

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання самостійної та практичної робіт
із навчальної дисципліни

«ХІМІЯ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності
133 – Галузеве машинобудування,
освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до виконання самостійної та практичної робіт із навчальної дисципліни «Хімія» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. А. В. Скрипинець. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 85 с.

Укладач канд. техн. наук А. В. Скрипинець

Рецензент

С. В. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою хімії та інтегрованих технологій, протокол № 10 від 22 грудня 2023 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Завдання 1 Основні поняття і закони хімії.....	5
Завдання 2 Основні класи неорганічних сполук.....	11
Завдання 3 Будова атома та періодична система елементів Д. І. Менделєєва. Хімічний зв'язок.....	19
Завдання 4 Розчини та способи вираження їхнього складу. Розчини електролітів.....	24
Завдання 5 Окисно-відновні реакції.....	32
Завдання 6 Електролітична дисоціація. Ступінь та константа дисоціації.....	37
Завдання 7 Іонний добуток води. Водневий показник.....	46
Завдання 8 Іонна рівновага в гетерогенних системах. Добуток розчинності.....	49
Завдання 9 Реакції в розчинах електролітів.....	52
Завдання 10 Гідроліз солей.....	56
Завдання 11 Колоїдні розчини.....	61
Завдання 12 Гальванічні елементи.....	66
Завдання 13 Корозія металів.....	70
Завдання 14 Електроліз розплавів і водних розчинів електролітів.....	73
Завдання 15 Твердість води.....	79

ВСТУП

Успішне засвоєння курсу хімії можливо тільки при систематичній і активній участі у процесі навчання самого студента. Одним зі шляхів активізації вивчення дисципліни є збільшення часу, що витрачає студент на самостійну роботу, а ефект самостійної роботи буде тим вищим, чим краще вона організована. Мета цих методичних рекомендацій – допомогти студентам у правильній і раціональній організації самостійної роботи під керівництвом і контролем викладачів. У рекомендаціях до кожної теми наведений перелік питань, на які студент має давати відповіді. Для контролю якості засвоєння матеріалу кожен студент повинен виконати індивідуальне завдання, варіанти якого наведені в методичних рекомендаціях. Номер варіанта завдання відповідає порядковому номеру студента у груповому журналі академгрупи.

ЗАВДАННЯ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ЗАКОНИ ХІМІЇ

Теоретична частина

Молекула	– це здатна до самостійного існування найменша частка речовини, що зберігає хімічні властивості цієї речовини. Молекули складаються з атомів, що з'єднані між собою хімічними зв'язками в певній послідовності та у певний спосіб орієнтовані в просторі.
Атом	– хімічно неподільна електронейтральна частка речовини, що складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів.
Хімічний елемент	– це вид атомів з однаковим зарядом ядра, що характеризуються певною сукупністю властивостей.
Проста речовина	– це речовина, молекули якої складаються з атомів одного елемента (O_2 , H_2 , Cu , N_2), тобто форма існування хімічного елемента у вільному стані.
Складна речовина	– це речовина, молекули якої складаються з атомів різних елементів (H_2O , H_2SO_4 , CuO), тобто форма існування хімічних елементів у зв'язаному стані.
Атомна одиниця маси (а. о. м.)	– $1/12$ частина маси атома ізотопу вуглецю ^{12}C .
Відносна атомна маса (A_r)	– маса атома елемента, що виражена в атомних одиницях маси: $A_r = \frac{m(X)}{1/12m(C)}$ де $m(X)$ – маса атома елемента; $m(C)$ – маса атома ізотопу вуглецю ^{12}C.
Відносна молекулярна маса (M_r)	– маса молекули речовини, що виражена в атомних одиницях маси: $M_r(XY) = \frac{m(XY)}{1/12m(C)} = A_r(X) + A_r(Y)$ де $M_r(XY)$ – відносна молекулярна маса речовини XY; $A_r(X)$, $A_r(Y)$ – відносні атомні маси елементів X і Y.

Кількість речовини (ν) – фізична величина, що визначається числом часток структурних елементів речовини: молекул, атомів, іонів.

$$\nu = m \cdot M = N \cdot N_A = V \cdot V_m,$$

де ν – кількість речовини, моль;

m – маса речовини, г;

M – молярна маса речовини, г/моль;

N – кількість структурних елементів речовини (атомів, молекул, іонів);

N_A – стала Авогадро, моль⁻¹;

V – об'єм газу, л;

V_m – молярний об'єм газу, $V_m = 22,4$ л/моль.

Моль – кількість речовини, що містить стільки молекул, атомів, іонів або інших структурних одиниць, скільки атомів міститься в 12 г ізотопу вуглецю ¹²C.

Стала Авогадро (N_A) $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ моль⁻¹ – число структурних одиниць у речовині, кількість якої становить 1 моль.

Молярна маса (M) – маса 1 моля речовини (г/моль), що визначається відношенням маси речовини (m) до кількості речовини, що їй відповідає (ν):

$$M = m \cdot \nu.$$

Закон сталості складу Кожна хімічна сполука має сталий якісний і кількісний склад незалежно від способу її добування.

Закон збереження маси Загальна маса речовин, що вступають у хімічну реакцію, дорівнює загальній масі речовин, що утворюються внаслідок реакції.

Закон Авогадро В однакових об'ємах різних газів за однакових умов (тиск, температура) міститься однакова кількість молекул.

Наслідок із закону Авогадро 1 моль будь-якого газу за нормальних умов займає об'єм 22,4 л.

Нормальні умови: $p = 760$ мм рт. ст. = 101 325 Па,
 $t = 0$ °C або $T = 273$ К.

Рівняння Менделєєва – Клапейрона

$$\rho V = \frac{m}{M} RT,$$

де ρ – тиск газу, (Па, атм, мм рт. ст.);

V – об'єм, (м^3 , л);

m – маса газу, г;

M – молярна маса газу, г/моль;

T – температура, К;

R – універсальна газова стала,

$$R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} = 8,314 \text{ Па} \cdot \text{м}^3/\text{моль} \cdot \text{К} =$$

$$0,082 \text{ л} \cdot \text{атм/моль} \cdot \text{К} = 1,986 \text{ ккал/моль} \cdot \text{К} =$$

$$62,4 \text{ мм рт. ст.} \cdot \text{л/моль} \cdot \text{К}$$

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Деякий газ масою 160 г займає об'єм 20 л за температури 27 °С та тиску 623,25 кПа. Визначити молярну масу газу.

Розв'язання. Молярну масу газу можна визначити, користуючись рівнянням Менделєєва – Клапейрона:

$$\rho V = \frac{m}{M} RT.$$

Значення універсальної газової сталої обираємо відповідно до одиниць вимірювання. Якщо тиск вимірюється в Па, а об'єм – у м^3 , то $R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$. Молярна маса газу дорівнює:

$$M = \frac{mRT}{\rho V} = \frac{160 \cdot 8,314 \cdot 300}{623,25 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 32 (\text{г/моль})$$

Приклад 2. Який об'єм займатиме за нормальних умов хлороводень масою 14,6 г?

Розв'язання: Визначаємо кількість речовини хлороводню:

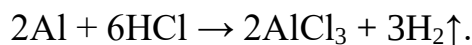
$$\nu(\text{HCl}) = m(\text{HCl})/M(\text{HCl}) = 14,6/36,5 = 0,4 (\text{моль}).$$

Відповідно до наслідку із закону Авогадро 1 моль газу за нормальних умов займає об'єм 22,4 л (молярний об'єм – $V_m = 22,4$ л). Об'єм хлороводню за нормальних умов становитиме:

$$V(\text{HCl}) = V_m \nu(\text{HCl}) = 22,4 \cdot 0,4 = 8,96 (\text{л}).$$

Приклад 3. Який об'єм водню виділиться за нормальних умов, якщо розчинити алюміній масою 10,8 г у надлишку соляної кислоти?

Розв'язання. Записуємо рівняння реакції взаємодії алюмінію із соляною кислотою:



Визначаємо кількість речовини алюмінію, що вступив у реакцію:

$$\nu(\text{Al}) = m(\text{Al})/M(\text{Al}) = 10,8/27 = 0,4 \text{ (моль)}.$$

Із рівняння реакції випливає, що під час розчинення 2 моль алюмінію утворюється 3 моль водню. Отже,

$$\nu_2(\text{H})/\nu(\text{Al}) = 3/2 = 1,5.$$

Звідси випливає:

$$\nu_2(\text{H}) = 1,5\nu(\text{Al}) = 1,5 \times 0,4 = 0,6 \text{ (моль)}.$$

Знаходимо об'єм водню за нормальних умов:

$$V_{\text{H}}(\text{H}_2) = V_{\text{м}}\nu(\text{H}_2) = 22,4 \times 0,6 = 13,44 \text{ (л)}.$$

Приклад 4. Визначити масу $1,505 \times 10^{23}$ атомів водню.

Розв'язання. Визначаємо кількість речовини атомарного водню, що відповідає $1,505 \times 10^{23}$ атомам водню:

$$\nu(\text{H}) = N(\text{H})/N_{\text{A}} = 1,505 \times 10^{23}/6,02 \times 10^{23} = 0,25 \text{ (моль)}.$$

Знаходимо масу атомарного водню, що відповідає кількості речовини 0,25 моль:

$$m(\text{H}) = M(\text{H}) \cdot \nu(\text{H}) = 1 \times 0,25 = 0,25 \text{ (г)}.$$

Приклад 5. Визначити найпростішу формулу речовини, що містить 43,39 % натрію, 11,32 % вуглецю та 45,28 % кисню.

Дано: $\omega(\text{Na}) = 43,39 \%$; $\omega(\text{C}) = 11,32 \%$; $\omega(\text{O}) = 45,28 \%$; $\text{Na}_x\text{C}_y\text{O}_z$. x, y, z – ?

Розв'язання: $x : y : z = \nu(\text{Na}) : \nu(\text{C}) : \nu(\text{O})$;

$$\nu_{\text{ел}} = m_{\text{ел}} \cdot M_{\text{ел}} = \omega_{\text{ел}} \cdot M_{\text{ел}}.$$

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ г/моль}; M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}; M(\text{O}) = 16 \text{ г/моль}.$$

$$x : y : z = 43,39/23 : 11,32/12 : 45,28/16 = 1,8 : 0,94 : 2,82.$$

Скоротивши ці значення на найменше число 0,94, одержимо $x : y : z = 2 : 1 : 3$, отже найпростіша формула речовини Na_2CO_3 .

Контрольні запитання та завдання

1. Визначити молярну масу речовини, 20 г якої займає об'єм 8,2 л під тиском 1,2 атм за температури 111 °С. *Відповідь:* 64 г/моль.
2. Визначити молярну масу речовини, 40 г якої займає об'єм 17,5 л під тиском у 4,1 атм за температури 77 °С. *Відповідь:* 16 г/моль.
3. Визначити молярну масу ацетону, якщо маса 500 мл його пари за температури 87 °С та тиску 96 кПа дорівнює 0,93 г? *Відповідь:* 58 г/моль.
4. Який об'єм займатиме 1 кг повітря за температури 17 °С та тиску 101,33 кПа? *Відповідь:* 0,82 м³.
5. Маса колби ємністю 750 мл, що заповнена киснем за температури 27 °С, становить 83,3 г. Маса порожньої колби 82,1 г. Визначити тиск, що створює кисень у колбі. *Відповідь:* 1,23 атм.
6. Визначити масу 1 м³ кисню за температури 17 °С та тиску 83,2 кПа. *Відповідь:* 1,1 кг.
7. Який об'єм займатиме за температури 21 °С та тиску 784 мм рт. ст. кисень, що виділяється при термічному розкладі 490 г KClO₃? *Відповідь:* 142,3 л.
8. Визначити масу 224 л вуглекислого газу за температури 27 °С та тиску 1,5 атм. *Відповідь:* 187,9 г.
9. Який об'єм водню за температури 12 °С та тиску 770 мм рт. ст. виділиться в результаті взаємодії 1 кг цинку з соляною кислотою? *Відповідь:* 353,4 л.
10. Який об'єм займатиме 63 г пари води за температури 101°С та тиску 760 мм рт. ст.? *Відповідь:* 107,5 л.
11. Оксид вуглецю (IV) міститься в посудині, об'єм якої дорівнює 20 л, за температури 22°С та тиску 500 кПа. Визначити масу оксиду вуглецю (IV). *Відповідь:* 179,4 г.
12. Сталевий балон для збереження кисню об'ємом 50 л розрахований на тиск до 1 МПа. Яку максимальну кількість кисню можна помістити в балон, якщо зарядку проводити за температури 0 °С? *Відповідь:* 705 г.
13. За якої температури тиск 2,1 кг оксиду вуглецю (II), що знаходиться у сталевій ємності об'ємом 336 л, буде становити 0,5 МПа? *Відповідь:* 423 К.
14. Скільки молів етану знаходиться в балоні ємністю 15 л за температури 170 °С та тиску кПа? *Відповідь:* 613,9 молів.
15. Визначити молекулярну масу газу, якщо 2 л його за температури 21 °С та тиску 722 мм рт. ст. має масу 5,04 г. *Відповідь:* 64 г/моль.
16. Який тиск необхідно створити для того, щоб хлор масою 28 г за температури 22 °С займав об'єм 2 л. *Відповідь:* 4,84 атм.
17. Визначити молярну масу бензолу, якщо маса 600 мл його парів за температури 87 °С та тиску 83,2 кПа становить 1,3 г. *Відповідь:* 78 г/моль.
18. Яка маса кисню знаходиться в балоні ємністю 12 л за температури 0 °С та тиску 15,2 МПа? *Відповідь:* 2,57 кг.

19. Визначити тиск кисню, якщо 0,1 кг його знаходиться в балоні ємністю 0,02 м³ за температури 20 °С. *Відповідь:* 380 640 Па (0,38 МПа).
20. Газ масою 30,3 г заповнив посудину об'ємом 15 л за температури 18 °С. Тиск газу всередині посудини становить 122 кПа. Визначити молярну масу газу. *Відповідь:* 40 г/моль.
21. Який об'єм за нормальних умов займатимуть 70 г азоту? *Відповідь:* 56 л.
22. Який об'єм за нормальних умов займатиме 1 кг вуглекислого газу? *Відповідь:* 509,15 л.
23. Який об'єм вуглекислого газу утвориться під час згоряння 2 л бутану за нормальних умов? *Відповідь:* 0,5 л.
24. Який об'єм за нормальних умов буде займати 1,4 г етилену? *Відповідь:* 1,12 л.
25. Який об'єм кисню (н. у.) можна одержати під час нагрівання 1 г бертолетової солі KClO₃? *Відповідь:* 0,27 л.
26. Визначити масу 1 л оксиду азоту (IV) за температури 0 °С та тиску 760 мм рт. ст. *Відповідь:* 2,05 г.
27. Визначити масу 4 л вуглекислого газу за температури 0 °С та тиску 760 мм рт. ст. *Відповідь:* 7,85 г.
28. Який об'єм азоту (н. у.) утвориться під час термічного розкладу 25,2 г біхромату амонію (NH₄)Cr₂O₇? *Відповідь:* 2,8 г.
29. Який об'єм кисню (н. у.) необхідний для одержання 32 г оксиду сірки (IV)? *Відповідь:* 11,2 л.
30. Яку масу матиме азот об'ємом 30 л за нормальних умов? *Відповідь:* 37,5 г.
31. Яку масу матиме хлористий водень, що за нормальних умов займає об'єм 10 л? *Відповідь:* 16,3 г.
32. Яку масу матиме сірководень, що за нормальних умов займає об'єм 5 л? *Відповідь:* 7,6 г.
33. Який об'єм займатиме за нормальних умов хлористий водень масою 14,6 г? *Відповідь:* 8,96 л.
34. Маса 1 л газу за нормальних умов дорівнює 1,25 г. Визначити молярну масу газу. *Відповідь:* 28 г/моль.
35. Маса 5,6 л газу за нормальних умов дорівнює 8,5 г. Визначити молярну масу газу. *Відповідь:* 34 г/моль.
36. Визначити масу 1,8 л сірководню за нормальних умов. *Відповідь:* 2,73 г.
37. Який об'єм за нормальних умов займатиме метан масою 160 г? *Відповідь:* 46,5 л.
38. Визначити масу 280 л водню за нормальних умов. *Відповідь:* 25 г.
39. Визначити, який об'єм займатимуть 5,25 г азоту за нормальних умов. *Відповідь:* 4,2 л.
40. Визначити масу 3 л оксиду сірки (II) за нормальних умов. *Відповідь:* 6,43 г.

ЗАВДАННЯ 2 ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Теоретична частина

Оксиди

– бінарні сполуки елементів з киснем. За хімічними властивостями вони поділяються на *солетворні* (здатні утворювати солі) та *несолетворні* (не здатні утворювати солі, наприклад: NO, N₂O, CO).

Солетворні оксиди поділяються на основні, кислотні та амфотерні.

Основні оксиди

– оксиди, гідрати яких є основами. До них належать лише оксиди металів – лужних (Li, Na, K, Rb, Cs), лужноземельних (Ca, Sr, Ba, Ra), Mg, La, а також усіх інших металів у найнижчих ступенях окиснення.

Хімічні властивості:

- 1) взаємодія з водою:
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$;
- 2) взаємодія з кислотами:
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- 3) взаємодія з кислотними оксидами:
 $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$;
- 4) взаємодія з амфотерними оксидами:
 $\text{CaO} + \text{ZnO} \rightarrow \text{CaZnO}_2$.

Кислотні оксиди

– оксиди, гідрати яких є кислотами (ангідриди кислот). До них належать оксиди неметалів, а також металів у найвищих ступенях окиснення: SO₂, SO₃, CO₂, CrO₃, Mn₂O₇ та ін.

Хімічні властивості:

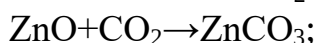
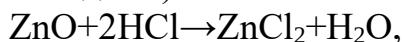
- 1) взаємодія з водою:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$;
- 2) взаємодія з основами:
 $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 3) взаємодія з основними оксидами:
 $\text{CO}_2 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaCO}_3$;
- 4) взаємодія з амфотерними оксидами:
 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{AlPO}_4$.

Амфотерні оксиди

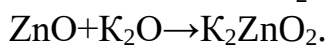
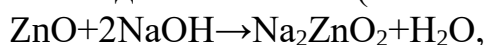
– оксиди, які залежно від умов виявляють властивості основних і кислотних оксидів. До них належать оксиди деяких металів головних підгруп (Be, Al), а також оксиди багатьох металів побічних підгруп періодичної системи елементів у проміжних ступенях окиснення: BeO, Al₂O₃, ZnO, CuO, MnO₂, Fe₂O₃ та ін.

Хімічні властивості:

1) взаємодія з кислотами (та кислотними оксидами):



2) взаємодія з основами (та основними оксидами):



Основи (гідроксиди)

– сполуки, до складу яких входять катіони металів та гідроксильні групи OH⁻: NaOH, KOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Al(OH)₃ та ін.

Луги – це розчинні у воді основи.

Назва основи складається з назви металу та слова «гідроксид». Якщо метал утворює декілька гідроксидів, ступінь його окиснення вказують римською цифрою в дужках або до слова «гідроксид» додають префікс, що відповідає числу гідроксильних груп у основі. Наприклад: NaOH – натрій гідроксид, Fe(OH)₃ – ферум(III) гідроксид або ферум тригідроксид. У назвах основ відмінюється лише друге слово: натрій гідроксиду.

Кислотність основи визначається числом гідроксильних груп, що зв'язані з атомом металу:

– однокислотні основи: NaOH, KOH, LiOH;

– двокислотні основи: Ca(OH)₂, Ba(OH)₂, Sr(OH)₂;

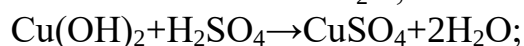
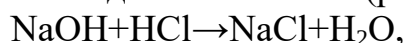
– трикислотні основи: Al(OH)₃, Bi(OH)₃;

– чотирикислотна основа: Th(OH)₄;

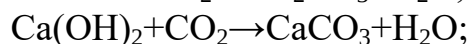
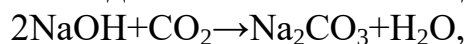
– п'яти- та шестикислотні основи невідомі.

