (к.ч. 6), KCN , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.
- 378) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: MgCl_2 (к.ч. 6), $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ (к.ч. 4), CH_3COONa , NaCl .
- 379) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (к.ч. 6), CuBr_2 (к.ч. 4), $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, KBr .
- 380) Скласти іонно-молекулярні рівняння гідролізу і вказати реакцію середовища наступних сполук: $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ (к.ч. 6), ZnSO_4 (к.ч. 4), NaNO_2 , Na_2S .
- 381) Обчислити ступінь гідролізу NaOCl у розчині ($C_M = 0,02$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 3,16 \cdot 10^{-3}$; $\text{pH} = 9,8$.
- 382) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COONa у розчині ($C_M = 0,1$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-5}$, $\text{pH} = 8,87$.
- 383) Обчислити ступінь гідролізу NH_4Cl у розчині ($C_M = 10^{-3}$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-4}$, $\text{pH} = 6,13$.
- 384) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COOK ($C_M = 0,001$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-4}$, $\text{pH} = 7,87$.
- 385) Обчислити ступінь гідролізу NaOCl ($C_M = 0,1$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 1,41 \cdot 10^{-3}$, $\text{pH} = 10,15$.
- 386) Обчислити ступінь гідролізу NaNO_2 у розчині з $C_M = 0,1$ і pH розчину.
Відповідь: $h = 1,58 \cdot 10^{-5}$, $\text{pH} = 8,2$.
- 387) Обчислити ступінь гідролізу NH_4Cl у розчині ($C_M = 0,01$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 2,35 \cdot 10^{-4}$, $\text{pH} = 5,63$.
- 388) Обчислити ступінь гідролізу KOCl у розчині ($C_M = 0,01$) і pH розчину.
Відповідь: $h = 4,47 \cdot 10^{-3}$, $\text{pH} = 9,65$.

- 389) Обчислити ступінь гідролізу NaCN у розчині з $C_M = 0,001$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,12 \cdot 10^{-1}$, рН = 10,05.
- 390) рН розчину натрієвої солі ($C_M = 0,1$) деякої одноосновної органічної кислоти дорівнює 10. Обчислити константу дисоціації цієї кислоти.
Відповідь: $K_a = 10^{-7}$.
- 391) Обчислити ступінь гідролізу KCN у розчині з $C_M = 0,1$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,12 \cdot 10^{-2}$, рН = 11,05.
- 392) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COONa у розчині ($C_M = 0,01$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 2,35 \cdot 10^{-4}$, рН = 8,37.
- 393) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COOK у розчині ($C_M = 0,1$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 7,45 \cdot 10^{-5}$, рН = 8,87.
- 394) Обчислити константу гідролізу KF, ступінь гідролізу цієї солі у розчині з $C_M = 0,01$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 3,88 \cdot 10^{-5}$, рН = 7,59.
- 395) Обчислити ступінь гідролізу KCN у розчині ($C_M = 0,015$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 2,9 \cdot 10^{-2}$, рН = 10,64.
- 396) Обчислити константу і ступінь гідролізу калій флуориду KF у розчині з $C_M = 0,001$ та рН цього розчину.
Відповідь: $h = 1,23 \cdot 10^{-4}$, рН = 7,09.
- 397) Обчислити ступінь гідролізу NaOCl у розчині з $C_M = 0,025$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 2,83 \cdot 10^{-3}$, рН = 9,84.
- 398) Обчислити ступінь гідролізу NH_4Cl у розчині з $C_M = 5,0 \cdot 10^{-3}$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 3,33 \cdot 10^{-4}$, рН = 5,78.
- 399) Обчислити ступінь гідролізу $NaNO_2$ у розчині з $C_M = 0,015$ і рН розчину.
Відповідь: $h = 4,08 \cdot 10^{-5}$, рН = 7,79.
- 400) Обчислити ступінь гідролізу CH_3COOK у розчині ($C_M = 0,025$) і рН розчину.
Відповідь: $h = 1,49 \cdot 10^{-4}$, рН = 8,57.

7 Окиснювально-відновні реакції

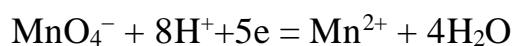
Окиснювально-відновні процеси – це реакції, які супроводжуються переходом (або відтягуванням) електронів від одних атомів до інших. Окиснювач (окисник) приймає електрони, сам при цьому відновлюється. Відновлення – приєднання електронів, при цьому ступінь окиснення атома

Таблиця 7.1 – Правила урівнювання кількості атомів кисню

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

Еквівалентна маса окиснювача (відновника) дорівнює молекулярній масі його поділеній на кількість прийнятих (або відданих) електронів. Так, для $\text{MnO}_4^- / 5$ і $\text{SO}_3^{2-} / 2$ (див. вище).

Для окиснювально-відновних пар E значно залежить від pH, наприклад:



$$E_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}$$

7.1 Контрольні завдання

7.1.1 Визначити ступінь окиснення:

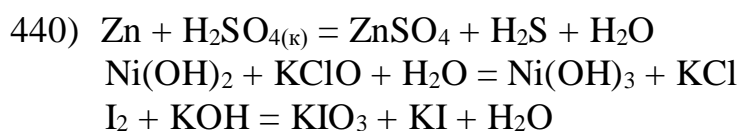
- 401) сірки у сполуках: H_2S , H_2SO_3 , H_2SO_4 , H_2SO_2 , CS_2 , $H_2S_2O_5$, $H_2S_2O_7$, MgS .
- 402) мангану у сполуках: MnO , Mn_2O_3 , MnO_2 , MnO_3 , Mn_2O_7 , K_2MnO_3 , K_2MnO_4 , $KMnO_4$.
- 403) хрому у сполуках: CrO , Cr_2O_3 , CrO_3 , $KCrO_2$, K_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, $Mg(CrO_2)_2$, Cr_2S_3 .
- 404) бром у сполуках: HBr , $KBrO$, $KBrO_3$, $KBrO_4$, $AlBr_3$, Br_2O , BrO_2F .
- 405) фосфору у сполуках: PH_3 , K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , K_2HPO_3 , KH_2PO_2 , $K_4P_2O_7$.
- 406) заліза у сполуках: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , $KFeO_2$, K_2FeO_4 , $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_2$.
- 407) азоту у сполуках: NH_3 , NH_4Cl , N_2O_3 , NO_2 , $NaNO_3$, $Mg(NO_3)_2$, N_2O , $NaNO_2$.
- 408) хлору у сполуках: HCl , $HClO$, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$, Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_7 .
- 409) йоду у сполуках: KI , KIO , KIO_3 , KIO_4 , I_2O_5 , ICl , I_2 .
- 410) арсену у сполуках: AsH_3 , $HAsO_2$, H_3AsO_3 , $HAsO_3$, H_3AsO_4 , $H_4As_2O_7$, $AsCl_5$.
- 411) селену у сполуках: H_2Se , SeO_2 , SeO_3 , H_2SeO_3 , H_2SeO_4 , Na_2Se , CSe_2 , $BaSe$.
- 412) нікелю у сполуках: NiO , $Ni(OH)_2$, Ni_2O_3 , $Ni(OH)_3$, $Ni(ClO_4)_2$, $Ni(CN)_2$, $NiSO_4$.
- 413) свинцю у сполуках: PbO , PbO_2 , Pb_3O_4 , $Pb(OH)_2$, K_2PbO_3 , $PbCrO_4$, $(CH_3COO)_2Pb$.
- 414) стибію у сполуках: Sb_2O_3 , Sb_2O_5 , Sb_2O_4 , $NaSbO_2$, Na_3SbO_4 , $SbOCl$, $KSbO_3$.
- 415) фосфору у сполуках: PH_3 , K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , PCl_3 , PCl_5 , $CaHPO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2$.
- 416) азоту у сполуках: NH_3 , N_2H_4 , NH_2OH , $(NH_4)_2S$, NH_4NO_3 , $Fe(NO_3)_3$, N_2O , KNO_2 .
- 417) титану у сполуках: TiO_2 , H_2TiO_3 , $Ti_2(SO_4)_3$, Na_4TiO_4 , $Ti(OH)_3$, TiH_2 , $TiOCl_2$, $Ti(SO_4)_2$.
- 418) магнію у сполуках: MgO , MgO_2 , $Mg(ClO_4)_2$, $MgSO_4$, MgH_2 , $(MgOH)_2CO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $[Mg(H_2O)_6]SO_4$.

- 419) кобальту у сполуках: CoO , Co_2O_3 , $[\text{Co}_2(\text{CO})_8]$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, CoCl_3 , $\text{Co}(\text{OH})_3$, $\text{Na}_2[\text{Co}(\text{CN})_4]$.
- 420) молибдену у сполуках: MoS_2 , MoO_3 , Mo , K_2MoO_4 , Na_2MoS_4 , MoS_3 , MoOF_4 , PbMoO_4 .

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

- 421) $\text{KBrO}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Br}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 422) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\kappa)} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$
 $\text{KCrO}_2 + \text{KBrO} + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 423) $\text{KClO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{S} = \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{NaCrO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 424) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\kappa)} = \text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 425) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 $\text{KCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 426) $\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{p})} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH}$
 $\text{Be} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 427) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{HCl} = \text{S} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 428) $\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{p})} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{I}_2 + \text{KOH}$
 $\text{Zn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 429) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{HCl} = \text{CrCl}_3 + \text{S} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{KOH} + \text{NaOH}$
 $\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_2$

- 430) $\text{KMnO}_4 + \text{HBr} = \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$
 $\text{Zn} + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2$
- 431) $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NiSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HJO}_3 + \text{HCl}$
 $\text{I}_2 + \text{KOH} = \text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O}$
- 432) $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{HCl} = \text{NiCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{Br}_2 + \text{NaOH} = \text{NaBrO} + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
- 433) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 = \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{S} + \text{KOH}$
 $\text{Bi}(\text{OH})_3 + \text{SnCl}_2 + \text{KOH} = \text{Bi} + \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \text{KCl}$
- 434) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HBrO} + \text{HBr}$
 $\text{Be} + \text{KOH} = \text{K}_2\text{BeO}_2 + \text{H}_2$
- 435) $\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al} + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2$
 $\text{NaCrO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 436) $\text{Zn} + \text{HNO}_{3(\text{p})} = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Co}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{S} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{S}$
- 437) $\text{CuS} + \text{HNO}_3 = \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HOCl} + \text{HCl}$
 $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 438) $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CrCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{H}_2$
 $\text{NaCrO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Na}_2\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 439) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{HClO}_3 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$
 $\text{KCrO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

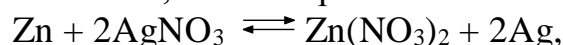


8 Гальванічні елементи

У певних умовах електрохімічну реакцію окиснення-відновлення можна здійснити таким чином, що електрони від відновника до окисника будуть рухатись не хаотично, а направлено у вигляді електричного струму. Прилади, у яких здійснюється такий процес, називаються хімічними джерелами електричної енергії або гальванічними елементами.

Гальванічний елемент складається із двох електродів – металів, занурених у розчин електролітів, сполучених між собою поруватою перепонкою. Електрод, на якому відбувається процес окиснення, називається анодом, а електрод, на якому відбувається процес відновлення – катодом.

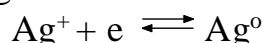
При схематичному зображенні гальванічного елемента кордон розділу фаз “метал – розчин” позначають вертикальною рисою, а кордон між розчинами електролітів – подвійною вертикальною рисою. Наприклад, схема гальванічного елемента, в основі роботи якого лежить реакція:



відображають таким чином: $\text{Zn} / \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 // \text{AgNO}_3 / \text{Ag}$, або в іонному вигляді: $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+} // \text{Ag}^+ / \text{Ag}$. При цьому на аноді цинк окиснюється:



а на катоді відновлюються Ag^+ -іони:



Сумарне рівняння цих процесів записується так: $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}^0$.

Максимальна напруга гальванічного елемента, яка відповідає зворотному протіканню реакцій, що перебігають у ньому, називається електрорушійною силою E (е.р.с.) елемента. За стандартних умов – це E^0 (стандартна електрорушійна сила).

Е.р.с. гальванічного елемента – це різниця двох електродних потенціалів ϕ , кожний із яких відповідає напівреакції, що перебігає на одному із електродів, і може бути виражена рівнянням: $\Delta E^0 = \phi_{\text{ок}} - \phi_{\text{від}}$, де $\phi_{\text{ок}}$ і $\phi_{\text{від}}$ – потенціали окиснювача і відновника (див. Додаток Г).

При обчисленні е.р.с. менший (в алгебраїчному розумінні) електродний потенціал вираховується із більшого.

Залежність електродного потенціалу від концентрації речовин, що беруть участь в електродних процесах, і від температури вираховується за рівнянням Нернста:

$$E = E^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg C \quad \text{або} \quad E = E^0 + \frac{0,059}{nF} \lg C,$$

де E^0 – стандартний електродний потенціал; n – заряд іона; C – концентрація окиснювача чи відновника (молярна концентрація C може бути замінена на a – активність іонів).

