

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Попович Т.А.  
Вишне夫ська Л.В.**

**ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

**(ЧАСТИНА 2. Хімія елементів)**

Лабораторний практикум  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
фармацевтичних спеціальностей галузі знань 22 Охорона здоров'я  
(денна та заочна форми навчання)

Херсон – 2023

УДК 546(076.5)

*Рекомендовано вченою радою  
Херсонського державного університету  
в якості лабораторного практикуму із загальної та неорганічної хімії для здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти фармацевтичних спеціальностей  
галузі знань 22 Охорона здоров'я денної та заочної форм навчання  
(від 25.09.2023 р., протокол № 4)*

**Укладачі:**

**Попович**

**Тетяна Анатоліївна** – кандидатка технічних наук, доцентка кафедри хімії та фармації  
Херсонського державного університету

**Вишневська**

**Людмила Василівна** – кандидатка педагогічних наук, доцентка кафедри хімії та фармації  
Херсонського державного університету;

**Рецензенти:**

**Гуральський**

**Ілля Олександрович** – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник хімічного  
факультету Київського національного університету імені Тараса  
Шевченка, старший дослідник

**Циганков**

**Сергій Андрійович** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та фармації  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя

**Попович Т.А., Вишневська Л.В.**

Загальна та неорганічна хімія (Частина 2. Хімія елементів): Лабораторний практикум для  
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти фармацевтичних спеціальностей  
галузі знань 22 Охорона здоров'я (денна та заочна форми навчання). – Херсон, 2023. –  
200 с.

Лабораторний практикум призначений для підготовки здобувачів першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 226 Фармація, промислова фармація до  
виконання лабораторних робіт з обов'язкової освітньої компоненти «Загальна та  
неорганічна хімія» та є логічним продовженням навчально-методичного видання «Загальна  
та неорганічна хімія (Частина 1. Загальна хімія): Лабораторний практикум.

Розроблений практикум містить програму курсу, перелік основних теоретичних  
питань для самопідготовки студентів із переліком рекомендованих джерел, як друкованих,  
так і інтернет-джерел, комплекс лабораторних робіт з хімії s-, p-, d-елементів з методичними  
вказівками до їх практичного виконання і правилами безпеки, контрольні запитання для  
самостійної роботи студентів у формі питань і вправ.

Лабораторний практикум рекомендовано для здобувачів закладів вищої освіти  
фармацевтичних спеціальностей, а також може бути використаний студентами біологічних  
та медичних спеціальностей для аудиторної та позааудиторної (самостійної) роботи  
здобувачів.

ISBN 978-617-7090-79-2

УДК 546(076.5)

© Попович Т.А., 2023

© Вишневська Л.В., 2023

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>4</b>
<b>Правила роботи в хімічній лабораторії та техніка безпеки.....</b>	<b>8</b>
<b>Оформлення лабораторного журналу та звіту.....</b>	<b>16</b>
<b>Критерії оцінювання.....</b>	<b>19</b>
<b>Програмні питання .....</b>	<b>24</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ХІМІЯ s-, p-ЕЛЕМЕНТІВ.....</b>	<b>41</b>
Лабораторна робота №1. Гідроген та його сполуки.....	42
Лабораторна робота №2. Хлор, Бром, Іод та їх сполуки .....	56
Лабораторна робота №3. Оксиген, оксиди та пероксиди .....	66
Лабораторна робота №4. Сульфур та його сполуки.....	74
Лабораторна робота №5. Нітроген, Фосфор та їх сполуки.....	83
Лабораторна робота №6. Карбон, Силіцій та їх сполуки.....	93
Лабораторна робота №7. Бор, Алюміній та їх сполуки.....	102
Лабораторна робота №8. Елементи ІА – ІІА груп та їх сполуки....	110
<b>РОЗДІЛ 2. ХІМІЯ d-ЕЛЕМЕНТІВ.....</b>	<b>120</b>
Лабораторна робота №9. Купрум, Аргентум та їх сполуки.....	120
Лабораторна робота №10. Цинк, Кадмій, Меркурій та їх сполуки.....	128
Лабораторна робота №11. Хром та його сполуки.....	136
Лабораторна робота №12. Манган та його сполуки.....	143
Лабораторна робота №13. Ферум, Кобальт, Нікол та їх сполуки.....	150
<b>ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ.....</b>	<b>162</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>194</b>

---

---

## ПЕРЕДМОВА

---

---

Шановні студенти, ви продовжуєте вивчення обов'язкової освітньої компоненти «Загальна та неорганічна хімія», яка є основою базових знань перед вивченням студентами фармацевтичних спеціальностей всіх хімічних і фахових дисциплін і помітною мірою сприяє формуванню у вас, як загальних, так і спеціальних фахових компетентностей, формуванню наукового світогляду, а також здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності в галузі фармації.

Важливо пам'ятати, що однією із важливих складових процесу навчання є лабораторне заняття, мета якого полягає у формуванні у вас вмінь і навичок самостійної експериментальної роботи. Авторами розроблено лабораторний практикум «Загальна та неорганічна хімія. Частина 2. Хімія елементів», який допоможе вам в поглибленні знань про біогенні елементи та їх ролі в живих організмах; формуванні у вас вмінь в одержанні та дослідженні властивостей хімічних сполук, що застосовуються в фармацевтичній та медичній практиці; формуванні навичок роботи з хімічним обладнанням, посудом, реактивами, виконанні правил техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії; розширенні навичок і вмінь при плануванні експерименту та проведенні аналізу і обробці експериментальних даних, вмінні робити ґрунтовні висновки.

Структура запропонованого лабораторного практикуму «Загальна та неорганічна хімія. Частина 2. Хімія елементів» представлена вступною частиною (правила роботи в хімічній

лабораторії та техніка безпеки, оформлення лабораторного журналу та звіту, критерії оцінювання, програмні питання), двома розділами з лабораторними роботами за темами «Хімія s- і p-елементів» і «Хімія d-елементів», довідковим матеріалом та рекомендованою літературою.

В першому розділі лабораторного практикуму нами сформовано вісім лабораторних занять для виконання вами експериментальної роботи з хімії органогенних елементів (H, O, C, N, S, Cl, P), галогенів (Cl, Br, I), деяких макроелементів (Na, K, Mg, Ca тощо).

Другий розділ посібника містить п'ять експериментальних робіт із дослідження властивостей сполук d-елементів, які необхідні для нормального функціонування організму і входять до складу фармацевтичних препаратів (Fe, Co, Cu тощо).

Зміст розроблених лабораторних робіт має чітку структуру для допомоги вам при підготовці, проведенні та захисту експериментальних робіт. Так, кожна лабораторна робота містить:

- тему, мету, завдання роботи;
- комплекс основних теоретичних питань для самопідготовки із переліком рекомендованих джерел, як друкованих, так і інтернет-джерел;
- список реактивів і обладнання для експериментальної роботи;
- перелік хімічних дослідів з умовами їх проведення та основними етапами експерименту;
- питання для самоконтролю.