Хімічні властивості:

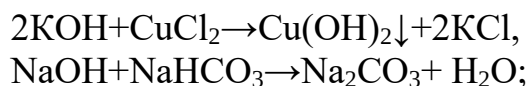
1) взаємодія з кислотами (реакція нейтралізації):



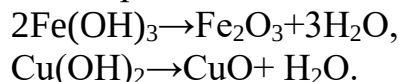
2) взаємодія з кислотними оксидами:



3) взаємодія з розчинами середніх і кислих солей (тільки луги):



4) основи розкладаються під час нагрівання:



Кислоти

– сполуки, до складу яких входять атоми водню, що здатні заміщатися атомами металів з утворенням солей, та іони кислотних залишків (негативні іони, що утворюються в результаті відриву від молекули кислоти одного або кількох іонів водню).

Кислоти бувають **безкисневі** (HCl , HBr , HF , H_2S) та **кисневмісні** (HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_4).

Основність кислоти визначається числом атомів водню, що здатні заміщатися атомами металів:

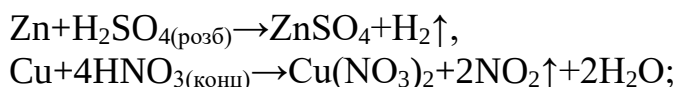
– одноосновні кислоти: HCl , HBr , HI , HF , HNO_3 , CH_3COOH ;

– двоосновні кислоти: H_2S , H_2SO_4 , H_2CO_3 , H_2SiO_3 ;

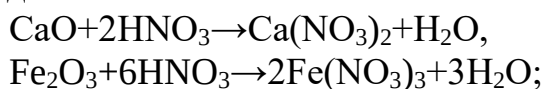
– триосновні кислоти: H_3PO_4 , H_3BO_3 .

Хімічні властивості:

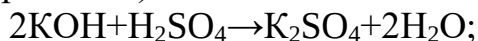
1) взаємодія з металами, що в ряду стандартних електродних потенціалів знаходяться ліворуч від водню:



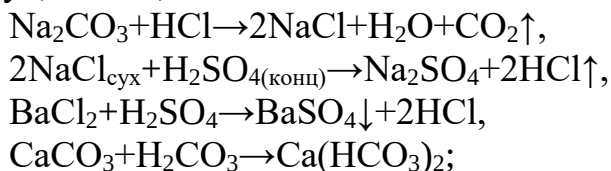
2) взаємодія з основними та амфотерними оксидами:



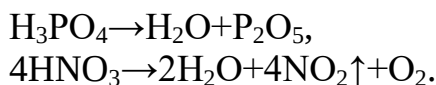
3) взаємодія з основами (реакція нейтралізації):



4) взаємодія із солями з утворенням летких сполук, осадів, інших солей:



5) кисневмісні кислоти розкладаються під час нагрівання:



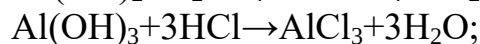
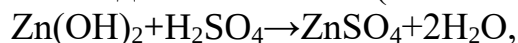
Амфотерні гідроксиди

– сполуки, що виявляють основні та кислотні властивості залежно від умов, тобто від природи другого реагенту, який бере участь у кислотно-основній взаємодії.

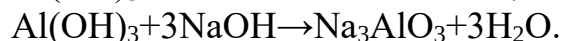
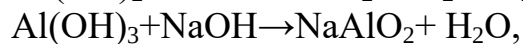
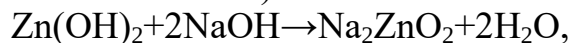
До них належать гідроксиди деяких металів головних підгруп ($\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Be}(\text{OH})_2$), а також багатьох металів побічних підгруп періодичної системи елементів у проміжних ступенях окиснення: $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Хімічні властивості:

1) взаємодія з кислотами (основні властивості):



2) взаємодія із сильними основами – лугами (кислотні властивості):

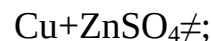
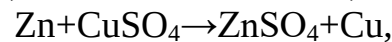


Солі

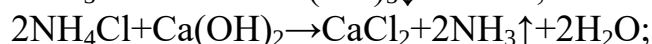
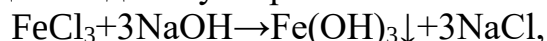
– продукти заміщення атомів водню кислоти на атоми металу або гідроксильних груп гідроксидів на кислотні залишки кислот.

Хімічні властивості:

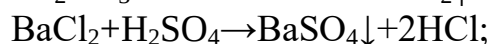
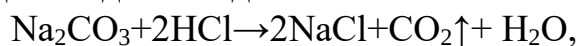
1) взаємодія з металами (кожен метал може витіснити з розчинів солей метали, що знаходяться в ряду стандартних електродних потенціалів після нього, і не витісняє метали, що стоять перед ним):



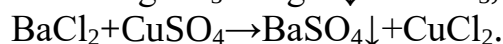
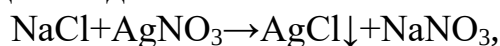
2) взаємодія з основами, якщо внаслідок реакції випадає осад або утворюється газ:



3) взаємодія з кислотами, якщо внаслідок реакції випадає осад або виділяється газ:



4) взаємодія із солями, якщо внаслідок реакції випадає осад:



Середні солі

– продукти повного заміщення атомів водню кислоти на атоми металу: NaCl , ZnSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Назва середньої солі складається з назви металу та назви кислотного залишку, наприклад: ZnSO_4 – цинк сульфат, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – кальцій нітрат.

Кислі солі

– продукти неповного заміщення атомів водню багатоосновної кислоти на атоми металу: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, NaH_2PO_4 , $\text{Al}(\text{HSO}_4)_3$.

Назва кислій солі походить від назви відповідної середньої солі з додаванням до назви кислотного залишку префікса *гідро-* або *дигідро-* відповідно до кількості атомів водню в кислотному залишку, наприклад: NaH_2PO_4 – натрій дигідрофосфат, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – кальцій гідрокарбонат.

Основні солі

– продукти неповного заміщення гідроксильних груп молекули багатокисlotної основи або амфотерного гідроксиду на кислотні залишки: $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$, $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, $(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$.

Назва основної солі походить від назви відповідної середньої солі з додаванням до назви основного залишку префікса *гідроксо-*, *дигідроксо-*, *тригідроксо-* або *тетрагідроксо-* відповідно до кількості гідроксильних груп в основному залишку, наприклад:

$\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ – дигідроксоалюміній нітрат,
 $(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$ – гідроксокальцій сульфат.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: Na_2O , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, H_3PO_4 , CuOHCl , $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$, K_2CO_3 .
2. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: SO_2 , H_2SO_4 , $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Ba}(\text{HS})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$, AlBr_3 .
3. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: P_2O_5 , H_2SiO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCO_3 , $(\text{CaOH})_2\text{SO}_3$, $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$.
4. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: BaO , H_3BO_3 , Li_2S , $\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$, $(\text{BaOH})_2\text{CO}_3$.
5. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: NO , $\text{Sr}(\text{OH})_2$, HBr , CrOHCl_2 , $\text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, Na_2SO_3 .
6. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: MgO , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, HMnO_4 , FeOHCl , $\text{Ni}(\text{HS})_2$, KF .
7. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: SiO_2 , $\text{Zn}(\text{OH})_2$, HF , $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{NO}_2$, MgHPO_4 , AgNO_3 .
8. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: SO_3 , $\text{Sn}(\text{OH})_4$, CH_3COOH , NaHSO_3 , SnOHCl .
9. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: Cl_2O_7 , $\text{Mn}(\text{OH})_4$, HCl , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$.
10. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: Fe_2O_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, HI , Na_2CO_3 , $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$, $\text{Cd}(\text{HS})_2$.

11. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: Cr_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, HNO_3 , BaS , NaH_2PO_4 , $(\text{BeOH})_2\text{SO}_4$.

12. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: CuO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2CO_3 , KMnO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$, NaHSiO_3 .

13. Назвати за систематичною номенклатурою такі сполуки: ZnO , $\text{Sn}(\text{OH})_2$, H_2SO_4 , CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{BO}_3)_2$, ZnOHBr .

14. Написати формули таких сполук: ферум(III) оксиду, цинк гідроксиду, ортофосфорної кислоти, кальцій карбонат, магній дигідроборату, гідроксобарій нітрату

15. Написати формули таких сполук: алюміній оксиду, ферум(II) гідроксиду, сірчаної кислоти, барій нітриту, кальцій гідрокарбонату, дигідроксохром(III) хлориду.

16. Написати формули таких сполук: купрум(II) оксиду, натрій гідроксиду, сірководневої кислоти, кальцій фосфату, цинк гідросилікату, гідроксомагній сульфід.

17. Написати формули таких сполук: марганець(II) оксид, ферум(III) гідроксиду, сірчистої кислоти, алюміній сульфату, натрій дигідрофосфат, гідроксокальцій карбонату.

18. Написати формули таких сполук: сульфур(IV) оксид, марганець(II) гідроксид, бромоводневої кислоти, хром сульфіту, купрум(II) гідросульфіту, гідроксобарій сульфід.

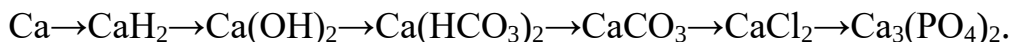
19. Написати формули таких сполук: фосфор(V) оксиду, олово(II) гідроксиду, кремнієвої кислоти, цинк хлориду, алюміній дигідрофосфат, гідроксоцинк карбонату.

20. Написати формули таких сполук: хлор(VII) оксиду, олово(IV) гідроксиду, оцтової кислоти, барій нітриту, алюміній гідросульфід, дигідроксохром(III) нітрату.

21. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



22. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



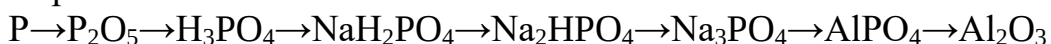
23. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2$.

24. Написати рівняння реакції за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$.

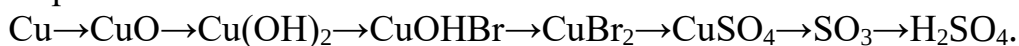
25. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{Sn} \rightarrow \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{SnOHCl} \rightarrow \text{Sn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Sn}(\text{NO}_3)_2$.

26. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnOHCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{ZnCO}_3$.

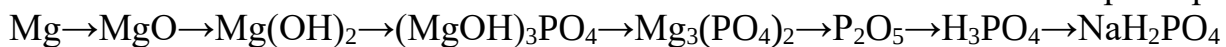
27. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



28. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:

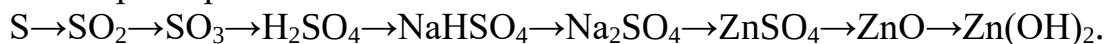


29. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



30. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{C} \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{ZnCO}_3 \rightarrow \text{ZnO}$.

31. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



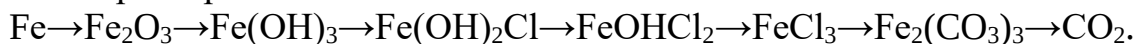
32. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



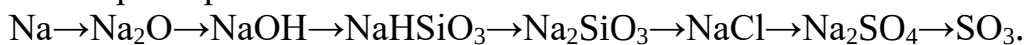
33. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



34. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



35. Написати рівняння реакції, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення:



36. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuOHNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

37. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$.

38. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{C} \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$.

39. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \rightarrow \text{Ba}(\text{HSO}_4)_2$.

40. Написати рівняння реакцій, за допомогою яких можливо здійснити такі перетворення: $\text{K} \rightarrow \text{KBr} \rightarrow \text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{AgBr}$.

41. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії алюміній гідроксиду та соляної кислоти, та назвати їх.

42. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії хром гідроксиду та соляної кислоти, та назвати їх.

43. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії кальцій гідроксиду та сірчаної кислоти, та назвати їх.

44. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії калій гідроксиду та ортофосфорної кислоти, та назвати їх.

45. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії магній гідроксиду та вугільної кислоти, та назвати їх.

46. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії цинк гідроксиду та сірчистої кислоти, та назвати їх.
47. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії купрум гідроксиду та сірчаної кислоти, та назвати їх.
48. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії барій гідроксиду та сірководневої кислоти, та назвати їх.
49. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії ферум(III) гідроксиду та соляної кислоти, та назвати їх.
50. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії алюміній гідроксиду та бромоводневої кислоти, та назвати їх.
51. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії натрій гідроксиду та борної кислоти, та назвати їх.
52. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії олово(IV) гідроксиду та соляної кислоти, та назвати їх.
53. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії кальцій гідроксиду та кремнієвої кислоти, та назвати їх.
54. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії цинк гідроксиду та ортофосфорної кислоти, та назвати їх.
55. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії ферум(II) гідроксиду та сірчистої кислоти, та назвати їх.
56. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії стронцій гідроксиду та вугільної кислоти, та назвати їх.
57. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії алюміній гідроксиду та сірчаної кислоти, та назвати їх.
58. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії берилій гідроксиду та кремнієвої кислоти, та назвати їх.
59. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії літій гідроксиду та ортофосфорної кислоти, та назвати їх.
60. Написати формули всіх можливих солей, що утворюються під час взаємодії кадмій гідроксиду та сірчаної кислоти, та назвати їх.

ЗАВДАННЯ 3 БУДОВА АТОМА ТА ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

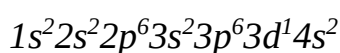
Атом	– електронейтральна система, що складається з позитивно зарядженого ядра та негативно зарядженої електронної оболонки.
Ядро	– центральна позитивно заряджена частина атома, що складається з протонів та нейтронів. В ядрі зосереджена майже вся маса атома і розміри його приблизно в 10^4 разів менші за розміри атома (діаметр атома – 10^{-10} м, діаметр ядра – $10^{-14} - 10^{-15}$ м).
Протон	– позитивно заряджена частинка, маса якої дорівнює атомній одиниці маси.
Нейрон	– електронейтральна частинка, маса якої дорівнює атомній одиниці маси.
Масове число (A)	– загальне число протонів і нейтронів у ядрі: $A=Z+N,$ де Z – число протонів, що відповідає порядковому номеру елемента в періодичній системі; N – число нейтронів.
Електрон	– негативно заряджена частинка, маса якої в 1 840 разів менша від маси протона або нейтрона.
Одиниця елементарного електричного заряду	дорівнює $1,602 \times 10^{-19}$ Кл.
Заряд ядра (Z)	дорівнює кількості протонів у ядрі та відповідає порядковому номеру елемента в періодичній системі.
Хімічний елемент	– вид атомів з однаковим зарядом ядра (числом протонів).
Ізотопи	– різновиди атомів хімічного елемента, ядра атомів яких мають однаковий заряд, але різну масу.
Атомна маса	– середнє арифметичне значення мас усіх його ізотопів з урахуванням їхньої поширеності у природі.
Електронна оболонка	– сукупність електронів, що рухаються в атомі навколо ядра, число яких дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній системі.
Електронна орбіталь	– простір навколо ядра, у якому найімовірніше перебування електрона (s-, p-, d-, f - орбіталі, які мають різну форму та орієнтацію у просторі).
Енергетичний рівень	– сукупність орбіталей, що характеризуються однаковою енергією, яка насамперед залежить від відстані орбіталі від ядра. Енергетичні рівні поділяються на <i>енергетичні підрівні</i> .

Електронна формула	– форма запису електронної будови атома елемента з розподілом електронів за рівнями і підрівнями, наприклад: будова атома водню $1S^1$, де 1 – номер рівня, S – підрівень (тип орбіталі), верхній індекс – число електронів на підрівні.
Графічна електронна формула	– коміркова форма запису будови атома, де комірка – орбіталь; стрілка – електрон; одна стрілка в комірці – неспарений електрон; дві протилежно напрямлені стрілки – спарені електрони; вільна комірка – вільна орбіталь.
Періодичний закон Д. І. Менделєєва	Властивості елементів, а отже і властивості утворених ними сполук, перебувають у періодичній залежності від величини атомних мас елементів (заряду ядер елементів).
Порядковий номер	Відповідає заряду ядра його атома і кількості електронів.
Номер періоду	– кількість енергетичних рівнів.
Номер групи	– кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні атома.
Неметалічні властивості елементів	Зростають зліва направо вздовж періоду шляхом збільшення числа електронів на зовнішньому енергетичному рівні; послаблюються зверху вниз у групі.
Металічні властивості елементів	Зростають зверху вниз вздовж групи (головної підгрупи) шляхом збільшення радіуса атомів та віддалення електронів зовнішнього шару від ядра; послаблюються направо вздовж періоду.
Хімічний зв'язок	– взаємодія двох або кількох атомів, у результаті якої утворюються хімічно стійка двох- або багатоатомна молекула чи кристал.
Типи хімічного зв'язку	Ковалентний полярний та неполярний, іонний, водневий, металічний.
Валентність	– здатність атома певного елемента приєднувати певне число атомів інших елементів, кількісною мірою якої є число електронів, які атом використовує для утворення хімічного зв'язку.

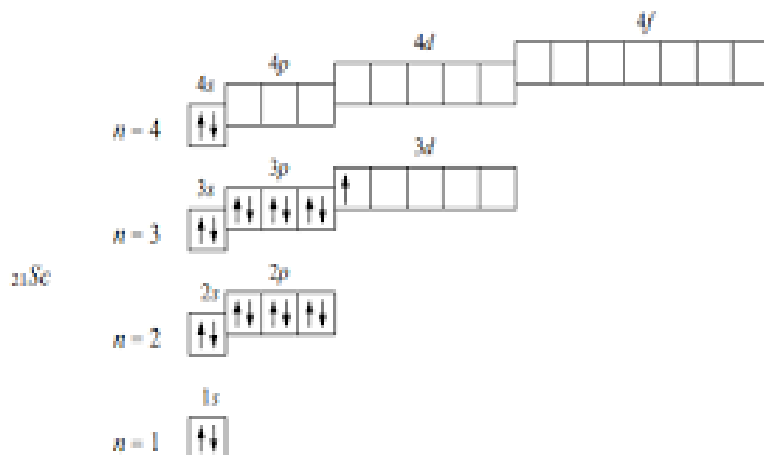
Приклади виконання завдань

Приклад 1. Скласти електронну та електронно-графічну формули скандію.

Розв'язання. Загальна кількість електронів в атомі чисельно дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній системі. Оскільки порядковий номер Sc дорівнює 21, то його електронна формула має вигляд:



Електронно-графічна формула атома Sc має вигляд:



Приклад 2. На основі електронної формули елемента з порядковим номером 23 визначити, в якому періоді, групі та підгрупі він знаходиться та його основні хімічні властивості.

Розв'язання. Електронна оболонка атома з порядковим номером 23 має вигляд: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$.

Елемент з порядковим номером 23 знаходиться в IV періоді, бо містить 4 енергетичні рівні; належить до d – елементів, тому що останнім заповнюється d – підрівень; у п'ятій групі, оскільки для d – елементів номер групи визначається числом електронів на зовнішньому s – підрівні та перед зовнішньому d – підрівні; у побічній підгрупі, бо всі d – елементи утворюють побічні підгрупи. Цей елемент – ванадій (V).

Атом ванадію може легко віддавати 2 електрони, які розташовані на $4s$ – підрівні, виявляючи ступінь окиснення +2. При цьому він утворює оксид VO та гідроксид $V(OH)_2$, що мають основні властивості. Газоподібних водневих сполук ванадій не утворює, бо знаходиться в побічній підгрупі.

Атом ванадію може також віддавати електрони з d – підрівня передостаннього енергетичного рівня (3 електрони), виявляючи найвищий ступінь окиснення +5 (чисельно він дорівнює номеру групи, у якій знаходиться елемент). Оксид, що відповідає найвищому ступеню окиснення, має формулу V_2O_5 . Цей оксид виявляє кислотні властивості. Йому відповідає нестійка метаванадієва кислота HVO_3 , її солі, ванадати, стійкі сполуки.

Приклад 3. Які сполуки з воднем утворюють елементи головної підгрупи VI групи? Визначити найбільш і найменш стійкі з них.

Розв'язання. Елементи головної підгрупи VI групи є p – елементами. Їхні атоми на зовнішньому енергетичному рівні мають по 6 електронів: $ns^2 np^4$. Тому в сполуках з воднем вони виявляють ступінь окиснення -2. Формули відповідних сполук: H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te , H_2PO .