8.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Обчислити електродний потенціал цинку, зануреного у розчин його солі з активністю Zn^{2+} -іонів $0,001$ моль/л ($1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л).

Розв'язування:

За рядом напруг знаходять (див. Додаток Г), що $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76$ В. Звідси:

$$E = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg a_{Zn^{2+}} = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = -0,76 + 0,0295 \lg 10^{-3} = -0,76 + 0,0295 (-3) \approx -0,85 \text{ В.}$$

Приклад 2 Обчислити е.р.с. елемента, у якому за 298 К має місце рівновага: $Zn + 2Ag^+ \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2Ag^0$, якщо $a_{Zn^{2+}} = 0,01$ моль/л, $a_{Ag^+} = 10^{-3}$ моль/л. Написати рівняння електродних процесів.

Розв'язування: Е.р.с. елемента дорівнює різниці потенціалів позитивного і негативного електродів. Співставивши стандартні електродні потенціали (див. Додаток Г) можна зробити висновок, що позитивним буде срібний, а негативним – цинковий електрод.

Потенціали металічних електродів з рівняння Нернста дорівнюють:

$$E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = -0,82 \text{ В}$$

$$E_{Ag^+/Ag}^0 = +0,80 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = +0,62 \text{ В.}$$

$$\text{Тоді: } \Delta E = \varphi_{\text{ок}} - \varphi_{\text{від}} = 0,62 - (-0,82) = 1,44 \text{ В.}$$

Приклад 3 Гальванічний елемент складається із металічного цинку, зануреного у розчин цинк (II) нітрату з $C_M = 0,1$, і металічного свинцю, зануреного у розчин свинець (II) нітрату з $C_M = 0,02$. Обчислити ΔE (е.р.с.) елемента, написати рівняння електродних процесів та скласти схему гальванічного елемента.

Розв'язування: Спочатку за рівнянням Нернста обчислюють електродні потенціали, враховуючи концентрацію розчинів.

Оскільки $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76 \text{ В}$ і $E_{Pb^{2+}/Pb}^0 = -0,13$ (див. Додаток Г),
звідси: $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-1} = -0,79 \text{ В}$

$$E_{\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}}^0 = -0,13 + \frac{0,059}{2} \lg 2 \cdot 10^{-2} = -0,18 \text{ В}$$

Таким чином, у даному випадку Pb^{2+} -іони відіграють роль окиснювача, а Zn^{2+} – відновника.

$$\text{Звідси: } \Delta E^0 = \varphi_{\text{ок}} - \varphi_{\text{від}} = -0,18 - (-0,79) = 0,61 \text{ В.}$$

Оскільки $\varphi_{\text{Pb}} > \varphi_{\text{Zn}}$, то на свинцевому електроді протікає процес відновлення (він є катодом): $\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}^0$, а на цинковому електроді – процес окиснення (він є анодом): $\text{Zn}^0 \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2e$. Схема гальванічного елементу має наступний вигляд:



Приклад 4 Обчислити ΔE концентраційного гальванічного елементу, утвореного стандартним нікелевим електродом і електродом того ж металу за активної концентрації Ni^{2+} -іонів, яка дорівнює $1,0 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Розв’язування: Концентраційним називається гальванічний елемент, утворений електродами одного й того металу за різної концентрації його іонів у розчині. За цієї умови величина електродних потенціалів обох електродів буде різною. Один із електродів буде негативним, інший – позитивним. Гальванічний елемент буде діяти до того часу, доки не вирівняється концентрація іонів обох електродів. Для даного концентраційного елемента:

$$E_1 = E^0 = -0,23 \text{ В}; E_2 = -0,23 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-4} = -0,348 \text{ В}$$

Перший електрод позитивний, другий – негативний.

$$\text{Звідси: } \Delta E = -0,23 - (-0,348) = 0,118 \text{ В}$$

Приклад 5 Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому за 298 К перебігає реакція за термохімічним рівнянням: $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{р})$.

Розв’язування: Стандартна е.р.с. елемента E^0 визначається рівнянням: $E^0_{298} = -\Delta G^0_{298}/nF$, де ΔG^0_{298} – стандартна енергія Гіббса реакції; nF – кількість електрики, яку теоретично можна одержати при електрохімічному перетворенні одного моля речовини; F – число Фарадея ($F = 96\,500 \text{ Кл/моль} = 96\,500 \text{ Дж / В} \cdot \text{моль}$).

На підставі довідникових даних обчислюють $\Delta G^0_{\text{H}_2\text{O}}$ ($-237,3 \text{ кДж/моль}$), оскільки стандартні енергії Гіббса утворення H_2 і O_2 дорівнюють 0.

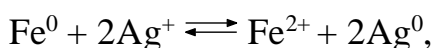
$$\text{Звідси: } \Delta G^0_{298} = -237,3 - 0 - 0 = -237,3 \text{ кДж/моль}$$

Згідно закону Фарадея при окисненні одного моля водню через електрод перебігає два фарадея електрики ($96500 \cdot 2$ Кл), тоді:

$$E_{298}^0 = -\frac{-237,3\text{кДж/моль}}{2 \cdot 96500\text{Дж/моль} \cdot \text{В}} = -\frac{-237,3\text{кДж/моль}}{2 \cdot 96,5\text{кДж/моль} \cdot \text{В}} \approx 1,23\text{В}$$

8.2 Контрольні завдання

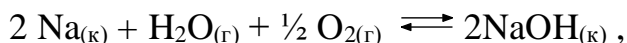
- 441) Обчислити електродні потенціали магнію у розчині його солі, якщо концентрація Mg^{2+} -іонів складає: а) 0,1; б) 0,01 і в) 0,001 моль/л.
Відповідь: а) $E = -2,39$ В; б) $E = -2,42$ В; в) $E = -2,45$ В.
- 442) Обчислити е.р.с. елемента, у якому за 298 К встановилася рівновага:
$$\text{Fe}^0 + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}^0,$$
якщо $a_{\text{Fe}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л; $a_{\text{Ag}^+} = 10^{-3}$ моль/л.
Відповідь: $\Delta E = 1,12$ В.
- 443) За якої активності Fe^{2+} -іонів рівноважний потенціал залізного електроду за 298 К буде дорівнювати стандартному потенціалу цинкового електроду?
Відповідь: $a_{\text{Fe}^{2+}} = 1,3 \cdot 10^{-11}$ моль/л.
- 444) Обчислити е.р.с. елемента, у якому за 298 К встановилася рівновага:
$$\text{Cd}^0 + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + \text{Cu}^0,$$
якщо $a_{\text{Cd}^{2+}} = 10^{-4}$ моль/л; $a_{\text{Cu}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л.
Відповідь: $\Delta E = 0,86$ В.
- 445) Скласти схему концентраційного гальванічного елемента, якщо $a_{\text{Ag}^+} = 10^{-1}$ моль/л біля одного і $a_{\text{Ag}^+} = 10^{-4}$ моль/л біля другого електроду. Вказати, який із електродів буде анодом, а який – катодом. Обчислити е.р.с. цього елемента.
Відповідь: $\Delta E = 0,18$ В.
- 446) Обчислити е.р.с. елемента, у якому за 298 К встановилася рівновага:
$$\text{Zn}^0 + \text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{Sn}^0,$$
якщо $a_{\text{Zn}^{2+}} = 10^{-4}$ моль/л; $a_{\text{Sn}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л.
Відповідь: $\Delta E = 0,68$ В.
- 447) Скласти схему концентраційного гальванічного елемента, якщо $a_{\text{Zn}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л біля одного і $a_{\text{Zn}^{2+}} = 10^{-6}$ моль/л біля другого електроду. Вказати, який із електродів буде анодом, а який – катодом. Обчислити е.р.с. цього елемента.
Відповідь: $\Delta E = 0,12$ В.
- 448) Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага:



якщо $\Delta G^0_{\text{Zn}^{2+}} = -146,5$ кДж/моль; $\Delta G^0_{\text{Ag}^+} = +77,2$ кДж / моль.

Відповідь: $\Delta E^0 = 1,56$ В.

- 449) Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага:



якщо $\Delta G^0_{\text{H}_2\text{O}} = -228,6$ кДж/моль; $\Delta G^0_{\text{NaOH}} = -380,46$ кДж / моль.

Відповідь: $\Delta E^0 = 2,76$ В.

- 450) Обчислити електродний потенціал цинку, зануреного у розчин, що містить Zn^{2+} -іони в активній концентрації 0,1 моль/л.

Відповідь: $\Delta E = -0,788$ В.

- 451) Обчислити стандартну е.р.с. мідно-цинкового гальванічного елемента.

Відповідь: $\Delta E = 1,1$ В.

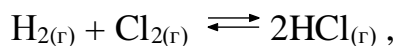
- 452) Обчислити е.р.с. гальванічного елемента, який складається із двох напівелементів: а) цинку, зануреного у розчин ZnSO_4 з $C_M = 0,001$; б) міді, зануреної у розчин CuSO_4 з $C_M = 2,0$.

Відповідь: 1,2 В.

- 453) Потенціал кадмієвого електроду за 298 К у розчині його солі дорівнює $-0,52$ В. Обчислити активність іонів Cd^{2+} .

Відповідь: $a_{\text{Cd}^{2+}} = 10^{-4}$ моль/л.

- 454) Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага:



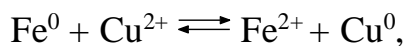
якщо $\Delta G^0_{\text{HCl}} = -95,2$ кДж/моль.

Відповідь: $\Delta E^0 = 0,98$ В.

- 455) Обчислити активність Cu^{2+} -іонів у розчині, якщо за 298 К е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага: $\text{Zn}^0 + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}^0$, дорівнює 1,16 В, а $\Delta G^0_{\text{Zn}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л.

Відповідь: $\Delta G^0_{\text{Cu}^{2+}} = 1,0$ моль/л.

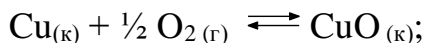
- 456) Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага:



якщо $\Delta G^0_{\text{Cu}^{2+}} = +66,2$ кДж/моль, $\Delta G^0_{\text{Fe}^{2+}} = -84,8$ кДж/моль.

Відповідь: $\Delta E^0 = 0,78$ В.

- 457) Обчислити стандартну е.р.с. елемента, у якому встановилася рівновага:



якщо $\Delta G^0_{CuO} = -129,9$ кДж/моль.

Відповідь: $\Delta E^0 = 0,67$ В.

- 458) Е.р.с. гальванічного елемента, складеного із стандартного водневого електрода і свинцевого електрода, зануреного у розчин солі свинцю з $C_M = 1,0$, дорівнює 126 мВ. При замиканні елемента електрони рухаються у зовнішньому ланцюгу від свинцевого до водневого електрода. Чому дорівнює потенціал свинцевого електрода? Скласти схему гальванічного елемента. Які процеси перебігають на його електродах?

Відповідь: $\Delta E^0 = -0,126$ В.

- 459) Обчислити потенціал водневого електрода, зануреного: а) у чисту воду; б) у розчин з рН = 3,5; в) у розчин з рН = 10,7.

Відповідь: а) $\Delta E^0 = -0,41$ В; б) $\Delta E^0 = -0,21$ В; в) $\Delta E^0 = -0,63$ В.

- 460) Скласти схему гальванічного елемента і обчислити е.р.с. його, один із електродів якого – стандартний хлорний, а інший – цинковий електрод з $\Delta G^0_{Zn^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л. Написати рівняння електродних процесів, які перебігають на електродах.

Відповідь: $\Delta E^0 = 2,18$ В.

9 Електроліз

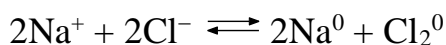
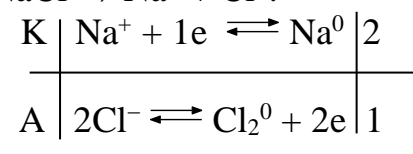
Електроліз – це окиснювально-відновний процес, який перебігає на електродах у розплаві чи розчині електроліту під дією постійного електричного струму. Електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму, називається катодом, а з'єднаний з негативним полюсом – анодом. На катоді відбуваються процеси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

9.1 Приклади розв'язання типових задач

9.1.1 Електроліз розплаву солей

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

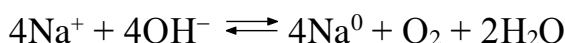
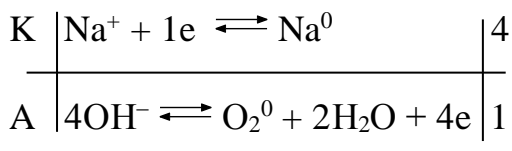
Розв'язування: У розплаві солі містяться Na^+ і Cl^- -іони. Під дією постійного електричного струму Na^+ -іони рухаються до катода, а Cl^- -іони – до аноду. Процеси, які перебігають при цьому, схематично можна зобразити таким чином: $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$.



