

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра хімії та фізики

05-06-118М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Хімія»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Біотехнології,
біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162
«Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННБА
Протокол № 3 від 19.12.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Хімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання. [Електронне видання] / Корчик Н. М., Мисіна О. І. – Рівне : НУВГП, 2023. – 30 с.

Укладачі: Корчик Н. М., к.т.н., доцентка кафедри хімії та фізики; Мисіна О. І., старша викладачка кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск: Мороз М. В., доктор хім. наук, професор, завідувач кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Біотехнології та біоінженерія»

Грицина О. О.

© Н. М. Корчик,
О. І. Мисіна, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

Стор.

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. Основні поняття атомно-молекулярного вчення. Закони хімії.....	5
Контрольні завдання	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. Будова атома. Періодичний закон.....	8
Контрольні завдання	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. Хімічний зв'язок, будова та властивості молекул.....	11
Контрольні завдання	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. Розчини як фізико-хімічна система, визначення концентрації розчинів.....	13
Контрольні завдання	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5-6. Загальні положення: кислотно-основна рівновага за показником <i>pH</i> та окисно-відновна концентрація за показником <i>Eh</i>	16
Контрольні завдання	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА 7. Процеси гідролізу солей.....	18
Контрольні завдання	20
ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. Загальні положення про кінетику хімічних реакцій.....	21
Контрольні завдання	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА 9. Окисно-відновні реакції та їх особливості.....	23
Контрольні завдання	24
ПРАКТИЧНА РОБОТА 10. Закони електролізу.....	25
Контрольні завдання	27
ЛІТЕРАТУРА	28
ДОДАТКИ	29

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Хімія» є обов'язковою освітньою компонентою, що вивчається на рівні вищої освіти бакалавр спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Мета вивчення навчальної дисципліни «Хімія» полягає у формуванні у студентів системи ключових знань з проблем базових хімічних технологій, раціонального природокористування та способів діяльності з хімії як визначальної фундаментальної інженерної дисципліни. Завданням є вивчення основних хімічних понять, законів, властивостей хімічних елементів та їх сполук, закономірностей перебігу хімічних та електрохімічних процесів, набуття і вдосконалення навичок складання рівнянь хімічних реакцій та формул речовин, розв'язання розрахункових задач, вивчення властивостей розчинів електrolітів.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт складені відповідно до силабусу з навчальної дисципліни «Хімія» і призначені для використання студентами при самостійній підготовці до практичних занять та під час їх безпосереднього виконання.

До кожної практичної роботи подані завдання для домашньої підготовки, які включають основні положення програми, контрольні запитання та задачі. При підготовці до виконання практичної роботи здобувачам вищої освіти слід вивчити теоретичний матеріал за літературними джерелами, вказаними в кінці даних вказівок, та уважно розглянути розв'язок прикладів типових задач, наведених до кожної теми. Потім треба письмово розв'язати задачі, дати обґрунтовані відповіді на поставлені запитання, що містяться у вказівках до кожної з практичної роботи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЧЕННЯ. ЗАКОНИ ХІМІЇ

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1.

Для речовин, що утворюються при випалюванні 100 кг чистого гіпсу, розрахувати: а) кількість речовини; б) масу; в) об'єм та густину утвореного газу за нормальних умов (н.у.); г) об'єм утвореного газу при нормальному тиску і температурі $t = 1000^\circ \text{C}$; д) відносну густину утвореного газу за повітрям; е) масу формульної одиниці гіпсу.

Розв'язок.

Випалювання гіпсу описується рівнянням



Отже, скорочено умову задачі слід записати так:

$\frac{m(\text{CaSO}_4) = 100 \text{ кг};$ а) $n(\text{CaO}) - ?$ $n(\text{SO}_2) - ?$ б) $m(\text{CaO}) - ?$ $m(\text{SO}_2) - ?$ в) $V_n(\text{SO}_2) - ?$ $\rho_n(\text{SO}_2) - ?$ г) $V_t(\text{SO}_2) - ?$ ($t = 1000^\circ \text{C}$) д) $D_{\text{пов}}(\text{SO}_2) - ?$ е) $m_{\text{фО}}(\text{CaSO}_4) - ?$	Із рівняння (1) маємо: $n(\text{CaSO}_4) = n(\text{CaO}) = n(\text{SO}_2) =$ $= \frac{m(\text{CaSO}_4)}{M(\text{CaSO}_4)} = n;$ $M_r(\text{CaSO}_4) = 40 + 32 + 64 =$ $= 136 \text{ (а.о.м.)},$ звідки $M(\text{CaSO}_4) = 136 \text{ г/моль}.$
--	--

$$\text{Тоді } n = \frac{100 \cdot 10^3 \text{ г}}{136 \text{ г/моль}} = 735,29 \text{ моль}.$$

б) За рівнянням $m(\text{реч}) = n(\text{реч}) \cdot M(\text{реч})$ маємо:

$$m(\text{CaO}) = nM(\text{CaO}) = 735,29 \text{ моль} \cdot (40 + 16) \text{ г/моль} = 41176,24 \text{ г} = 41,188 \text{ кг};$$

$$m(\text{SO}_2) = nM(\text{SO}_2) = 735,29 \text{ моль} \cdot (32 + 32) \text{ г/моль} = 47058,56 \text{ г} = 47,058 \text{ кг}.$$

в) За рівнянням $V_n(\text{г}) = n(\text{моль}) \cdot V_M$, де $V_M = 22,4 \text{ л/моль}$ - молярний об'єм газів за н.у., маємо:

$$V_n(\text{SO}_2) = n \cdot V_M = 735,29 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 16470,496 \text{ л} = 16,47 \text{ м}^3.$$

У формулу $\rho = \frac{m}{V}$ можна підставити молярні масу та об'єм газу за нормальних умов. Тоді густина газу за н. у.

$$\rho_n(\text{SO}_2) = \frac{M(\text{SO}_2)}{V_M} = \frac{64 \text{ г / моль}}{22,4 \text{ л / моль}} = 2,86 \text{ г / л.}$$

г) За законом Гей-Люссака при сталому тиску

$$\frac{V_n(\varrho)}{T_n} = \frac{V_T(\varrho)}{T},$$

де $V_n(\Gamma)$ і $V_T(\Gamma)$ – об'єм газу за н.у. та при температурі $T = t + T_n = t + 273 \text{ (K)}$.