Для результативного виконання експериментальної роботи рекомендуємо вам в процесі її підготовки:

- ґрунтовно опрацювати теоретичний матеріал відповідно до теми і мети роботи, користуючись лекційним матеріалом і рекомендованою літературою, з акцентуванням уваги на питаннях для самопідготовки, які зазначені в структурі кожної лабораторної роботи;
- ознайомитися у вступній частині лабораторного практикума з правилами техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії та при роботі з хімічними речовинами, правилами оформлення лабораторного журналу та звіту, критеріями оцінювання роботи;
- відповісти на питання для перевірки ваших знань, умінь і навичок, яких ви набули під час підготовки до заняття і при виконанні роботи, а на допомогу вам при виконанні цієї частини роботи надано алгоритми характеристик хімічних елементів, простих і складних речовин в пункті «Програмні питання» та інформаційні джерела практикуму «Довідковий матеріал» і «Рекомендована література».

В лабораторному практикумі застосована сучасна міжнародна номенклатура і класифікація хімічних речовин відповідно до IUPAC, міжнародна система фізичних величин та їх одиниць, сучасна хімічна термінологія.

Колектив авторів розробленого лабораторного практикуму сподівається, що запропоновані лабораторні роботи будуть для вас інтелектуально-пізнавальними і сприятимуть формуванню вмінь

виявляти причинно-наслідкові зв'язки, функціональні залежності між фактами, явищами та процесами; нададуть змогу поглиблювати вміння і навички використання методів науково-дослідницької діяльності.

Бажаємо вам успіхів в цікавому світі експериментальної хімії.

З повагою, колектив авторів.

---

---

## ПРАВИЛА РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

---

---

### Порядок роботи в хімічній лабораторії

Загальні правила підготовки та проведення лабораторних робіт.

1. До початку роботи необхідно ґрунтовно опрацювати теоретичний лекцій.
2. Ознайомитися зі змістом лабораторної роботи та заповнити хід роботи в робочому журналі таким чином, щоб був зрозумілий покрововий рух проведення експериментів.
3. Ознайомитися з правилами техніки безпеки перед початком лабораторного заняття.
4. В лабораторії обов'язково потрібно працювати в хімічному халаті.
5. Під час роботи в хімічній лабораторії дотримуватися порядку і тиші.
6. В період виконання лабораторних робіт практикуму за студентом кожної академічної групи має бути закріплене постійне робоче місце, яке він повинен тримати в чистоті.
7. Перед виконанням дослідів здобувач повинен переконатися в тому, що всі необхідні для дослідів реактиви і посуд є в наявності.
8. Виконувати лабораторну роботу потрібно чітко за інструкцією без відхилень. Зміни до порядку проведення дослідів може вносити тільки викладач.
9. При виконанні лабораторної роботи ретельно дотримуватися всіх правил техніки безпеки.



10. Користуватися лише реактивами, приготовленими для відповідного лабораторного заняття. Реактиви, які розміщені у витяжній шафі забороняється переносити на робочі місця.
11. Звертати увагу на написи на склянках реактивів і використовувати тільки ті, які відповідають необхідним для дослідів концентраціям.
12. Реактиви розходувати економно, у кількостях. Які зазначені в ході лабораторної роботи.
13. Надлишок реактиву не переносити назад у посудину, а збирати його у спеціальних склянках.
14. Після використання реактиву посудину, в якій він зберігався, потрібно закрити кришкою і поставити на місце.
15. Сухі реактиви слід брати чистими і сухими шпателями, а після роботи вимити чи обтерти фільтрувальним папером.
16. Після роботи з піпеткою її потрібно ретельно вимити і висушити і тільки потім відбирати іншу рідину.
17. В разі виникнення питань стосовно ходу роботи, необхідно за роз'ясненнями звернутися до викладача.
18. Після закінчення кожного дослідів слід записувати в робочий журнал спостереження та сформулювати висновки.
19. Оформлений лабораторний журнал після роботи надається викладачеві, який перевіряє правильність проведення дослідів та записи до них, підписує роботу і оцінює її.
20. Після закінчення лабораторної роботи здобувач прибирає робоче місце, показує його черговому, а останній після лабораторного заняття здає лабораторію лаборанту.

## **Техніка безпеки при роботі в хімічній лабораторії**

На першому лабораторному занятті кожного навчального семестру викладач для академічної групи студентів проводить первинний або вторинний інструктаж про дотримання правил роботи в хімічній лабораторії та техніки безпеки, після чого здобувачі підтверджують свої знання правил безпеки підписами в журналі інструктажу.

1. Слід пам'ятати, що виконання кожного досліду вимагає від здобувача обережності і уваги.
2. Перш ніж приступити до виконання досліду, необхідно чітко усвідомити хімічні властивості речовин, їх токсичність, вогнебезпечність та можливість утворення вибухонебезпечних сумішей з іншими речовинами.
3. Ні в якому разі не пробувати на смак будь-які реактиви.
4. Виконувати в лабораторії тільки досліди, які заявлені в лабораторній роботі.
5. В лабораторії не дозволяється працювати та залишатися одному студенту без викладача чи лаборанта.
6. Працювати з концентрованими розчинами кислот та лугів, а також з лужними металами і речовинами, що мають різкий запах або є отруйними, потрібно тільки за склом витяжної шафи.
7. Дверцята витяжної шафи при роботі з небезпечними речовинами повинні бути підняті на 1/5-1/4 її висоти, а після роботи щільно закриті.

8. Гази, які виділяються в ході реакції, можна нюхати тільки направляючи до себе долонею руки повітря від отвору пробірки і ні в якому разі не нахилятися до посудини.
9. Переливати рідину потрібно обережно, щоб у випадку утворення бризків, вони не потрапили на відкриті ділянки шкіри.
10. Обережно поводитися з рідиною, яка нагрівається і не нахилятися над колбою, в якій рідина, що кипить, може розбризкуватися.
11. При нагріванні рідини в пробірці, її потрібно тримати нахиленою і рівномірно прогрівати пробірку 1-2 с, а потім нагрівати рідину на дні пробірки. Отвір пробірки потрібно направляти в бік від себе та студентів.
12. Концентровану сульфатну кислоту розбавляють за наступним правилом: кислоту наливають до води, а не навпаки, бо в протилежному випадку, краплі кислоти, які мають більшу густину ніж вода, можуть розбризкуватися і гарячий розчин кислоти може потрапити на шкіру.
13. Розчини, приготування яких супроводжується екзотермічною реакцією, потрібно в порцеляновому посуді або в посуді з тонкостінного скла.
14. Розчини лугів готують попереньо розрахувавши об'єм води і добавляючи до нього тверді частинки лугів. Подрібнювати шматки калій гідроксиду чи натрій гідроксиду необхідно загорнувши їх в тканину.
15. Залишки вибухонебезпечних та вогненебезпечних речовин (червоний і білий фосфор, лужні та лужноземельні метали тощо)

не можна викидати чи виливати в раковину. Такі речовини необхідно збирати в спеціальний посуд або нейтралізувати в ході реакції.