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

Приклад 2 Які процеси окиснення-відновлення 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).

9.1.2 Електроліз у водному розчині

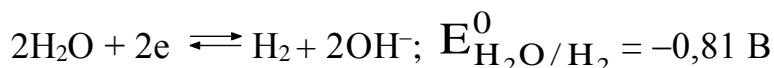
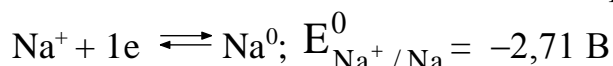
Внаслідок того, що вода може проявляти властивості як окиснювача, так і відновника, то при електролізі водних розчинів електролітів у водному розчині біля електродів можуть відновлюватися і окиснюватися не іони електроліту, а вода. Це залежить від порівняльної величини електродних потенціалів води і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

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

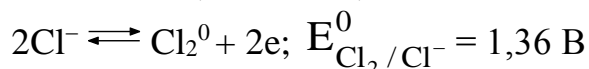
Розв'язування: У водному розчині NaCl знаходяться Na⁺- і Cl⁻-іони у гідратованому вигляді, а також вільні молекули води. Якщо система містить різні окиснювачі (у даному випадку Na⁺-іони і H₂O), то на катоді відновлюється окиснена форма тієї електрохімічної системи, якій відповідає найбільше значення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

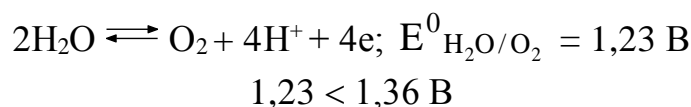
Аналогічно, за наявності у системі декількох відновників (у даному випадку Cl⁻-іони і вода), на аноді окиснюється відновлена форма тієї електрохімічної системи, якій відповідає найменше значення електродного потенціалу.

Порівнюють потенціали окиснених і відновлених форм:



$$-0,81 \text{ В} > -2,71 \text{ В}$$

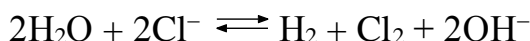
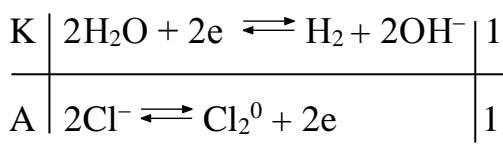




Це свідчить про те, що на катоді будуть відновлюватися молекули води ($-0,81 \text{ В} > -2,71 \text{ В}$) за рівнянням $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

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

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



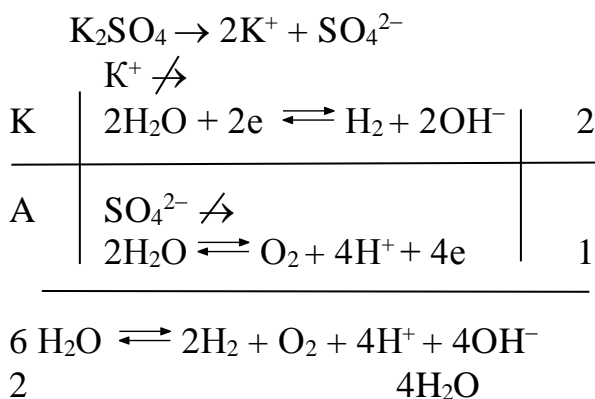
ел-з

або в молекулярній формі $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$.

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

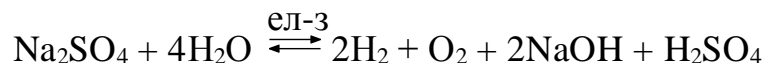
Розв'язування: У водному розчині містяться K^+ -іони і SO_4^{2-} -іони. Оскільки вода володіє більшою окиснювальною здатністю, ніж K^+ -іони, і більшою відновлювальною здатністю, ніж SO_4^{2-} -іони, то вона (вода) буде відновлюватися на катоді і окиснюватися на аноді.

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



Продуктами електролізу біля катода є водень і OH^- -іони, які з K^+ -іонами утворюють KOH , а біля аноду – виділяється кисень і H^+ -іони, які з SO_4^{2-} -іонами утворюють H_2SO_4 (при розділеному катодному і анодному просторах).

В цілому процес виражається рівнянням:



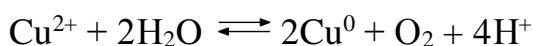
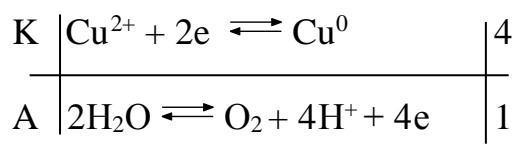
Якщо розчини біля катодного і анодного простору перемішують, то відбувається реакція нейтралізації: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ і у результаті продуктами електролізу є лише H_2 і O_2 .

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

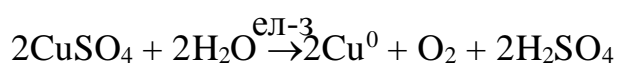
Розв'язування: У водному розчині містяться Cu^{2+} -іони і SO_4^{2-} -іони.

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:

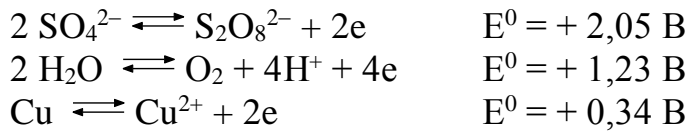


9.1.3 Електроліз з розчинним анодом

У випадку розчинного анода 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:

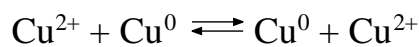


Порівняння свідчать про те, що потенціал міді – найменший. Таким чином, мідь є кращим відновником і біля аноду відбувається її окиснення, при цьому перебігає процес: $\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2e$.

Схема електролізу водного розчину CuSO_4 з мідним анодом:



К	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}^0$	1
A	$\text{Cu}^0 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2e$	1



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

9.1.4 Потенціал розкладу

Припустимо, що у розчин CuCl_2 занурено два платинових електроди. При пропусканні електричного струму через цей розчин на катоді відновлюється мідь, а на аноді адсорбується хлор. У результаті цього процесу утворюється гальванічний елемент: $\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} // 2\text{Cl}^- / \text{Cl}_2$. Стандартні електродні потенціали $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = + 0,34 \text{ V}$ і $E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^0 = + 1,36 \text{ V}$. Тому електрони у цьому елементі будуть рухатися у напрямку від міді до хлору. Іншими словами, струм утвореного гальванічного елемента буде мати напрямок, протилежний струму, який надходить від зовнішнього джерела електричного струму.

Струм протилежного напрямку, який виникає при електролізі, називається поляризаційним струмом. Щоб його пересилити, потрібно створити різницю потенціалів, яка перевищує різницю потенціалів гальванічного елемента, що обумовлює поляризаційний струм.

У випадку, який розглядається, стандартна електрорушійна сила поляризації дорівнює $1,36 \text{ V} - 0,34 \text{ V} = 1,02 \text{ V}$. Таким чином, щоб пересилити поляризаційний струм, який виникає при електролізі CuCl_2 , потрібно до електродів прикласти різницю потенціалів, що перевищує $1,02 \text{ V}$.

Мінімальна різниця потенціалів, яка потрібна для безперервного перебігу електролізу, називається потенціалом розкладу.

Необхідно відмітити, що потенціал розкладу декілька вище електрорушійної сили поляризації. Тому обчислення за рядом напруг надає

лише теоретично нижчу межу. Реальна величина потенціалу розкладу знаходиться в залежності від різних факторів (матеріалу електродів, стану їх поверхні, агрегатного стану речовин, від густини струму, від температури).

В таблиці 9.1 наведено потенціали розкладу деяких електролітів за концентрації іонів 1 моль/л (електроди платинові).

Таблиця 9.1 – Потенціали розкладу деяких електролітів

Електроліт	$E_p, \text{В}$	Електроліт	$E_p, \text{В}$
CuSO_4	1,49	HNO_3	1,69
AgNO_3	0,70	H_2SO_4	1,67
ZnSO_4	2,35	H_3PO_4	1,70
CdSO_4	2,03	NaOH	1,69
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	1,52	KOH	1,67
NiSO_4	2,09	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1,74
NiCl_2	1,85		

9.1.5 Електроліз розчину суміші електролітів

За наявності у розчині декількох електролітів, процеси біля катоду і аноду протікають відповідно з потенціалами розкладу і електродними потенціалами окиснювачів, які відновлюються біля катоду, та відновників, що окиснюються біля аноду.

Приклад 7 Як протікає електроліз водного розчину суміші, що містить CuSO_4 і ZnSO_4 ? Електроліз здійснюють за напруги: а) не вище 2 В; б) вище 2 В.

Розв'язування: а) оскільки потенціал розкладу CuSO_4 нижче 2 В (1,49 – див. таблицю 9.1.), а потенціал розкладу ZnSO_4 вище цієї напруги (2,35 В), електролізу піддається лише CuSO_4 . На катоді відкладається мідь. Таким чином досягається розділення Cu^{2+} -іонів і Zn^{2+} -іонів.

б) якщо ж електроліз ведуть за напруги вище потенціалу розкладу ZnSO_4 , то внаслідок того, що $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ В}$, а $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ В}$, де $+0,34 \text{ В} > -0,76 \text{ В}$, спочатку, як і у першому випадку, виділяється мідь. Потім, коли уся мідь відновиться, почне виділятися цинк.

Таким чином, якщо електроліз вести безперервно, на катоді виділяється як мідь, так і цинк, але у певній послідовності. Внаслідок зміни електродного потенціалу зі зміною концентрації іонів, виділення більш активного металу, може початися навіть раніше повного виділення менш активного.

9.1.6 Кількісні відношення при електролізі. Закони Фарадея.

Приклад 8 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 $m = \frac{m_e \cdot I \cdot t}{F} = \frac{31,74 \cdot 4 \cdot 3600}{96500} = 4,74$ г.

Приклад 9 Струм силою 2,5А виділив протягом 15 хв 0,72 г міді із розчину мідь(II) сульфату. Знайти коефіцієнт корисної дії (ККД) струму.

Розв'язування: Вихід за струмом визначають із формули

$A_c = \frac{m \cdot F}{m_e \cdot I \cdot t} \cdot 100\%$. Еквівалентна маса міді $m_e = 31,77$ г/моль (див. Приклад 8).

$$\text{Тобто } A_c = \frac{0,72 \cdot 96500}{31,77 \cdot 2,5 \cdot 15 \cdot 60} \cdot 100\% = 97,19\%$$

Приклад 10 Чому дорівнює сила струму, якщо під час електролізу деякого розчину протягом 1 год 40 хв 25 с на катоді виділилося 1,4 л водню (н.у.)?

Розв'язування: Еквівалентний об'єм водню (н.у.) у літрах дорівнює половині молярного об'єму $22,4 / 2 = 11,2$ л ($2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$). Із формули $m_v = V_e \cdot I \cdot t / F$ потрібно визначити I, отже $I = \frac{m_v F}{V_e t} = \frac{1,4 \cdot 96500}{11,2 \cdot 6025} = 2$ А (де 6025 с – це 1 год 40 хв 25 с).

Приклад 11 Обчислити час, протягом якого необхідно пропускати струм силою 0,5 А через розчин солі срібла (I), щоб покрити металічну пластинку шаром срібла товщиною 0,02 мм, якщо загальна поверхня пластинки 500 см^2 , а вихід за струмом 95,5% ($\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$).

Розв'язування: Обчислюють об'єм срібла, необхідного для покриття: $V = Sh$, $V = 500 \text{ см}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ мм} \cdot 10^{-1} \text{ см} = 1 \text{ см}^3$. Маса срібла обчислюється за формулою: $m = V\rho$, тоді $m = 1 \text{ см}^3 \cdot 10,5 \text{ г/см}^3 = 10,5$ г. $m_e(\text{Ag}) = A/1 = 107,87$ г/моль ($\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}^0$).

$$\text{Звідси: } A_c = \frac{m \cdot F}{m_e \cdot I \cdot A_c} \cdot 100\%, \quad t = \frac{m \cdot F}{m_e \cdot I \cdot A_c} \cdot 100\% = \frac{10,5 \cdot 96500 \cdot 100\%}{107,87 \cdot 0,5 \cdot 95,5\%} = 1967 \text{ к}, \text{ що складає } 5 \text{ год } 27 \text{ хв } 51 \text{ с}.$$

9.2 Контрольні завдання

- 461) При електролізі розчину солі кадмію виділилося 2 г кадмію. Яка кількість електричного струму затрачена при цьому, якщо $m_{\text{e(Cd)}} = 56,25$ г/моль.
Відповідь: 3430 Кл.
- 462) 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.
- 463) При електролізі розчину мідь (II) сульфату на аноді виділилося 168 см³ газу (н.у.). Скласти електродні рівняння процесів, які перебігають на інертних електродах, і обчислити, яка маса міді виділиться на катоді.
Відповідь: 0,953 г.
- 464) Визначити еквівалентну концентрацію (C_{H}) срібло (I) нітрату, якщо для виділення всього срібла з 80 см³ цього розчину потрібно пропускати струм силою 0,8 А протягом 20 хв?
Відповідь: $C_{\text{H}} = 0,124$.
- 465) Якою силою струму можна протягом 15 хв виділити усю мідь з 120 см³ розчину мідь (II) нітрату з $C_{\text{H}} = 0,2$?
Відповідь: 2,57 А.
- 466) При електролізі водного розчину олово (II) хлориду на аноді виділилося 4,48 л хлору (н.у.). Знайти масу олова, яка виділилася на катоді.
Відповідь: 23,7 г.
- 467) 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.
- 468) 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.
- 469) 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: 8,17 г; 2,0 г; 8,86 г.
- 470) 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.