Звідси

$$V_T(\text{SO}_2) = \frac{V_n(\text{SO}_2) \cdot T}{T_n} = \frac{16,47 \text{ м}^3 \cdot (1000 + 273) \text{ K}}{273 \text{ K}} = 76,8 \text{ м}^3.$$

д) Із закону Авогадро випливає, що відносна густина одного газу за іншим дорівнює відношенню їх молярних мас.

Середня молярна маса атмосферного повітря 29 г / моль .

Звідси $D_{\text{нов}}(\text{SO}_2) = \frac{M(\text{SO}_2)}{M(\text{нов})} = \frac{64 \text{ г / моль}}{29 \text{ г / моль}} = 2,2.$

е) Із $M(\text{реч}) = m(\Phi\text{O}) \cdot N_A$ маємо:

$$m_{\Phi\text{O}}(\text{CaSO}_4) = \frac{M(\text{CaSO}_4)}{N_A} = \frac{136 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 22,59 \cdot 10^{-22} \text{ г}$$

Відповіді: а) $n(\text{CaO}) = n(\text{SO}_2) = 735,29 \text{ моль}$;

б) $m(\text{CaO}) = 41,8 \text{ кг}$; $m(\text{SO}_2) = 47,058 \text{ кг}$;

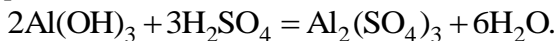
в) $V_n(\text{SO}_2) = 70,73 \text{ м}^3$; $\rho_n(\text{SO}_2) = 2,86 \text{ г / л}$;

г) $V_T(\text{SO}_2) = 76,8 \text{ м}^3$; д) $D_{\text{нов}}(\text{SO}_2) = 2,2$;

е) $m_{\Phi\text{O}}(\text{CaSO}_4) = 22,59 \cdot 10^{-23} \text{ г}$.

Приклад 2.

Для реакції



Розрахувати для всіх речовин: а) чинник еквівалентності; б) формульну кількість речовини; в) кількість речовини еквівалента.

Розв'язок.

	$\text{Al}(\text{OH})_3$	H_2SO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	H_2O
Чинник еквівалентності	1/3	1/2	1/6	1/2
Формульна кількість речовини	2 моль	3 моль	1 моль	6 моль
Кількість речовини еквівалента	6 моль	6 моль	6 моль	12 моль

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. При реагентному очищенні стічних вод, що містять йони купруму на першому етапі, утворюється купрум(II) гідроксид. Визначити масу реагенту NaOH для вилучення 100 кг йонів купруму зі стічних вод.

Завдання 2. При реагентному очищенні стічних вод, що містять йони нікелю на першому етапі, утворюється нікель(II) гідроксид. Визначити масу нікелю, що можна вилучити із застосуванням реагенту NaOH масою 100 кг.

Завдання 3. При реагентному очищенні стічних вод на другому етапі при взаємодії купрум(II) сульфату розчину утворюється основна сіль. Написати хімічну реакцію. Назвати основну сіль. Визначити стехіометричні співвідношення реагентів.

Завдання 4. При підкисленні води карбонатна кислота розкладається з утворенням CO_2 . За умов: маса кислоти 100 г; ступінь розкладу 99% визначити об'єм та густину CO_2 за н.у.

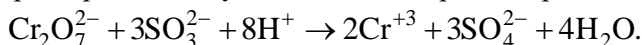
Завдання 5. При підкисленні води карбонатна кислота розкладається з утворенням CO_2 . За умов: маса кислоти 100 г; ступінь розкладу 99% визначити об'єм CO_2 при нормальному тиску і температурі 30° С.

Завдання 6. До розчину натрій карбонату додали кислоту: написати хімічну реакцію, визначити відносну густину утвореного газу за повітрям.

Завдання 7. Для нейтралізації водного розчину сульфатної кислоти додали гашене вапно. Написати рівняння

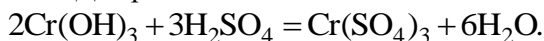
реакції нейтралізації. Визначити масу формульної одиниці сульфатної кислоти.

Завдання 8. Перша стадія знешкодження хромовмісних стічних вод включає стадію відновлення Cr^{+6} до Cr^{+3} . В випадку застосування в якості реагенту-відновника натрій сульфїту вище вказані перетворення описуються стехіометричним рівнянням:



Визначити кількість сульфїтного реагенту (моль) для відновлення 1 кг Cr^{+6} .

Завдання 9. Для реакції



Визначити для вихідних речовин та продуктів реакції чинник еквівалентності, формульну кількість речовини, кількість речовини еквіваленту.

Завдання 10. Розрахувати твердість за кальцієм для води за таких умов: в 1 л міститься 40 мг йонів Ca^{+2} .

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. БУДОВА АТОМА. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. Для елементів з порядковими номерами 20 та 26:

а) визначити положення їх в періодичній системі – вказати період, групу, підгрупу та електронну родину, до якої належить елемент;

б) вказати склад атома – визначити число електронів, протонів та нейтронів;

в) написати електронні формули елементів;

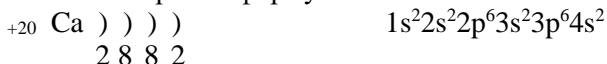
г) на основі електронної будови атома та положення в Періодичній системі елементів вказати формули бінарних сполук з Оксигеном та Гідрогеном, їх хімічні властивості.