Із зростанням порядкового номера елемента (від кисню до полонію) збільшується радіус атома, що обумовлює зменшення міцності сполуки з воднем. Таким чином, найбільш стійкою сполукою є H_2O , а найменш стійкою – H_2PO .

Приклад 4. У якого з елементів четвертого періоду, марганцю чи броду, сильніше виражені металічні властивості?

Розв'язання. Марганець – d – елемент VII групи, а бром – p – елемент VII групи. На зовнішньому енергетичному рівні атома марганцю міститься 2 електрони, атома броду – сім. Атоми типових металів характеризуються наявністю невеликої кількості електронів на зовнішньому енергетичному рівні і, відповідно, здатністю легко втрачати ці електрони. Вони мають лише відповідно властивості та не утворюють елементарних негативних іонів.

Елементи, атоми яких на зовнішньому енергетичному рівні містять більше трьох електронів, характеризуються певною спорідненістю до електрона, відповідно, можуть мати негативний ступінь окиснення і навіть утворювати елементарні негативні іони. Таким чином, марганець, як і всі метали, виявляє лише відновні властивості. Бром виявляє слабкі відновні властивості, для нього більш характерні окисні функції. Загальною закономірністю для всіх груп, що містять p - і d – елементи, є перевага металічних властивостей у d – елементів. Отже, металічні властивості більше виражені в марганцю, ніж у броду.

Контрольні запитання і завдання

1. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 20. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
2. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 15. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
3. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 30. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
4. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 17. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
5. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 26. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
6. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 10. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
7. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 16. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
8. Напишіть електронну та електронно-графічну формулу елемента з порядковим номером 29. Поясніть хімічні властивості цього елемента з точки зору його положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.

24. Який з елементів – фтор чи йод – має більш виражені металічні властивості? Відповідь поясніть.

25. Який з елементів – сірка чи хлор – має більш виражені металічні властивості? Відповідь поясніть.
26. Який з елементів – вуглець чи кисень – має більш виражені металічні властивості? Відповідь поясніть.
27. Який з елементів четвертого періоду періодичної системи Д. І. Менделєєва є найтипівішим металом? Чому?
28. Який елемент шостого періоду періодичної системи Д. І. Менделєєва є найтипівішим металом? Чому?
29. Який елемент сьомої групи головної підгрупи періодичної системи Д. І. Менделєєва є найтипівішим неметалом? Чому?
30. Який елемент шостої групи головної підгрупи періодичної системи Д. І. Менделєєва є найтипівішим неметалом? Чому?
31. Які сполуки з воднем утворюють елементи головної підгрупи шостої групи періодичної системи? Назвати найбільш і найменш міцну з них.
32. Написати формули водневих та вищих кисневих сполук елементів головної підгрупи п'ятої групи періодичної системи?
33. Написати формули водневих та вищих кисневих сполук p – елементів четвертої групи періодичної системи Д. І. Менделєєва?
34. Написати формули водневих та вищих кисневих сполук p – елементів шостої групи періодичної системи Д. І. Менделєєва?
35. Як змінюються властивості вищих оксидів елементів третього періоду? Які властивості виявляють їхні гідроксиди?
36. Чому хром, сірка, фосфор та ванадій розташовані в одній групі періодичної системи? Чому вони знаходяться в різних підгрупах?
37. Опишіть хімічні властивості елемента з порядковим номером 25 за його положенням у періодичній системі елементів.
38. Опишіть хімічні властивості елемента з порядковим номером 24 за його положенням у періодичній системі елементів.
39. Опишіть хімічні властивості елемента з порядковим номером 20 за його положенням у періодичній системі елементів.
40. Опишіть хімічні властивості елемента з порядковим номером 17 за його положенням у періодичній системі елементів.

ЗАВДАННЯ 4 РОЗЧИНИ ТА СПОСОБИ ВИРАЖЕННЯ ЇХНЬОГО СКЛАДУ. РОЗЧИНИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Теоретична частина

Розчин

– гомогенна система, що складається з розчинника, розчинених речовин та продуктів їхньої взаємодії.

Концентрація розчину

– вміст розчиненої речовини в одиниці маси або об'єму розчину.

Масова частка (ω) або відсоткова концентрація (С %)

– кількість грамів розчиненої речовини в 100 г розчину, що виражається відношенням маси розчиненої речовини ($m_{\text{реч}}$) до маси розчину ($m_{\text{р-ну}}$):

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{р-ну}}}, \text{ або } C\% = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{р-ну}}} 100\%$$

Молярна концентрація (C_M), моль/л

– кількість молів розчиненої речовини в 1 л розчину, що виражається відношенням кількості розчиненої речовини ($\nu_{\text{реч}}$) до об'єму розчину ($V_{\text{р-ну}}$):

$$C_M = \frac{\nu_{\text{реч}}}{V_{\text{р-ну}}} = \frac{m_{\text{реч}}}{M_{\text{реч}} \cdot V_{\text{р-ну}}}$$

Електроліти

– речовини, які в розчинах або в розплавах розпадаються на іони, внаслідок чого їхні розчини та розплави здатні проводити електричний струм.

Аніони

– негативно заряджені іони.

Катіони

– позитивно заряджені іони.

Електролітична дисоціація

– процес розщеплення електролітів на іони в середовищах полярних розчинників.

Ступінь

електролітичної дисоціації (α)

– відношення кількості молекул, що розщепилися на іони ($N_{\text{дис}}$), до загальної кількості молекул електроліту в розчині (N):

$$\alpha = \frac{N_{\text{дис}}}{N} 100\%$$

Сильні електроліти

– електроліти, які в розчинах майже повністю дисоціюють на іони; для них $\alpha > 30\%$ (0,3):

– розчини всіх розчинних солей;

– неорганічні кислоти H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HBr , HI , HF ;

– гідроксиди лужних (1 група головна підгрупа) та лужноземельних (Ca, Sr, Ba) металів.

Слабкі електроліти

– електроліти, які в розчинах лише частково дисоціюють на іони, а основна частина їхніх молекул перебуває в розчині в недисоційованому стані; для них $\alpha < 3\%$ (0,03):

– вода;

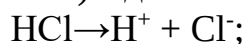
– майже всі органічні кислоти;

– деякі неорганічні кислоти: H_2CO_3 , H_2S , H_2SO_3 , HNO_2 , H_3PO_4 , HCN , HClO ; гідроксиди металів, окрім перелічених сильних електролітів, а також NH_4OH .

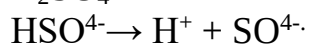
Дисоціація кислот

Під час дисоціації кислоти утворюють катіони водню та аніони кислотного залишку, наприклад:

1) одноосновні кислоти:



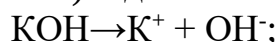
2) багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто:



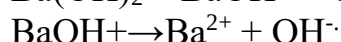
Дисоціація основ

Під час дисоціації основ утворюються гідроксильні групи та катіони основного залишку, наприклад:

1) однокислотні основи:



2) багатокислотні основи дисоціюють ступінчасто:



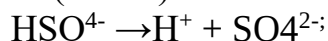
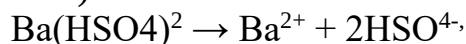
Дисоціація солей

Під час дисоціації солей утворюються катіони основного залишку та аніони кислотного залишку, кислі та основні солі дисоціюють ступінчасто, наприклад:

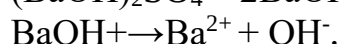
1) середня сіль:



2) кисла сіль:

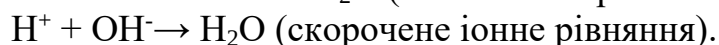
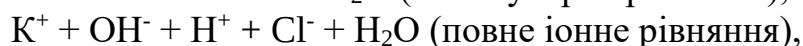
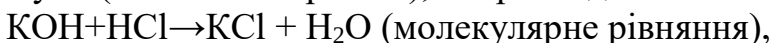


3) основна сіль:



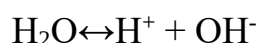
Реакції іонного обміну

Реакції між електролітами відбуваються до кінця в тому випадку, якщо в результаті реакції утворюються осадки, гази або малодисоційовані сполуки (слабкі електроліти), наприклад:



Дисоціація води

За температури 22 °C у воді об'ємом 1 л дисоціює на іони тільки 10^{-7} моль, внаслідок чого утворюється 10^{-7} моль/л іонів водню та 10^{-7} моль/л гідроксид-іонів:



**Іонний добуток води
(K_w)**

$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$,
де $[H^+]$ – концентрація іонів водню, моль/л;
 $[OH^-]$ – концентрація гідроксид-іонів, моль/л.

**Водневий показник
(pH)**

– від’ємний десятковий логарифм молярної концентрації іонів водню: $pH = -\lg[H^+]$.

**Гідроксидний
показник (pOH)**

– від’ємний десятковий логарифм молярної концентрації гідроксид іонів : $pH = -\lg[H^+]$.

$$pH + pOH = 14.$$

Для нейтрального розчину: $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$,

$$pH = pOH = 7;$$

для кислого розчину: $[H^+] > 10^{-7}$, $pH < 7$, $pOH > 7$;

для лужного розчину: $[H^+] < 10^{-7}$, $pH > 7$, $pOH < 7$.

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Яку масу фосфату калію і води потрібно взяти для приготування 250 г 8 %-го розчину солі?

Розв’язання. Визначаємо, яку масу солі потрібно взяти для приготування 8 %-го розчину масою 250 г:

$$C\% = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{р-ну}}} 100\%,$$

$$\text{звідки: } m(K_3PO_4) = m_{\text{р-ну}} \cdot C\% = 250 \cdot \frac{8}{100} = 20(\text{г})$$

Знаходимо масу води, що необхідна для приготування розчину:

$$m(H_2O) = m_{\text{р-ну}} - m(K_3PO_4) = 250 - 20 = 230(\text{г}).$$

Приклад 2. У воді розчинили гідроксид калію масою 11,2 г, об’єм розчину довели до 200 мл. Визначити молярну концентрацію отриманого розчину.

Розв’язання. Враховуючи, що молярна концентрація є кількістю розчиненої речовини в 1 л розчину, визначаємо кількість речовини розчиненого калій гідроксиду:

$$v(KOH) = m(KOH)/M(KOH) = 11,2/56 = 0,2(\text{моль})$$

Знаходимо молярну концентрацію розчину лугу:

$$C_M(KOH) = v(KOH)/V_{\text{р-ну}} = 0,2/0,2 = 1(\text{моль/л}).$$

Приклад 3. Визначити pH та pOH розчину калій гідроксиду з молярною концентрацією 0,1 моль/л, якщо ступінь дисоціації лугу дорівнює 1.

Розв’язання. Записуємо рівняння електролітичної дисоціації лугу:



Із рівняння дисоціації видно, що з 1 моля KOH утворюється 1 моль гідроксид-іонів, отже концентрація іонів OH^- в розчині дорівнює:

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= 10^{-1} \text{ моль/л;} \\ \text{pOH} &= -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 10^{-1} = 1. \end{aligned}$$

Користуючись формулою $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, знаходимо pH розчину калій гідроксиду:

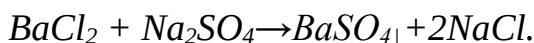
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1 = 13.$$

Приклад 4. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії барій хлориду та натрій сульфату.

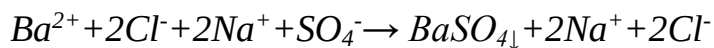
Розв’язання. Обмінні реакції між електролітами необоротні і відбуваються до кінця в таких випадках, коли утворюються малорозчинні або газоподібні речовини, а також слабкі електроліти.

В іонних рівняннях сильні електроліти записують у вигляді іонів, на які вони дисоціюють, а малорозчинні і газоподібні речовини, а також слабкі електроліти – у вигляді молекул.

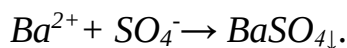
Складаємо рівняння реакції в молекулярній формі:



Речовини BaCl_2 , Na_2SO_4 і NaCl – розчинні у воді солі, які практично цілком дисоціюють на іони, тому в іонному рівнянні ці речовини потрібно зобразити у вигляді іонів, на які вони дисоціюють. Сіль BaSO_4 практично нерозчинна у воді, тому її формулу залишаємо без змін. Тоді маємо:



Виключаємо з правої та лівої частини однакові кількості однойменних іонів (2Na^+ і 2Cl^-) і одержуємо рівняння реакції в скороченій іонній формі:



Контрольні запитання та завдання

1. За температури 25 °C розчинність натрій хлориду становить 36,0 г у 100 г води. Виразити у відсотках концентрацію розчину солі. *Відповідь:* 26,5 %.
2. 1 мл 25 %-го розчину містить 0,458 г розчиненої речовини. Визначити густину цього розчину. *Відповідь:* 1,83 г/мл.
3. Виразити у відсотках концентрацію розчину, що містить 50 г глюкози у 250 г води. *Відповідь:* 16,7 %.
4. Скільки грамів 30 %-го розчину натрій хлориду потрібно додати до 300 г води, щоб одержати 10 %-й розчин солі? *Відповідь:* 111,1 г.
5. Скільки грамів $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потрібно взяти для приготування 50 л 8 %-го розчину мідного купоросу, що має густину 1,084 г/мл? *Відповідь:* 4,3 кг.
6. Визначити відсоткову концентрацію розчину натрій карбонату, що одержаний при розчиненні 16 г соди в 184 г води. *Відповідь:* 8 %.
7. Визначити відсоткову концентрацію розчину алюміній сульфату, що одержаний при розчиненні 20 г солі в 380 г води. *Відповідь:* 5 %.
8. Скільки грамів Na_2SO_4 потрібно розчинити у 800 г води, щоб одержати 10 %-й розчин натрій сульфату? *Відповідь:* 88,9 г.
9. Скільки грамів сульфур (VI) оксиду потрібно розчинити у 400 г води, щоб одержати 15 %-й розчин сірчаної кислоти? *Відповідь:* 70,6 г.
10. Визначити відсоткову концентрацію розчину азотної кислоти, в 1 л якої міститься 224 г кислоти і густина його дорівнює 1,12 г/мл. *Відповідь:* 20 %.
11. У якому об'ємі розчину алюміній сульфату, що має молярну концентрацію 1 моль/л, міститься 114 г солі? *Відповідь:* 333,3 мл.
12. Визначити масу натрій нітрату, що необхідна для приготування 300 мл розчину з молярною концентрацією 0,2 моль/л. *Відповідь:* 5,1 г.
13. У якому об'ємі розчину алюміній хлориду, що має молярну концентрацію 0,1 моль/л, міститься 8 г солі? *Відповідь:* 599,3 мл.
14. Густина 40 %-го розчину азотної кислоти дорівнює 1,25 г/мл. Визначити молярну концентрацію розчину. *Відповідь:* 7,94 моль/л.
15. Густина 30 %-го розчину кальцій хлориду дорівнює 1,281 г/мл. Визначити молярну концентрацію розчину. *Відповідь:* 3,5 моль/л.
16. Визначити молярну концентрацію 68,3 %-го розчину аргентум нітрату, якщо його густина дорівнює 2,18 г/мл. *Відповідь:* 8,72 моль/л.
17. Скільки грамів мідного купоросу ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) та води необхідно взяти для приготування 400 г розчину з масовою часткою солі 7,6 %? *Відповідь:* 30,4 г мідного купоросу; 369,6 г води.
18. До 120 г 8 %-го розчину додали 20 мл води. Визначити масову частку солі в розчині. *Відповідь:* 6,86 %.

19. Скільки грамів натрій гідроксиду потрібно взяти для приготування 200 мл розчину з молярною концентрацією 0,5 моль/л? *Відповідь:* 4 г.

20. Визначити молярну концентрацію розчину, у 2 л якого міститься 234 г натрій хлориду. *Відповідь:* 2 моль/л.

21. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії ферум(III) гідроксиду та соляної кислоти.

22. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії кальцій карбонату та соляної кислоти.

23. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії аргентум нітрату та калій хлориду.

24. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії натрій сульфіді та сірчаної кислоти.

25. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії амоній хлориду та кальцій гідроксиду.

26. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії кальцій гідроксиду та вугільної кислоти.

27. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії цинк нітрату та калій гідроксиду.

28. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії купрум сульфату та барій гідроксиду.

29. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії нікель сульфату та натрій сульфіді.

30. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії кальцій хлориду та ортофосфорної кислоти.

31. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії купрум хлориду та калій гідроксиду.

32. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії натрій сульфату та соляної кислоти.

33. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії калій силікату та сірчаної кислоти.

34. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії алюміній хлориду та натрій гідроксиду.

35. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії барій нітрату та натрій сульфату.

36. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії купрум нітрату та барій гідроксиду.

37. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії кальцій карбонату та соляної кислоти.

38. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії калій карбонату та сірчаної кислоти.

39. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії нікель сульфату та сірководневої кислоти.

40. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння взаємодії кальцій хлориду та натрій карбонату.

41. Визначити концентрацію іонів H^+ та OH^- та визначити реакцію середовища в розчині, що має $\text{pH} = 9$. *Відповідь:* 10^{-9} , 10^{-5} ; лужна.

42. Визначити концентрацію іонів H^+ та OH^- та визначити реакцію середовища в розчині, що має $\text{pH} = 5,5$. *Відповідь:* $10^{-5,5}$, $10^{-8,5}$; кисла.

43. Визначити концентрацію іонів H^+ та OH^- та визначити реакцію середовища в розчині, що має $\text{pH} = 7$. *Відповідь:* 10^{-7} , 10^{-7} ; нейтральна.

44. Визначити концентрацію іонів H^+ в розчині, в якому концентрація гідроксид-іонів становить 5×10^{-6} моль/л. *Відповідь:* 2×10^{-9} .

45. Визначити концентрацію іонів OH^- в розчині, в якому концентрація іонів водню становить $2,7 \times 10^{-10}$. *Відповідь:* $3,7 \times 10^{-5}$.

46. Визначити pH розчину, в якому концентрація іонів OH^- дорівнює $4,6 \times 10^{-4}$ моль/л. *Відповідь:* 10,7.

47. Визначити pH розчину, в якому концентрація іонів H^+ дорівнює 2×10^{-5} моль/л. *Відповідь:* 4,7.

48. Визначити pH розчину, в якому концентрація іонів OH^- дорівнює 5×10^{-6} моль/л. *Відповідь:* 8,7.

49. Визначити pH та pOH розчину соляної кислоти з молярною концентрацією 0,1 моль/л. *Відповідь:* 1;13.

50. Визначити pH та pOH розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією 0,025 моль/л. *Відповідь:* 12,4; 1,6.

51. Визначити концентрацію водного розчину азотної кислоти, якщо $\text{pH} = 3$. *Відповідь:* 10^{-3} моль/л.

52. Визначити концентрацію водного розчину калій гідроксиду, якщо $\text{pH} = 12$. *Відповідь:* 10^{-2} моль/л.

53. Визначити концентрацію іонів водню в розчині, якщо $\text{pOH} = 12$. *Відповідь:* 10^{-2} моль/л.

54. Визначити концентрацію гідроксид-іонів у розчині, якщо $\text{pH} = 2$. *Відповідь:* 10^{-12} моль/л.

55. У якому з розчинів та у скільки разів більша концентрація іонів водню: 1) $\text{pH} = 3$; 2) $\text{pH} = 5$? *Відповідь:* у першому; у 100 разів.

56. Знайти pH та pOH розчину соляної кислоти з молярною концентрацією 0,001 моль/л. *Відповідь:* 3; 11.

57. Визначити концентрацію іонів OH^- в розчині, в якому концентрація іонів водню становить 2×10^{-5} . *Відповідь:* 5×10^{-10} .

58. Визначити pH та pOH розчину гідроксиду літію з молярною концентрацією 0,01 моль/л. *Відповідь:* 12; 2.

59. Визначити концентрацію іонів H^+ та OH^- та визначити реакцію середовища в розчині, що має pH = 3. *Відповідь:* 10^{-3} ; 10^{-11} ; кисла.

60. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2SiO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, BaSiO_3 , $(\text{BaOH})_2\text{SiO}_3$, $\text{Ba}(\text{HSiO}_3)_2$.

61. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2CO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, AlBr_3 , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$, $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$.

62. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{CaOH})_2\text{CO}_3$, $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$.

63. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_3PO_4 , NaOH , Na_2SiO_3 , NaH_2PO_4 , $(\text{FeOH})_3\text{PO}_4$.

64. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2SiO_3 , $\text{Zn}(\text{OH})_2$, ZnCl_2 , $(\text{ZnOH})_2\text{SiO}_3$, $\text{Zn}(\text{HSiO}_3)_2$.

65. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2S , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{BaOH})_2\text{S}$, $\text{Ba}(\text{HS})_2$.

66. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2SO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, MgSO_3 , $(\text{MgOH})_2\text{SO}_3$, $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$.

67. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: H_2CO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, FeOHCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_3$.

68. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: HBr , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuBr_2 , $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$, $\text{Cu}(\text{HSO}_4)_2$.

69. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: HCl , $\text{Cr}(\text{OH})_3$, CrCl_3 , $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{Cl}$, $\text{Cr}(\text{HS})_3$.

70. Написати назви перелічених сполук та реакції їхньої ступінчастої дисоціації у водних розчинах: HNO_3 , $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{PbOH})_2\text{S}$, $\text{Pb}(\text{HS})_2$.

ЗАВДАННЯ 5 ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

Теоретична частина

Окиснення

— процес віддачі електронів атомом, молекулою або іоном.

Відновлення	– процес приєднання електронів атомом, молекулою або іоном.
Окисники	– атоми, молекули або іони, що приєднують електрони, самі при цьому відновлюються.
Відновники	– атоми, молекули або іони, що віддають електрони, самі при цьому окислюються.
Окисно-відновні реакції	– реакції, під час яких змінюються ступені окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин.
Ступінь окиснення	– умовний заряд атома в сполуці, якщо вважати, що вона складається з іонів.

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Виходячи зі ступенів окиснення азоту і марганцю в сполуках: NH_3 , HNO_3 , MnO_2 , $KMnO_4$, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками, а які виявляють як окисні, так і відновні властивості.

Розв’язання. В окисно-відновних реакціях відновник віддає електрони (окислюється), а окисник приєднує електрони (відновлюється).

Атом в найвищому ступені окиснення не може віддавати електрони і тому виявляє тільки окисні властивості, а в найнижчому ступені окиснення не може приймати електрони і тому виявляє тільки відновні властивості.

Ступені окиснення азоту у наведених вище сполуках дорівнюють:

- 3 (найнижчий) у сполуці NH_3 ;
- +3 (проміжний) у сполуці HNO_2 ;
- +5 (найвищий) у сполуці HNO_3 .

Ступені окиснення марганцю дорівнюють:

- +4 (проміжний) у сполуці MnO_2 ;
- +7 (найвищий) у сполуці $KMnO_4$.

Тому NH_3 може бути тільки відновником; HNO_3 і $KMnO_4$ тільки окисниками; HNO_2 і MnO_2 можуть бути як окисниками так і відновниками, залежно від інших реагентів та умов перебігу реакції.

Контрольні запитання та завдання

1. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки

відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Mn, MnO, MnO₂, Mn₂O₇, KMnO₄, K₂MnO₄, Mn(OH)₄, MnCO₃, Mn₂O₃, Na₃MnO₄.

2. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Cr, CrO₃, Cr₂(SO₄)₃, CrCl₂, K₂CrO₄, K₂Cr₂O₇, Cr₂O₃, KCrO₂, Ba₂CrO₄, CrF₅.

3. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: S, H₂S, H₂SO₄, SO₃, NaHSO₃, SO₂, CuS, Na₂S₂O₃, SOCl₂, SCl₂, Na₂S₂, S₂Cl₂.

4. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: P, PH₃, P₂O₅, H₃PO₃, Na₃PO₄, Mg₃P₂, P₂O₃, NaH₂PO₂, POCl, PCl₅.

5. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: N₂, NO, NO₂, NH₃, N₂O, KNO₂, N₂H₄, NH₂OH, N₂O₅, NH₄OH, N₂O₃, Cu(NO₃)₂.

6. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Cl₂, NaCl, KClO, Cl₂O₇, HClO₂, ClO₂, CCl₄, NaClO₃, NaClO₄, ClF₃, Cl₂O₆.

7. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: I₂, NaI, HIO₄, KIO₃, ICl₃, I₂O₅, NaIO, H₅IO₆, IF₇, ICl, K[HgI₄].

8. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Br₂, HBr, NaBrO₃, BrF₃, KBrO₄, Br₂O, KBrO, BrF, BrF₅, K[AlBr₄].

9. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Fe, Fe₂O₃, FeSO₄, Fe(OH)₂, FeO, K₂FeO₄, FeS, Fe(OH)₃, K₄[Fe(CN)₆].

10. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Na₂SiO₃, SiO₂, K₄SiO₄, Si, H₂Si₂O₅, CaSi, Li₃Si, SiCl₄, Mg₂Si, H₂[SiF₆].

11. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Sn, K_2SnO_3 , SnS, $SnCl_4$, SnO_2 , $Sn(NO_3)_2$, $Na_2[Sn(OH)_6]$, Na_2SnO_2 .

12. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: $Pb(OH)_2$, PbO, Pb, PbS, PbH_4 , $Pb(NO_3)_2$, $H_2[PbCl_4]$, $PbSO_4$, PbO_2 , $CaPbO_3$.

13. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: BiH_3 , $Bi(NO_3)_3$, Bi_2O_5 , $Bi(OH)_3$, $NaBiO_3$, Bi, Bi_2O_3 , Bi_2S_3 , $K_3[BiF_6]$, BiF_5 , Mg_3Bi_2 .

14. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: C, CO, CO_2 , $CaCO_3$, $NaHCO_3$, Al_4C_3 , CH_4 , $COCl_2$, KCN.

15. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Se, H_2Se , $BaSeO_4$, SeO_2 , Na_2Se , H_2SeO_4 , SeO_3 , SeF_6 , Na_2SeO_3 , $SeOCl_2$.

16. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Te, TeO_3 , TeO_2 , TeF_4 , H_6TeO_6 , Na_2TeO_3 , H_2Te , $TeCl_2$.

17. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: As, As_2O_3 , H_3AsO_4 , Ca_3As_2 , $AsCl_3$, As_2O_5 , $HASO_2$, As_2S_3 , AsF_5 .

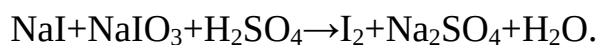
18. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Sb, $Sb(OH)_3$, Mg_3Sb , Sb_2O_3 , $HSbO_3$, nH_2O , Sb_2O_5 , $Na_3[Sb(OH)_6]$, $SbCl_3$.

19. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: V, V_2O_5 , K_3VO_4 , VF_5 , VCl_4 , VBr_3 , $VOCl_2$, V_2S_3 , $NaVO_3$, VO_2 , VO, V_2O_5 , VCl_2 .

20. Виходячи зі ступеня окиснення елемента, що є однаковим для цих сполук, визначити, які з них можуть бути тільки окисниками, тільки

відновниками та які можуть виявляти окисно-відновну двоїстість: Ti , TiO_2 , TiCl_3 , TiO , Na_2TiO_3 , Ba_2TiO_4 , $\text{Ti}(\text{OH})_2$, Ti_2O_3 , TiOCl_2 .

21. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



22. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



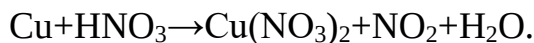
23. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



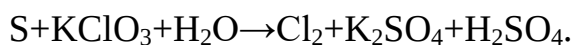
24. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



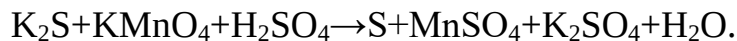
25. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



26. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



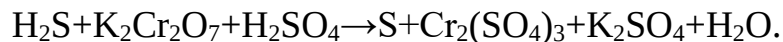
27. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



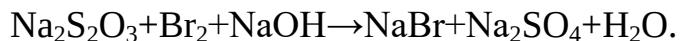
28. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



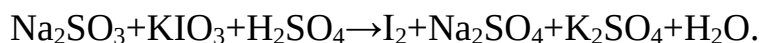
29. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



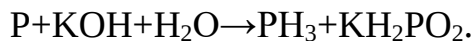
30. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою



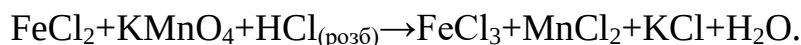
31. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



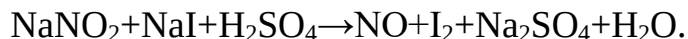
32. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



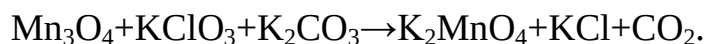
33. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



34. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



35. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



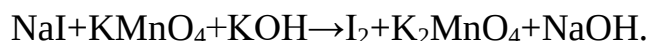
36. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



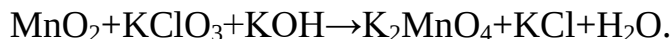
37. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



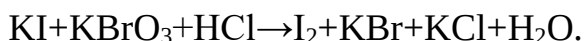
38. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



39. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



40. Методом електронного балансу визначити коефіцієнти окисно-відновної реакції, що відбувається за схемою:



ЗАВДАННЯ 6 ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ. СТУПІНЬ ТА КОНСТАНТА ДИСОЦІАЦІЇ

Теоретична частина

Електроліти

— речовини, які в розчинах та розплавах розпадаються на іони, внаслідок чого їхні розчини та розплави проводять електричний струм.

Електролітична дисоціація (або іонізація)

— процес розщеплення молекул електролітів на іони в середовищі полярних розчинників.

Ступінь електролітичної дисоціації (α)	– відношення числа молекул, які розщепилися на іони ($N_{\text{дис}}$), до загального числа розчинених молекул (N): $a = \frac{N_{\text{дис}}}{N} \text{ або } \alpha = \frac{C_{\text{дис}}}{C_{\text{заг}}}.$
Сильні електроліти	– електроліти, які у розчинах практично повністю дисоціюють на іони; для них $\alpha \gg 30\%$.
Слабкі електроліти	– електроліти, які під час розчинення у воді лише частково дисоціюють на іони, а основна кількість їхніх молекул перебуває в розчині в недисоційованому стані; для них $\alpha \ll 3\%$.
Кислоти	– електроліти, що дисоціюють з відщепленням іонів H^+ .
Основи	– електроліти, що дисоціюють з відщепленням іонів OH^- .
Амфотерні електроліти	– електроліти, які дисоціюють і як кислоти, і як основи.
Константа дисоціації $K_{\text{дис}}$	– константа рівноваги для оборотного процесу дисоціації слабого електроліту $KA \leftrightarrow K^+ + A^-; \quad K_{\text{дис}} = \frac{[K^+] \cdot [A^-]}{[KA]},$ де $[K^+]$, $[A^-]$, $[KA]$ - рівноважні концентрації іонів та недисоційованих молекул слабого електроліту.
Закон розведення Оствальда	– при розведенні розчинів слабких електролітів ступінь дисоціації збільшується: $K_{\text{дис}} = Ca^2 \text{ або } a = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C}}$
Ізотонічний коефіцієнт i	– величина, що показує у скільки разів загальне число частинок розчиненого електроліту ($C_{\text{част}}$) більше, ніж його вихідна концентрація ($C_{\text{вих}}$): $i = \frac{C_{\text{част}}}{C_{\text{вих}}}.$
Визначення величини ізотонічного коефіцієнта за властивостями розчину електроліту	$- i = \frac{\Delta P^{\text{ек}}}{\Delta P^T} = \frac{\Delta T_{\text{кип}}^{\text{ек}}}{\Delta T_{\text{кип}}^T} = \frac{\Delta T_{\text{кр}}^{\text{ек}}}{\Delta T_{\text{кр}}^T} = \frac{P_{\text{осм}}^{\text{ек}}}{P_{\text{осм}}^T}$

**Зв'язок ступеня
дисоціації α
з ізотонічним
коефіцієнтом i**

$$- \quad \alpha = \frac{i-1}{n-1}.$$

Приклади виконання завдань

Приклад 1. *Зв'язок між ступенем i константою дисоціації електроліту. Закон розведення Оствальда.*

Визначити ступінь дисоціації карбонатної кислоти в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації кислоти за першим ступенем дорівнює $4,5 \times 10^{-7}$.

Розв'язання. Константа дисоціації i ступінь дисоціації слабого електроліту зв'язані між собою співвідношенням (закон розведення Оствальда):

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha},$$

де $K_{\text{дис}}$ – константа дисоціації;

C – концентрація електроліту, моль/л.

Для розчинів слабких електролітів, які дуже малою мірою дисоціюють на іони, ступінь електролітичної дисоціації набагато менший одиниці ($\alpha \ll 1$). Тому рівняння розведення Оствальда можна спростити (оскільки за таких умов $1 - \alpha \approx 1$):

$$K_{\text{дис}} = \alpha^2 C,$$

звідки

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C}}.$$

Карбонатна кислота дуже слабка, тому для обчислення ступеня дисоціації скористаємось спрощеним виразом закону розведення Оствальда

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C}} = \sqrt{\frac{4,5 \cdot 10^{-7}}{0,1}} = \sqrt{4,5 \cdot 10^{-6}} = 2,1 \cdot 10^{-3} = 0,21\%.$$

Відповідь: ступінь дисоціації карбонатної кислоти дорівнює $2,1 \times 10^{-3}$ або 0,21 %.

Приклад 2. Розрахунок ізотонічного коефіцієнта за вмістом частинок розчиненого електроліту.

Визначити ізотонічний коефіцієнт 0,5 М розчину HCl, якщо в 1 л його міститься $5,65 \times 10^{23}$ частинок електроліту.

Розв'язання. За визначенням ізотонічний коефіцієнт показує, у скільки разів число частинок у розчині електроліту перебільшує число частинок без урахування дисоціації. Тобто

$$i = \frac{n_{\text{част}}}{n_{\text{вих}}},$$

де $n_{\text{част}}$ – число молекул і іонів у розчині електроліту;

$n_{\text{вих}}$ – число молекул електроліту, взятих для приготування розчину.

Для розрахунку ізотонічного коефіцієнту необхідно визначити число молекул у 1 л 0,5 молярного розчину. Скориставшись числом Авогадро $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, знаходимо

$$n_{\text{вих}} = N_A \cdot \nu_{\text{HCl}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,5 \text{ моль} = 3,01 \cdot 10^{23}.$$

Отже $i = \frac{5,65 \cdot 10^{23}}{3,01 \cdot 10^{23}} = 1,88.$

Приклад 3. Розрахунок ступеня дисоціації електроліту за величиною ізотонічного коефіцієнта.

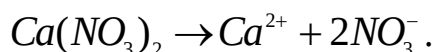
За деякої температури ізотонічний коефіцієнт 0,2 молярного розчину кальцій нітрату дорівнює 2,48. Розрахувати уявний ступінь дисоціації цього електроліту.

Розв'язання. Ступінь дисоціації і ізотонічний коефіцієнт електроліту пов'язані між собою співвідношенням

$$\alpha = \frac{i - 1}{n - 1},$$

де n – число іонів, що утворюються при дисоціації молекули електроліту.

При дисоціації $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ утворюється 3 іона:



Уявний ступінь дисоціації цього електроліту дорівнює

$$\alpha = \frac{2,48 - 1}{3 - 1} = \frac{1,48}{2} = 0,74 \text{ або } 74 \, \%.$$

Приклад 4. Визначення уявного ступеня дисоціації сильного електроліту на підставі температури замерзання розчину.

Визначити уявний ступінь дисоціації ZnCl_2 , виходячи з того, що розчин 0,85 г ZnCl_2 в 125 г води замерзає при $-0,23^\circ\text{C}$.

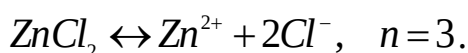
Розв'язання. Уявний ступінь дисоціації пов'язаний з ізотонічним коефіцієнтом i співвідношенням:

$$\alpha = \frac{i - 1}{n - 1},$$

де α – уявний ступінь дисоціації електроліту;

i – ізотонічний коефіцієнт;

n – кількість іонів, на які дисоціює молекула електроліту. У нашому випадку



Ізотонічний коефіцієнт i , виходячи з умов задачі, може бути розрахований як відношення $\Delta T_{\text{кр}}^{\text{ек}}$ (кристалізації), знайдене дослідним шляхом, до тієї самої величини, обчисленої без урахування дисоціації електроліту ($\Delta T_{\text{кр}}^T$):

$$i = \frac{\Delta T_{\text{кр}}^{\text{ек}}}{\Delta T_{\text{кр}}^T}.$$

Знаходимо експериментальне зниження температури замерзання (кристалізації) розчину:

$$\Delta T_{\text{кр}}^{\text{ек}} = T_{\text{кр. H}_2\text{O}} - T_{\text{кр. р-ну}},$$

де $T_{\text{кр. H}_2\text{O}}$ – температура замерзання чистої води, $^\circ\text{C}$ або K ;

$T_{\text{кр р-ну}}$ – температура кристалізації розчину, $^\circ\text{C}$, або K .

$$\Delta T_{\text{кр}}^{\text{ек}} = 0^\circ\text{C} - (-0,23^\circ\text{C}) = 0,23^\circ\text{C}.$$

За законом Рауля зниження температури замерзання розчину відносно чистого розчинника визначається рівнянням:

$$\Delta T_{\text{кр}} = K \cdot C_m, \quad \text{або} \quad \Delta T_{\text{кр}} = K \cdot \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot m_{\text{р-ка}}},$$

де $\Delta T_{\text{кр}}$ – зниження температури замерзання розчину, °C, або K;

K – кріоскопічна стала розчинника (для води $K = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{кг/моль}$);

$m_{\text{реч}}$ – маса розчиненої речовини, г;

$m_{\text{р-ка}}$ – маса розчинника, кг;

M – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

$$M_{\text{ZnCl}_2} = 136,4 \text{ г/моль},$$

$$\Delta T_{\text{кр}} = 1,86 \cdot \frac{0,85}{136,4 \cdot 0,125} = 0,093 (^\circ\text{C}),$$

$$i = \frac{0,23}{0,093} = 2,47,$$

$$\alpha = \frac{2,47 - 1}{3 - 1} = 0,735 \quad \text{або} \quad 73,5\%.$$

Приклад 5. Розрахунок ступеня дисоціації електроліта за осмотичним тиском його розчину.

Розрахувати уявний ступінь електролітичної дисоціації LiCl в 0,1 молярному розчині, якщо його осмотичний тиск при 0 °C дорівнює $4,31 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Розв'язання Ступінь дисоціації та ізотонічний коефіцієнт пов'язані між собою співвідношенням

$$\alpha = \frac{i - 1}{n - 1},$$

де n – число іонів, що утворюються при дисоціації молекули електроліту.

Величину ізотонічного коефіцієнта визначаємо за осмотичним тиском експериментальним і розрахованим за законом Вант-Гоффа

$$i = \frac{P_{осм}^{ек}}{C_M RT},$$

де C_M – молярна концентрація розчину, моль/л;

R – універсальна газова стала;

T – температура, К.

Отже,
$$i = \frac{4,31 \cdot 10^5 \text{ Па}}{0,1 \text{ моль/л} \cdot 8,31 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 273 \text{ К}} = 1,9.$$

Уявний ступінь дисоціації LiCl в 0,1 М розчині дорівнює:

$$\alpha = \frac{1,9-1}{2-1} = 0,9 \quad \text{або} \quad 90\%$$

Приклад 6. Розрахунок ізотонічного коефіцієнта і ступеня дисоціації електроліту за величиною тиску пари розчинника над розчином

Тиск водяної пари над розчином 33,3 г CaCl₂ в 45 г води при 90 °С становить 56 690 Па. Чому дорівнює ізотонічний коефіцієнт і уявний ступінь дисоціації солі, якщо тиск водяної пари за тієї самої температури становить 70 101 Па?

Розв’язання. Перший закон Рауля для електролітів виражається рівнянням:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = i \frac{v_A}{v_A + v_B},$$

де P_0 – тиск насиченої пари над розчинником, Па;

P – тиск насиченої пари розчинника над розчином, Па;

v_A і v_B – кількість молів розчиненої речовини і розчинника відповідно, моль.