471) Протягом якого часу потрібно проводити електроліз 250 см^3 6%-ного розчину ртуть (II) хлориду, густина якого $1,05 \text{ г/ см}^3$? Сила струму 5,8 А.

Відповідь: 32,3 хв.

472) Яка маса срібла виділиться при проходженні струму силою 6А через розчин срібло (I) нітрату протягом 30 хв?

Відповідь: 12 г

473) 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

474) 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

475) 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

476) Струм силою 3,5 А протягом 25 хв виділив 0,92 г міді з розчину мідь (II) сульфату. Обчислити коефіцієнт корисної дії струму.

Відповідь: 53,25%

477) При електролізі розчину хлориду двовалентного металу на аноді виділилося 560 см^3 газу (н.у.), а на катоді за цей же час – 1,6 г металу. Що це за метал?

Відповідь: Cu (мідь)

478) Який об'єм кисню (н.у.) виділиться при пропусканні струму силою 6А протягом 30 хв через водний розчин КОН?

Відповідь: 0,627 л

479) На скільки зменшиться маса срібного анода, якщо електроліз розчину срібло (I) нітрату проводити силою струму 2 А протягом 30хв 20 с? Скласти електронні рівняння процесів, які відбуваються на графітових електродах.

Відповідь: 5,148 г

480) 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

- 481) 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 розклалася і чому дорівнює об'єм газів (н.у.), які виділилися на катоді і аноді?
Відповідь: 5,036 г; 6,266 л; 3,133 л.
- 482) 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.
- 483) Протягом скількох хвилин потрібно пропускати струм силою 0,5 А через розчин срібло (I) нітрату, щоб виділити 0,27 г срібла?
Відповідь: 8 хв.
- 484) Скільки грамів міді виділиться на катоді у результаті електролізу розчину мідь (II) сульфату протягом 40 хв силою струму 1,2 А?
Відповідь: 0,948 г.
- 485) 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.
- 486) 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.
- 487) 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.
- 488) Скільки годин доведеться витратити для повного розкладу 2 моль води струмом силою 2 А?
Відповідь: 53,6 год.
- 489) 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 виміряний за 27 °С і 764 мм.рт.ст.
Відповідь: 1,37 л.
- 490) 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 1,12л газу (н.у.)? Яка маса сульфатної (сірчаної) кислоти утворюється при цьому біля аноду?
Відповідь: 0,2 г; 9,8 г.

- 491) 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.
- 492) 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.
- 493) 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) $2,45 \cdot 10^4$ Кл.
- 494) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах при електролізі розчину мідь (II) хлориду. Обчислити масу міді, яка виділиться на катоді, якщо на аноді виділилось 560 см³ газу (н.у.).
Відповідь: 1,588 г.
- 495) 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.
- 496) 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.
- 497) Електроліз розчину мідь (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: 97,3%.
- 498) Скласти електронні рівняння процесів, які перебігають на графітових електродах при електролізу розчину срібло (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.
- 499) Струм проходить послідовно через два електролізери, які містять відповідно 750 см³ розчину срібло (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 срібло (I) нітрату?

Відповідь: 2,94 г.

500) Електроліз розчину мідь (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:

- | | |
|--|--|
| 501) KCl ; $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$; AgNO_3 | 511) MgSO_4 ; FeSO_4 ; $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ |
| 502) Na_2SO_4 ; FeSO_4 ; CuSO_4 | 512) AlCl_3 ; $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$; AgNO_3 |
| 503) NaNO_3 ; FeCl_2 ; HgSO_4 | 513) K_2SO_4 ; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |
| 504) MgCl_2 ; ZnSO_4 ; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 514) CuCl_2 ; SnSO_4 ; AgNO_3 |
| 505) LiNO_3 ; ZnCl_2 ; HgCl_2 | 515) Li_2SO_4 ; MnSO_4 ; AuCl_3 |
| 506) AlCl_3 ; MnSO_4 ; AgNO_3 | 516) MgCl_2 ; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ |
| 507) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; CdCl_2 ; AuCl_3 | 517) LiNO_3 ; SnCl_2 ; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |
| 508) Na_2SO_4 ; $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$; CuCl_2 | 518) KNO_3 ; MnSO_4 ; AuCl_3 |
| 509) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; CrCl_3 ; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ | 519) NaNO_3 ; NiSO_4 ; AgNO_3 |
| 510) LiCl ; NiSO_4 ; AuCl_3 | 520) MgSO_4 ; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ |

10 Метали і сплави

10.1 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).

10.2 Приклади розв'язання 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
T. пл., °C	232	205	181	235	280	326

Розв'язування: На осі абсцис (рисунок 10.1) 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 °C), а точка, яка відзначає цю температуру на кривій плавкості – евтектичною точкою Е.

Рисунок 10.1

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 10.1 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
T. пл., °C	650	626	961	594	630

Розв’язування: Будують діаграму плавкості сплаву аналогічно прикладу 1 (рисунок 10.2). Якщо два метали хімічно взаємодіють між собою з утворенням однієї сполуки, то діаграма плавкості має характер, показаний на рисунку 10.2. Крива плавкості має дві евтектичні точки E_1 і E_2 , а також перегин у точці К, 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

Рисунок 10.2

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: Mg_3Sb_2 .

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 ($1000 \cdot 0,4$) стибію (сурми) та 600 г ($1000 \cdot 0,6$) 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: $119,48 + 400 = 519,48 \text{ г} \approx 520 \text{ г}$.

10.3 Контрольні завдання

521) 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?

522) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і сурми, 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 .

523) 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?

524) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із сурми 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?

525) 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.

526) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із сурми 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.

- 527) 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%.

- 528) 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?

- 529) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із сурми 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.

- 530) 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
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 являтиме собою твердий сплав?

- 531) 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
T. пл., °C	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 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

- 532) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і сурми, 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: 40% Mg і 60% Sb? Який із металів перебуває у вільному стані? Скільки його міститься у 1 кг сплаву?

- 533) 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

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.

- 534) 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
T. пл., °C	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?

- 535) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і сурми, 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?

- 536) 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.

- 537) 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?

- 538) Накреслити діаграму плавкості для сплаву, що складається із магнію і сурми, 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?

- 539) 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

Використавши накреслену діаграму з'ясуйте, у якому стані перебуватиме сплав складу: 90% Cu і 10% Ag за 1000, 900 і 700 °C. Що являтиме собою твердий сплав?

- 540) 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

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%.

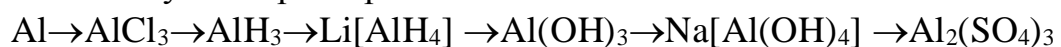
11 Лужні і лужноземельні метали (s-Елементи I і II груп)

s-Елементи I А групи (лужні метали) характеризуються великою відновлювальною здатністю, легко окиснюються киснем повітря, водою, кислотами, галогенами.

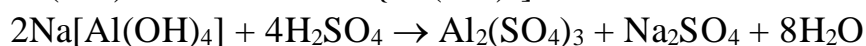
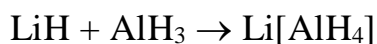
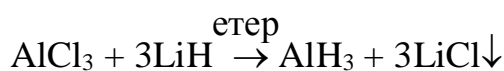
s-Елементи II А групи, крім берилію, мають яскраво виражені металічні властивості. Берилій за своїми властивостями наближається до алюмінію, а магній – до цинку. Характеризуються ці елементи великою хімічною активністю. Оксиди і гідроксиди s-елементів I і II А груп, крім берилію, основного характеру. Одержують їх електролізом розплавів їх солей (флуоридів, хлоридів).

11.1 Приклади розв'язання типових задач

Приклад 1 Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



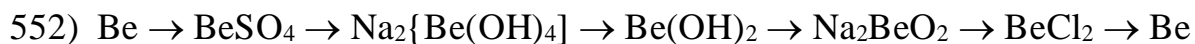
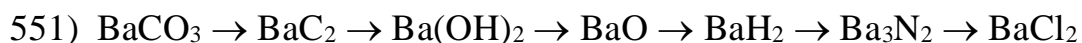
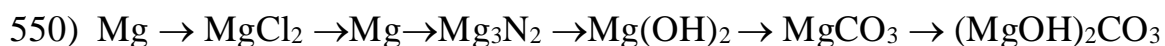
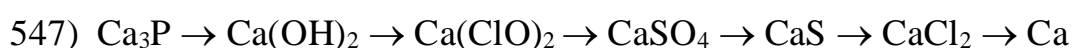
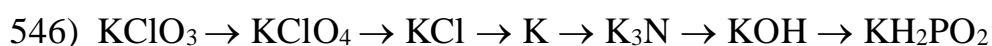
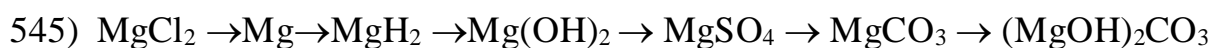
Розв'язування: Для таких перетворень складають ряд хімічних реакцій, враховуючи властивості алюмінію і його сполук (для окиснювально-відновних реакцій коефіцієнти знаходять методом електронного чи іонно-електронного балансу):

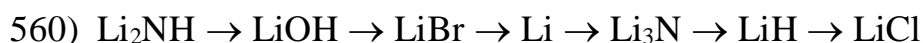
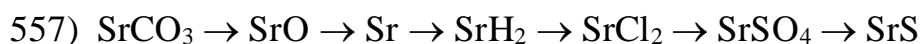
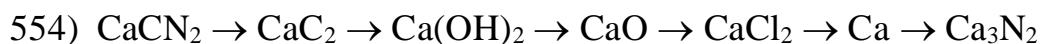


11.2 Контрольні завдання

11.2.1 Хімічні ланцюги

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





11.2.2 Задачі для самостійного розв'язання

561) Двовалентний метал масою 2,74 г спалили у надлишку кисню. Речовину, що утворилася при цьому, повністю розчинили у хлоридній (соляній) кислоті і до одержаного розчину додали розчин натрій сульфату до закінчення утворення осаду. Осад відфільтрували, промили водою і висушили до сталої маси. Одержали речовину білого кольору масою 4,66 г. Обчисліть, який метал взяли у надлишку і напишіть рівняння реакцій, що відбувалися при цьому.

Відповідь: Барій.

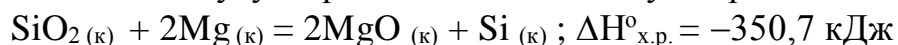
562) Магній раніше одержували відновленням магній дихлориду за допомогою натрію. Обчислити теплоту хімічної реакції, якщо відомо, що $\Delta H^\circ_{\text{ут}}(\text{MgCl}_2) = -632,3$ кДж, а $\Delta H^\circ_{\text{ут}}(\text{NaCl}) = -409,5$ кДж.

Відповідь: $\Delta H^\circ_{\text{х.р.}} = -185,7$ кДж.

563) Обчислити час, протягом якого необхідно пропускати електричний струм силою 5 А через розчин калій хлориду, щоб одержати 1 г КОН.

Відповідь: 5 хв 45 с.

564) Теплота утворення силіцій (IV) оксиду $\Delta H^\circ_{\text{ут}}(\text{SiO}_2) = -872,2$ кДж. Обчислити теплоту утворення магній оксиду за рівнянням реакції:



Відповідь: $\Delta H^\circ_{\text{ут}}(\text{MgO}) = -611,4$ кДж.

565) При прожарюванні 30 г кристалогідрату кальцій сульфату виділилося 6,28 г води. Яка формула цього кристалогідрату?