Розв'язок. Елемент з порядковим номером **20** – це Кальцій, який знаходиться в 4 періоді, II групі, головній (A)

підгрупі, належить до родини s-елементів. Кількість енергетичних рівнів дорівнює чотирьом, а на останньому рівні перебуває два електрони.

Кількість електронів \bar{e} та кількість протонів 1_1p дорівнює порядковому номеру, тобто $\bar{e}=20$, ${}^1_1p=20$. Кількість нейтронів визначаємо за формулою: ${}^1_0n = A - Z=40-20=20$.

Електронна формула:

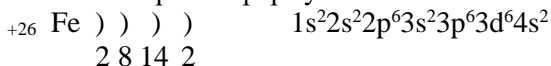


Оскільки елемент знаходиться в II групі, то вищий ступінь окиснення, який він виявляє +2. В цьому ступені окиснення він утворює з Оксигеном оксид CaO , який проявляє основні властивості і йому відповідає гідратна сполука Ca(OH)_2 – кальцій гідроксид, луг.

Елемент з порядковим номером **26** – це Ферум, який знаходиться в 4 періоді, VIII групі, побічній (B) підгрупі, належить до родини d-елементів. Кількість енергетичних рівнів дорівнює чотирьом, а на останньому рівні перебуває два електрони.

Кількість електронів \bar{e} та кількість протонів 1_1p дорівнює порядковому номеру, тобто $\bar{e}=26$, ${}^1_1p=26$. Кількість нейтронів визначаємо за формулою: ${}^1_0n = A - Z=56-26=30$.

Електронна формула:



Ступені окиснення Феруму +2 і +3. В цих ступенях окиснення він утворює з Оксигеном оксиди FeO і Fe_2O_3 . FeO – основний оксид, йому відповідає нерозчинна основа Fe(OH)_2 , а Fe_2O_3 – амфотерний оксид, якому відповідає нерозчинний гідроксид Fe(OH)_3 , який володіє амфотерними властивостями.

Приклад 2. Наведіть електронні формули йонів Cl^- та Cu^{2+} .

Розв'язок. Електронні формули атомів Хлору та Купруму мають вигляд:





Йон Cl^- буде мати на один електрон більше, ніж атом Cl , тобто:



Йон Cu^{2+} буде мати на два електрони менше, ніж атом Cu , тобто:



Приклад 3. Вказати значення квантових чисел (головного n , орбітального l , магнітного m , спінового m_s) електрона, який є останнім за порядком заповнення в атомі Магнію ${}_{12}\text{Mg}$.

Розв'язання. Електронна формула Магнію має вигляд $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. Останній за порядком заповнення електрон розташований на третьому енергетичному рівні, тому значення головного квантового числа $n = 3$. Для s -підрівня значення $l = 0$. Магнітне квантове число приймає значення $-l \leq m \leq l$, тому у цьому випадку $m = 0$. Спінове квантове число $m_s = \frac{1}{2}$.
Отже: $n = 3$, $l = 0$, $m = 0$, $m_s = \frac{1}{2}$.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Дати відповіді на запитання, наведені в прикладах 1, 2 та 3 відповідно до вашого варіанта (таблиця 1).

Завдання 1. Для елементів з вказаними порядковими номерами:

- а) визначити положення їх в періодичній системі – вказати період, групу, підгрупу та електронну родину, до якої належить елемент;
- б) вказати склад атома – визначити число електронів, протонів та нейтронів;
- в) написати електронні формули елементів;
- г) на основі електронної будови атома та положення в Періодичній системі елементів вказати формули бінарних сполук з Оксигеном та Гідрогеном, їх хімічні властивості.

Завдання 2. Наведіть електронні формули йонів.

Завдання 3. Вказати значення квантових чисел (головного n , орбітального l , магнітного m , спінового m_s) відповідного електрона.

Таблиця 1

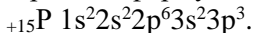
Варіант	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
1	22; 34	Ca^{2+}	$1s^2$
2	21; 17	Na^+	$2s^1$
3	23; 31	N^{3-}	$3d^1$
4	24; 33	O^{2-}	$3p^6$
5	25; 32	S^{4+}	$3p^5$
6	30; 15	P^{3+}	$3d^4$
7	27; 16	Al^{3+}	$2p^3$
8	29; 34	Se^{2-}	$3p^2$
9	28; 19	F^-	$1s^1$
10	38; 26	Br^-	$3p^1$

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК ТА БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ МОЛЕКУЛ

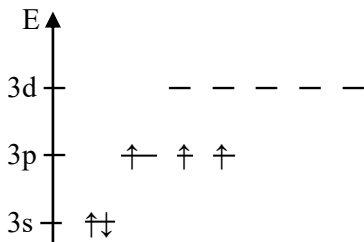
ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. Яку валентність, обумовлену неспареними електронами, може виявляти атом Фосфору в нормальному та збудженому станах?

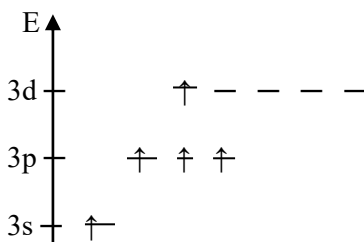
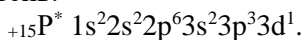
Розв'язок. Електронна формула атома Фосфору:



В атомі Фосфору в нормальному стані розподіл валентних електронів зовнішнього енергетичного рівня по атомних орбіталах має вигляд:



Атом Фосфору має вільну $3d$ -орбіталь, тому у збудженому стані можливий перехід одного $3s$ -електрона на $3d$ -підрівень:



Отже, валентність Фосфору у нормальному стані III (має 3 неспарених електрони на зовнішньому енергетичному рівні), у збудженому стані – V (має 5 неспарених електрони на зовнішньому енергетичному рівні).

Приклад 2. Укажіть тип зв'язку у речовині, яка утворена елементами з порядковими номерами 20 і 9.