Звідси ізотонічний коефіцієнт дорівнює

$$i = \frac{(P_0 - P)(v_{CaCl_2} + v_{H_2O})}{P_0 v_{CaCl_2}}.$$

Знаходимо v_{CaCl_2} і v_{H_2O} за формулою

$$v = \frac{m}{M}.$$

Оскільки $M_{CaCl_2} = 40 + 35,5 \cdot 2 = 111 \left(\frac{г}{моль} \right)$, $M_{H_2O} = 1 \cdot 2 + 16 = 18 \left(\frac{г}{моль} \right)$,

$$\text{то } v_{CaCl_2} = \frac{33,3г}{111г \cdot моль^{-1}} = 0,3 моль, \quad v_{H_2O} = \frac{45г}{18г \cdot моль^{-1}} = 2,5 моль.$$

Розраховуємо ізотонічний коефіцієнт:

$$i = \frac{(70101 - 56690)(0,3 + 2,5)}{70101 \cdot 0,3} = 1,78.$$

Уявний ступінь дисоціації дорівнює $\alpha = \frac{i-1}{n-1}$,

де n – число іонів, що утворюються при дисоціації молекули електроліту.

Для $CaCl_2$ $n = 3$,

$$\alpha = \frac{1,78 - 1}{3 - 1} = \frac{0,78}{2} = 0,39, \text{ або } 39\%.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Визначити ступінь дисоціації сульфідної кислоти в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації за першим ступенем дорівнює $1,1 \times 10^{-7}$.
2. Визначити ступінь дисоціації ацетатної кислоти в 1 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $1,75 \times 10^{-5}$.
3. Визначити константу дисоціації ацетатної кислоти в 0,1 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 1,34 %.
4. Визначити ступінь дисоціації купрум(II) гідроксиду в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $3,4 \times 10^{-7}$.
5. Визначити константу дисоціації алюміній гідроксиду в 0,1 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 1,33 %.
6. Знайти константу дисоціації сульфідної кислоти в 0,1 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 0,105 %.

7. Розрахувати ступінь дисоціації купрум(II) гідроксиду в 0,01 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $3,4 \times 10^{-7}$.
8. Знайти константу дисоціації нітритної кислоти в 0,01 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 0,22.
9. Розрахувати ступінь дисоціації сульфідної кислоти в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $1,1 \times 10^{-7}$.
10. Розрахувати ступінь дисоціації нітритної кислоти в 0,01 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $5,1 \times 10^{-4}$.
10. Знайти константу дисоціації ацетатної кислоти в 0,01 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 4,25 %.
11. Знайти константу дисоціації ацетатної кислоти в 1 М розчині, якщо ступінь дисоціації дорівнює 0,42.
12. Визначити ступінь дисоціації фторидної кислоти в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $7,4 \times 10^{-4}$.
13. Визначити ступінь дисоціації мурашиної кислоти НСООН в 0,1 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $1,8 \times 10^{-4}$.
14. Визначити ступінь дисоціації ціанідної кислоти в 0,05 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $7,9 \times 10^{-10}$.
15. Визначити ступінь дисоціації хлорноватистої кислоти НСіО в 0,001 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює $5,0 \times 10^{-8}$.
16. Визначити ступінь дисоціації нітритної кислоти в 0,02 М розчині, якщо константа дисоціації дорівнює 4×10^{-4} .
17. Знайти константу дисоціації мурашиної кислоти в 0,2 М розчині, якщо ступінь дисоціації НСООН дорівнює 3,2 %.
18. Знайти константу дисоціації НСіО в 0,1 М розчині, якщо ступінь дисоціації кислоти дорівнює 0,07 %.
19. Знайти константу дисоціації карбонатної кислоти в 0,15 М розчині, якщо ступінь дисоціації $\text{H}_2\text{СО}_3$ дорівнює 0,173 %.
20. Визначити ізотонічний коефіцієнт розчину ацетатної кислоти і ступінь її дисоціації, якщо в 1 л 0,01 М розчину міститься $6,26 \times 10^{21}$ молекул і іонів цієї кислоти.
23. Визначити уявний ступінь дисоціації HNO_3 , якщо розчин 0,25 моль HNO_3 в 2,5 л води замерзає при $-0,35^\circ\text{C}$.
24. Осмотичний тиск 0,05 молярного розчину калій карбонату при 0°C дорівнює 136,3 кПа. Визначити уявний ступінь дисоціації $\text{K}_2\text{СО}_3$ в розчині.
25. Розчин KNO_3 з відсотковою концентрацією 8,43 % закипає при $100,8^\circ\text{C}$. Ебуліоскопічна стала води $E = 0,52^\circ\text{C} \cdot \text{кг/моль}$. Обчислити уявний ступінь дисоціації KNO_3 в розчині.

26. При 100 °С тиск пари над розчином, що містить 0,05 моль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в 450 г води, дорівнює 100,78 кПа. Визначити уявний ступінь дисоціації $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Відповідь: 80 %.

27. Розчин 0,53 г Na_2CO_3 в 200 г води замерзає при -0,13 °С. Визначити уявний ступінь дисоціації солі.

28. Ізотонічний коефіцієнт 1 молярного розчину HNO_3 дорівнює 1,03. Скільки розчинених частинок міститься в 10^{-3} л цього розчину.

29. Визначити ізотонічний коефіцієнт розчину, який замерзає при -0,519 °С і складається з 2,1 г KOH і 250 г води.

30. Розрахувати відносне зниження тиску водяної пари при деякій температурі над розчином, що складається з 7,1 г Na_2SO_4 і 500 г води. Уявний ступінь дисоціації Na_2SO_4 в цьому розчині дорівнює 75 %.

ЗАВДАННЯ 7 ІОННИЙ ДОБУТОК ВОДИ. ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК

Теоретична частина

Іонний добуток води – добуток рівноважних концентрацій іонів H^+ і OH^- . $K_{\text{в}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ При $t = 25$ °С $K_{\text{в}} = 10^{-14}$.

Водневий показник рН – від’ємний десятковий логарифм молярної концентрації іонів H^+ в розчині

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Гідроксидний показник рОН – від’ємний десятковий логарифм молярної концентрації іонів OH^-

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

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

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Визначення рН і рОН розчину сильного електроліту

Обчислити рН і рОН розчину, 100 мл якого містять 0,4 г натрій гідроксиду.

Розв’язання. Водневий показник рН розраховують за формулою $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$, тобто необхідно знати концентрацію іонів H^+ , тоді як рівняння

дисоціації натрій гідроксиду показує, що розчин $NaOH$ – лужний (наявність іонів OH^-).



Із рівняння дисоціації видно, що з 1 моль $NaOH$ утворюється 1 моль іонів OH^- . Оскільки $NaOH$ сильний електроліт, то концентрація гідроксид-іонів у ньому дорівнює молярній концентрації $NaOH$.

$$C_M = \frac{\nu}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{0,4}{40 \cdot 0,1} = 0,1 \text{ (моль/л)}$$

Отже, концентрація іонів OH^- у 0,1 М розчині $NaOH$ дорівнює:

$$[OH^-] = 10^{-1} \text{ моль/л}. \text{ Тоді } pOH = -\lg 10^{-1} = 1.$$

Відомо, що $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$. Звідси знаходимо концентрацію іонів H^+

$$[H^+] = \frac{[H^+][OH^-]}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}$$

Водневий показник розчину $NaOH$ дорівнює:

$$pH = -\lg [H^+] = -\lg 10^{-13} = 13.$$

Водневий показник можна розрахувати також через співвідношення $pH + pOH = 14$. Звідси $pH = 14 - pOH = 14 - 1 = 13$.

Приклад 2. Визначення рН і рОН розчину слабого електроліту.

Визначити рН і рОН розчину, в 2 л якого міститься 0,12 г ацетатної кислоти, константа дисоціації якої дорівнює $1,75 \times 10^{-5}$ (довідкова величина).

Розв’язання. Кислотність цього розчину обумовлена дисоціацією кислоти



Водневий показник рН розраховують за формулою $pH = -\lg[H^+]$, тобто необхідно знати концентрацію іонів H^+ . Концентрація іонів у розчині електроліту залежить від молярної концентрації C_M , ступеня дисоціації електроліту α і числа іонів n цього виду, що утворюються під час дисоціації електроліту, тобто

$$C_{\text{іон}} = C_M \cdot \alpha \cdot n.$$

Для визначення концентрації іонів H^+ в розчині CH_3COOH спочатку знаходимо молярну концентрацію розчину за формулою $C_M = \frac{v}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$, а потім ступінь дисоціації кислоти α , використавши співвідношення між константою і ступенем дисоціації слабкого електроліту

$$\alpha = \sqrt{K_{\text{дис}} / C_M}.$$

Із рівняння дисоціації кислоти видно, що з 1 моль CH_3COOH утворюється 1 моль йонів H^+ , тобто $n = 1$, тому концентрація йонів H^+ в розчинах одноосновних кислот розраховується за формулою:

$$[H^+] = C_M \cdot \alpha = C_M \cdot \sqrt{K_{\text{дис}} / C_M} = \sqrt{K_{\text{дис}} \cdot C_M}$$

$$C_M = \frac{0,12}{60 \cdot 2} = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}$$

$$\text{Отже, } [H^+] = \sqrt{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-3}} = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}$$

Звідси водневий показник розчину CH_3COOH дорівнює:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 1,32 \cdot 10^{-4} = -(\lg 1,32 + \lg 10^{-4}) = -(0,12 - 4) = -(-3,88) = 3,88.$$

$$\text{Гідроксидний показник } pOH = 14 - pH = 14 - 3,88 = 10,12.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Визначити pH розчину, в 200 мл якого міститься 0,054 г ціанідної кислоти. Константа дисоціації $K_{\text{дис}} = 6,2 \times 10^{-10}$.
2. Чому дорівнює pOH розчину, в 500 мл якого міститься 6,3 г нітратної кислоти. Дисоціацію кислоти вважати повною.
3. Обчислити pH і pOH розчину, в 400 мл якого міститься 2,4 г ацетатної кислоти. Константа дисоціації $K_{\text{дис}} = 1,75 \times 10^{-5}$.
4. Визначити pH розчину, в 1 л якого міститься 0,1 г NaOH ($\alpha = 1$).
5. Обчислити pOH розчину в 500 мл якого міститься 0,34 г сульфідної кислоти, враховуючи дисоціацію за першим ступенем ($K_1 = 1,1 \times 10^{-7}$).
6. Визначити pH розчину, в 200 мл якого міститься 0,35 г амоній гідроксиду з константою дисоціації $K_{\text{дис}} = 1,77 \times 10^{-5}$.
7. Визначити pOH розчину, у 500 мл якого міститься 3,1 г карбонатної кислоти, враховуючи дисоціацію за першим ступенем ($K_{\text{дис}1} = 4,45 \times 10^{-7}$).

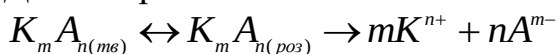
8. Обчислити рН розчину, у 250 мл якого міститься 5,6 г калій гідроксиду ($\alpha = 1$).
9. Визначити рОН розчину, у 250 мл якого міститься 2,84 г нітратної кислоти, вважаючи дисоціацію кислоти повною.
10. Визначити рОН розчину, у 400 мл якого міститься 0,73 г хлоридної кислоти, вважаючи дисоціацію кислоти повною.
11. Визначити рН розчину, у 200 мл якого міститься 0,04 г натрій гідроксиду ($\alpha = 1$).
12. Обчислити рОН розчину, у 250 мл якого міститься 0,94 г нітритної кислоти, константа дисоціації якої $K_{\text{дис}} = 5,1 \times 10^{-4}$.
13. Визначити рОН розчину, у 400 мл якого міститься 0,48 г ацетатної кислоти, якщо константа дисоціації $K_{\text{дис}} = 1,75 \times 10^{-5}$.
14. Визначити рН розчину, у 2 л якого міститься 11,2 г калій гідроксиду ($\alpha = 1$).
15. Обчислити рОН розчину, у 500 мл якого міститься 0,47 г нітритної кислоти, константа дисоціації якої $K_{\text{дис}} = 5,1 \times 10^{-4}$.
16. Визначити рН розчину, у 400 мл якого міститься 0,7 г амоній гідроксиду, константа дисоціації якого $K_{\text{дис}} = 1,77 \times 10^{-5}$.
17. Визначити рОН розчину, у 500 мл якого міститься 0,98 г сульфатної кислоти, вважаючи дисоціацію кислоти повною.
18. Визначити рН розчину, у 250 мл якого міститься 0,07 г калій гідроксиду ($\alpha = 1$).
19. Визначити рОН розчину, у 200 мл якого міститься 1,02 г хлоридної кислоти ($\alpha = 1$).
20. Визначити рОН розчину, у 400 мл якого міститься 11,4 г нітритної кислоти, константа дисоціації якої $K_{\text{дис}} = 5,1 \times 10^{-4}$.

ЗАВДАННЯ 8 ІОННА РІВНОВАГА В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ. ДОБУТОК РОЗЧИННОСТІ

Теоретична частина

Добуток розчинності — добуток рівноважних концентрацій іонів важкорозчинного електроліту, взятих у степенях, що дорівнюють стехіометричним коефіцієнтам у рівнянні дисоціації.

Для гетерогенної системи



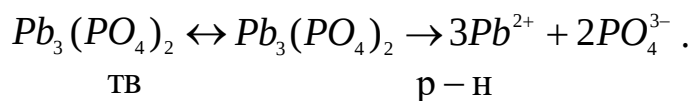
$$DP_{K_m A_n} = [K^{n+}]^m \cdot [A^{m-}]^n$$

Приклади виконання завдань

Приклад 1. *Визначення добутку розчинності важкорозчинного електроліту.*

Насичений розчин $Pb_3(PO_4)_2$ містить $1,5 \times 10^{-9}$ моль/л розчиненої солі. Розрахувати добуток розчинності плюмбум(ІІ) фосфату.

Розв'язання. У насиченому розчині важкорозчинного сильного електроліту встановлюється рівновага між твердою фазою та електролітом, що міститься в розчині:



Оскільки електроліт важкорозчинний, його насичений розчин є дуже розбавленим і електроліт у розчині практично повністю дисоціює на іони. Як видно з рівняння гетерогенної рівноваги, концентрація Pb^{2+} втричі більша за розчинність солі, а концентрація PO_4^{3-} вдвічі більша за розчинність.

Таким чином $[Pb^{2+}] = 3 \times 1,5 \times 10^{-9}$ моль/л, $[PO_4^{3-}] = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-9}$ моль/л.

Добуток розчинності розраховується за формулою:

$$DP_{Pb_3(PO_4)_2} = [Pb^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2.$$

$$\text{Отже } DP_{Pb_3(PO_4)_2} = (4,5 \cdot 10^{-9})^3 \cdot (3,0 \cdot 10^{-9})^2 = 8,2 \cdot 10^{-43}.$$

Приклад 2. *Визначення концентрації іонів малорозчинного електроліту в його насиченому розчині.*

Добуток розчинності $CaSO_4$ при 20 °С дорівнює $6,1 \times 10^{-5}$. Визначити концентрацію іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} в насиченому розчині і розчинність солі (в моль/л і в г/л) за певної температури.

Розв'язання. У насиченому розчині важкорозчинного електроліту існує рівновага між твердою фазою та електролітом, що міститься в розчині:



через S (моль/л). Під час дисоціації $CaSO_4$ утворюється S моль/л іонів Ca^{2+} і S моль/л іонів SO_4^{2-} .

Оскільки величина добутку розчинності CaSO_4 дорівнює:

$$DP_{\text{CaSO}_4} = C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{SO}_4^{2-}} = S \cdot S = S^2,$$

то концентрації іонів і розчинність CaSO_4 становлять:

$$S = \sqrt{DP} = \sqrt{6,1 \cdot 10^{-5}} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}.$$

Для переходу до розмірності розчинності солі у г/л потрібно розрахувати молярну масу CaSO_4 :

$$M_{\text{CaSO}_4} = 40 + 32 + 16 \cdot 4 = 136 \text{ (г/моль)}.$$

Тоді розчинність (г/л) становить:

$$S_{\text{CaSO}_4} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot 136 \text{ г/моль} = 1,06 \text{ г/л}.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Розчинність CaCO_3 за температури 35°C дорівнює $6,9 \times 10^{-5}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності цієї солі.
2. Розрахувати добуток розчинності PbBr_2 при 25°C , якщо розчинність солі за цієї температури дорівнює $1,32 \times 10^{-3}$ моль/л.
3. Розрахувати концентрацію іонів Pb^{2+} і J^- насиченого розчину, якщо добуток розчинності PbJ_2 при 20°C дорівнює 8×10^{-9} .
4. Розрахувати концентрацію іонів Pb^{2+} і Cl^- насиченого розчину, якщо добуток розчинності PbCl_2 при 25°C дорівнює $2,12 \times 10^{-5}$.
5. Розрахувати добуток розчинності PbSO_4 при 20°C , якщо розчинність солі за цієї температури дорівнює $1,4 \times 10^{-4}$ моль/л.
6. Добуток розчинності Ag_2SO_4 при 25°C дорівнює 2×10^{-5} . Розрахувати розчинність солі за цієї температури.
7. Розрахувати добуток розчинності BaCO_3 при 25°C , якщо розчинність солі за цієї температури дорівнює $1,5 \times 10^{-4}$ моль/л.
8. Розрахувати концентрацію іонів Ca^{2+} і F^- насиченого розчину, якщо добуток розчинності солі CaF_2 при 25°C дорівнює 4×10^{-11} .
9. Розчинність BaCO_3 при 18°C дорівнює $1,6 \times 10^{-4}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності за цієї температури.
10. Добуток розчинності солі PbCl_2 при 25°C дорівнює 2×10^{-5} . Розрахувати розчинність солі за цієї температури.

11. Розрахувати добуток розчинності цинк гідроксиду при 25 °С, якщо розчинність за цієї температури дорівнює $1,9 \times 10^{-4}$ моль/л.
12. Добуток розчинності SrSO_4 при 25 °С дорівнює $3,2 \times 10^{-7}$. Визначити розчинність солі за цієї температури.
13. Розрахувати концентрацію іонів Ag^+ і SO_4^{2-} насиченого розчину, якщо добуток розчинності солі Ag_2SO_4 при 18 °С дорівнює $6,2 \times 10^{-9}$.
14. Розчинність солі PbJ_2 при 17 °С дорівнює $1,6 \times 10^{-4}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності за цієї температури.
15. Розчинність магній гідроксиду при 20 °С дорівнює $1,4 \times 10^{-3}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності $\text{Mg}(\text{OH})_2$ за цієї температури.
16. Розчинність $\text{Ni}(\text{OH})_2$ при 18 °С дорівнює $1,3 \times 10^{-4}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності $\text{Ni}(\text{OH})_2$ за цієї температури.
17. Розчинність $\text{Pb}(\text{OH})_2$ при 25 °С дорівнює $1,8 \times 10^{-5}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності $\text{Pb}(\text{OH})_2$ за цієї температури.
- 18.. Розчинність $\text{Fe}(\text{OH})_2$ при 30 °С дорівнює $1,9 \times 10^{-5}$ моль/л. Розрахувати добуток розчинності за цієї температури.
19. Розрахувати концентрації іонів Ni^{2+} і OH^- насиченого розчину, якщо добуток розчинності $\text{Ni}(\text{OH})_2$ при 25 °С дорівнює $1,6 \times 10^{-14}$.
20. Розрахувати концентрації іонів Pb^{2+} і OH^- насиченого розчину, якщо добуток розчинності $\text{Pb}(\text{OH})_2$ за деякої температури дорівнює $1,0 \times 10^{-15}$.

ЗАВДАННЯ 9 РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Теоретична частина

Іонно-молекулярні рівняння – рівняння реакцій, у яких сильні розчинні електроліти записують у вигляді іонів, а слабкі розчинні електроліти, важкорозчинні та газоподібні речовини – у молекулярній формі.