Відповідь: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

- 566) Скільки грамів NaOH потрібно додати до 1 л 25%-го розчину ($\rho = 1,22 \text{ г/см}^3$), щоб одержати 35%-ний розчин?
Відповідь: 188 г NaOH.
- 567) Для визначення вмісту NaCl у суміші, що не містить інших хлоридів, 0,8744 г цієї суміші розчинили у воді, об'єм розчину довели до 500 см^3 . Для осадження Cl^- -іонів із 25 см^3 цього розчину витратили 10 см^3 розчину AgNO_3 з $C_{\text{H}} = 0,025$. Скільки відсотків NaCl містилось у суміші?
Відповідь: 83,5%.
- 568) Скільки грамів води розкладеться, якщо пропускати через розчин Na_2SO_4 електричний струм силою 5 А протягом 2 годин? Який об'єм кисню і водню утворюється при цьому (н.у.)?
Відповідь: $m(\text{H}_2\text{O}) = 3,35 \text{ г}$; $V(\text{O}_2) = 2,08 \text{ л}$; $V(\text{H}_2) = 4,16 \text{ л}$.
- 569) Через електролізер, який містить 10 л 7,4%-го розчину KOH ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$), пропускали електричний струм протягом 2 діб (48 годин), після чого встановлено, що концентрація KOH у розчині становить 8%. Яка сила струму?
Відповідь: 49,3 А.
- 570) Хлор і водень, які одержують електролізом розчину NaCl, використовують для виробництва хлоридної (соляної) кислоти HCl. Обчислити об'єм 18%-го розчину NaCl ($\rho = 1,132 \text{ г/см}^3$), який необхідно піддати електролізу, щоб одержати 1 тону 30%-го розчину HCl?
Відповідь: 2,36 м^3 .
- 571) У результаті електролізу 1 м^3 розчину натрій хлориду ($C_{\text{M}} = 5,3$) отримали 56 м^3 хлору (н.у.). Обчислити молярну концентрацію NaOH і NaCl в одержаному розчині.
Відповідь: $C_{\text{M}} = 5$ відносно NaOH; $C_{\text{M}} = 0,3$ відносно NaCl.
- 572) У результаті електролізу розчину натрій хлориду витрачена така кількість електричного струму, яка може виділити 120 кг міді. Обчислити кількість NaOH, що може утворитися в катодному просторі.
Відповідь: 150 кг.
- 573) При розчиненні 15,4 г сплаву натрію й калію у воді виділилося 6,72 л водню (н.у.). Обчислити відсотковий склад сплаву.
Відповідь: $\approx 74,67\% \text{ Na}$; $\approx 25,33\% \text{ K}$.
- 574) Протягом якого часу проводили електричне окиснення 1 тону 70%-го розчину натрій хлорату NaClO_3 в натрій перхлорат NaClO_4 , якщо сила струму становила 12 000 А, а коефіцієнт його використання – 96%?
Відповідь: 30,6 год.

- 575) При взаємодії 1 г амальгами натрію (розчин натрію у ртуті) з водою одержано розчин лугу, на нейтралізацію якого витрачено 50 см³ розчину хлоридної (соляної) кислоти з $C_M = 0,2$. Обчислити масову частку натрію в амальгамі. Написати рівняння реакцій, які перебігають при цьому.
Відповідь: 23% Na.
- 576) Обчислити об'єм хлору (н.у.), що виділиться біля аноду у результаті електролізу калій хлориду струмом силою 10 А протягом 30 хвилин.
Відповідь: 2,09 л.
- 577) Яку кількість електричного струму потрібно пропускати через розчин, щоб одержати 1 тону NaOH електролізом розчину NaCl?
Відповідь: 670 000 А-год.
- 578) Для одержання 1 м³ хлору (н.у.) електролізом розчину NaCl, через нього пропущено електричний струм силою 2423 А-год. Обчислити вихід за струмом.
Відповідь: 98,56%.
- 579) У результаті електролізу розчину натрій хлориду протягом 30 хвилин на катоді виділилося 560 см³ газу (н.у.). Обчислити силу струму, якщо вихід за струмом складає 95%.
Відповідь: 2,8 А.
- 580) На нейтралізацію продуктів гідролізу натрій амідру NaNH₂ витрачено 23,5 см³ розчину HCl з $C_H = 0,5$. Обчислити кількість натрій амідру, яка вступила у реакцію нейтралізації.
Відповідь: 0,22 г.

11.3 Твердість води

11.3.1 Приклади розв'язання 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: $4 \text{ моль / м}^3 \cdot 1 \text{ м}^3 \cdot 68,07 \text{ г / моль} = 272,28 \text{ г CaSO}_4$.

11.3.2 Контрольні завдання

- 581) Яку масу Na_3PO_4 необхідно додати до 500 л води, щоб усунути її карбонатну твердість, що дорівнює 5 моль/м³.
Відповідь: 136,6 г.
- 582) Обчислити карбонатну твердість, знаючи, що для реакції з кальцій (II) гідрогенкарбонатом, який міститься у 200 мл води, потрібно 15 мл розчину HCl ($C_{\text{H}} = 0,08$).
Відповідь: 6 моль/м³.
- 583) 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.
- 584) Яку масу натрій карбонату необхідно додати до 400 л води, щоб усунути її твердість 3 моль/м³?
Відповідь: 63,6 г.
- 585) 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.
- 586) 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.
- 587) У 220 л води міститься 11,0 г магній сульфату. Чому дорівнює твердість цієї води?
Відповідь: 0,83 моль/м³.
- 588) Твердість води, у якій розчинено лише кальцій (II) гідрогенкарбонат, дорівнює 4 моль/м³. Який об'єм розчину HCl з $C_{\text{H}} = 0,1$ необхідний для реакції із кальцій (II) гідрогенкарбонатом, що міститься у 75 мл цієї води?
Відповідь: 3 мл.
- 589) Вода, яка містить лише магній (II) гідрогенкарбонат, має твердість 3,5 моль/м³. Яка маса $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ міститься у 200 л цієї води?
Відповідь: 51,1 г.
- 590) Чому дорівнює твердість води, якщо для її усунення до 50 л води необхідно додати 21,2 г натрій карбонату?
Відповідь: 8 моль/м³.
- 591) Яка маса CaSO_4 міститься у 200 л води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 8 моль/м³?
Відповідь: 108,9 г.
- 592) Вода, яка містить лише кальцій (II) гідрогенкарбонат, має твердість 9 моль/м³. Яка маса $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ міститься у 500 л цієї води?
Відповідь: 364,5 г.

- 593) Яку масу $\text{Ca}(\text{OH})_2$ необхідно додати до 2,5 л води, щоб усунути її твердість, що дорівнює $4,43 \text{ моль/м}^3$?
Відповідь: 0,4098 г.
- 594) Чому дорівнює карбонатна твердість води, якщо у 1 л її міститься $0,292 \text{ г Mg}(\text{HCO}_3)_2$ і $0,2025 \text{ г Ca}(\text{HCO}_3)_2$?
Відповідь: $6,5 \text{ моль/м}^3$.
- 595) У 1 м^3 води міститься 140 г магній сульфату. Обчислити твердість цієї води.
Відповідь: $2,33 \text{ моль/м}^3$.
- 596) До 1 м^3 твердої води додали 132,5 г натрій карбонату. Наскільки знизилася твердість води?
Відповідь: на $2,5 \text{ моль/м}^3$.
- 597) 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ необхідно додати до 5,0 л води, щоб усунути її твердість, яка дорівнює $4,75 \text{ моль/м}^3$?
Відповідь: 0,879 г.
- 598) До 100 л твердої води додали 12,95 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$. На скільки знизилася карбонатна твердість?
Відповідь: на $3,5 \text{ моль/м}^3$.
- 599) Чому дорівнює твердість води, у 100 л якої міститься 14,632 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$?
Відповідь: 2 моль/м^3 .
- 600) Вода, яка містить лише MgSO_4 , має твердість 7 моль/м^3 . Яка маса MgSO_4 міститься у 300 л цієї води?
Відповідь: 126,33 г.

12 Metalli pobichnih pidgrup

(Titan. Pidgrupa manganu i khromu)

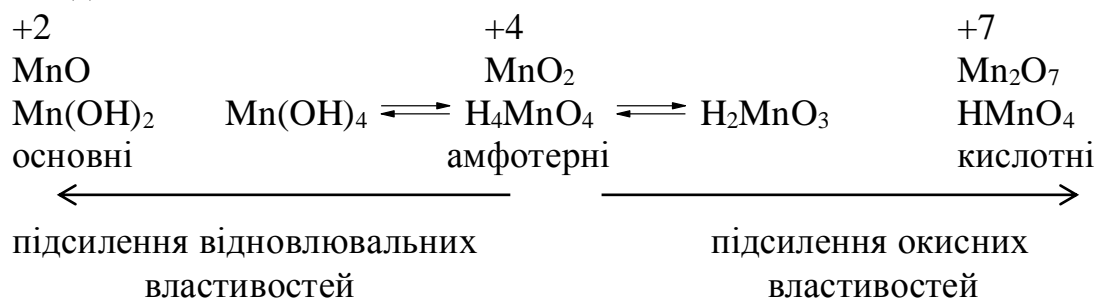
Metalli pobichnih pidgrup vidnosyatsya do d-elementiv, oskilkiv v ix atomah zaselyayutsya elektronami d-orbitali. Elektronna budova atomiv цих elementiv vyrazhayetsya formulami $(n-1)d^{1-10}ns^2$ ta $(n-1)d^{10}ns^1$ (dlya elementiv pidgrupy midi).

Khimiya d-elementiv vidriznyayetsya vid khimii s- i p-elementiv velikim chisлом stupeniv ix okisnennya, znachnoyu kilkistyu kompleksnih spoluk, yakі вони utvoryuyut. Usi d-elementy – metally z velikoyu tverdistyu, tupo-plavkistyu, znachnoyu teplo- ta elektroprovodnistyu. Dlya kozhnoyi dekadiv d-elementiv naystiykishimi e elektronni konfiguracyi d^0 (Sc, La), d^5 (Mn, Tc, Re) i d^{10} (Zn, Cd, Hg), tomu e stiykimi i Ti^{+4} (d^0), Fe^{+3} (d^5) ta Zn^{+2} (d^{10}), todi yak Cr^{+2} i Mn^{+3} – nestabilni (d^4).

В утворенні хімічних зв'язків беруть участь спочатку s-електрони, а потім d-електрони передзовнішнього енергетичного рівня (виняток – підгрупа цинку і Pd – $4d^{10}5s^0$). Цим пояснюється великий набір їх валентних станів, тобто широкі діапазони змін окиснювально-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 окиснювально-відновних властивостей.

Наприклад:



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

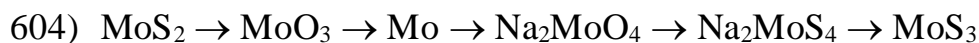
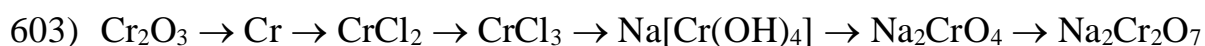
Багато сполук d-елементів мають змінний склад, особливо оксиди, сульфіді, нітриди, карбіді, силіциди, фосфіді і галогеніді. З воднем утворюють сполуки втілення (клатрати), які зберігають високу електропровідність, металічний блиск; більшість ЕНх мають змінний склад (бертоліди).

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

12.1 Контрольні завдання

12.1.1 Хімічні ланцюги

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



- 605) $\text{CaWO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{WO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{WO}_4 \rightarrow \text{WO}_3 \rightarrow \text{W} \rightarrow \text{H}_2[\text{WF}_6]$
- 606) $\text{Ti} \rightarrow \text{TiN} \rightarrow \text{TiO}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 \rightarrow \text{TiOCl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{TiO}_3 \rightarrow \text{H}_4\text{TiO}_4$
- 607) $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2$
- 608) $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$
- 609) $\text{MnCO}_3 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{HMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{MnS}$
- 610) $\text{Cr} \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NaCrO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{CrO}_3$
- 611) $\text{Mn} \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2$
- 612) $\text{Cr} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}$
- 613) $\text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2 \rightarrow \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$
- 614) $\text{MoS}_2 \rightarrow \text{MoO}_3 \rightarrow \text{Mo} \rightarrow \text{K}_2\text{MoO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MoS}_4 \rightarrow \text{MoS}_3$
- 615) $\text{Ti} \rightarrow \text{TiCl}_3 \rightarrow \text{Ti}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{H}_2\text{TiO}_3 \rightarrow \text{TiO}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 \rightarrow \text{Ti}$
- 616) $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{HMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$
- 617) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$
- 618) $\text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4$
- 619) $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{KCrO}_2$
- 620) $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_3 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnO}_2$

12.1.2 Задачі для самостійного розв'язання

- 621) Для відновлення 15,7 кг хром (III) оксиду використано 5 кг алюмінію. Яка кількість хрому утворилася при цьому? Яка із вихідних речовин є в надлишку?
Відповідь: 9,63 кг Cr; 1,63 кг Cr₂O₃.
- 622) Для одержання мангану із манган (III) оксиду змішали 10,8 кг алюмінію і 26,2 кг MnO₂. Яку із вихідних речовин і в якій кількості

взяли у надлишку?

Відповідь: 0,1 кг MnO_2 .

623) При роботі гальванічного елемента:



на катоді одержано 31,2 г хрому. Обчислити, на скільки зменшилася маса алюмінієвого електроду.