Розв'язок. Елемент з порядковим номером 20 – це Кальцій – типовий лужноземельний металічний елемент. Елемент з порядковим номером 9 – це Флуор – типовий неметалічний елемент, галоген. Унаслідок їх сполучення утворюється речовина CaF_2 з йонним типом зв'язку.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Визначте, які орбіталі атомів беруть участь в утворенні хімічних зв'язків у молекулах H_2 , HF . Вкажіть тип хімічного зв'язку та зобразіть у вигляді валентних схем

будову молекул.

Завдання 2. Укажіть тип зв'язку у речовині, яка утворена елементами з порядковими номерами 1 і 35.

Завдання 3. Яку валентність, обумовлену неспареними електронами, може виявляти атом Сульфуру в нормальному та збудженому станах?

Завдання 4. Які типи хімічного зв'язку в молекулах HCl , $ZnCl_2$, N_2 , SO_2 , Na_2S ? Покажіть у вигляді валентних схем будову молекул з ковалентним зв'язком.

Завдання 5. Укажіть тип зв'язку у речовині, яка утворена елементами з порядковими номерами 17 і 19.

Завдання 6. Який хімічний зв'язок називають водневим? Між молекулами яких речовин він утворюється. Наведіть приклади. Як впливає утворення водневого зв'язку на фізичні властивості речовин?

Завдання 7. Поясніть, як утворюється хімічний зв'язок при взаємодії NH_3 та H^+ .

Завдання 8. Яку валентність, обумовлену неспареними електронами, може виявляти атом Хлору в нормальному та збудженому станах?

Завдання 9. Які хімічні зв'язки є в йоні гідроксонію H_3O^+ ? Вкажіть схему утворення H_3O^+ .

Завдання 10. Визначити тип хімічного зв'язку в молекулах: N_2 , HCl , CO_2 , $BaCl_2$. Покажіть утворення йонного зв'язку.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. РОЗЧИНИ ЯК ФІЗИКО-ХІМІЧНА СИСТЕМА, ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. До 700 г 6%-ного розчину сульфатної кислоти додали 200 г води. Обчислити масову частку H_2SO_4 в утвореному розчині.

Розв'язок. Із формули для визначення масової частки розчиненої речовини у розчині знаходимо масу сульфатної кислоти у початковому розчині:

$$m(H_2SO_4) = \frac{W(H_2SO_4) \cdot m_{(p-ny)}}{100\%} = \frac{6\% \cdot 700\text{г}}{100\%} = 42\text{ г.}$$

Знаходимо нову масу розчину, що утворився:

$$m_{1(p-ny)} = m_{(p-ny)} + m_{(H_2O)} = 700 + 200 = 900\text{ г.}$$

Обчислюємо масову частку H_2SO_4 в утвореному розчині:

$$W(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m_{1(p-ny)}} 100\% = \frac{42}{900} 100\% = 4,67\%.$$

Приклад 2. Визначити молярну концентрацію розчину, якщо в 500 мл його міститься 1,42 г натрій сульфату.

Розв'язок. Обчислюємо молярну концентрацію за формулою:

$$C_M = \frac{m(Na_2SO_4)}{M(Na_2SO_4) \cdot V} = \frac{1,42\text{ г}}{142\text{ г/моль} \cdot 0,5\text{ л}} = 0,02\text{ моль/л.}$$

де $M(Na_2SO_4) = 142\text{ г/моль}$ – молярна маса натрій сульфату.

Приклад 3. Визначити молярну концентрацію та молярну концентрацію еквівалента (нормальність) розчину сульфатної кислоти, якщо в 100 мл його міститься 4,9 г кислоти.

Розв'язок. Обчислюємо молярну концентрацію за формулою:

$$C_M = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4) \cdot V} = \frac{4,9\text{ г}}{98\text{ г/моль} \cdot 0,1\text{ л}} = 0,5\text{ моль/л.}$$

де $M(H_2SO_4) = 98\text{ г/моль}$ – молярна маса сульфатної кислоти.

Нормальність сульфатної кислоти знаходимо за формулою:

$$C_N(H_2SO_4) = Z \cdot C_M = 2 \cdot 0,5 = 1\text{н.}$$

де $Z = 2$ для сульфатної кислоти.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Обчислити масову частку кухонної солі згідно варіанту

1.1. З 500 г 5% розчину кухонної солі випаровували 100 г води. Обчислити масову частку кухонної солі в утвореному розчині.

1.2. З 700 г 5% розчину кухонної солі випаровували 100 г води. Обчислити масову частку кухонної солі в утвореному розчині.

1.3. З 500 г 3% розчину кухонної солі випаровували 100 г води. Обчислити масову частку кухонної солі в утвореному розчині.

1.4. З 500 г 5% розчину кухонної солі випаровували 200 г води. Обчислити масову частку кухонної солі в утвореному розчині.

1.5. З 600 г 5% розчину кухонної солі випаровували 150 г води. Обчислити масову частку кухонної солі в утвореному розчині.

Завдання 2. Обчислити масу речовини в грамах для приготування розчину з молярною концентрацією згідно варіанту

2.1. Скільки грамів харчової соди потрібно взяти для приготування 500 мл 0,1М розчину?

2.2. Скільки грамів харчової соди потрібно взяти для приготування 1000 мл 0,1М розчину?

2.3. Скільки грамів харчової соди потрібно взяти для приготування 500 мл 0,2М розчину?

2.4. Скільки грамів харчової соди потрібно взяти для приготування 300 мл 0,01М розчину?

2.5. Скільки грамів харчової соди потрібно взяти для приготування 200 мл 0,05М розчину?

Завдання 3. Обчислити масу речовини в грамах для приготування розчину з нормальною концентрацією згідно варіанту

3.1. В якому об'ємі 0,02н розчину кальцій хлориду міститься 5 г солі?

3.2. В якому об'ємі 0,05н розчину кальцій хлориду міститься 3 г солі?