16. Роботу з галогенами, наприклад з бромом, слід проводити тільки у витяжній шафі для запобігання вдихання його парів, а також потрапляння на відкриті ділянки шкіри.
17. Роботу з лужними металами необхідно проводити у витяжній шафі, контролюючи, щоб поблизу не було води і водних розчинів. Діставати лужні метали із склянки потрібно металевим пінцетом, різати на фільтрувальному папері металевим скальпелем.
18. Залишки лужних металів ні в якому разі не викидайте в смітник, а нейтралізуйте етиловим спиртом до повного їх розчинення.
19. Особливо обережним слід бути при роботі з апаратом Кіппа при добуванні водню, так як при неправильному використанні приладу може відбутися вибух. Тому перед тим, як почати працювати з ним, треба обов'язково уважно вивчити додатковий інструктаж про користування апаратом Кіппа. При роботі з апаратом Кіппа, який заправлений на добування водню, слід додержуватися таких правил безпеки:
  - а) категорично забороняється наявність поблизу апарату запаленого пальника;
  - б) перед тим, як почати роботу з воднем, який отримали дією хлоридної кислоти на цинк, необхідно послідовно на протязі трьох разів витиснути повітря з приладу, а потім перевірити газ на чистоту. Для цього треба пробірку обмотати рушником і зібрати в неї водень,

тримаючи пробірку догори дном. Після цього закрити пробірку пальцем, піднести до запаленого пальника і відвести палець. Свистячий гучний звук, що супроводжує горіння водню, свідчить, що водень містить домішки кисню повітря. Горіння чистого водню супроводжується глухим звуком. Пробу водню на чистоту рекомендовано повторювати доти, поки водень не виявиться чистим. Лише після цього з воднем можна проводити хімічні реакції.

20. Великої обережності потребує робота з газовими пальниками, як є потенційними джерелами виникнення пожежі.
21. У випадку займання речовин, з якими проводяться дослідження, слід негайно накривити доступ газу до пальника, вимкнути електронагрівальні прилади, відставити посуд з речовинами і вжити таких заходів пожежогасіння:
  - а) засипати піском, накрити асбестовою тканиною чи протипожежною ковдрою речовини, які горять;
  - б) фосфор слід гасити мокрим піском або водою.
22. У хімічній лабораторії забороняється вживати їжу, пити напої і воду з хімічного посуду.
23. Після закінчення роботи необхідно ретельно вимити руки з милом.
24. Здобувачі, які не дотримуються правил техніки безпеки або свідомо їх порушують, до виконання лабораторних робіт не допускаються.

## **Правила надання першої домедичної допомоги**

1. Відповідно при термічних опіках шкіри I-II ступеня (I ст.- почервоніння шкіри; II ст. – утворення пухирів) необхідно охолодити місце опіку шляхом промивання протягом щонайменше 20 хвилин водою кімнатної температури до припинення болю. Після охолодження накласти на місце опіку чисту, стерильну суху марлеву пов'язку. Пов'язка не повинна здійснювати тиск на м'які тканини. У разі отримання сильних опіків необхідно звернутися до лікаря. При наданні домедичної допомоги при опіках забороняється: надсікати пухирі, що утворилися у результаті опіку; при обробці опіків користуватися йодом; використовувати лід, оскільки це може посилити травму; намагатися відривати тканину, яка прилипла до рани; змащувати рану маслом, масляними мазями або іншими жирними речовинами, які можуть підтримувати високу температуру у місці опіку, а отже, призвести до його поширення вглибину та за площею.
2. У разі потрапляння на шкіру концентрованої кислоти, потрібно швидко витерти тканиною уражене місце, потім опік промити великим об'ємом води, після чого промити уражену ділянку шкіри розчином питної соди з масовою часткою 2%.
3. Розчини лугів слід змивати водою до зникнення відчуття слизькості. Потім промити ділянку шкіри розчином ацетатної кислоти з масовою часткою 2%.

4. При потраплянні хімічних небезпечних речовин в очі слід негайно промити їх великою кількістю води і звернутися до лікаря.

5. При отруєнні хлором, парами бромом, гідрогенхлоридом, оксидами Нітрогену, парами амоніаку, гідрогенсульфідом, карбон(II) оксидом слід надати постраждалому максимум свіжого повітря та викликати лікаря. Крім того:

а) при тяжкому отруєнні хлором необхідно дихати киснем та парами нашатирного спирту;

б) при потраплянні парів бромом в дихальні шляхи необхідно вдихати 3-5%-ну газоповітряну суміш, що містить амоніак, а очі, ніс і ротову порожнину промивати 5%-им розчинами питної соди або етанолу;

в) при тяжкому отруєнні гідрогенсульфідом необхідно надати постраждалому свіже повітря та вдихати кисень;

г) при отруєнні розчином амоніаку постраждалому дати випити велику кількість води з додаванням оцтової кислоти або лимонного соку. Викликати блювання. Дати випити рослинне масло, молоко або яєчний білок. При отруєнні внаслідок вдихання парів амоніаку слід вивести постраждалого на свіже повітря та зробити інгаляцію водяними парами;

д) в якості засобів першої медичної допомоги при гострих отруєннях оксидами Нітрогену дають пити молоко і використовують кисневе дихання;

е) головною протиотрутою при отруєнні карбон(II) оксидом слугує свіже повітря та вдихання кисню.

---



---

## ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛУ ТА ЗВІТУ

---



---

Основні задачі навчальної лабораторної роботи визначаються дидактичними принципами вищої школи: принципами самостійності і творчого пошуку в процесі навчання, метою яких є ознайомлення з речовинами, пояснення їх властивостей на основі структурних і термодинамічних уявлень, а також цілеспрямоване проведення експерименту. Не менш важливим етапом виступає правильне і змістовне оформлення лабораторної роботи, за що студент одержує певну кількість балів. Оформлення лабораторної роботи здобувач здійснює у зошиті, титульна сторінка якого містить відомості про студента (рис. 1).

Зошит
для лабораторних робіт
із загальної та неорганічної хімії
студента(ки) 161 групи
спеціальності 226 Фармація, промислова фармація
Іванова Д. М.

*Рис. 1. Зразок оформлення титульної сторінки лабораторного зошита*

Зміст лабораторної роботи оформлюється на двох розгорнутих аркушах паперу, де справа в кутку записується дата, посередині номер лабораторної роботи, її тема, мета, а в таблиці зазначається короткий зміст дослідів, рівняння відповідних реакцій, рисунки приладів (рис. 2), а спостереження і висновки записуються після



виконання дослідів на лабораторному занятті. Після таблиці здобувач повинен написати загальний висновок, керуючись метою лабораторної роботи.

Лабораторна робота №1

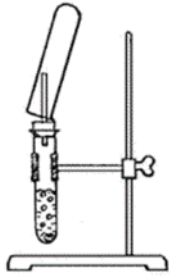
12.12.2021

Тема: «Дослідження властивостей Гідрогену та його сполук».