Відповідь: 16,2 г.

624) Окиснення натрій сульфїту калій перманганатом у сильно лужному середовищі і за невеликої кількості відновника перебігає за рівнянням реакції: $Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2KOH = 2K_2MnO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$. Обчислити, скільки грамів K_2MnO_4 утворюється при окисненні 12,6 г Na_2SO_3 необхідною кількістю $KMnO_4$?

Відповідь: 39,4 г.

625) Обчислити еквівалентну масу мангану в оксиді, у якому манган і кисень сполучені у співвідношенні: $m_{Mn} : m_O = 1,72 : 1,0$.

Відповідь: 13,76 г/моль.

626) На осадження Cl^- -іонів із розчину комплексної сполуки $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ витрачено 20 см³ розчину $AgNO_3$ з $C_H = 0,1$. Скільки солі містилось у розчині?

Відповідь: 0,461 г.

627) Скільки грамів манган диоксиду 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) 176 г і 252 г; б) 696 г і 1008 г; в) 8,7 г і 12,6 г.

628) Обчислити ступінь окиснення мангану в оксиді, у якому на 1,0 г мангану припадає 1,02 г кисню.

Відповідь: +7.

629) Обчислити еквівалентну масу хрому, виходячи з того, що пропущений через розчин $Cr_2(SO_4)_3$ електричний струм силою 10 А протягом 30 хвилин виділив на катоді 3,25 г хрому. Втратами при перебіганні процесу електролізу знехтувати.

Відповідь: 17,4 г/моль.

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

Відповідь: +3.

631) 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.

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

Відповідь: 50 см^3 .

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

Відповідь: 0,2844 г.

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

Відповідь: а) 6,5 г; б) 0,1 моль.

635) $560 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{S}$ (н.у.) витрачено на відновлення 500 см^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: $C_H = 0,1$.

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

Відповідь: 1,35 л.

637) У результаті електролізу водного розчину $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ струмом силою 3,2 А маса катода збільшилася на 4,14 г. Протягом якого часу здійснювали електроліз?

Відповідь: 2 год.

638) Скільки манган диоксиду витрачено при одержанні 448 л (н.у.) хлору взаємодією з необхідною кількістю хлоридної (соляної) кислоти, якщо вихід хлору складає 98% теоретично можливого?

Відповідь: 1,775 кг.

639) Речовина містить 26,53% калію, 35,37% хрому і 38,10% кисню. Знайти її найпростішу формулу.

Відповідь: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

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

Відповідь: 83,33 тонни.

13 Підгрупа заліза (Залізо, кобальт, нікель)

Вилучення заліза із руд – двостадійний процес: одержання чавуну – відновлювальний, одержання сталі – окиснювальний (окиснюються надлишкові домішки – сірка, фосфор, вуглець та ін.).

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

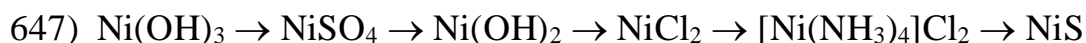
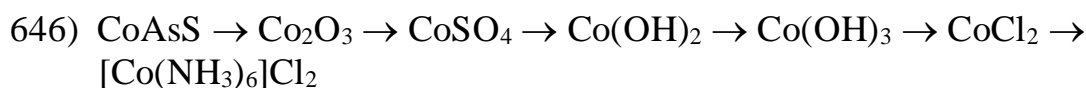
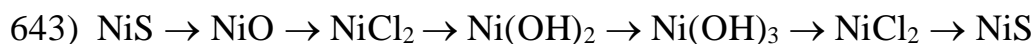
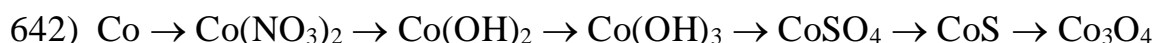
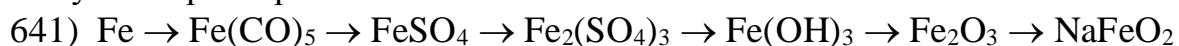
Внаслідок наявності вільних вакантних орбіталей в атомах Fe, Co, Ni, вони можуть розчиняти в кристалічній ґратці металу азот, водень. Фізико-хімічні і фізико-механічні властивості конструкційних металів при цьому значно погіршуються внаслідок водневого охрупчування (крихкості).

Для заліза найбільш характерні сполуки, у яких воно буває дво- і тривалентним, для кобальту і нікелю – більш типовим є двовалентність. В ряді напруг металів Fe, Co, Ni розміщуються до водню і при взаємодії з розведеними кислотами (HCl, H₂SO₄) виділяють водень, утворюючи відповідні солі двовалентних металів.

13.1 Контрольні завдання

13.1.1 Хімічні ланцюги

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



- 648) $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeS}$
- 649) $\text{Co} \rightarrow [\text{Co}_2(\text{CO})_8] \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoS} \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3$
- 650) $\text{Ni} \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$
- 651) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NaFeO}_2$
- 652) $\text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co}(\text{SCN})_2 \rightarrow \text{K}_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$
- 653) $\text{Ni} \rightarrow [\text{Ni}(\text{CO})_4] \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{NiS} \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{NiBr}_2$
- 654) $\text{BaFeO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{CN})_2 \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 655) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4$
- 656) $\text{CoC}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Co} \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co}(\text{CN})_2 \rightarrow \text{K}_4[\text{Co}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{K}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$
- 657) $\text{CoAsS} \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{CoSO}_4$
 $\rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$
- 658) $\text{NiS} \rightarrow \text{NiO} \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NiCl}_2 \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{NiS}$
- 659) $\text{Co} \rightarrow \text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoS} \rightarrow \text{CoCl}_2$
- 660) $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3$

13.1.2 Задачі для самостійного розв'язання

- 661) Пластинка нікелю масою 15 г занурена в розчин золото (III) хлориду. Через деякий час її маса стала дорівнювати 15,651 г. Скільки золото (III) хлориду вступило в реакцію?
Відповідь: 1,82 г.
- 662) Скільки чавуну, який складається на 94% із заліза, можна виплавити із 1000 тонн червоного залізняка, що містить 20 % пустої породи?
Відповідь: 595,4 тонни.
- 663) На розчинення 5,2 г сплаву заліза і залізо (II) сульфіді витрачено 350 см³ розчину хлоридної (соляної) кислоти з $C_M = 0,4$. Обчислити відсотковий вміст залізо (II) сульфіді у сплаві.
Відповідь: 67,7%.

- 664) Обчислити час, протягом якого потрібно пропускати струм силою 4 А через розчин солі нікелю (II), щоб виділити на катоді 50 г нікелю.
Відповідь: 11 год. 26 хв. 20 с.
- 665) Обчислити еквівалентну масу заліза, якщо відомо, що для виділення із розчину солі заліза (II) 1,117 г заліза необхідно пропускати через цей розчин струм силою 4 А протягом 16 хвилин 5 секунд.
Відповідь: 27,9 г/моль.
- 666) Залізна пластинка занурена у розчин мідь (II) сульфату. Коли вона покритася міддю, маса її збільшилася на 3,0 г. Скільки грамів заліза перейшло у розчин?
Відповідь: 21 г.
- 667) У розчині залізного купоросу залізо (II) окиснили до заліза (III), потім осадили його у вигляді залізо (III) гідроксиду й прожарили. Маса осаду після прожарювання дорівнює 0,4132 г. Скільки грамів $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ витрачено на виготовлення вихідного розчину?
Відповідь: 1,44 г.
- 668) У результаті електролізу розчину нікель (II) сульфату струмом 10 А протягом 5 годин на катоді виділилося 53,21 г нікелю. Обчислити вихід за струмом.
Відповідь: 97,08%.
- 669) Скільки грамів $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ можна окиснити у розчині H_2SO_4 при дії 40 см³ розчину KMnO_4 з $C_{\text{H}} = 0,12$?
Відповідь: 1,334 г.
- 670) У сполуці заліза з вуглецем масова частка останнього складає 6,67%. Визначити формулу і дати назву сполуці.
Відповідь: Fe_3C .
- 671) У 200 см³ розчину CuSO_4 з $C_{\text{M}} = 0,1$ занурена залізна пластинка масою 10,112 г. Яка буде маса цієї пластинки, коли уся мідь із розчину буде заміщена?
Відповідь: 10,267 г.
- 672) При спалюванні 0,5 тонни піриту FeS_2 , що містить 45% сірки, добуто 440 кг SO_2 . Обчислити вихід SO_2 у відсотках від теоретично можливого.
Відповідь: 97,78%.
- 673) При електролітичному осадженні усього заліза 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: $C_{\text{M}} = 1,25$.
- 674) Який об'єм кисню вступає у реакцію з FeS_2 в процесі спалювання 1 тонни сірчастого колчедану, що містить 45% сірки; 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.

675) 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 нікелю виділилося на катоді?

Відповідь: 17,9 г.

676) 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.

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

Відповідь: 1,1 А.

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

Відповідь: 2,125 тонни FeS_2 .

679) 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%.

680) 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.

14 d-Елементи підгруп міді і цинку

Підгрупа міді – d-метали $[\text{ns}^1(\text{n}-1)\text{d}^{10}]$, а цинку – d-метали $[\text{ns}^2(\text{n}-1)\text{d}^{10}]$. У елементів підгрупи міді d-підрівень нестабільний, тому в утворенні хімічних зв'язків беруть участь один або два d-електрони. Тому ступінь окиснення буде: 0, +1, +2, +3.

У елементів підгрупи цинку d-підрівень стабільний і в утворенні хімічних зв'язків беруть участь лише s-електрони (ступінь окиснення Zn і Cd: 0, +2; Hg: 0, +1, +2).

14.1 Контрольні завдання

14.1.1 Хімічні ланцюги

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

681) $\text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$

- 682) $\text{Ag} \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} \rightarrow \text{AgI} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$
- 683) $\text{Zn} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{ZnS}$
- 684) $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CdO} \rightarrow \text{CdSO}_4 \rightarrow \text{CdS} \rightarrow \text{CdO}$
- 685) $\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{HgO} \rightarrow \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{HgCl}_4] \rightarrow \text{HgI}_2$
- 686) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CuS}$
- 687) $\text{Ag} \rightarrow \text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2] \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$
- 688) $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{ZnCl}_2$
- 689) $\text{Hg} \rightarrow \text{HgSO}_4 \rightarrow \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{HgI}_2$
- 690) $\text{CdS} \rightarrow \text{CdO} \rightarrow \text{CdSO}_4 \rightarrow \text{Cd} \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$
- 691) $\text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{ZnCl}_2$
- 692) $\text{HgS} \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{HgO} \rightarrow \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}(\text{NH}_2)\text{Cl}$
- 693) $\text{Au} \rightarrow \text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] \rightarrow \text{Au} \rightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] \rightarrow \text{Au}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Au}_2\text{O}_3$
- 694) $\text{Cu}_2\text{S} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuS}$
- 695) $\text{Cd} \rightarrow \text{CdSO}_4 \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CdO} \rightarrow \text{CdCl}_2 \rightarrow \text{CdS}$
- 696) $\text{Zn} \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2 \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnS}$
- 697) $\text{Ag} \rightarrow \text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2] \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
- 698) $\text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
- 699) $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})\text{Cl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 \rightarrow \text{ZnS}$
- 700) $\text{HgS} \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{HgO} \rightarrow \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Hg}$

14.1.2 Задачі для самостійного розв'язання

- 701) 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: 75,223 г; 278 см³.
- 702) Скільки цинку можна одержати при 96%-му виході із 1 тонни цинк (II) оксиду, що містить 2 % домішок?
Відповідь: 754,94 кг \approx 755 кг.
- 703) При електролізі розчину ZnSO_4 на аноді виділилося 350 см³ газу (н.у.). Скільки грамів цинку виділилося на катоді?
Відповідь: 2,04 г.
- 704) Скільки срібла виділиться на катоді, якщо через розчин AgNO_3 пропускати струм силою 8 А протягом 15 хвилин?
Відповідь: 8,1 г.
- 705) При одержанні мідь (II) гідроксиду із мідь (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 $\text{Cu}(\text{OH})_2$.
- 706) 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.
- 707) При розкладі малахіту масою 1,11 г добуто 111 см³ вуглець диоксиду (н.у.). Визначити ступінь чистоти малахіту $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.
Відповідь: 99,1%.
- 708) Скільки цинку можна отримати при відновленні вуглецем: а) 8,1 тонни; б) 10 кмоль; в) 4,05 г чистого цинк (II) оксиду?
Відповідь: а) 6,5 тонни; б) 10 кмоль; в) 3,25 г.
- 709) При прожарюванні 1,56 г суміші цинк (II) карбонату і цинк (II) оксиду отримали 1,34 г цинк (II) оксиду. Обчислити склад вихідної суміші (у відсотках до маси).
Відповідь: 40,2% ZnCO_3 ; 59,8% ZnO .
- 710) Після обробки сульфатною кислотою 0,8 г суміші цинку з цинк (II) оксидом виділилося 224 см³ водню (н.у.). Обчислити відсотковий вміст цинк (II) оксиду у вихідній суміші.
Відповідь: 18,75%.
- 711) Скільки сірка (IV) оксиду виділиться при нагріванні 21,6 г чистого срібла з необхідною кількістю концентрованої сульфатної (сірчаної) кислоти, якщо в результаті реакції утворюються також срібло (I)

сульфат і вода.