3.3. В якому об'ємі 0,2н розчину кальцій хлориду міститься 7 г солі?

3.4. В якому об'ємі 0,3н розчину кальцій хлориду міститься 2 г солі?

3.5. В якому об'ємі 0,5н розчину кальцій хлориду міститься 1 г солі?

Завдання 4. Обчислити молярну концентрацію еквіваленту розчину кислоти згідно варіанту

4.1. Визначити молярну концентрацію еквіваленту 0,3 М розчину ортофосфатної кислоти.

4.2. Визначити молярну концентрацію еквіваленту 0,2 М розчину сульфатної кислоти.

4.3. Визначити молярну концентрацію еквіваленту 0,4 М розчину сульфітної кислоти.

4.4. Визначити молярну концентрацію еквіваленту 0,6 М розчину нітратної кислоти.

4.5. Визначити молярну концентрацію еквіваленту 0,45 М розчину хлоридної кислоти.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5-6.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ: КИСЛОТНО-ОСНОВНА РІВНОВАГА ЗА ПОКАЗНИКОМ pH ТА ОКИСНО-ВІДНОВНА КОНЦЕНТРАЦІЯ ЗА ПОКАЗНИКОМ Eh

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. Розрахувати pH 0,01 М розчину хлоридної кислоти.

Розв'язок. За формулою $pH = -lg C_M$ (кислоти) розраховуємо значення pH :

$$pH = -lg C_M \text{ (кислоти)} = -lg 0,01 = 2.$$

Приклад 2. Розрахувати величину rH_2 для морквяного соку за значеннями $pH = 6,7$ та $Eh = +100$.

Розв'язок. Показник rH_2 розраховується за формулою:

$$rH_2 = \frac{Eh}{0,029} + 2pH = \frac{100}{0,029} + 2 \cdot 6,7 = 3462 \text{ мВ.}$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Обчислити pH сильної одноосновної кислоти за формулою $pH = -\lg C_M$ (кислоти) згідно варіанту.

Таблиця 2

Варіант	C_M (кислоти), моль/л	Розраховане значення
1	0,1	
2	0,01	
3	0,001	
4	0,0001	
5	0,00001	

Завдання 2. Дослідити кислотно-лужний та окисно-відновний стан біологічно-активних рідин та в залежності від отриманих значень pH та Eh (табл. 3) розділити біологічно-активні рідини на групи за станом середовища (згідно варіанту).

Таблиця 3

Показники pH та Eh рідин, що застосовуються людиною
для вживання

Варіант	Назва рідини	Eh , мВ	pH
1	2	3	4
1	Свіжа тала вода	+95	8,3
2	Кип`ячена вода охолоджена	+218	8,2
3	Зелений чай	+55	7,0
4	Кава	+70	6,3
5	Мінеральна вода	+250	4,6
6	Кола	+320	2,7
7	Вода з водопроводу свіжа	+120	7,8
8	Вода з водопроводу відстояна 3 доби	+440	8,0
9	Молоко коров`яче свіже	+180	6,9
10	Сироватка молочна	+80	4,8
11	Сік морквяний	+100	6,7
12	Спирт нашатирний	-120	12,7

Завдання 3. Розглянути зв'язок Eh та pH окисно-відновної системи біологічних систем за допомогою величини rH_2 (згідно варіанту).

Виконати розрахунки згідно таблиці 4.

Таблиця 4

Варіанти завдань для розрахунків показника rH_2 .

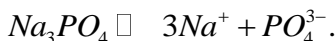
Варіант	Назва біологічно-активної рідини	rH_2 , В
1	Вода з водопроводу свіжа	
2	Вода з водопроводу відстояна 3 доби	
3	Вода мінеральна «Поляна Квасова»	
4	Вода бутильована	
5	Кава	
6	Кола	
7	Кип'ячена вода	
8	Молоко коров'яче свіже	
9	Сироватка молочна	
10	Молоко жіноче	
11	Сік морквяний	
12	Спирт нашатирний	

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7. ПРОЦЕСИ ГІДРОЛІЗУ СОЛЕЙ

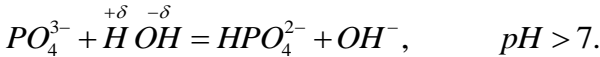
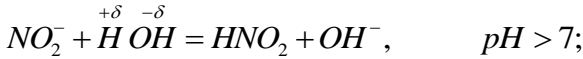
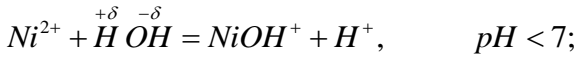
ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. Написати гідроліз солей та визначити характер середовища: NH_4NO_3 , $NiSO_4$, KNO_2 , Na_3PO_4 .

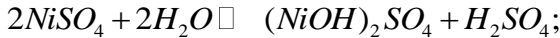
Розв'язок. А) Напишемо дисоціацію солей та визначимо залишок слабкого електроліту:



б) Напишемо скорочене рівняння гідролізу:

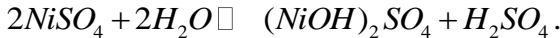


в) Напишемо повне рівняння гідролізу в молекулярній формі:

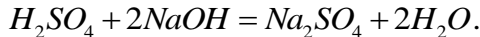


Приклад 2. До продуктів гідролізу солі $NiSO_4$ додали розчин лугу $NaOH$. Написати реакцію гідролізу з утворенням кінцевих продуктів.

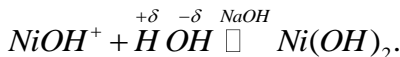
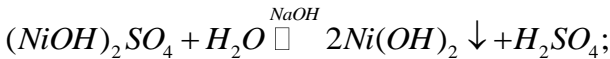
Розв'язок. А) Напишемо реакцію гідролізу за першим ступенем, що відбувається за звичайних умов (з врахуванням дії $NaOH$).