Мета: Дослідити лабораторні способи добування, збирання водню та властивості сполук Гідрогену.

1 сторінка

2 сторінка

№	Хід роботи	Рівняння реакції	Спостереження	Висновки
1.	<p><u>Добування водню дією металу на луг.</u> Прилийте до пробірки з 1-3 гранулами Al р-н NaOH(<math>\omega=10\%</math>) об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>. Пробірку щільно закрийте пробкою з відтягнутою скляною трубкою та закріпіть її вертикально в штативі. Попередньо перевірте прилад на герметичність. Якщо реакція йде повільно, пробірку слід обережно підігріти. Через 2-3 хвилини перевірте водень на чистоту.</p>	$2\text{Al}^0 + 6\text{H}_2^+\text{O} + 2\text{NaOH} =$ $\begin{matrix} -3e & +2e \\ \text{відн.} & \text{окисн.} \end{matrix}$ $2\text{Na}[\text{Al}^{+3}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2^0$  <p>Рис. Добування водню</p>		
2.	<p><u>Добування водню дією металу на кислоту.</u></p>			

Загальний висновок:

*Рис. 2. Зразок оформлення лабораторної роботи*

Вести записи необхідно ручкою, а креслити таблиці та рисунки – олівцем. Забороняється проводити оформлення лабораторної роботи на чернетках або окремих папірцях. Після виконання лабораторної роботи та оформлення звіту із повністю заповненою таблицею, в тому числі зі спостереженнями і висновками, лабораторний зошит перевіряє викладач і ставить свій підпис. Тільки після цього лабораторна робота вважається виконаною, а звіт – зарахованим.

---

---

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

---

---

Система оцінювання та критерії до кожного виду роботи розроблено відповідно до Порядку оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти в Херсонському державному університеті (Наказ від 07.09.2020 р. № 803-Д) зі змінами і доповненнями (Наказ від 08.09.2021 №890-Д). Система оцінювання в університеті відповідає вимогам Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи, Стандартам і рекомендаціям щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти, розглядається як інструмент визнання успішного завершення здобувачем освіти обов'язкових видів навчальної діяльності й досягнення програмних результатів навчання за окремими освітніми компонентами/навчальними дисциплінами і освітньою програмою загалом.

Принципи оцінювання результатів навчання є:

- об'єктивність;
- систематичність і системність;
- плановість;
- єдність вимог і методики оцінювання;
- відкритість, прозорість;
- доступність і зрозумілість.

Критерії оцінювання базуються на очікуваних програмних результатах навчання. Критерії оцінювання видів навчальної

діяльності (робіт) визначаються освітньою програмою (ОП), відображаються у силабусі освітньої компоненти, доводяться до відома здобувачів на початку вивчення освітньої компоненти та не можуть змінюватися упродовж вивчення даної освітньої компоненти.

Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти при виконанні лабораторних робіт включає оцінювання результатів навчання протягом семестру під час вивчення освітньої компоненти «Загальна та неорганічна хімія» у формі поточного контролю.

При поточному контролі на лабораторних заняттях можуть оцінюватися усні відповіді (виступи) на аудиторних заняттях; результати підготовки, оформлення та виконання лабораторних робіт; результати виконання і захисту завдань самостійної роботи здобувача; експрес-контроль у формі тестів.

Порядок та критерії оцінювання якості вивчення студентами навчальної дисципліни «Загальна та неорганічна хімія» на лабораторних заняттях повинні відповідати рівню сформованості загальних і фахових компетентностей та отриманих програмних результатів навчання здобувача освіти та визначатися шкалою ЄКТС та національною системою оцінювання (табл. 1).

*Таблиця 1*

### Шкала оцінювання у ХДУ за ЄКТС

Сума балів / Local grade	Оцінка ЄКТС		Оцінка за національною шкалою / National grade
90 – 100	<b>A</b>	excellent	Відмінно
82-89	<b>B</b>	good	Добре

74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	satisfactor у	Задовільно
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	fail	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>		незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Порядок оцінювання та нарахування балів за кожну виконану лабораторну роботу із циклу навчальної дисципліни «Загальна та неорганічна хімія» здійснюється за наступною схемою: максимальна кількість балів, яку здобувач може одержати за виконання лабораторної роботи складає 3 бали, з яких написання контрольного зрізу (експрес-тесту) за темою лабораторного заняття – 1 бал; оформлення лабораторного зошита із заповненням таблиці в колонках «хід роботи», «рівняння реакцій» – 1 бал; результати виконання лабораторної роботи у формі звіту із записами спостережень і висновків – 1 бал (табл. 2). За несвоєчасне подання звітів з лабораторних робіт оцінка зменшується на 0,5 бали.

Таблиця 2

### Кількісні оцінки (бали) за лабораторну роботу

Контрольний зріз	Оформлення лабораторного зошита	Звіт	Сума балів
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Переведення балів в оцінку ECTS, оцінку за національною шкалою та критерії оцінювання поточного контролю знань здобувачів за виконання лабораторної роботи наведено в таблиці 3.

### Критерії оцінювання виконання лабораторної роботи

Бали	Оцінка ЄКТС		Оцінка за національною шкалою / National grade	Критерії оцінювання
3,0	A	excellent	Відмінно	<p><b>Виконано в повному обсязі, правильно, своєчасно.</b> Студент має глибокі і міцні знання з теоретичного матеріалу до лабораторної роботи, може встановити змістовно-логічні зв'язки між елементами теоретичних знань та їх практичним застосуванням. Обізнаний з методами наукових досліджень. Знає правила роботи з речовинами і хімічним обладнанням, правила техніки безпеки, правила роботи в лабораторії. Чітко знає хід виконання роботи, володіє знаннями математичної складової для проведення розрахунків. Уміє збирати установку для проведення дослідження, користуватись вимірювальними приладами, правильно виконувати і пояснювати хімічний експеримент, оволодів навичками самостійної роботи в лабораторії. Відповідно до вимог оформив звіт з лабораторної роботи та прибрав робоче місце.</p>
2,5	B	good	Добре	<p><b>Виконано в повному обсязі, правильно, не своєчасно.</b> Досягнення студента відповідають вимогам до високого рівня (A), але робота оформлена і здана не своєчасно.</p>
2,0	C			<p><b>Виконано в не повному обсязі, правильно, своєчасно.</b> Студент знає теоретичний матеріал до лабораторної роботи, хід лабораторної роботи, складає установки, володіє технікою проведення експерименту та спостереження за ним. Проте потребує фрагментарної допомоги викладача при інтерпретації результатів досліджень, допускає несуттєві помилки у відповідях та техніці проведення експерименту.</p>

1,5	D	satisfactory	Задовільно	<b>Виконано в не повному обсязі, правильно, не своєчасно.</b> Студент знає основні положення теоретичного матеріалу з лабораторної роботи, техніку безпеки, хід лабораторної роботи. Проте потребує допомоги викладача при збиранні приладу, написанні хімічних реакцій, проведенні обрахунків експерименту, одержує недостатньо коректні результати вимірювань.
1,0	E			<b>Виконано в не повному обсязі, із незначними суттєвими помилками, не своєчасно.</b> Відповіді студента відзначаються фрагментарністю. Студент не може встановити змістовно-логічні зв'язки між теорією та практичними результатами. З допомогою викладача виконує хімічний експеримент. Звіт з лабораторної роботи містить неточності спостережень та висновки.
0,5	FX	fail	Незадовільно з можливістю виправлення помилок і повторного складання заліку з лабораторної роботи	<b>Виконано в не повному обсязі, із значними суттєвими помилками, не своєчасно.</b> Студент має фрагментарні знання з теми, понятійний апарат не сформований, не усвідомлена мета і задачі лабораторної роботи, низький рівень умінь техніки проведення експерименту.
0	F		незадовільно з обов'язковим повторним вивченням змісту лабораторної роботи та її опрацювання	Не виконано.