Відповідь: 6,4 г або 2,24 л (н.у.).

712) Обчислити кількість електричного струму, яку потрібно пропустити через розчин CuSO_4 , щоб одержати 1 тону міді.

Відповідь: 845 000 А · год.

713) Скільки грамів срібло (I) броміду випаде в осад, якщо додати надлишок срібло (I) нітрату до 238 г 10%-го розчину KBr ?

Відповідь: 37,6 г.

714) При електролізі протягом 30 хвилин розчину NaCl на аноді виділилося 2,8 л хлору (н.у.). Який об'єм розчину CuSO_4 з $C_H = 0,751$ можна хімічно перетворити при пропусканні струму тієї самої сили протягом 45 хвилин?

Відповідь: 0,5 л.

715) Для одержання срібло (I) йодиду взято 113,4 г 15%-го розчину AgNO_3 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 .

716) Скільки потрібно витратити 34%-го розчину нітратної (азотної) кислоти (густина 1,21 г/см³) для розчинення 100 г срібла?

Відповідь: 190 см³.

717) При електролізі розчину AgNO_3 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%.

718) 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.

719) Гальванічний елемент складається із металічного цинку, зануреного в розчин цинк (II) нітрату з $C_M = 0,1$, і металічного свинцю, зануреного в розчин свинець (II) нітрату з $C_M = 0,02$. Обчислити ЕРС (електрорушійну силу) елемента, написати рівняння електродних процесів, скласти схему гальванічного елемента.

Відповідь: $\Delta E = 0,61 \text{ В}$.

720) Масова частка цинку в інтерметалічній сполуці з залізом складає 83%. Обчислити стехіометричні коефіцієнти x і y для сполуки Zn_xFe_y .

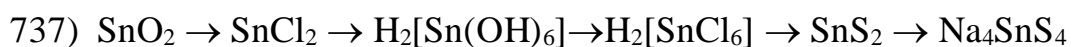
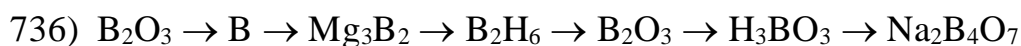
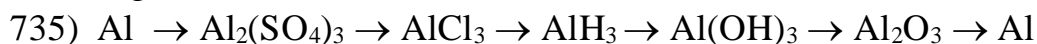
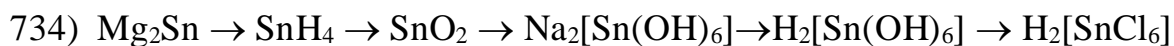
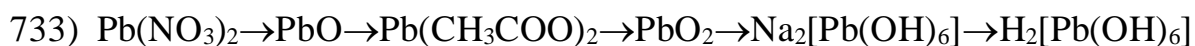
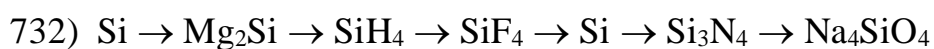
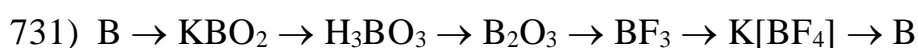
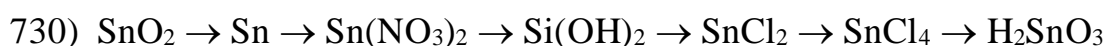
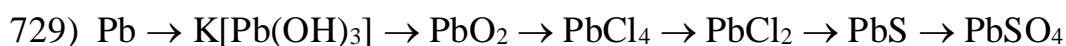
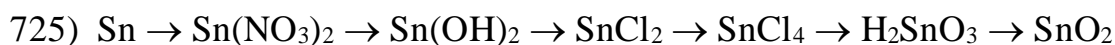
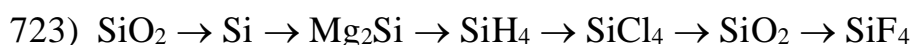
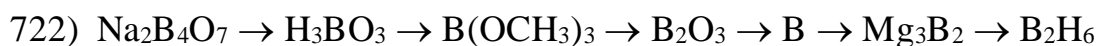
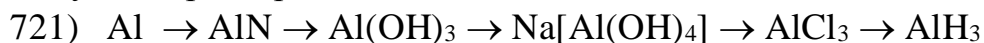
Відповідь: $x = 21$, $y = 5$; $\text{Zn}_{21}\text{Fe}_5$.

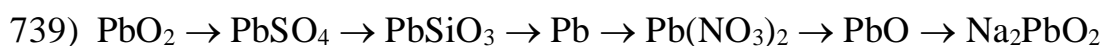
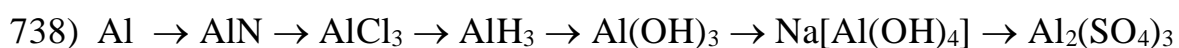
15 р-Елементи III A – IV A груп

15.1 Контрольні завдання

15.1.1 Хімічні ланцюги

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





15.1.2 Задачі для самостійного розв'язання

741) При розчиненні 3 г сплаву магнію і алюмінію у сульфатній (сірчаній) кислоті утворилося 16,44 г сульфатів цих металів (у перерахунку на безводні солі). Визначити відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 36% Al, 64% Mg.

742) При розчиненні 4,5 г сплаву алюмінію з магнієм у кислоті виділилося 5,04 л водню (н.у.). Визначити відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 60% Al, 40% Mg.

743) 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 10,0. Визначити відсотковий вміст карбідів кальцію і алюмінію у суміші.

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

744) 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.

745) При спалюванні 8 г сплаву сульфідів Al і Fe, отримано 7,808 г рідкого сірки (IV) оксиду. Визначити відсотковий склад сплаву сульфідів.

Відповідь: 55% FeS; 45% Al_2S_3 .

746) При розчиненні 4,0 г сплаву цинку і алюмінію в нітратній (азотній) кислоті добули 25,08 г нітратів цих металів. Обчислити відсотковий склад сплаву.

Відповідь: 67,5% Al, 32,5% Zn.

747) Сплавляли 62,1 г свинцю з 36 г магнію, при цьому утворилася інтерметалічна сполука з масовою часткою магнію 18,8%. Визначити формулу сполуки. Який із металів взято у надлишку?

Відповідь: Mg_2Pb ; 21,63 г Mg.

748) Обчислити, яка кількість алюміній карбиду, що містить 10% домішок, що не взаємодіють з водою, потрібна для одержання 3,36 л аміаку (н.у.).

Відповідь: 8 г.

- 749) Обчислити масу алюміній (III) нітриду, необхідну для одержання 3 л аміаку (н.у.).
Відповідь: 5,49 г.
- 750) Порівняти маси кальцій гідроксиду і металічного алюмінію, які необхідні для одержання 50 л водню (н.у.).
Відповідь: 46,875 г CaH₂; 40,178 г Al.
- 751) У результаті електролізу водного розчину SnCl₂ на катоді виділилося 23,7 г олова. Обчисліть, який об'єм хлору (н.у.) виділиться біля аноду.
Відповідь: 4,48 л.
- 752) 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.
- 753) Наважку олова масою 0,2374 г повністю розчинили у нітратній (азотній) кислоті ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$). Обчислити: а) скільки грамів β -олов'яної кислоти утворилося при цьому; б) скільки літрів азот (IV) оксиду виділилося?
Відповідь: а) 0,3374 г; б) 0,1792 л.
- 754) Обчислити електрорушійну силу гальванічного елемента утвореного електродами Sn/Sn²⁺ за [Sn²⁺] = 0,5 моль/л та Ag/Ag⁺ за [Ag⁺] = 0,01 моль/л. Порівняти одержану відповідь з електрорушійною силою гальванічного елемента, утвореного нормальними (стандартними) електродами цих металів.
Відповідь: $\Delta E_1 = 0,84 \text{ В}$; $\Delta E^0 = 0,94 \text{ В}$.
- 755) Холодна сильно розведена нітратна (азотна) кислота взаємодіє з оловом за рівнянням: $4\text{Sn} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$. Обчислити, скільки грамів HNO₃ необхідно для: а) розчинення 4,76 г олова; б) утворення 48,4 г солі Sn(NO₃)₂; в) утворення 2,5 г/моль солі NH₄NO₃.
Відповідь: а) 6,3 г; б) 31,5 г; в) 1575 г.
- 756) При роботі свинцевого акумулятора витрачено 13,4 А · год електроенергії. Написати рівняння реакцій, які перебігають на електродах і обчислити, на скільки грамів зменшилася маса анода.
Відповідь: 51,8 г.
- 757) Скільки кілограмів борної кислоти H₃BO₃ і який об'єм 23%-го розчину Na₂CO₃ ($\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$) необхідно витратити для одержання 1 тонни бури Na₂B₄O₇ · 10H₂O?
Відповідь: 649 кг; 967 л.

758) На реакцію з 0,3824 г $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ витрачено 20,5 см³ розчину HCl . Обчислити C_{H} хлоридної (соляної) кислоти.

Відповідь: $C_{\text{H}}(\text{HCl}) = 0,977$.

759) Обчислити теплоту утворення бор (III) оксиду на підставі рівняння реакції: $\text{B}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{Mg}(\text{к}) = 2\text{B}(\text{к}) + 3\text{MgO}(\text{к})$; $\Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = -426,9$ кДж.

Відповідь: $\Delta H_{\text{ут.}}^{\circ}(\text{B}_2\text{O}_3) = -1396,5$ кДж.

760) Обчислити відсотковий вміст суміші, одержаної внаслідок плавлення 6 г Mg з 24 г SiO_2 .

Відповідь: $\approx 55\% \text{SiO}_2$; $\approx 33,3\% \text{MgO}$; $\approx 11,7\% \text{Si}$.

16 Органічні і полімерні матеріали та їх застосування в енергетиці

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].

16.1 Приклади розв'язання типових задач

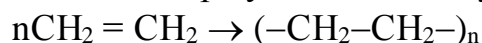
Приклад 1 Обчислити ступінь полімеризації поліпропілену, якщо середня молекулярна маса його зразку дорівнює $357 \cdot 10^3$.

Розв'язування: Елементарна ланка поліпропілену: $(-\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$,
|
 CH_3

$M_r = 42$; 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 $1,5 \cdot 10^8$ Н/м²? 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 м³ етилену, тоді, щоб одержати 100 кг поліетилену необхідно:

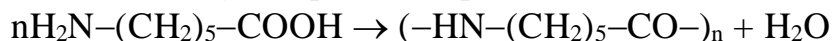
$$22,4 \text{ м}^3 - 28 \text{ кг} \quad x = \frac{22,4 \text{ м}^3 \cdot 100 \text{ кг}}{28 \text{ кг}} = 80 \text{ м}^3$$

$x - 100 \text{ кг}$,

Оскільки вихід кінцевого продукту складає 94,5%, тоді $80 \cdot 0,945 = 84,6 \text{ м}^3$ (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

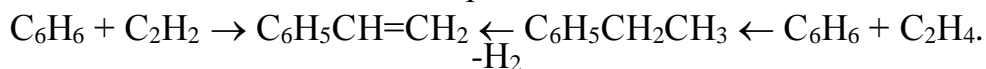
$$x = \frac{24 \cdot 131}{18} = 175 \text{ кг}$$

16.2 контрольні завдання

761) 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.

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

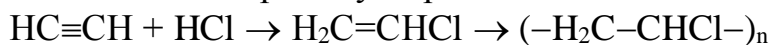


Відповідь: 533,33 кг; 933,31 кг.

763) Синтетичний етиловий спирт одержують реакцією гідратації етилену: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. 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.

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



Відповідь: 416 кг; $\approx 360 \text{ м}^3$.

- 765) Бутадиєн (дивініл) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ можна одержати, пропускаючи пароподібний етиловий спирт над спеціальними каталізаторами при нагріванні, при цьому утворюються також вода і водень:



Скільки бутадиєну 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.

- 766) Скласти схему поліконденсації фенол-формальдегідної смоли, прийнявши, що число молекул фенолу і формальдегіду, які беруть участь у процесі однакове. Обчислити, скільки фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ і формальдегіду CH_2O витрачається для одержання 1 тонни смоли і скільки води при цьому виділиться.

Відповідь: $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ – 887 кг; CH_2O – 283 кг; H_2O – 170 кг.

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

Відповідь: 415 м³; n = 18.

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

Відповідь: 141 м³; 658,2 кг; n ≈ 9-10.