При додаванні розчину лугу рівновага гідролізу зміститься вправо внаслідок реакції:

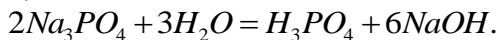


б) Напишемо реакцію за другим ступенем гідролізу з утворенням кінцевих продуктів:



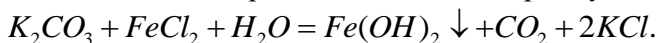
Приклад 3. Написати реакцію гідролізу при нагріванні розчину Na_3PO_4 .

Розв'язок. Напишемо реакцію гідролізу з утворенням кінцевих продуктів.



Приклад 4. Написати спільний гідроліз солей K_2CO_3 і $FeCl_2$.

Розв'язок. Напишемо реакцію спільного гідролізу солей:



КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища амонійної селітри (NH_4NO_3).

2. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища сульфат амонію ($(NH_4)_2SO_4$).

3. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища добрива амофоси ($(NH_4)_2HPO_4$).

4. Написати реакцію гідролізу з утворенням кінцевих продуктів коагулянту $FeCl_2$.

5. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища $[Al(OH)_2]Cl$.

6. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища $[Al(OH)]Cl_2$.

7. Написати реакцію гідролізу та визначити характер середовища амонійної селітри ($(FeOH)_2SO_4$).

8. Написати спільний гідроліз солей $NiSO_4$ і Na_3PO_4 .

9. Написати спільний гідроліз солей $CuCl_2$ і $NaNO_2$.

10. Написати спільний гідроліз солей $FeSO_4$ і $NaNO_2$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО КІНЕТИКУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 0,9$, ступінь перетворення $\alpha = 0,7$, постійна $A = 0,02$, порядок реакції $n = 1$.

Розв'язок. Швидкість гомогенної реакції знаходимо за формулою:

$$d\alpha/dt = K(C_0 / N)^n \cdot (N - \alpha)^n = A(N - \alpha)^n$$

де $A = K(C_0/N)^n - const.$

$$\begin{aligned} D\alpha/dt &= K(C_0 / N)^n \cdot (N - \alpha)^n = A(N - \alpha)^n = \\ &= 0,02 (0,9 - 0,7)^1 = 0,004. \end{aligned}$$

Приклад 2. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,2$ моль, кінцева концентрація $C_t = 0,05$ моль, час $t = 1000$ с.

Розв'язок. Швидкість знаходимо за формулою:

$$v = \frac{C_0 - C_1}{t} = \frac{0,2 - 0,05}{1000} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \cdot \text{с}.$$

Приклад 3. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,2$ моль, $C_t = 0,02$ моль, час $t = 1620$ с.

Розв'язок. Ступінь перетворення знаходимо за формулою:

$$\alpha = \frac{C_0 - C_1}{C_0} = \frac{0,2 - 0,02}{0,2} = 0,9 \text{ або } 90\%.$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Розрахунок швидкості реакції

1.1. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 1$, ступінь перетворення $\alpha = 0,8$, постійна $A = 0,02$, порядок реакції $n = 1$.

1.2. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 0,5$, ступінь перетворення $\alpha = 0,4$, постійна $A = 0,02$, порядок реакції $n = 1$.

1.3. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 1$, ступінь перетворення $\alpha = 0,8$, постійна $A = 0,04$, порядок реакції $n = 1$.

1.4. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 1$, ступінь перетворення $\alpha = 0,5$, постійна $A = 0,01$, порядок реакції $n = 1$.

1.5. Розрахувати швидкість гомогенної реакції за таких умов: стехіометрична норма реагенту $N = 1,2$, ступінь перетворення $\alpha = 0,8$, постійна $A = 0,02$, порядок реакції $n = 2$.

Завдання 2. Розрахунок швидкості перетворення речовини

2.1. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,16$ моль, кінцева концентрація $C_t = 0,056$ моль, час $t = 1080$ с.

2.2. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,26$ моль, кінцева концентрація $C_t = 1,056$ моль, час $t = 2080$ с.

2.3. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,36$ моль, кінцева концентрація $C_t = 0,256$ моль, час $t = 1080$ с.

2.4. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,46$ моль, кінцева концентрація $C_t = 0,056$ моль, час $t = 3080$ с.

2.5. Розрахувати швидкість перетворення речовини (гомогенна система) за таких умов: початкова концентрація $C_0 = 0,2$ моль, кінцева концентрація $C_t = 0,1$ моль, час $t = 1080$ с.

Завдання 3. Розрахунок ступеня перетворення

3.1. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,16$ моль, $C_t = 0,016$ моль, час $t = 1620$ с.

3.2. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,26$ моль, $C_t = 0,016$ моль, час $t = 620$ с.

3.3. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,36$ моль, $C_t = 0,216$ моль, час $t = 1620$ с.

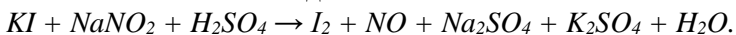
3.4. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,2$ моль, $C_t = 0,016$ моль, час $t = 520$ с.

3.5. Розрахувати ступінь перетворення речовини за таких умов: $C_0 = 0,3$ моль, $C_t = 0,01$ моль, час $t = 720$ с.

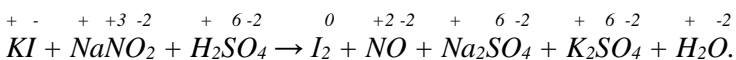
ПРАКТИЧНА РОБОТА 9. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

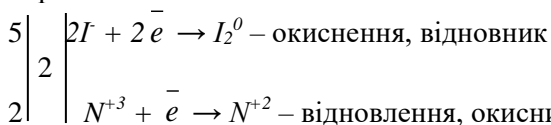
Приклад. Для окисно-відновної реакції (ОВР) підібрати коефіцієнти методом електронного балансу і вказати окисник та відновник. Написати електронні рівняння процесів окиснення та відновлення. Визначити молярні маси еквівалентів окисника та відновника.