---

## ПРОГРАМНІ ПИТАННЯ

---

Для успішного оволодіння великого за обсягами матеріалу з хімії елементів студентам рекомендується при його опрацюванні, а також при формулюванні відповідей в період проведення різних форм контролю знань, користуватися алгоритмами характеристик хімічних елементів, простих і складних речовин, що наведено нижче.

### АЛГОРИТМ

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ХІМІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА

1. Характеристика за положенням у періодичній системі:
  - а) протонне число (порядковий номер);
  - б) номер групи (А або В);
  - в) номер періоду;
  - г) валентність елемента за Оксигеном (максимальна, мінімальна, проміжна);
  - д) відносна атомна маса;
  - в) металевий (неметалевий) елемент.
2. Характеристика за електронною будовою атома:
  - а) електронна формула;
  - б) родина елемента;
  - в) металевий (неметалевий) елемент;
  - г) число валентних електронів;
  - д) можливі валентності;
  - е) можливі ступені окиснення.



3. Поширення в природі, значення:

- а) неживій;
- б) живій, біологічна роль.

## АЛГОРИТМ

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТОЇ РЕЧОВИНИ

1. Будова молекули (структурної одиниці):

- а) хімічна формула структурної одиниці речовини;
- б) тип хімічного зв'язку в молекулі (структурній одиниці речовини);
- в) геометрія молекули (структурної одиниці);
- г) полярність молекули (структурної одиниці);
- д) енергія зв'язку.

2. Фізичні властивості речовини:

- а) агрегатний стан;
- б) відносна густина за повітрям (для газів);
- в) густина;
- г) температури кипіння і плавлення;
- д) розчинність у воді;
- е) тепло- електропровідність, колір, смак тощо.

3. Хімічні властивості:

- а) окисні, відновні чи окисно-відновні:
  - з простими речовинами;
  - зі складними речовинами.
- б) термічна стійкість

4. Способи добування:

- а) лабораторні;
  - б) промислові.
5. Застосування в фармації та медицині.

## АЛГОРИТМ

### ХАРАКТЕРИСТИКИ СКЛАДНОЇ РЕЧОВИНИ

#### 1. Будова молекули (структурної одиниці):

- а) хімічна формула структурної одиниці речовини;
- б) тип хімічного зв'язку;
- в) геометрія молекули (структурної одиниці речовини);
- г) полярність молекули (структурної одиниці речовини);
- д) енергія зв'язку.

#### 2. Фізичні властивості речовини:

- а) агрегатний стан;
- б) відносна густина за повітрям (для газів);
- в) густина;
- г) температури кипіння і плавлення;
- д) розчинність у воді;
- е) колір, смак тощо.

#### 3. Хімічні властивості:

- а) кислотні, основні чи амфотерні:
  - взаємодія з водою;
  - взаємодія з речовинами протилежної хімічної природи.
- б) окисні, відновні чи окисно-відновні:
  - з простими речовинами;
  - зі складними речовинами.

в) термічна стійкість.

4. Способи добування:

а) лабораторні;

б) промислові.

5. Застосування в фармації та медицині.

## **Програмні питання відповідно до освітньо-професійної програми «Фармація, промислова фармація»**

### ***Класифікація хімічних елементів.***

Умовний поділ хімічних елементів періодичної системи на металеві та неметалеві. Діагональ В – As. Характеристика елементів за електронною будовою атомів, родини елементів. Поширення хімічних елементів в живій та неживій природі, їх значенням для організму. Біоелементи, їх класифікація та вміст в організмі людини. Взаємозв'язок між положенням хімічних елементів у періодичній системі, їх властивостями та та вмістом в організмі.

Вчення В. Вернадського про біосферу. Колообіг та міграція хімічних елементів. Ендемічні захворювання та біогеохімічні провінції.

### ***Гідроген та його сполуки.***

Загальна характеристика елементу за положенням в періодичній системі та будові атому. Водень як проста речовина: будова молекули, фізичні, хімічні властивості (реакції з простими і складними речовинами). Промислові та лабораторні способи добування водню.

***Елементи ІА групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

Загальна характеристика *s*-елементів ІА групи. Поширення в природі. Макроелементи Натрій і Калій, їх вміст в організмі та біологічна роль у мінеральному балансі організму. К-На помпа, механізм її роботи. Роль йонів Натрію і Калію у виникненні біопотенціалів у клітинах. Йонофори.

Прості речовини – літій, натрій і калій. Особливості взаємодії їх з киснем з утворенням оксидів, пероксидів, надпероксидів. Бінарні сполуки елементів лужних металів: гідриди, нітриди, сульфідів, оксиди.

Гідроксиди і солі Натрію і Калію. Їх властивості та застосування. Застосування сполук Літію, Натрію і Калію в фармації та медицині.

***Елементи ІІА групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки. Берилій, Магній і лужноземельні елементи.***

Загальна характеристика елементів ІІА групи: Берилію, Магнію і лужноземельних елементів. Діагональна схожість Берилію з Алюмінієм, її причина.

Прості речовини – берилій, магній, кальцій: фізичні та хімічні властивості при взаємодії з простими і складними речовинами (киснем, галогенами, водою, розчинами кислот).

Оксиди та гідроксиди елементів ІІА групи, їх кислотно-основний характер. Амфотерність оксиду і гідроксиду Берилію та посилення основності сполук в ряду Mg – Ca – Sr – Ba.

Солі елементів ІІА групи, їх гідроліз.  $Mg^{2+}$  як йон-комплексоутворювач у складі хлорофіллу. Біологічна роль йонів Магнію.

Йони  $Ca^{2+}$  в кістковій тканині, заміщення йонів Кальцію на йони Стронцію-90. Біологічна роль йонів Кальцію.

Якісні реакції виявлення катіонів Кальцію та Магнію. Комплексометричне визначення жорсткості води при взаємодії катіонів  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  з Трилоном Б (сіль Na-ЕДТА). Методи пом'якшення жорсткості води.

Токсичність Берилію і Барію. Застосування сполук Магнію, Кальцію і Барію в фармації та медицині.