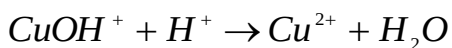
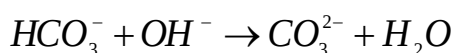
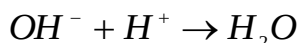
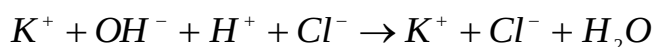
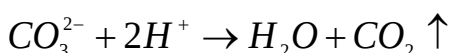
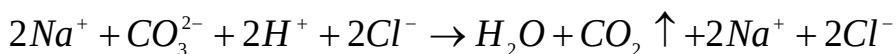
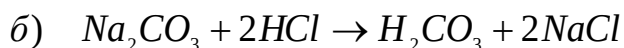
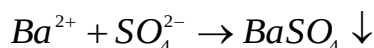
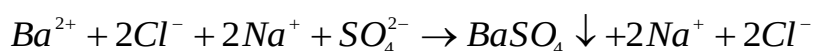
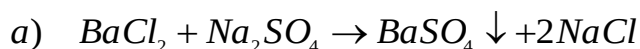
Приклади виконання завдань

Приклад 1. Складання молекулярно-іонних рівнянь реакцій обміну між сильними електролітами.

Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між такими речовинами:

а) BaCl_2 та Na_2SO_4 ; б) Na_2CO_3 та HCl ; в) KOH та HCl ; г) NaHCO_3 та NaOH ; д) CuOH^+ та HCl .

Відповідь: реакції обміну між електролітами є практично необоротними і відбуваються до кінця лише у випадку утворення слабких електролітів, важкорозчинних або летких сполук. При складанні молекулярно-іонних рівнянь потрібно пам'ятати, що сильні розчинні електроліти записують у вигляді іонів, на які вони дисоціюють, а малорозчинні і газоподібні речовини, а також слабкі електроліти – у вигляді молекул. Виходячи з цього, реакції взаємодії між названими речовинами в молекулярно-іонному вигляді запишуться у такий спосіб:

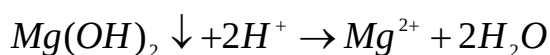
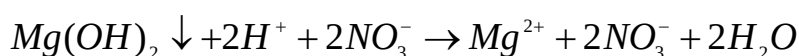
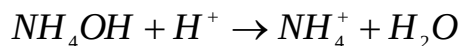
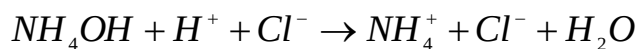


Приклад 2. Складання молекулярно-іонних рівнянь реакцій обміну у випадку, коли серед вихідних речовин є слабкодисоційовані або важкорозчинні речовини.

Скласти молекулярні, повні іонні і скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) амоній гідроксидом і хлоридною кислотою; б) цинк гідроксидом і натрій гідроксидом; в) магній гідроксидом і нітратною кислотою.

Відповідь: якщо вихідними речовинами реакції є малорозчинні речовини, або слабкі електроліти, то крім реакцій зв'язування тих чи інших іонів

відбуваються реакції поступової дисоціації слабкого електроліту або переходу іонів малорозчинної сполуки в розчин.

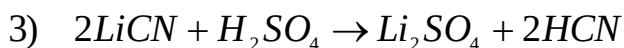
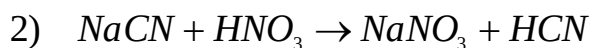
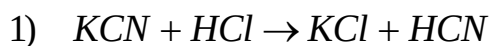


Приклад 3. Складання молекулярних рівнянь реакцій до скорочених іонних рівнянь.

Скласти три різних молекулярних рівняння реакцій, які відповідають скороченому іонному рівнянню – $CN^- + H^+ \rightarrow HCN$.

Відповідь. В лівій частині скороченого іонного рівняння вказані вільні іони CN^- і H^+ . Ці іони утворюються при дисоціації будь-яких розчинних сильних електролітів. Іони CN^- можуть утворюватись при дисоціації таких солей, як наприклад, KCN, NaCN, LiCN, а іони H^+ при дисоціації будь-яких сильних кислот.

Молекулярні рівняння, яким відповідає наведене іонне рівняння, можуть бути, наприклад, наступні:

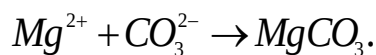


Приклади виконання завдань

1. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $NaHSO_4$ та $NaOH$; б) $AlOHCl_2$ та HCl ; в) $BaCl_2$ та Na_2SO_4 .

2. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $Fe_2(SO_4)_3$ та $NaOH$; б) $KHCO_3$ та KOH ; в) $Ba(NO_3)_2$ та H_2SO_4 .

3. Скласти три різних рівняння в молекулярній формі, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі:

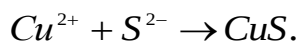


4. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $Ba(NO_3)_2$ та H_2SO_4 ; б) $FeOH(NO_3)_2$ та HNO_3 ; в) $Ca(HSO_4)_2$ та $Ca(OH)_2$.

5.. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $BaCO_3$ та HNO_3 ; б) $Fe_2(SO_4)_3$ та KOH ; в) $CuCl_2$ та $Ca(OH)_2$.

6. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) K_2S та HNO_3 ; б) Na_2CO_3 та H_2SO_4 ; в) $Al(OH)_3$ та $NaOH$.

7. Скласти три молекулярних рівняння, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі



8. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $Al_2(SO_4)_3$ та $Ba(OH)_2$; б) HNO_2 та $NaOH$; в) $Zn(OH)_2$ та HCl .

9. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $Ba(NO_3)_2$ та $FeSO_4$; б) $KHCO_3$ та KOH ; в) NH_4OH та HNO_3 .

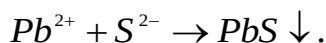
10. Які з речовин $AlOHHSO_4$, $NiSO_4$, Na_2S взаємодіють з розчином сульфатної кислоти? Скласти молекулярні та іонні рівняння цих реакцій.

11. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) FeS та HCl ; б) $Ba(NO_3)_2$ та K_2SO_4 ; в) NH_4Cl та $Ba(OH)_2$.

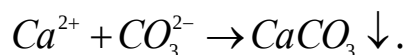
12. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $CaCl_2$ та Na_2CO_3 ; б) $Ca(HCO_3)_2$ та $Ca(OH)_2$; в) $Ba(NO_3)_2$ та H_2SO_4 .

13. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $Cr_2(SO_4)_3$ та $Ba(NO_3)_2$; б) $Fe(OH)_2Cl$ та HCl ; в) $Ni(OH)_2$ та HCl .

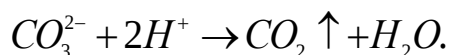
15. Скласти три різних рівняння в молекулярній формі, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі



16. Скласти три різних рівняння в молекулярній формі, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі



17. Скласти три різних рівняння в молекулярній формі, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі



18. Скласти молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння реакцій взаємодії між: а) $FeOHNO_3$ та HNO_3 ; б) Na_2HPO_4 та $NaOH$; в) CH_3COOH та $Ba(OH)_2$.

19. Змішують попарно розчини: а) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ та Na_2SO_4 ; б) BaCl_2 та K_2SO_4 ; в) KNO_3 та NaCl ; г) Ag_2SO_4 та KCl . В яких з наведених випадків реакції практично відбуватимуться до кінця? Скласти для цих реакцій молекулярні, повні іонні та скорочені іонні рівняння.

20. Скласти три різних рівняння в молекулярній формі, які відповідають рівнянню в скороченій іонній формі $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$.

ЗАВДАННЯ 10 ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ

Теоретична частина

Гідроліз солей

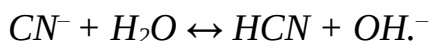
– реакція обмінної взаємодії між водою і розчиненими в ній солями, що супроводжується зміною pH середовища внаслідок утворення слабкої кислоти (її кислій солі) або слабкої основи (її основної солі).

Приклади виконання завдань

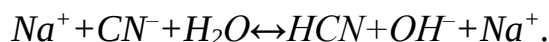
Приклад 1. *Гідроліз солі, утвореної сильною основою і слабкою кислотою.*

Скласти іонне та молекулярне рівняння гідролізу солі NaCN .

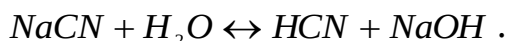
Відповідь: натрій ціанід – сіль, утворена слабкою одноосновною кислотою HCN та сильною однокислотною основою NaOH . При розчиненні у воді молекули NaCN повністю дисоціюють на катіони Na^+ та аніони CN^- . Катіони Na^+ не можуть зв'язувати іони OH^- води, бо NaOH сильний електроліт. Аніони CN^- зв'язують іони H^+ води, утворюючи молекули слабого електроліту HCN . Сіль гідролізує за аніоном. Скорочене іонне рівняння гідролізу:



Повне іонне рівняння утворюється при додаванні до лівої і правої частин його іонів Na^+ :



Рівняння реакції гідролізу в молекулярній формі:

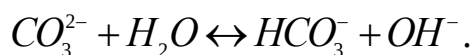


У результаті гідролізу в розчині виникає надлишок іонів OH^- , які зумовлюють лужне середовище ($\text{pH} > 7$).

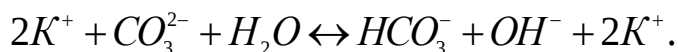
Приклад 2. Ступінчастий гідроліз солі, утвореної сильною основою і слабкою багатоосновною кислотою.

Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солі K_2CO_3 .

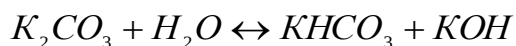
Відповідь. Калій карбонат – сіль, утворена слабкою двоосновною кислотою H_2CO_3 та сильною однокислотною основою KOH . У цьому випадку аніони солі CO_3^{2-} , зв'язуючи іони H^+ води, утворюють аніони кислої солі HCO_3^- , тому що іони HCO_3^- дисоціюють важче, ніж молекули H_2CO_3 . За звичайних умов гідроліз відбувається за першим ступенем. Сіль гідролізує за аніоном. Скорочене іонне рівняння гідролізу:



Додаючи до лівої та правої частин рівняння іони калію, одержуємо повне іонне рівняння реакції:



Рівняння реакції гідролізу K_2CO_3 у молекулярній формі:

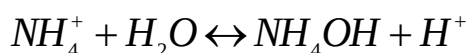


У результаті гідролізу в розчині виникає надлишок іонів OH^- , які зумовлюють лужне середовище ($\text{pH} > 7$).

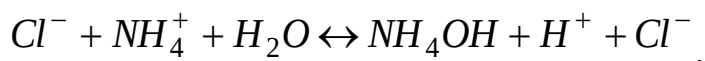
Приклад 3. Гідроліз солі, утвореної слабкою основою і сильною кислотою.

Скласти молекулярне та іонне рівняння гідролізу солі NH_4Cl .

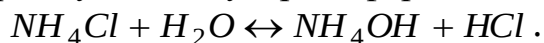
Відповідь. Сіль NH_4Cl утворена сильною кислотою HCl та слабкою основою NH_4OH . У цьому випадку катіони солі NH_4^+ зв'язують гідроксид-іони води, утворюючи молекули слабого електроліту NH_4OH . Аніони Cl^- не можуть зв'язувати іони H^+ , бо HCl – сильний електроліт. Сіль гідролізує за катіоном. Скорочене іонне рівняння гідролізу:



Додаючи до правої і лівої частин рівняння хлорид-іони, одержуємо повне іонне рівняння реакції:



Рівняння реакції гідролізу в молекулярній формі:

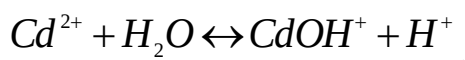


У результаті гідролізу в розчині виникає надлишок іонів H^{+} , які зумовлюють кисле середовище ($pH < 7$).

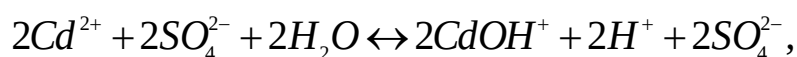
Приклад 4. Ступінчастий гідроліз солі, утвореної слабкою багатокислотою основою і сильною кислотою.

Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солі $CdSO_4$.

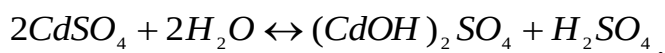
Відповідь: кадмій сульфат – сіль утворена слабкою двокислотною основою $Cd(OH)_2$ та сильною двохосновною кислотою H_2SO_4 . У цьому випадку катіони Cd^{2+} зв'язують гідроксид-іони води, утворюючи катіони основної солі $CdOH^{+}$. Молекули $Cd(OH)_2$ не утворюються, бо іони $CdOH^{+}$ дисоціюють важче, ніж молекули $Cd(OH)_2$. За звичайних умов гідроліз відбувається за першим ступенем. Сіль гідролізує за катіоном. Скорочене іонне рівняння гідролізу:



Додаючи до лівої та правої частин рівняння іони SO_4^{2-} , одержуємо повне іонне рівняння:

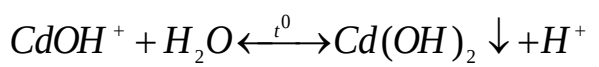


а в молекулярній формі:

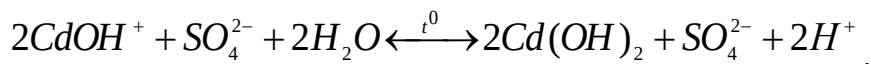


У результаті гідролізу в розчині виникає надлишок іонів водню, тому розчин $CdSO_4$ має кислу реакцію ($pH < 7$).

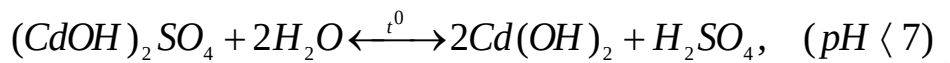
Після підвищення температури відбувається другий ступінь гідролізу, тому що посилюється дисоціація молекул води. Скорочене іонне рівняння гідролізу за другим ступенем:



Додаючи до правої і лівої частин рівняння іони SO_4^{2-} , одержуємо повне іонне рівняння реакції:



Рівняння реакції гідролізу в молекулярній формі:

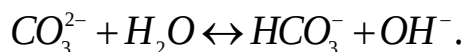
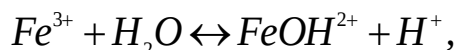


У результаті гідролізу в розчині виникає надлишок іонів H^+ , які зумовлюють кисле середовище $pH < 7$.

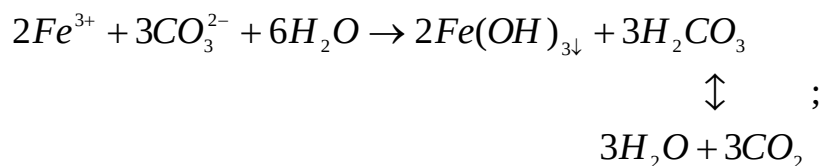
Приклад 5. Процеси при змішуванні солей, які взаємно посилюють гідроліз одне одного.

Які продукти утворюються в результаті змішування розчинів $Fe(NO_3)_3$ і K_2CO_3 ? Скласти іонні та молекулярні рівняння реакцій.

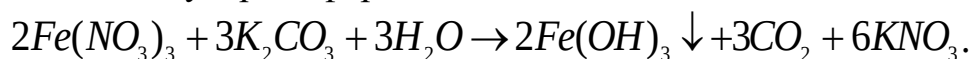
Відповідь: сіль $Fe(NO_3)_3$ гідролізує за катіоном, а K_2CO_3 – за аніоном:



Якщо розчини цих солей знаходяться в одній посудині, то відбувається взаємне посилення гідролізу кожної з солей, тому що іони H^+ і OH^- утворюють молекулу слабого електроліту H_2O . Тоді рівновага гідролізу зміщується праворуч, і гідроліз кожної солі йде до кінця з утворенням $Fe(OH)_3$ та H_2CO_3 . Іонне рівняння гідролізу:



і рівняння в молекулярній формі:



Контрольні запитання та завдання

1. Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу солей $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ та K_2S . Яке значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
2. У результаті гідролізу яких з перелічених солей CdSO_4 , Na_2S , Li_2CO_3 , FeCl_2 утворюються основні солі? Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями гідролізу солей. Визначити реакцію середовища.
3. Яку реакцію мають розчини солей $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, K_2S , BaCl_2 ? Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями реакцій гідролізу.
4. Які з солей зазнають гідролізу: KBr , Na_2SiO_3 , MgCl_2 ? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Які значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
5. Яке значення pH ($>7<$) мають розчини солей $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, KCl , Na_3PO_4 ? Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу цих солей.
6. Які з солей – $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, K_2SO_3 , Na_2SO_4 здатні гідролізувати? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Яке значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
7. Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу солей $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ та K_2CO_3 . Яке значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
8. Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу солей $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ та Na_2S . Яке значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
9. У результаті гідролізу яких з перелічених солей ZnSO_4 , K_2S , Rb_2CO_3 , NaCl утворюються основні солі. Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями гідролізу солей. Визначити реакцію середовища.
10. Яку реакцію мають розчини солей $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, Na_2S , BaCl_2 ? Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями реакцій гідролізу.
11. Які з солей зазнають гідролізу: NaJ , Rb_2CO_3 , MgCl_2 ? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Які значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?
12. Яке значення pH ($>7<$) мають розчини солей $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$, NaCl , Na_3PO_4 ? Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу цих солей.
13. Які з солей – $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, Na_2SO_3 , Na_2SO_4 здатні гідролізувати? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Яке значення pH ($>7<$) мають розчини цих солей?

14. При змішуванні розчинів CuSO_4 та K_2CO_3 випадає осад основної солі $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ та виділяється газ. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу.

15. Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу солей $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ та Rb_2S . Яке значення pH (>7 <) мають розчини цих солей?

16. У результаті гідролізу яких з перелічених солей K_2S , Rb_2CO_3 , CuSO_4 , PbCl_2 утворюються основні солі. Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями гідролізу солей. Визначити реакцію середовища.

17. Яку реакцію мають розчини солей $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, K_2S , CaCl_2 ? Відповідь підтвердити відповідними молекулярними та іонними рівняннями реакцій гідролізу.

18. Які з солей зазнають гідролізу: NaCl , Li_2SiO_3 , MgCl_2 ? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Які значення pH (>7 <) мають розчини цих солей?

19. Яке значення pH (>7 <) мають розчини солей LiCl , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_3PO_4 ? Скласти іонні та молекулярні рівняння гідролізу цих солей.

20. Які з солей – $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_3 , Na_2SO_4 здатні гідролізувати? Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу відповідних солей. Яке значення pH (>7 <) мають розчини цих солей?

ЗАВДАННЯ 11 КОЛОЇДНІ РОЗЧИНИ

Теоретична частина

Дисперсна система – система, у якій одна речовина у вигляді дуже дрібних частинок рівномірно розподілена в об'ємі іншої.

Дисперсна фаза – сукупність частинок рівномірно розподілених в об'ємі системи.

Дисперсійне середовище – середовище, у якому рівномірно розподілені частинки дисперсної фази.

Колоїдні розчини (золі) – ультрамікрогетерогенні дисперсні системи з розмірами частинок дисперсної фази 10^{-7} – 10^{-9} м.

Міцела – окрема частинка колоїдної системи.

Коагуляція

– процес укрупнення колоїдних частинок внаслідок їхнього злипання під дією сил притягання, що приводить до руйнування колоїдної системи.

Коагуляцію можна викликати різними факторами, особливо дією електролітів.

Коагулюючими є іони, заряджені протилежно гранулі золю, дія яких зростає зі зростанням їхніх зарядів.

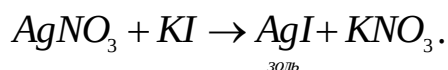
Приклади виконання завдань

Приклад 1. Будова колоїдних частинок. Визначення коагулюючої здатності електроліту.

Написати формулу міцели золю аргентум іодиду, одержаного взаємодією калій іодиду з надлишком аргентум нітрату. Які іони спричинятимуть коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_3PO_4 ?

Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

Відповідь. Напишемо рівняння реакції одержання золю аргентум йодиду



Формула міцели і заряд колоїдної частинки залежатиме від того, який з розчинів електролітів взято з надлишком (AgNO_3 чи KI). Якщо в надлишку взято аргентум нітрат, то будову міцели золю аргентум іодиду можна зобразити такою схемою:

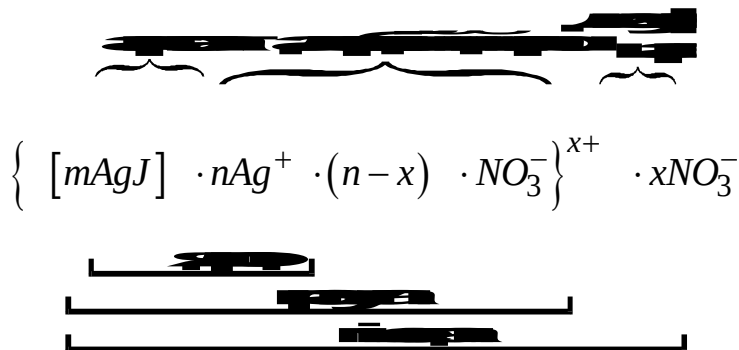


Рисунок 1 – Будова міцели золю AgI (у надлишку AgNO_3)

Одержані в результаті реакції молекули нерозчинної речовини AgI злипаються, утворюючи мікрочастинки – агрегат. Оскільки розмір молекул

дуже малий, для утворення агрегату повинна об'єднатися велика кількість молекул AgI . Позначимо його через $[m \text{ AgI}]$. На поверхні агрегату переважно адсорбуються йони, які знаходяться в надлишку і які входять до складу агрегату. У цьому випадку це можуть бути іони Ag^+ або I^- , але не K^+ або NO_3^- .

Якщо в надлишку AgNO_3 , на поверхні агрегату будуть адсорбуватися n іонів Ag^+ , які називаються потенціалвизначальними іонами. Агрегат разом з адсорбованими йонами Ag^+ називають ядром. Ці іони електростатичними силами утримують $(n-x)$ протиіонів NO_3^- , утворюючи адсорбційний шар. Агрегат разом з адсорбційним шаром утворює гранулу. Вона має позитивний заряд, бо $n > (n - x)$. Заряд гранули дорівнює алгебраїчній сумі зарядів усіх іонів, що входять до складу адсорбційного шару. У дисперсійному середовищі навколо гранули розміщується дифузійний шар, який складається з x протиіонів NO_3^- . Гранулу разом з навколишнім дифузійним шаром називають міцелою. Міцела загалом електронейтральна, хоч містить заряджені частинки.

Якщо в розглянутій реакції в надлишку взяти KI , міцела буде мати іншу будову:

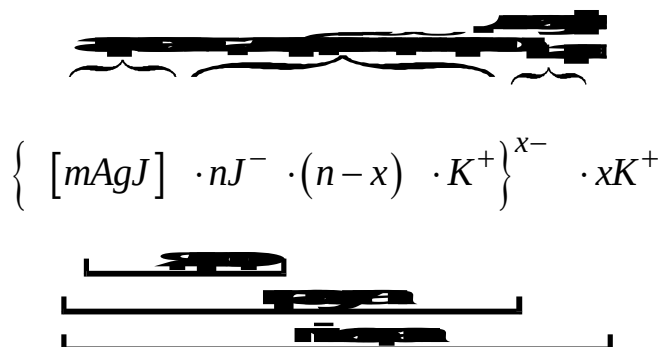
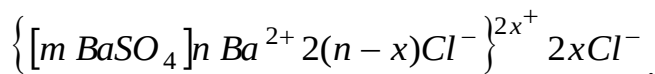


Рисунок 2 – Будова міцели золю AgI (у надлишку KI)

Необхідно звернути увагу на те, що під час утворення багатьох золів до адсорбційного шару входять багатозарядні іони. Під час складання формул міцел таких золів необхідно враховувати багатозарядність іонів.

Наприклад, формула міцели золю барій сульфату, одержаного взаємодією натрій сульфату з надлишком барій хлориду, матиме такий вигляд:



Результатом порушення стійкості колоїдних розчинів є їхня коагуляція. Коагуляція – це процес збільшення колоїдних частинок внаслідок їхнього злипання під дією сил притягання. Коагуляцію можна викликати різними

факторами, особливо дією електролітів. Коагулюючими є іони, заряджені протилежно гранулі золю, дія яких зростає зі зростанням їхніх зарядів.

Оскільки у наведеному прикладі заряд гранули золю аргентум іодиду позитивний, то його коагуляцію викликать негативно заряджені іони NO_3^- , SO_4^{2-} і PO_4^{3-} , найбільшу коагулюючу здатність матиме Na_3PO_4 .

Контрольні запитання та завдання

1. Написати формулу міцели золю аргентум хлориду, одержаного взаємодією натрій хлориду з надлишком аргентум нітрату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів MgCl_2 , K_2SO_4 , Na_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу дію?

2. Написати формулу міцели золю силікатної кислоти, одержаного взаємодією калій силікату з надлишком хлоридної кислоти. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів KCl , MgSO_4 , K_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу дію?

3. Написати формулу міцели золю силікатної кислоти, одержаного взаємодією хлоридної кислоти з надлишком натрій силікату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу дію?

4. Написати формулу міцели золю алюміній гідроксиду, одержаного при повному гідролізі алюміній сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NaCl , K_2SO_4 , Na_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

5. Написати формулу міцели золю купрум(II) гідроксиду, одержаного взаємодією купрум(II) сульфату з надлишком натрій гідроксиду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$? Який з наведених електролітів має найменшу коагулюючу дію?

6. Написати формулу міцели золю купрум(II) сульфід, одержаного взаємодією натрій сульфід з надлишком купрум(II) сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів Na_2S , KNO_3 , Na_3PO_4 ? Розташувати електроліти в ряд в порядку збільшення їхньої коагулюючої здатності.

7. Написати формулу міцели золю купрум(II) сульфід, одержаного взаємодією натрій сульфід з нестачею купрум(II) сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні KNO_3 , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, AlCl_3 ? Який з наведених електролітів має найменшу коагулюючу здатність?

8. Написати формулу міцели золю купрум(II) гідроксиду, одержаного взаємодією натрій гідроксиду з надлишком купрум(II) сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NaCl , Na_2SO_4 , $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$? Який з наведених електролітів має найменшу коагулюючу здатність?

9. Написати формулу міцели золю аргентум хлориду, одержаного взаємодією аргентум нітрату з надлишком калій хлориду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів LiNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$? Розташувати електроліти в ряд в порядку збільшення їхньої коагулюючої здатності.

10. Написати формулу міцели золю аргентум броміду, одержаного взаємодією аргентум нітрату з недостаткою калій броміду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів K_2SO_4 , Na_2CO_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

11. Написати формулу міцели золю ферум(III) гідроксиду, одержаного в результаті додавання киплячої дистильованої води до розчину ферум(III) хлориду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів KCl , Na_2SO_4 , K_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

12. Написати формулу міцели золю аргентум броміду, одержаного взаємодією аргентум нітрату з надлишком калій броміду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів KNO_3 , MgCl_2 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

13. Написати формулу міцели золю барій сульфату, одержаного взаємодією барій нітрату з надлишком магній сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів LiNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

14. Написати формулу міцели золю барій сульфату, одержаного взаємодією барій хлориду з недостаткою натрій сульфату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів AlCl_3 , Na_2SO_4 , K_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

15. Написати формулу міцели золю плюмбум(II) сульфіді, одержаного взаємодією натрій сульфіді з надлишком плюмбум(II) нітрату. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, K_2S , K_3PO_4 ? Який з наведених електролітів має найбільшу коагулюючу здатність?

16. Написати формулу міцели золю плюмбум(II) сульфіді, одержаного взаємодією плюмбум(II) нітрату з надлишком калій сульфіді. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Якої солі знадобиться найменше для коагуляції золю?

17. Написати формулу міцели золю кадмій сульфіді, одержаного взаємодією кадмій хлориду з надлишком натрій сульфіді. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів KNO_3 , CuSO_4 , CaCl_2 , Na_3PO_4 ? Які з цих солей мають однакову коагулюючу здатність?

18. Написати формулу міцели золю кадмій сульфіді, одержаного взаємодією натрій сульфіді з надлишком кадмій хлориду. Які іони

викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів CuSO_4 , MgCl_2 , Na_3PO_4 , K_2CO_3 , Na_2SO_3 ? Які з цих солей мають однакову коагулюючу здатність?

19. Написати формулу міцели золю ферум(III) гідроксиду, одержаного взаємодією ферум(III) сульфату з надлишком натрій гідроксиду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів Na_2SO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, K_3PO_4 ? Якої солі знадобиться менше для коагуляції золю?

20. Написати формулу міцели золю плюмбум(II) іодиду, одержаного взаємодією плюмбум(II) нітрату з надлишком калій іодиду. Які іони викликать коагуляцію золю при додаванні до нього електролітів NH_4Cl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$? Якої солі знадобиться більше для коагуляції золю?

ЗАВДАННЯ 12 ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

Теоретична частина

Електрохімічні процеси – процеси, при яких відбуваються перетворення хімічної енергії в електричну і навпаки.

Рівняння Нернста для електродного потенціалу металу

$$- \varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{\text{Me}^{n+}},$$

де $\varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}$ – електродний потенціал металу, В;
 $\varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0$ – стандартний електродний потенціал металу, В;
 R – універсальна газова стала;
 T – температура, К;
 n – число електронів, які беруть участь у процесі;
 F – число Фарадея, Кл/моль е;
 $a_{\text{Me}^{n+}}$ – активність іонів металу.

Рівняння Нернста для розбавлених розчинів при $T = 298 \text{ К}$

$$- \varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Me}^{n+}].$$

Стандартний потенціал металічного електрода – електродний потенціал металу, зануреного в розчин власних іонів з активністю (концентрацією) 1 моль/л, виміряний за стандартних умов відносно стандартного водневого електрода.

Гальванічний елемент	– прилад, в якому енергія хімічної окисно-відновної реакції перетворюється на електричну.
Анод	– електрод, на якому відбувається процес окиснення.
Катод	– електрод, на якому відбувається процес відновлення.
Електрорушійна сила гальванічного елемента ЕРС	– $ЕРС = \varphi_K - \varphi_a$, де φ_K і φ_a – електродні потенціали катода і анода.

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Розрахунок ЕРС гальванічного елемента.

Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин заліза та цинку, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Fe^{2+}] = 0,001$ моль/л та $[Zn^{2+}] = 0,01$ моль/л.

Розв’язання. Величина електродного потенціалу металу визначається за рівнянням Ернста, яке при $T = 298$ К має такий вигляд:

$$\varphi_{Me^{n+}/Me} = \varphi_{Me^{n+}/Me}^0 + \frac{0,059}{n} \lg[Me^{n+}],$$

де $\varphi_{Me^{n+}/Me}^0$ – стандартний електродний потенціал металу;

$[Me^{n+}]$ – концентрація іонів металу в розчині його солі, моль/л;

n – кількість електронів.

Оскільки $\varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44$ В, то

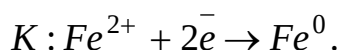
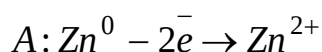
$$\begin{aligned} \varphi_{Fe^{2+}/Fe} &= \varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 + \frac{0,059}{n} \lg[Fe^{2+}] = -0,44 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = \\ &= -0,44 + 0,0295 \cdot (-3) = -0,53(В). \end{aligned}$$

Для цинку $\varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76$ В,

$$\varphi_{Zn^{2+}/Zn} = \varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 + \frac{0,059}{n} \lg [Zn^{2+}] = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} =$$

$$= -0,76 + 0,0295 \cdot (-2) = -0,82(B)$$

Оскільки $\varphi_{Zn^{2+}/Zn} = -0,82B$ $\langle$ $\varphi_{Fe^{2+}/Fe} = -0,53B$, то цинковий електрод буде анодом, на якому відбувається процес окиснення, а залізний електрод буде катодом, на якому відбувається процес відновлення:



Сумарний процес виражається рівнянням:

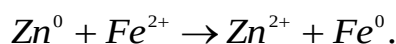
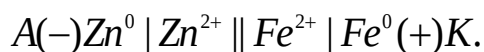


Схема гальванічного елемента має вигляд:



ЕРС гальванічного елемента визначається за формулою:

$$ЕРС = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_{Fe^{2+}/Fe} - \varphi_{Zn^{2+}/Zn} = -0,53 - (-0,82) = 0,29 (B).$$

Контрольні запитання та завдання

1. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин нікелю та магнію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ni^{2+}] = 0,1$ моль/л та $[Mg^{2+}] = 0,01$ моль/л.

2. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин свинцю та міді, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Pb^{2+}] = 0,001$ моль/л та $[Cu^{2+}] = 0,1$ моль/л.

3. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин хрому та кобальту, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Cr^{3+}] = 0,01$ моль/л та $[Co^{2+}] = 0,1$ моль/л.

4. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин міді та срібла, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Cu^{2+}] = 0,01$ моль/л та $[Ag^+] = 0,1$ моль/л.

5. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин алюмінію та цинку, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Al^{3+}] = 0,001$ моль/л та $[Zn^{2+}] = 0,01$ моль/л.

6. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин заліза та кадмію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Fe^{2+}] = 0,01$ моль/л та $[Cd^{2+}] = 0,1$ моль/л.

7. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин срібла та цинку, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ag^+] = 0,1$ моль/л та $[Zn^{2+}] = 0,0001$ моль/л.

8. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин титану та міді, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ti^{2+}] = 0,01$ моль/л та $[Cu^{2+}] = 0,1$ моль/л.

9. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин хрому та кадмію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Cr^{2+}] = 0,1$ моль/л та $[Cd^{2+}] = 0,001$ моль/л.

10. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин алюмінію та заліза, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Al^{3+}] = 0,001$ моль/л та $[Fe^{2+}] = 0,1$ моль/л.

11. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин нікелю та міді, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ni^{2+}] = 0,001$ моль/л та $[Cu^{2+}] = 0,1$ моль/л.

12. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин олова та цинку, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Sn^{2+}] = 0,01$ моль/л та $[Zn^{2+}] = 0,01$ моль/л.

13. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин заліза та кобальту, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Fe^{3+}] = 0,001$ моль/л та $[Co^{2+}] = 0,01$ моль/л.

14. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин нікелю та ванадію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ni^{2+}] = 0,0001$ моль/л та $[V^{2+}] = 0,1$ моль/л.

15. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин цинку та міді, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Zn^{2+}] = 0,1$ моль/л та $[Cu^{2+}] = 0,01$ моль/л.

16. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин срібла та магнію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ag^+] = 0,1$ моль/л та $[Mg^{2+}] = 0,001$ моль/л.

17. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин хрому та нікелю, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Cr^{2+}] = 0,1$ моль/л та $[Ni^{2+}] = 0,1$ моль/л.

18. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин титану та цинку, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Ti^{2+}] = 0,01$ моль/л та $[Zn^{2+}] = 0,1$ моль/л.

19. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин алюмінію та кадмію, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Al^{3+}] = 0,001$ моль/л та $[Cd^{2+}] = 0,1$ моль/л.

20. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин свинцю та хрому, що занурені в розчини своїх солей з концентраціями $[Pb^{+2}] = 0,001$ моль/л та $[Cr^{3+}] = 0,1$ моль/л.

ЗАВДАННЯ 13 КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ

Теоретична частина

Корозія	– самочинний процес руйнування металів і сплавів внаслідок фізико-хімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем.
Хімічна корозія	– руйнування металу внаслідок взаємодії з середовищем без виникнення в системі електричного струму.
Електрохімічна корозія	– процес руйнування металу в середовищі електроліту, який супроводжується виникненням електрорушійної сили на поверхні поділу фаз і електричного струму всередині системи.

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Як відбувається корозія заліза в контакті з оловом у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

Розв'язання.

Залізо має більш негативне значення електродного потенціалу, ніж олово:

$$\varphi^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0,44B < \varphi^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0,136B,$$

тому на аноді відбувається окиснення заліза, а на катоді – відновлення в кислому середовищі іонів Гідрогену H^+ , а в нейтральному та лужному середовищах розчиненого у воді кисню повітря O_2 .

Анодний процес: $Fe - 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$.

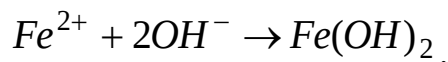
Катодний процес:

– у кислому середовищі: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$;

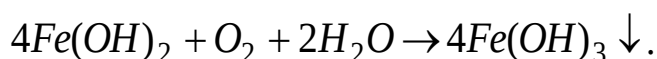
– у нейтральному та

лужному середовищах: $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$.

Оскільки іони Fe^{2+} з гідроксильною групою утворюють нерозчинний гідроксид, то в розчині відбувається реакція:



Під впливом кисню повітря відбувається подальше окиснення $Fe(OH)_2$ до гідроксиду $Fe(OH)_3$, який випадає в осад:



Контрольні запитання та завдання

1. Як відбувається корозія заліза в контакті з хромом у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

2. Як відбувається корозія заліза в контакті з цинком у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

3. Як відбувається корозія алюмінію в контакті з титаном у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

17. Як відбувається корозія нікелю в контакті зі свинцем у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

18. Як відбувається корозія свинцю в контакті з цинком у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

19. Як відбувається корозія заліза в контакті з міддю у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

20. Як відбувається корозія цинку в контакті з алюмінієм у кислому та нейтральному середовищах? Скласти іонно-електронні рівняння анодного та катодного процесів корозії. Які продукти корозії при цьому утворюються?

ЗАВДАННЯ 14 ЕЛЕКТРОЛІЗ РОЗПЛАВІВ І ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Теоретична частина

Електроліз – сукупність окисно-відновних процесів, які відбуваються під дією постійного електричного струму на електродах, занурених у розчин або розплав електроліту. На катоді відбувається процес відновлення, а на аноді – окиснення.

Об’єднаний закон Фарадея – маса речовини, яка виділяється або розкладається на електродах під час електролізу, пропорційна кількості електрики, що проходить через розчин або розплав і не залежить від інших факторів:

$$m = \frac{M_e \cdot Q}{F} \quad \text{або} \quad m = \frac{M_e I t}{F},$$

де m – маса окисненої або відновленої речовини, г;

M_e – молярна маса еквівалента речовини, г/моль е;

Q – кількість електрики, Кл;

I – сила струму, А;

t – час, с;

F – стала Фарадея, Кл/моль е.

Для газоподібних речовин об’єднаний закон Фарадея можна записати у вигляді:

$$V = \frac{V_{M_e} \cdot I \cdot t}{F},$$

де V – об’єм газу, що виділяється на катоді або аноді, л;

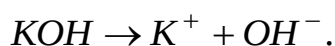
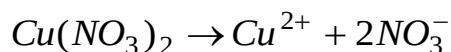
V_{M_e} – молярний об’єм еквівалента окисненої або відновленої газоподібної речовини, л/моль е.

Приклади виконання завдань

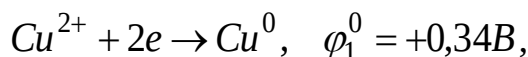
Приклад 1. Процеси при електролізі розплаву електролітів.

Скласти рівняння катодного і анодного процесів, які відбуваються при електролізі розплаву суміші $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ і KOH з графітовими електродами.

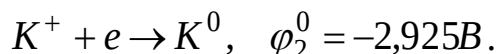
Відповідь. У розплаві електроліти дисоціюють на іони:



На катоді (-) відновлюється найбільш активний окисник з найбільшим значенням електродного потенціалу. У цьому випадку можливе відновлення як іонів міді

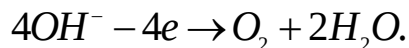


так і іонів калію



Оскільки $\varphi_1^0 \gg \varphi_2^0$, то на катоді виділяється мідь.

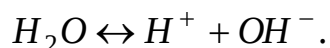
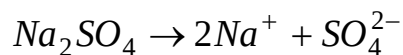
На аноді (+) окиснюється найбільш активний відновник з найменшим значенням електродного потенціалу. У цьому випадку можливе окиснення як іонів NO_3^- , так і іонів OH^- . Згідно з послідовністю розрядження аніонів на інертному аноді (S^{2-} , J^- , Br^- , Cl^- , OH^- , H_2O , аніони оксигеновмісних кислот) у цьому випадку мають розряджатися іони OH^- :



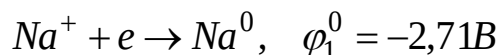
Приклад 2. Процеси при електролізі водного розчину електроліту з інертними електродами.