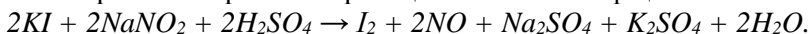
Розв'язок. Визначаємо ступені окиснення елементів до реакції і після реакції:



Випишуємо електронні рівняння та складаємо електронний баланс:



Урівнюємо рівняння реакції на основі коефіцієнтів:



В даній реакції KI є відновник, а $NaNO_2$ – окисник.

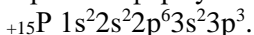
$$M_E(Ox) = M_E(NaNO_2) = \frac{1}{z} M(NaNO_2) = \frac{1}{1} 69 = 69 \text{ г/моль-екв.}$$

$$M_E(Re d) = M_E(KJ) = \frac{1}{z} M(KJ) = \frac{1}{1} 166 = 166 \text{ г/моль-екв.}$$

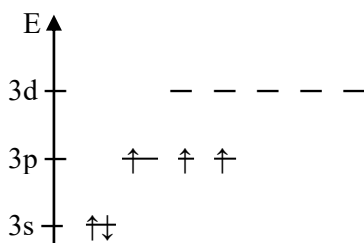
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання, сформульовані в прикладі, виконати щодо схем окисно-відновних реакцій, взятих з таблиці 5 **Приклад 1**. Яку валентність, обумовлену неспареними електронами, може виявляти атом Фосфору в нормальному та збудженому станах?

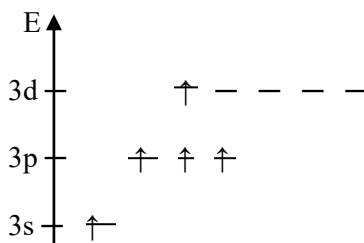
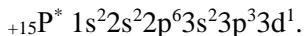
Розв'язок. Електронна формула атома Фосфору:



В атомі Фосфору в нормальному стані розподіл валентних електронів зовнішнього енергетичного рівня по атомних орбіталах має вигляд:



Атом Фосфору має вільну $3d$ -орбіталь, тому у збудженому стані можливий перехід одного $3s$ -електрона на $3d$ -підрівень:



Отже, валентність Фосфору у нормальному стані III (має 3 неспарених електрони на зовнішньому енергетичному рівні), у збудженому стані – V (має 5 неспарених електрони на зовнішньому енергетичному рівні).

Приклад 2. Укажіть тип зв'язку у речовині, яка утворена елементами з порядковими номерами 20 і 9.

Розв'язок. Елемент з порядковим номером 20 – це Кальцій – типовий лужноземельний металічний елемент. Елемент з порядковим номером 9 – це Флуор – типовий неметалічний елемент, галоген. Унаслідок їх сполучення утворюється речовина CaF_2 з йонним типом зв'язку.

згідно вашого варіанта.

Таблиця 5

Варіант	Схема ОВР
1	$KmnO_4 + H_2S + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + S + K_2SO_4 + H_2O$
2	$Ca + HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$
3	$K_2Cr_2O_7 + HI + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$
4	$CrCl_3 + KOH + Br_2 \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + KBr + H_2O$
5	$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + NO$
6	$KCl + KmnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Cl_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
7	$Na_2CrO_4 + NaBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 + Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$
8	$CaH_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$
9	$Al + NO_2 + H_2O + KOH \rightarrow NH_3 + K[Al(OH)_4]$
10	$Ag_2S + HNO_3 \rightarrow NO + S + AgNO_3 + H_2O$

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10. ЗАКОНИ ЕЛЕКТРОЛІЗУ

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ

Приклад 1. При електролізі водного розчину купрум(II) сульфату за 5 годин при силі струму 25 А виділилось на катоді 125 г міді. Визначити вихід міді (%) за струмом.

Розв'язок. За законом Фарадея знаходимо масу міді, яка теоретично виділиться на катоді:

$$m(\text{Cu}) = \frac{I \cdot \tau \cdot M_{\text{екв}}(\text{Cu})}{F},$$

де I – сила струму, А; τ – час електролізу, год; F – стала Фарадея (26,8 А·год/моль або 96500 Кл/моль); $M_{\text{екв}}(\text{Cu})$ – молярна маса еквівалентів міді ($M_{\text{екв}}(\text{Cu}) = \frac{M(\text{Cu})}{z} = \frac{64}{2} = 32$ г/моль – екв).

Отже,

$$m(\text{Cu}) = \frac{25 \cdot 5 \cdot 32}{26,8} = 149,3 \text{ г.}$$

Вихід міді (%) за струмом визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{m(\text{Cu})_{\text{практ}}}{m(\text{Cu})_{\text{теор}}} 100\% = \frac{125}{149,3} 100\% = 83,7\%.$$

Приклад 2. Скільки грамів міді виділиться на катоді при пропусканні струму силою 4 А через розчин CuSO_4 протягом 18 хв.

Розв'язок. Користуючись формулою

$$m = \frac{M_{\text{Е}}}{96500} I \cdot \tau,$$

Визначаємо

$$m = \frac{M_{\text{Е}}(\text{Cu}) \cdot I \cdot \tau}{96500}.$$

Молярна маса еквіваленту міді $M_{\text{Е}} = \frac{M}{n}$,

де n – валентність, $n = 2$.

$$M_{\text{Е}}(\text{Cu}) = \frac{63,54}{2} = 31,77 \text{ г/моль-екв.}$$

$$m(\text{Cu}) = \frac{31,77 \cdot 4 \cdot 1080}{96500} = 1,422 \text{ г.}$$

Приклад 3. Струм проходить через розчин кислоти. Виділяється протягом 6 хв. 120 см³ водню, виміряного при 17° С та тиску 98910 Н/м². Визначити силу струму.