- 769) Волокно анід одержується із продуктів поліконденсації гексаметилендіаміну $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ і адипінової кислоти $\text{HCOO}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$. 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: 534,66 кг; 672,9 кг; n ≈ 4-5.

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

Відповідь: 901,6 кг; n ≈ 32.

- 771) 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.

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

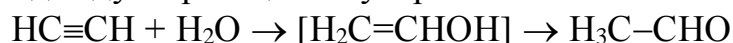
Відповідь: 365,87 м³ або 424 кг; 365,87 м³ або 597 кг.

- 773) Метиловий спирт можна синтезувати за рівнянням реакції:
- $$\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$$

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

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

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



Відповідь: 22,451 м³; 18,04 м³ Н₂О.

- 775) 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.

- 776) 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: 67,7 кг.

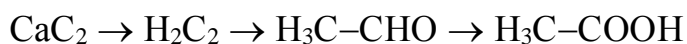
- 777) Скільки вапняку необхідно обпалити, щоб карбідним способом одержати ацетилен, якого було б достатньо для синтезу 500 кг 25%-го розчину ацетальдегіду за схемою: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$?

Відповідь: 284 кг.

- 778) Який об'єм хлороводню (н.у.) повинен приєднатися до ацетилену, одержаного із 1 м³ природного газу (0,98 об'ємної частки СН₄), щоб одержати вінілхлорид при 90%-му виході? Скільки літрів вінілхлориду утворюється при цьому? Схема перетворення: $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$.

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

- 779) Скільки необхідно технічного кальцій карбіду СаС₂, 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: 1397 тонни.

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

Відповідь: 91,8 тонни.

781) Скільки грамів нітробензену $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ добувають із 312 г бензену C_6H_6 при взаємодїї з необхідною кількістю нітратної (азотної) кислоти, якщо вихід складає 92%? Який об'єм нітратної кислоти густиною $1,44 \text{ г/см}^3$ буде витрачено при цьому?

Відповідь: 452,64 г; $234,3 \text{ см}^3$.

782) При спалюванні деякої кількості речовини, яка складається із вуглецю, водню 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 .

783) 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 $17,7 \text{ см}^3$, а густина його $0,88 \text{ г/см}^3$.

Відповідь $m_g(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 37,2 \%$; $m_g(\text{C}_6\text{H}_6) = 31,2 \%$;
 $m_g(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 31,6 \%$.

784) Знайдіть молекулярну формулу речовини, що містить 54,65 % вуглецю, 8,99 % водню і 36,36 % кисню, 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.

785) 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.

786) Із 39 кг бензену C_6H_6 при нітруванні одержано 61,2 кг нітробензену $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$. Обчислити скільки відсотків становить цей вихід від теоретично можливого?

Відповідь: 99,51%.

787) 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.

- 788) Зобразити схематично структуру сополімеру етилену і бутилену, 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.
- 789) 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 0,86 г.
Відповідь: C_2H_6O .
- 790) 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) 92 кг; б) 0,57 кг; в) 21,4 кг.
- 791) 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: 28,4 г.
- 792) 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.
- 793) 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 .
- 794) 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: 89,2%.
- 795) 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.
- 796) До складу вуглеводню входять 92,3% вуглецю і 7,7% водню. Відомо, що 200 cm^3 пари вуглеводню за температури 87 $^{\circ}C$ і тиску 623 мм рт. ст. мають масу 0,433 г. Визначити, що це за вуглеводень.
Відповідь: C_6H_6 .

- 797) 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.
- 798) Пропущено 20 л суміші повітря з етиленом (н.у.) через бром, при цьому маса броду 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 $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$; 81,5% C_2H_4 .
- 799) Обчислити кількість теплоти, яку можна одержати при спалюванні 1 м³ газової суміші, що містить 40% CO , 50% H_2 (н.у.) і 10% домішок, які не горять. Теплоти утворення: $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{CO}) = -110,5$; $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{CO}_2) = -333,6$; $\Delta H^\circ_{\text{ут.}}(\text{H}_2\text{O}) = -241,9$ кДж/моль.
Відповідь: $\Delta H = -10455$ кДж.
- 800) Дією хлору на лужний розчин пікринової кислоти добувають CCl_3NO_2 – хлорпікрин (нітрохлороформ):
$$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH} + 11\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = 3 \text{CCl}_3\text{NO}_2 + 13\text{HCl} + 3\text{CO}_2$$

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%.

Додаток А

Варіанти контрольних завдань

Номер варіанту	Номера вправ: задач, які відносяться до даного контрольного завдання
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, 641,661,681,701,721,741,761,781
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, 642,662,682,702,722,742,762,782
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, 643,663,683,703,723,743,763,783
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, 644,664,684,704,724,744,764,784
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, 645,665,685,705,725,745,765,785
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, 646,666,686,706,726,746,766,786
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, 647,667,687,707,727,747,767,787
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, 648,668,688,708,728,748,768,788
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, 649,669,689,709,729,749,769,789
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, 630,650,670,690,710,730,750,770,790
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, 631,651,671,691,711,731,751,771,791

Продовження додатку А	
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, 632,652,672,692,712,732,752,772,792
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, 633,653,673,693,713,733,753,773,793
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, 634,654,674,694,714,734,754,774,794
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, 635,655,675,695,715,735,755,775,795
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, 636,656,676,696,716,736,756,776,796
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, 637,657,677,697,717,737,757,777,797
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, 638,658,678,698,718,738,758,778,798
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, 639,659,679,699,719,739,759,779,799
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, 640,660,680,700,720,740,760,780,800
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, 651,672,693,704,725,746,767,782
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, 652,673,694,705,726,747,768,783
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, 653,674,695,706,727,748,769,784
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, 654,675,696,707,728,749,770,785

Продовження додатку А	
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, 655,676,697,708,729,750,771,786
26	7,28,49,70,91,112,133,154,175,187,208,229,250,271,292,309,330, 351,372,393,414,435,456,467,488,509,530,551,572,593,614,635,6 56,677,698,709,730,751,772,787
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, 657,678,699,710,731,752,773,788
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, 658,679,700,711,732,753,774,789
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, 638,659,670,682,712,733,754,775,790
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, 639,660,671,683,713,734,755,776,791
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, 640,643,672,684,714,735,356,777,792
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, 621,644,673,685,716,737,758,779,793
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, 623,645,674,686,717,738,759,780,794
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, 625,646,677,688,719,739,760,762,795
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, 626,647,678,689,720,740,741,763,796
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, 627,648,679,690,702,723,742,764,797
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, 628,649,680,691,703,724,743,765,798

Продовження додатку А	
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, 629,650,661,692,704,725,744,766,799
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, 630,651,662,693,705,726,745,767,800
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, 652,663,694,706,727,746,768,783
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, 653,664,695,707,728,747,769,784
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, 654,665,696,708,729,748,770,785
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, 655,666,697,709,730,749,771,786
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, 656,667,698,710,731,750,772,787
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, 657,668,699,711,732,751,773,788
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, 658,669,700,712,733,752,774,789
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, 659,670,681,713,734,753,790
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, 660,671,682,714,735,754,791
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, 640,643,672,683,715,736,755,792
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, 623,644,673,684,716,737,756,778,793

Додаток Б

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
$Al_2O_{3(к)}$	-1676,0	50,9	-1582,0
$BaSO_{3(к)}$	-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
$C_2H_{2(г)}$	226,8	200,8	209,2
$C_2H_{4(г)}$	52,3	219,4	68,1
$C_2H_{6(г)}$	-89,7	229,5	-32,9
$CH_3OH_{(р)}$	-238,7	126,7	-167,22
$C_2H_5OH_{(р)}$	-277,67	160,7	-174,8
$C_2H_5OH_{(г)}$	-235,31	-	-
$C_6H_6_{(р)}$	89,2	269,2	129,7
$C_6H_{12}O_6_{(глюкоза)}$	-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
$Cr_2O_{3(к)}$	-1440,6	81,2	-1050,0
$CuO_{(к)}$	-162,0	42,6	-129,9
$Fe_{(к)}$	0	27,15	0
$FeO_{(к)}$	-264,8	60,8	-244,3
$Fe_2O_{3(к)}$	-822,2	87,4	-740,3
$Fe_3O_4_{(к)}$	-1117,1	146,2	-1041,2
$H_{2(г)}$	0	130,5	0
$HCl_{(г)}$	-92,3	186,8	-95,2
$H_2O_{(г)}$	-241,8	188,7	-228,6
$H_2O_{(р)}$	-285,8	70,1	-237,3
$H_2S_{(г)}$	-21,0	205,7	-33,8

Продовження додатку Б			
KCl _(к)	-435,9	82,6	-408,0
KClO _{3(к)}	-391,2	143,0	-289,9
MgCO _{3(к)}	-	65,69	-1028,3
MgO _(к)	-601,8	26,9	-569,6
N _{2(г)}	0	199,9	0
NH _{3(г)}	-46,2	192,6	-16,7
N ₂ O _(г)	82,0	219,9	104,1
NO _(г)	90,3	210,6	86,6
NO _{2(г)}	33,5	240,2	51,5
N ₂ O _{4(г)}	9,6	303,8	98,4
NiO _(к)	-239,7	38,0	-211,6
O _{2(г)}	0	205,0	0
P ₂ O _{3(к)}	-820,0	173,5	-
P ₂ O _{5(к)}	-1492,0	114,5	-1348,8
PbO _(к)	-219,3	66,1	-189,1
PbO _{2(к)}	-276,6	74,9	-218,3
PCl _{3(г)}	-	311,66	-
PCl _{5(г)}	-	352,71	-
CS _{2(г)}	115,28	229,6	62,82
NH ₄ Cl _(к)	-315,39	94,5	-203,88
ZnO _(к)	-350,6	43,6	-320,7

Додаток В

Константи дисоціації деяких слабких електролітів у водних розчинах за 25 °С

Електроліт		К	pK = -lgK
Амоній гідроксид $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		$4,0 \cdot 10^{-4}$	3,40
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
Ацетатна кислота CH_3COOH		$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Сульфатна кислота H_2SO_4	K ₂	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
Сульфітна кислота H_2SO_3	K ₁	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80
	K ₂	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,21
Сульфідна кислота H_2S	K ₁	$6,0 \cdot 10^{-8}$	7,22
	K ₂	$1,2 \cdot 10^{-15}$	14,92
Форміатна 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
Ціанідні кислота HCN		$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,24

Додаток Г

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 = 1/2 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 ⁻	1/2 Br ₂ + e = Br ⁻	+ 1,065
Cl ₂ / Cl ⁻	1/2 Cl ₂ + e = Cl ⁻	+ 1,359
Стандартні окиснювально-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
S ₂ O ₈ ²⁻ / SO ₄ ²⁻	S ₂ O ₈ ²⁻ + 2e = 2SO ₄ ²⁻	+ 2,010

Рекомендована література

- 1 Курс общей химии /Под ред. Н.В. Коровина. – М: Высш. шк., 1987
- 2 Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.:Химия, 1985
- 3 Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Вища шк., 1988
- 4 Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Вища шк., 1988
- 5 Ахметов Н.С. Неорганическая химия. – М.: Высш. шк., 1986
- 6 Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – Л.: Химия, 1989
- 7 Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Высш. шк., 1986
- 8 Кембел Дж. Современная общая химия. – М.: Мир, 1975. – Т.1-3.
- 9 Некрасов Б.В. Учебник общей химии. – М.: Химия, 1981.
- 10 Загальна та неорганічна хімія: методичні вказівки до лабораторного практикуму для студентів спеціальності 6.090600 – “Електричні системи та мережі” /Укл: О.М. Красовський, В.М. Челябієва, Н.А. Штиль – Чернігів: ЧДТУ, 2001. – 117с.

Зміст

Вступ.....	3
1 Сучасна номенклатура неорганічних сполук і їх взаємні перетворення. Стехіометричні розрахунки.....	4
2 Основні хімічні поняття і закони. Еквіваленти і еквівалентні маси речовин.....	18
3 Будова атомів та періодичний закон Д. І. Менделєєва.....	21
4 Основні закономірності протікання хімічних реакцій. Елементи хімічної термодинаміки і термохімії.....	27
5 Хімічна кінетика і рівновага.....	34
6 Розчини. Концентрація розчинів. Теорія електролітичної дисоціації. Кислотно-основна рівновага.....	41
7 Окиснювально-відновні реакції.....	65
8 Гальванічні елементи.....	71
9 Електроліз.....	76
10 Метали і сплави.....	87
11 Лужні і лужноземельні метали (s-Елементи I і II груп).....	95
12 Метали побічних підгруп (Титан. Підгрупа мангану і хрому).....	101
13 Підгрупа заліза (Залізо, кобальт, нікель)	106
14 d-Елементи підгруп міді і цинку.....	109
15 p-Елементи III A – IV A груп.....	113
16 Органічні і полімерні матеріали та їх застосування в енергетиці.....	116
Додатки	123
Рекомендована література	131