Скласти рівняння катодного й анодного процесів, які відбуваються при електролізі водного розчину солі Na_2SO_4 з інертними електродами.

Відповідь. У водному розчині відбуваються процеси дисоціації:



На катоді можуть відновлюватися іони Na^+ :

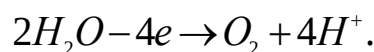


і молекули води



Оскільки $\varphi_2^0 \gg \varphi_1^0$, то насамперед відновлюються молекули води з виділенням водню.

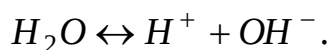
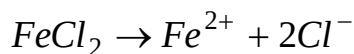
На аноді, відповідно до послідовності розрядження аніонів на інертному аноді ($S^{2-}, Br^-, Cl^-, OH^-, H_2O$, аніони оксигеновмісних кислот), розряджаються молекули води з утворенням кисню:



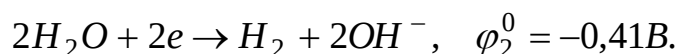
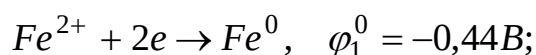
Приклад 3. Процеси при електролізі водного розчину електроліту з розчинним анодом.

Скласти рівняння електродних процесів при електролізі розчину $FeCl_2$ з мідним анодом.

Відповідь. У розчині відбуваються процеси дисоціації:

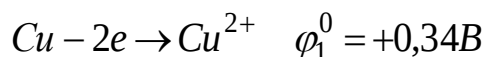


На катоді можливі процеси відновлення:



Оскільки стандартні електродні потенціали цих систем близькі, то на катоді одночасно відновлюються й іони Феруму(II) і молекули води.

На аноді окиснюється матеріал електрода – мідь, бо стандартний потенціал процесу

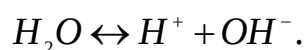


є найменшим порівняно зі стандартними потенціалами процесів окиснення Cl^- ($\varphi_2^0 = 1,36V$) та H_2O ($\varphi_3^0 = 1,23V$).

Приклад 4. Розрахунки на підставі об'єднаного закону Фарадея.

Електроліз розчину $CuCl_2$ проводили силою струму 5 А протягом 10 годин. Скласти рівняння катодного й анодного процесів, які відбуваються на інертних електродах. Розрахувати масу солі, що розкладалася, масу речовини, яка виділилась на катоді, і об'єм газу, що виділився на аноді.

Розв'язання. У водному розчині купрум(II) хлориду відбуваються процеси дисоціації:

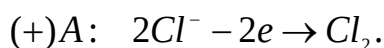
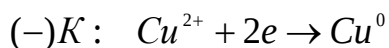


На катоді відновлюються іони Cu^{2+} , оскільки $\varphi_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,34V$, а стандартний потенціал відновлення молекули води значно менший і дорівнює $-0,41V$.

На аноді окиснюються іони Cl^- відповідно до послідовності розрядження аніонів:

(S^{2-} , I^- , Br^- , Cl^- , OH^- , H_2O , аніони оксигеновмісних кислот).

Отже, на електродах ідуть процеси:



Для розрахунку мас речовин, що розкладаються та виділяються при електролізі, використовуємо об'єднаний закон Фарадея:

$$m_A = \frac{M_{e_A} \cdot I \cdot t}{F}.$$

Молярна маса еквівалента CuCl_2 :

$$M_{e_{\text{CuCl}_2}} = \frac{M_{\text{CuCl}_2}}{Z_{\text{Cu}^{2+}} \cdot n_{\text{Cu}^{2+}}} = \frac{134,5}{2 \cdot 1} = 67,2 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль екв}} \right).$$

Маса CuCl_2 , що розкладалася під час електролізу:

$$m_{\text{CuCl}_2} = \frac{M_{e_{\text{CuCl}_2}} \cdot I \cdot t}{F} = \frac{67,2 \text{ г/моль е} \cdot 5 \text{ А} \cdot 36000 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль екв}} = 125,3 \text{ г}.$$

Молярна маса еквівалента Купрум(II) і маса міді, що виділилась на катоді, дорівнюють:

$$M_{e_{\text{Cu}^{2+}}} = \frac{M_{\text{Cu}}}{n_{\text{e}}} = \frac{63,5}{2} = 31,7 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль екв}} \right),$$
$$m_{\text{Cu}} = \frac{31,7 \text{ г/моль е} \cdot 5 \text{ А} \cdot 36000 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль е}} = 59,1 \text{ г}.$$

Об'єм газу, який виділяється при електролізі, розраховується відповідно до закону Фарадея за формулою:

$$V_B = \frac{V_M e_B \cdot I \cdot t}{F}.$$

Молярний об'єм еквівалента хлору:

$$V_{Me_{(\text{Cl}_2)}} = \frac{V_M}{n_{\text{e}}} = \frac{22,4}{2} = 11,2 \left(\frac{\text{л}}{\text{моль екв}} \right).$$

Об'єм хлору, що виділився на аноді:

$$V_{\text{Cl}_2} = \frac{11,2 \text{ л/моль е} \cdot 5 \text{ А} \cdot 36000 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль екв}} = 20,9 \text{ л}.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Скласти рівняння катодного й анодного процесів, які відбуваються при електролізі розплаву суміші солей KCl та $AgNO_3$ з інертним анодом. Яка маса срібла виділиться при проходженні струму силою 5 А протягом двох годин?
2. Скласти рівняння процесів, які відбуваються при електролізі розчину $CuCl_2$ з мідним анодом. На скільки зменшиться маса анода через 3 години при проходженні струму силою 4 А?
3. На підставі рівнянь процесів, які відбуваються при електролізі розплаву $NaCl$, визначити масу металу, що виділяється на катоді, та об'єм газу, який виділяється на інертному аноді, при проходженні через електролізер 100 кКл електрики.
4. Електроліз розчину $Ni(NO_3)_2$ проводили при силі струму 4 А протягом 5 годин. Скласти електронні рівняння процесів, які відбуваються на інертних електродах, та визначити маси речовин, які виділились на катоді та аноді.
5. Визначити силу струму, необхідну для отримання 50 г металічного магнію, при електролізі розплаву магній хлориду протягом 10 годин. Скласти рівняння процесів на інертних електродах.
6. Скласти рівняння процесів, які відбуваються на графітових електродах при проходженні струму силою 5 А через водний розчин $PbCl_2$. Протягом якого часу маса катоду збільшиться на 30 г?
7. Яка сила струму потрібна для зменшення на 20 г маси цинкового аноду при електролізі розчину $ZnSO_4$ протягом 1 години? Скласти рівняння електродних процесів.
8. При пропусканні електричного струму силою 6 А через розчин солі двовалентного металу протягом 4 годин на катоді виділилось 28,45 г металу. Розрахувати молярну масу цього металу. Який це метал?
9. Електроліз розчину $SnCl_2$ проходив при силі струму 4 А. Скласти рівняння катодного й анодного процесів та розрахувати масу солі, що розклалася за 2 години.
10. Скласти рівняння катодного і анодного процесів, які відбуваються при пропусканні електричного струму силою 10 А через розплав $NaOH$. Розрахувати масу речовин, які виділилися на графітових електродах через 2,5 години.
11. Скласти рівняння електродних процесів при електролізі розплаву $FeCl_2$. Визначити молярну масу еквівалента Феруму, якщо за 3 години на катоді виділилось 25 г металу при силі струму 8 А.

12. Розрахувати масу і об'єм газу, що виділився на інертному аноді при проходженні через розчин $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 14500 Кл електрики. Скласти рівняння анодного і катодного процесів.

13. На скільки зменшиться маса нікелевого анода, якщо через розчин солей Na_2S і KI пропустити електричний струм силою 8 А протягом 10 годин? Скласти рівняння катодного і анодного процесів.

14. При електролізі розплаву солі Феруму на катоді виділилось 3,6 г металу. Визначити молярну масу еквівалента Феруму, якщо електроліз тривав 1 годину при силі струму 5,2 А.

15. Визначити час, потрібний для виділення 2 кг металічного кальцію на вугільних електродах електролізом розплаву $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при силі струму 2 500 А. Скласти рівняння катодного й анодного процесів.

16. Скласти рівняння катодного й анодного процесів на вугільних електродах при електролізі розчину K_2SO_4 . Яка маса води розклалася за 2 год 15 хв при силі струму 8 А?

17. Визначити час, потрібний для розкладу 0,5 кг $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ при електролізі розчину цієї солі електричним струмом силою 16 А. Скласти рівняння електродних процесів на графітових електродах.

18. Електроліз розплаву NiCl_2 проводили при силі струму 10А протягом 4 год 25 хв. Скласти рівняння процесів, які відбуваються на інертних електродах, та розрахувати маси речовин, які виділяються на катоді та аноді.

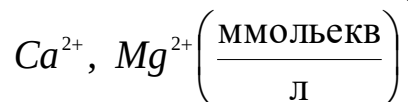
19. При електролізі розчину CuSO_4 протягом 10 годин маса мідного аноду зменшилась на 100 г. Скласти рівняння електродних процесів та розрахувати силу витраченого електричного струму.

20. Скласти рівняння катодного і анодного процесів, які відбуваються при електролізі розчину солей NaI і AgClO_4 . На скільки зросте маса катоду через 8 годин при силі електричного струму 6 А?

ЗАВДАННЯ 15 ТВЕРДІСТЬ ВОДИ

Теоретична частина

Твердість води T_B – властивість води, зумовлена наявністю іонів



Твердість тимчасова води – зумовлена наявністю гідрогенкарбонатів кальцію і магнію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Твердість некарбонатна (постійна) води – зумовлена наявністю сульфатів і хлоридів кальцію і магнію (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2)

Приклади виконання завдань

Приклад 1. Визначення твердості води за відомою масою розчинених солей твердості.

Визначити твердість води, якщо в 300 л її міститься 620 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Розв'язання. Оскільки твердість води показує число ммоль еквівалентів солей в 1 л її, розрахуємо твердість води за формулою:

$$T_B = \frac{\nu_e m_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}}{V_B} \text{ або } T_B = \frac{m_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2} \cdot 10^3}{M_{e_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}} \cdot V_B},$$

де ν_e – число ммоль еквівалентів солей твердості;

$m_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}$ – маса $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, г;

V_B – об'єм води, л;

10^3 – коефіцієнт перерахування моль є у ммоль екв.

Для розрахунку молярної маси еквівалента $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ використовуємо формулу:

$$M_{e_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}} = \frac{M_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}}{z_{\text{Ca}^{2+}} \cdot n_{\text{Ca}^{2+}}},$$

де $M_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}$ – молярна маса $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, г/моль;

$z_{\text{Ca}^{2+}}$ – заряд іона кальцію;

$n_{\text{Ca}^{2+}}$ – кількість іонів Ca^{2+} у молекулі солі.

$$M_{e_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}} = \frac{M_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}}{2} = \frac{162}{2} = 81 \text{ (г/моль екв)}.$$

Тоді твердість води дорівнює:

$$T_B = \frac{m_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2} \cdot 10^3}{M_{e_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}} \cdot V_B} = \frac{620 \cdot 10^3}{81 \cdot 300} = 25,5 \text{ (ммоль екв/л)}.$$

Відповідь: твердість води складає 25,5 ммоль екв /л.

Приклад 2. Визначення маси солі, розчиненої в певному об'ємі води, за величиною твердості води.

Розрахувати масу кальцій сульфату, розчиненого в 10 м³ води, твердість якої становить 9 ммоль екв/л.

Розв'язання. Твердість води показує скільки ммоль еквівалентів солей твердості знаходиться в 1 л води:

$$T_B = \frac{v_{e_{\text{солі}}}}{V_B} \quad \text{або} \quad T_B = \frac{m_{\text{солі}} \cdot 10^3}{M_{e_{\text{солі}}} \cdot V_B},$$

де v_e – число ммоль еквівалентів солей твердості, ммоль екв;

V_B – об'єм води, л;

$m_{\text{солі}}$ – маса солі, г;

10^3 – коефіцієнт перерахування моль е у ммоль екв.

Звідси знаходимо масу розчиненого CaSO₄ за формулою:

$$m_{\text{CaSO}_4} = \frac{T_B \cdot M_{e_{\text{CaSO}_4}} \cdot V_B}{10^3}.$$

Молярна маса еквівалента солі розраховується за формулою:

$$M_{e_{\text{CaSO}_4}} = \frac{M_{\text{CaSO}_4}}{z_{\text{Ca}^{2+}} \cdot n_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{40 + 32 + 16 \cdot 4}{2 \cdot 1} = 68 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль екв}} \right).$$

Знаходимо масу розчиненої солі:

$$m_{\text{CaSO}_4} = \frac{9 \cdot 68 \cdot 10000}{1000} = 6120(\text{г}) = 6,12 (\text{кг})$$

Відповідь: маса розчиненої солі дорівнює 6,12 кг.

Приклад 3. Визначення об'єму води за величинами її твердості і маси розчиненої солі.

Розрахувати об'єм води, у якому міститься 16,6 г MgCl₂, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 3,5 ммоль екв/л.

Розв'язання. Твердість води показує скільки ммоль еквівалентів солей твердості знаходиться в 1 л води:

$$T_v = \frac{v_{e_{\text{солей}}}}{V_v} \text{ або } T_v = \frac{m_{\text{солей}} \cdot 10^3}{M_{e_{\text{солей}}} \cdot V_v} \text{ (див. приклади 1, 2).}$$

$$\text{Звідси } V_v = \frac{m_{\text{солей}} \cdot 10^3}{T_v M_{e_{\text{солей}}}}.$$

Молярна маса еквівалента MgCl_2 розраховується за формулою:

$$M_{e_{\text{MgCl}_2}} = \frac{M_{\text{MgCl}_2}}{z_{\text{Mg}^{2+}} \cdot n_{\text{Mg}^{2+}}} = \frac{24 + 35,5 \cdot 2}{2 \cdot 1} = 47,5 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль екв}} \right).$$

Знаходимо об'єм води:

$$V_v = \frac{16,6 \cdot 10^3}{3,5 \cdot 47,5} = 99,85 (\text{л}).$$

Відповідь: об'єм води дорівнює 99,85 л.

Приклад 4. Розрахунок маси реагенту, необхідного для пом'якшення води. Визначити масу гашеного вапна, необхідну для пом'якшення 1 м³ води з тимчасовою твердістю 2,9 ммоль е/л.

Розв'язання. Згідно з законом еквівалентів розчинені у воді солі твердості взаємодіють з Ca(OH)_2 в еквівалентних кількостях, тобто $V_{e_{\text{Ca(OH)}_2}} = V_{e_{\text{солей}}}.$

Виходячи з твердості води $v_{e_{\text{солей}}} = T \cdot V_{\text{води}},$

$$v_{e_{\text{солей}}} = 2,9 \frac{\text{ммоль е}}{\text{л}} \cdot 1000 \text{ л} = 2,9 \text{ моль екв.}$$

Таким чином, $v_{e_{\text{Ca(OH)}_2}} = 2,9 \text{ моль екв.}$

Оскільки $v_{e_{\text{Ca(OH)}_2}} = \frac{m}{M_e},$ то $m_{\text{Ca(OH)}_2} = v_{e_{\text{Ca(OH)}_2}} \cdot M_{e_{\text{Ca(OH)}_2}} = 2,9 \cdot M_{e_{\text{Ca(OH)}_2}}.$

$$M_{e_{Ca(OH)_2}} = \frac{M_{Ca(OH)_2}}{n_{OH^-}} = \frac{40 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1}{2} = \frac{74}{2} = 37 \text{ (г/моль экв)}, \text{ тоді}$$

$$m_{Ca(OH)_2} = 2,9 \cdot 37 = 107,3 \text{ (г)}.$$

Приклад 5. Розрахунок об'єму води, пом'якшеної певною масою реагента. Який об'єм води з загальною твердістю 3,8 ммоль екв/л можна пом'якшити за допомогою 150 г Na_3PO_4 ?

Розв'язання. Виходячи з твердості води $T_v = \frac{v_{e_{солей}} \cdot 10^3}{V_v}$,

знаходимо об'єм води за формулою:

$$V_v = \frac{v_{e_{солей}} \cdot 10^3}{T_v}.$$

Згідно з законом еквівалентів розчинені у воді солі твердості взаємодіють з Na_3PO_4 в еквівалентних кількостях, тобто $v_{e_{Na_3PO_4}} = v_{e_{солей}}$.

Розрахуємо кількість речовини Na_3PO_4 , витраченої на пом'якшення води за формулою:

$$v_{e_{Na_3PO_4}} = \frac{m_{Na_3PO_4}}{M_{e_{Na_3PO_4}}},$$

де $M_{e_{Na_3PO_4}}$ – молярна маса еквівалента Na_3PO_4 .

$$\text{Знаходимо } M_{e_{Na_3PO_4}} = \frac{M_{Na_3PO_4}}{Z_{Na^+} \cdot n_{Na^+}},$$

$$M_{e_{Na_3PO_4}} = \frac{23 \cdot 3 + 31 + 16 \cdot 4}{1 \cdot 3} = 54,7 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль екв}} \right)$$

і кількість речовини Na_3PO_4

$$v_{e_{Na_3PO_4}} = \frac{150 \text{ г}}{54,7 \text{ г/моль екв}} = 2,7 \text{ (моль екв)}.$$

Виходячи із закону еквівалентів

$$v_{e_{солей}} = v_{e_{Na_3PO_4}} = 2,7 \text{ моль екв},$$

$$\text{тоді } V_v = \frac{2,7 \text{ моль екв} \cdot 10^3}{3,8 \text{ ммоль екв/л}} = 710,5 \text{ л}.$$

Контрольні запитання та завдання

1. Визначити твердість води, якщо в 500 л її міститься 202,5 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
2. Скільки грамів CaSO_4 міститься в 1 м³ води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 4 ммоль екв/л?
3. Знайти об'єм води, у якому міститься 126,3 г MgSO_4 , якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 7 ммоль екв/л.
4. Визначити твердість води, якщо в 220 л її міститься 8,67 г MgCl_2 .
5. Визначити твердість води, якщо в 1 м³ її міститься 140 г MgSO_4 .
6. Знайти об'єм води, в якому міститься 51,1 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 3,5 ммоль екв/л.
7. Знайти, скільки грамів CaSO_4 міститься в 200 л води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 8 ммоль екв/л.
8. Знайти, скільки $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ міститься в 500 л води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 9 ммоль екв/л.
9. Розрахувати твердість води, якщо в 1 м³ її міститься 133,2 г кальцій хлориду.
10. Визначити твердість води, якщо у 110 л її міститься 55 г магній сульфату.
11. Визначити об'єм води, у якому міститься 480г MgCl_2 , якщо магнієва твердість дорівнює 5 ммоль екв/л.
12. Розрахувати гідрогенкарбонатну твердість води, якщо в 100 л її міститься 70 г магній гідрогенкарбонату.
13. Знайти, скільки грамів кальцій хлориду міститься в 1 м³ води, якщо твердість води дорівнює 6 ммоль екв/л.
14. Визначити гідрогенкарбонатну твердість води, якщо 400 л її містять 194,4 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
15. Знайти об'єм води, у якому міститься 70 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, якщо твердість води складає 9,6 ммоль екв/л.
16. Знайти, скільки грамів CaCl_2 міститься в 1 м³ води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 2.4 ммоль екв/л.
17. Знайти, скільки грамів магній сульфату міститься в 220 л води, якщо твердість, обумовлена цією сіллю, дорівнює 0,83 ммоль екв/л.
18. Визначити об'єм води, у якому міститься 108,8 г кальцій сульфату, якщо твердість води дорівнює 8 ммоль екв/л.
19. Знайти, скільки грамів магній хлориду міститься в 1 м³ води, якщо магнієва твердість дорівнює 2,33 ммоль екв/л.
20. Визначити твердість води, якщо в 200 л її міститься 51,1 г магній гідрогенкарбонату.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання самостійної та практичної робіт
із навчальної дисципліни

«ХІМІЯ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання
зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування,
освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»)*

Укладач **СКРИПИНЕЦЬ** Анна Василівна

Відповідальний за випуск *Т. Д. Панайотова*
Редактор *О. В. Михаленко*
Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2024, поз. 246М

Підп. до друку 14.05.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 4,9.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.