Розв'язок. Визначаємо масу водню за рівнянням Клапейрона-Менделєєва

$$m = \frac{M \cdot P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{2,016 \cdot 98910 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}}{8,313 \cdot 290} = 0,009924 \text{ г}$$

$$T = 17^\circ + 273 = 290 \text{ К}$$

Силу струму знаходимо за законом Фарадея

$$I = \frac{0,009924 \cdot 96500}{1,008 \cdot 360} = 2,638 \text{ А}$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Струм силою 2,2 А проходить через розчин CuSO_4 протягом двох годин. Розрахувати масу міді, що виділяється на катоді.

Завдання 2. Скільки г сірчаної кислоти утворюється при електролізі розчину CuSO_4 протягом 3 год. 10 хв. Струмом силою 0,56 А?

Завдання 3. Розрахувати електрохімічний еквівалент цинку, якщо при електролізі розчину солі струмом силою 2,8 А за 5 хв. 32 с. виділяється 0,314 г цинку.

Завдання 4. Через розчин FeCl_2 пропускають струм силою 3 А протягом 12 хв, а через розчин FeCl_3 – струм силою 4 А (протягом того ж часу). В якому випадку виділяється більше заліза? Відповідь обґрунтувати розрахунком.

Завдання 5. Через з'єднані послідовно розчини SnCl_2 та SnCl_4 проходить електричний струм протягом 10 хв. Силою 3 А. Розрахувати кількість Sn та Cl_2 , які виділяються.

Завдання 6. Через розчин BaI пропускають електричний струм силою 5,2 А протягом 18 хв. Які сполуки і в якій кількості виділяються на електродах?

Завдання 7. Розрахувати електрохімічні еквіваленти Ag , Cu , Hg , Au , Bi в еквівалентах: AgNO_3 , CuSO_4 , HgCl_2 , AuCl_3 , BiCl_3 .

Завдання 8. Які процеси відбуваються на електродах при електролізі розчину солі нікелю NiCl_2 . Як змінюється маса анода після пропускання струму силою 3,2 А протягом 30 хв.?

Завдання 9. Через розчин $MgCl_2$ пропускали протягом двох годин електричний струм силою 3,2 А. Які реакції відбуваються на електродах? Які речовини та в яких кількостях виділяються?

Завдання 10. Скільки часу потрібно для розкладу 1 моль води струмом силою 6 А?

ЛІТЕРАТУРА:

1. Яцков М. В., Войцешевський Б. Д. Хімія. Частина I : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 247 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/16802>.

2. Яцков М. В., Войцешевський Б. Д. Хімія. Частина II : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 381 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/14834>.

3. Буденкова Н. М., Вербецька К. Ю. Хімія : інтеракт. комплекс навч.-метод. забезп. Рівне : НУВГП, 2006. 63 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1825>

4. Манековська І. Є., Яцков М. В. Хімія, частина I (загальнотеоретична) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2005. 187 с.

5. Манековська І. Є., Яцков М. В. Хімія, частина II (Хімія елементів) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2009. 154 с.

Розчинність в воді основ та солей

Катіон	Аніон											
	OH ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
Mg ²⁺	м	н	р	р	р	р	н	р	н	н	н	р
Ca ²⁺	м	н	р	р	р	м	н	м	н	н	н	р
Ba ²⁺	р	м	р	р	р	р	н	н	н	н	н	р
Al ³⁺	н	м	р	р	р	—	—	р	н	—	н	м
Cr ²⁺	н	н	р	р	р	—	—	р	н	—	н	р
Mn ²⁺ , Zn ²⁺	н	м	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р
Co ²⁺ , Ni ²⁺	н	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р
Fe ²⁺	н	н	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р
Fe ³⁺	н	н	р	р	р	—	—	р	н	н	н	р
Cd ²⁺	н	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р
Hg ²⁺	—	—	р	м	н	н	н	р	—	н	н	р
Cu ²⁺	н	н	р	р	р	н	н	р	н	н	н	р
Ag ⁺	—	р	н	н	н	н	н	м	н	н	н	р
Sn ²⁺	н	р	р	р	р	н	—	р	—	—	н	р
Pb ²⁺	н	н	м	м	н	н	н	н	н	н	н	р

* В воді легкорозчинні всі гідроксиди лужних металів, всі солі амонію, всі кислі солі та нітрати.
Малорозчинні або практично нерозчинні всі основні солі.

Умовні позначення: **р** – $k_s > 1\text{г}/100\text{г}$; **м** – $0,1\text{г}/100\text{г} < k_s < 1\text{г}/100\text{г}$; **н** – $k_s < 0,1\text{г}/100\text{г}$;

— – речовина не існує або розкладається водою.

Константи дисоціації деяких слабких електролітів в воді при 25° С

Електроліт	Рівняння дисоціації	K_d	$pK_d = -\lg K_d$
Амоній гідроксид	$\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$1,79 \cdot 10^{-5}$	4,75
Ацетатна кислота	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	$1,86 \cdot 10^{-5}$	4,73
Вода	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$	$1,8 \cdot 10^{-16}$	15,73
Гідроген пероксид	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO}-\text{O}^- (\text{HO}_2^-)$	$d \cdot 10^{-12}$	d12
Карбонатна кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$4,31 \cdot 10^{-7}$	6,37
	$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	$5,61 \cdot 10^{-11}$	10,25
Нітритна кислота	$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$	$4 \cdot 10^{-4}$	3,40
Метасилікатна кислота	$\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HsiO}_3^-$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	9,49
	$\text{HsiO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	11,80
Сульфідна кислота	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$	$8,9 \cdot 10^{-8}$	7,05
	$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-13}$	12,89
Сульфитна кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	1,89
	$\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
Ортофосфатна кислота	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$7,51 \cdot 10^{-3}$	2,12
	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$6,23 \cdot 10^{-8}$	7,21
	$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$	12,66
Фторидна кислота	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$	$7,40 \cdot 10^{-4}$	3,13
Ціанідна кислота	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$	$7,2 \cdot 10^{-10}$	9,14