***Елементи ІІІА групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки. Бор і Алюміній.***

Загальна характеристика елементів ІІІА групи.

Бор як хімічний елемент, його біологічна роль. Проста речовина – бор, його фізичні та хімічні властивості. Бінарні сполуки Бору: оксиди, гідриди (борани), галогеніди.

Бор(ІІІ) оксид, його хімічна природа та властивості.

Боратні кислоти, їх хімічні властивості. Солі – борати. Натрій тетраборат, його гідроліз та застосування. Естери боратної кислоти. Антисептичні властивості боратної кислоти та її солей.

Алюміній. Проста речовина – алюміній, його фізичні та хімічні властивості.

Алюміній оксид, алюміній гідроксид, їх амфотерність.  $Al^{3+}$  як йон-комплексоутворювач. Солі Алюмінію, їх гідроліз та застосування.

Застосування сполук Алюмінію у фармації, медицині та косметології.

***Елементи IVA групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки. Карбон, Силіцій, підгрупа Германію.***

*Карбон та його сполуки.*

Загальна характеристика елементів IVA групи.

Карбон, його біологічна роль. Алотропія Карбону. Хімічні властивості простої речовини. Активоване вугілля як адсорбент.

Бінарні сполуки Карбону: карбіди, оксиди.

Сполуки Карбону(II). Карбон(II) оксид, його хімічні властивості та токсичність. Карбону(II) оксид як ліганд в реакціях комплексоутворення з гемоглобіном крові. Ціанідна кислота та її солі – ціаніди, їх токсичність. Одержання фосгену із карбон(II) оксиду, токсикологічна дія фосгену.

Сполуки Карбону(IV). Карбон(IV) оксид: будова молекули, фізичні, хімічні властивості. Карбонатна кислота, солі – карбонати і гідрогенкарбонати, їх гідроліз та термічний розклад.

Гідрогенсульфід (сірковуглець), сульфідна кислота, сульфіди та їх токсичність. Тіокарбонати, тіоціанати, ціанати їх властивості та застосування.

*Силіцій та його сполуки.*

Загальна характеристика Силіцію, його біологічна роль. Проста речовина – кремній, його фізичні та хімічні властивості.

Бінарні сполуки Силіцію: силіциди, силани, галогеніди.

Оксигеновмісні сполуки Силіцію. Силіцій(IV) оксид, його хімічна природа та властивості. Силікагель, його застосування.

Силікатні кислоти. Скло, його хімічний склад, властивості та термічна стійкість. Солі – силікати, їх властивості та гідроліз. Застосування сполук Силіцію в фармації та медицині.

*Підгрупа Германію.*

Загальна характеристика елементів підгрупи Германію.

Оксигеновмісні сполуки елементів підгрупи Германію: оксиди (II, IV),  $\alpha$  – ,  $\beta$  – станатні кислоти, солі.

Відновні властивості сполук Стануму(II). Окисні властивості плюмбум(IV) оксиду. Токсичність сполук Плюмбуму.

Застосування сполук Плюмбуму (плюмбум(IV) оксиду, плюмбум(IV) ацетату) в препаратах, що використовують в фармації та медицині. Хімічні основи використання сполук Стануму та Плюмбуму в аналізі фармацевтичних препаратів.

***Елементи VA групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки. Нітроге, Фосфор, підгрупа Селену.***

*Нітроген та його сполуки.*

Загальна характеристика елементів VA групи.

Нітроген, знаходження в природі та організмі людини, його біологічна роль. Азот: будова молекули, фізичні та хімічні властивості простої речовини.

Бінарні сполуки Нітрогену: амоніак. Амоніак: будова молекули, фізичні властивості, кислотно-основні та окисно-відновні властивості амоніаку. Солі амонію. Якісна реакція визначення йонів амонію ( $\text{NH}_4^+$ ). Нітриди, амідни, імідни. Гідразин. Гідроксиламін. Азидна кислота, азиди.

Оксигеновмісні сполуки Нітрогену: оксиди Нітрогену(I, II, III, IV, V), нітратна(III) та нітратна(V) кислоти, нітрати (III, V), їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, термічна стійкість нітратів (V). Царська водка. Токсична дія оксидів Нітрогену та нітратів (III, V).

*Фосфор та його сполуки.*

Фосфор, знаходження в природі та організмі людини, його біологічна роль. Алотропні модифікації Фосфору. Хімічні властивості фосфору, як простої речовини.

Бінарні сполуки Фосфору: фосфіди, фосфін. Порівняльна характеристика амоніаку і фосфіну.

Оксигеновмісні сполуки Фосфору: оксиди Фосфору(III, V), їх кислотно-основні властивості, застосування. Фосфатна(III) та фосфатна (V) кислоти. Солі ортофосфатної кислоти: дигідрогенфосфати, гідрогенфосфати і фосфати, їх кислотно-основні властивості. Дифосфатна кислота. Поліфосфатні кислоти. Якісна реакція виявлення йонів  $\text{PO}_4^{3-}$ . Біологічна роль Фосфору та його сполук.

*Підгрупа Арсену (Арсен, Стибій, Бісмут).*

Загальна характеристика елементи підгрупи Арсену.

Порівняльна характеристика гідрогенвмісних сполук Нітрогену, Фосфору, Арсену, Стибію та Бісмуту.

Якісне визначення Арсену та Стибію методом Марша шляхом відновлення сполук даних елементів до арсину і стибіну за допомогою сильних відновників з подальшим їх термічним розкладом на прості речовини (миш'як або сурму).



Оксигеновмісні сполуки елементів підгрупи Арсену(III, V), їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Гідроліз солей арсенатів, стибатів, бісмутатів.

Застосування оксидів та солей Арсену, Стибію, Бісмуту в фармації і медицині та використання сполук елементів VA групи у фармацевтичному аналізі.

### *Елементи VIA групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.*

#### *Оксиген та його сполуки.*

Загальна характеристика елементів VIA групи.

Оксиген. Алотропія Оксигену: кисень і озон. Кисень: будова молекули, фізичні, хімічні властивості, добування. Молекула кисню як ліганд в оксигемоглобіні. Біологічна роль Оксигену.

Озон: будова молекули, фізичні, хімічні властивості, добування. Озоновий шар. Якісна реакція виявлення озону (за забарвленням йодкрахмального папірця). Застосування кисню та озону в фармації та медицині.

Сполуки Оксигену з Гідрогеном: гідроген оксид (вода), гідроген пероксид (перекис водню). Будова молекули води, водневі зв'язки; фізичні та хімічні властивості речовини, її аномалії. Вода важка, дистильована, очищена та апірогенна, застосування у фармації. Природні води. Мінеральні води.

Гідроген пероксид: будова молекули, кислотно-основні та окисно-відновні властивості, добування та застосування в фармації і медицині.

#### *Сульфур та його сполуки.*

Сульфур, його загальна характеристика та біологічна роль Сульфуру в живих організмах (сульфургідрильні групи і дисульфідні містки в білках).

Алотропні модифікації Сульфуру: ромбічна, моноклінна та пластична сірка. Проста речовина, її властивості та застосування в медицині.

Бінарні сполуки Сульфуру з Гідрогеном: гідрогенсульфід (сірководень), сульфідна кислота, їх кислотно-основні та окисно-відновні характеристики. Солі – сульфіди та їх гідроліз. Якісна реакція виявлення сульфід-іонів. Персульфіди (полісульфіди), їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, порівняльна характеристика персульфідів з пероксидами.

Оксигеновмісні сполуки Сульфуру(IV, VI) – оксиди, кислоти, солі. Їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Якісна реакція виявлення сульфит-іонів.

Тіосульфати як антидот при отруєннях важкими металами. Взаємодія тіосульфатів з кислотами, хлором, йодом, катіонами металів, реакції комплексоутворення. Якісна реакція виявлення тіосульфат-іонів.

Сульфатна(VI) кислота: кислотно-основні та окисно-відновні властивості розбавленої і концентрованої кислот. Олеум. Дисульфатна кислота.

Застосування сполук Сульфуру в фармації, медицині, фармацевтичному аналізі.

Загальна характеристика Селену, Телуру і Полонію. Оксигеновмісні сполуки Селену і Телуру, їх кислотно-основні та

окисно-відновні властивості. Біологічна роль Селену; неорганічні та органічні форми Селену в якості фармацевтичних препаратів. Поняття про антиоксиданти.

***Елементи VIIA групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

Загальна характеристика елементів VIIA групи (галогенів). Поширення в природі, вміст цих елементів в організмі та біологічна роль Флуору, Хлору, Бромю та Іоду.

Прості речовини галогенів: фтор, хлор, бром, йод; порівняльна характеристика їх окисно-відновних властивостей. Бактерицидна дія хлору і йоду.

Гідрогенвмісні сполуки галогенів, їх водні розчини (кислоти). Порівняння кислотно-основних та окисно-відновних властивостей кислот. Галогенід-іони як ліганди у комплексних сполуках. Солі: фториди, хлориди, вроміди, йодиди. Якісні реакції виявлення йонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ . Застосування фторидів, хлоридів, бромідів, йодидів у медицині і фармації.

Оксигеновмісні сполуки галогенів в ступенях окиснення +1, +3, +5, +7: оксиди, кислоти, солі; їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Застосування хлорного вапна, хлорної води, препаратів активного Хлору, Іоду в санітарії, фармації та медицині.

***Елементи VIIIA групи періодичної системи хімічних елементів.***

Загальна характеристика елементів VIIIA групи (благородні гази). Прості речовини: особливості будови молекул, фізичні та

хімічні властивості речовин. Хімія Ксенону. Відносність поняття «інертні гази». Застосування благородних газів у медицині.

***Загальна характеристика перехідних елементів періодичної системи хімічних елементів.***

Характеристик  $d$ -,  $f$ -елементів за їх положенням в періодичній системі та будовою атомів. Вторинна та внутрішня періодичність у родинях  $d$ -елементів,  $d$ -стискання, лантаноїдне стиснення (контракція). Особливості хімічних властивостей сполук  $d$ -елементів. Комплексоутворення.

Біогенні мікроелементи та їх вміст в організмі.

***Елементи ІВ групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

*Підгрупа Купруму.*

Загальна характеристика елементів ІВ групи – Купруму, Аргентуму, Ауруму.

Прості речовини – мідь, срібло, золото: фізичні і хімічні властивості (реакції з киснем, галогенами, кислотами). Відношення золота до «царської водки» та селенатної кислоти.

Сполуки Купруму(I, II) – оксиди, основи, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Купрумвмісні ферменти, їх біологічна роль. Застосування сполук Купруму в фармації та медицині.

Сполуки Аргентуму(I) – оксид, гідроксид, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Якісні реакції виявлення катіонів  $Ag^+$ .

Бактерицидні властивості йонів  $\text{Ag}^+$ . Застосування сполук Аргентуму(I) в фармації та медицині.

Сполуки Ауруму(I, III) – оксиди, гідроксиди, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Застосування золота та сполук Ауруму в фармації та медицині.

***Елементи ІІВ групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

*Підгрупа Цинку.*

Загальна характеристика елементів ІІВ групи – Цинку, Кадмію, Меркурію.

Прості речовини – цинк, кадмій, ртуть: фізичні і хімічні властивості (реакції з простими та складними речовинами).

Сполуки Цинку – оксид, гідроксид, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Гідроліз солей Цинку. Цинковмісні ферменти, їх біологічна роль. Застосування сполук Цинку в фармації та медицині.

Сполуки Кадмію – оксид, гідроксид, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Гідроліз солей Кадмію. Хімізм токсичної дії сполук Кадмію на організм.

Сполуки Меркурію(I, II) – оксиди, гідроксиди, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Гідроліз солей. Хімізм токсичної дії сполук Меркурію. Застосування сполук Меркурію в фармації та медицині.

***Елементи IIIВ – VB груп періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

Загальна характеристика елементи IIIВ групи – Скандію, Ітрію, Лантану. Схожість та відмінність від елементів IIА групи на прикладі хімічних властивостей простої та складних сполук Скандію. Біологічна роль Скандію.

Загальна характеристика ланданоїдів (*f*-елементів) Схожість та відмінність від *d*-елементів IIIВ групи на прикладі Церію. Застосування сполук Церію(IV) в аналітичній хімії.

Загальна характеристика *d*-елементів IVВ і VB груп та їх основних сполук. Застосування сполук Титану, Ніобію, Танталу та Ванадію в фармації та медицині.

***Елементи VIВ групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

Загальна характеристика елементів VIВ групи – Хрому, Молібдену і Вольфраму, їх біологічна роль.

Прості речовини – хром, молібден і вольфрам, їх фізичні та хімічні властивості.

Сполуки Хрому (II, III, VI) – оксиди, гідроксиди, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Якісна реакція виявлення катіонів  $\text{Cr}^{3+}$ . Взаємний перехід хроматів і дихроматів залежно від рН середовища.

Здатність Молібдену і Вольфраму до утворення ізополі- та гетерополікислот.

Застосування сполук Хрому, Молібдену та Вольфраму у фармацевтичному аналізі та медицині.

***Елементи VIIВ групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

*Підгрупа Мангану.*

Загальна характеристика елементів VIIВ групи – Мангану, Технецію, Ренію. Біологічна роль Мангану.

Проста речовина – марганець: фізичні та хімічні властивості (реакції з простими та складними речовинами).

Сполуки Мангану(II, III, IV, VI, VII): оксиди, гідроксиди, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Якісна реакція виявлення катіонів  $Mn^{2+}$ .

Солі перманганати, продукти їх відновлення за різних значень рН, застосування сполук Мангану в фармації та медицині.

***Елементи VIIIВ групи періодичної системи хімічних елементів та їх сполуки.***

*Родина Феруму.*

Загальна характеристика елементів родини Феруму, їх біологічна роль.

Прості речовини – залізо, кобальт, нікель, їх фізичні та хімічні властивості.

Сполуки Феруму(II, III, VI) – оксиди, гідроксиди, солі, їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості, здатність до комплексоутворення. Гідроліз солей Феруму(II, III). Ферум як комплексоутворювач в гемоглобіні. Ферумвмісні ферменти, їхня

біологічна роль. Кофермент В<sub>12</sub>. Якісні реакції виявлення катіонів Fe<sup>2+</sup> та Fe<sup>3+</sup>, Co<sup>2+</sup> та Ni<sup>2+</sup>.

Застосування сполук Феруму, Кобальту, Ніколу в фармації та медицині.

*Родина платинових металів.*

Загальна характеристика простих речовин, їх фізичні та хімічні властивості. Сполуки Платини (II, IV), комплексоутворення. Застосування сполук родини платинових металів у фармації та медицині.



## РОЗДІЛ 1. ХІМІЯ s-, p-ЕЛЕМЕНТІВ

---

---

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

---

---

**ТЕМА.** ГІДРОГЕН ТА ЙОГО СПЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ЛАБОРАТОРНІ СПОСОБИ ДОБУВАННЯ, ЗБИРАННЯ ВОДНЮ ТА ВЛАСТИВОСТІ СПЛУК ГІДРОГЕНУ

**ЗАВДАННЯ.**

1. Добути водень в лабораторії різними способами.
2. Переконатися у відновних властивостях водню.
3. Порівняти відновні властивості молекулярного та атомарного водню.
4. Дослідити фізичні і хімічні властивості води.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика хімічного елемента Гідрогену, ізотопи Гідрогену, поширення в природі та біологічна роль Гідрогену як органогена.
2. Водень як проста речовина, будова молекули, лабораторні та промислові способи добування водню, фізичні і хімічні властивості. Атомарний водень.
3. Загальна характеристика сполук Гідрогену в ступенях окиснення +1, -1, їх окисно-відновні властивості.
4. Гідроген оксид – вода, як найпоширеніша речовина Гідрогену: будова молекули, агрегатні стани, водневі зв'язки.

5. Фізичні властивості води (температури кипіння, плавлення, густина, теплоємність, поверхневий натяг тощо) і хімічні властивості води (амфотерність, окисно-відновні властивості).
6. Застосування води в медицині і фармації (важка вода, дистильована вода, вода для ін'єкцій, мінеральні води).

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гідроген. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IugNENwvmA>
2. Гідроген. Хімічні елементи  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=f21KxotFKWE&t=541s>
3. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 233-248
4. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 239-244
5. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 204-209

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** штатив із пробірками, апарат Кіппа, заряджений для добування водню; штатив з лапкою; газовий пальник; пробірка з пробкою і скляною трубкою з відтягнутим скляним кінцем; гумова пробка на пробірку з двома отворами для термометра і скляної

трубки; термометр; штатив з пробірками; шпатель; скляні палички; набір ареометрів.

**Реактиви:** порошок купрум(II) оксиду; гранули алюмінію  
розчини: натрій гідроксиду ( $\omega(\text{NaOH}) = 10\%$ );  
сульфатної кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:5); хлоридної кислоти  $\text{HCl}$  (1:1);  
калій тетраоксомантанату(VII) ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1$  моль/  $\text{дм}^3$ ).

### ДОСЛІД 1. Добування водню дією металу на луг.

#### Правила роботи з воднем

Проводячи досліди, що передбачають роботу з воднем, слід пам'ятати, що запалювати водень, який виходить із приладу для його добування, можна тільки тоді, коли він чистий та не містить домішок кисню (повітря), інакше суміш може вибухнути. При цьому вибух відбувається водночас у всьому приладі чи апараті, де містилася суміш кисню з воднем.

Зберіть прилад (рис.3), який складається із пробірки з пробкою, через яку проходить скляна трубка з відтягнутим кінцем.

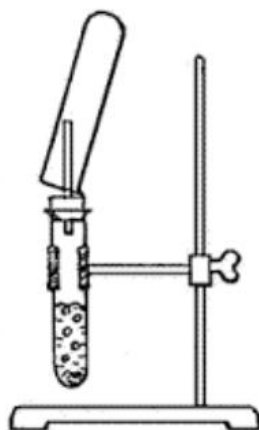


Рис. 3. Прилад для добування водню.

У пробірку покладіть 1-3 гранули алюмінію та прилийте розчин з масовою часткою натрій гідроксиду 10% об'ємом 2-3  $\text{см}^3$ . Пробірку щільно закрийте пробкою з відтягнутою скляною трубкою

та обережно закріпіть її вертикально в затискачі штативу. Перед цим не забудьте перевірити прилад на герметичність.

Спостерігайте виділення газу. Якщо реакція йде повільно, пробірку обережно підігрійте.

Через 2-3 хвилини перевірте водень на чистоту. Навіщо рекомендовано перед роботою з воднем завжди проводити цю операцію?

### **Перевірка водню на чистоту.**

Для перевірки водню на наявність домішок (які речовини у даному випадку є небезпечними домішками у роботі з воднем?) на газовідвідну трубку прикріпіть перегорнуту догори дном пробірку для заповнення її воднем. Через 1 хвилину пробірку зніміть та обережно піднесіть, не перевертаючи її (чому?), до полум'я пальника.

Якщо пробірка заповнена чистим воднем, він запалюється спокійно (при цьому можна почути слабкий звук) та горить ледь помітним блакитним полум'ям. За наявності в пробірці суміші водню з повітрям її згорання відбувається з вибухом, який супроводжується різким звуком.

Переконавшись, що з приладу надходить чистий водень, підпаліть його біля отвору скляної трубки. Спостерігайте за забарвленням полум'я.

Напишіть рівняння відповідних реакцій добування і горіння водню та поясніть їх. Чи можна приладом, який рекомендовано для добування водню, користуватись для добування інших газоподібних речовин, наприклад, кисню, вуглекислого газу, метану? При відповіді на це запитання скористайтесь значенням відносної густини газу за повітрям.

При взаємодії яких ще металів із розчином лугу можна добути водень? Яку функцію у цьому процесі виконує луг? Підтвердіть висновки відповідними рівняннями реакцій та сформулюйте загальний висновок.

### **ДОСЛІД 2. Добування водню дією металу на кислоту.**

Аналогічно, як описано в попередньому досліді, зберіть прилад для добування газів, що легші за повітря, та здійсніть реакцію взаємодії цинку з розведеною сульфатною кислотою. (Чи можна для добування водню користуватись металами, що стоять у ряду напруг після водню? Чи можна для добування водню користуватись концентрованою сульфатною кислотою та нітратною кислотою будь-якої концентрації?).

Спостерігайте виділення газу. Якщо реакція йде повільно, пробірку обережно підігрійте. Перевірте газ на чистоту.

Напишіть рівняння добування водню взаємодією цинку з розведеною сульфатною кислотою.

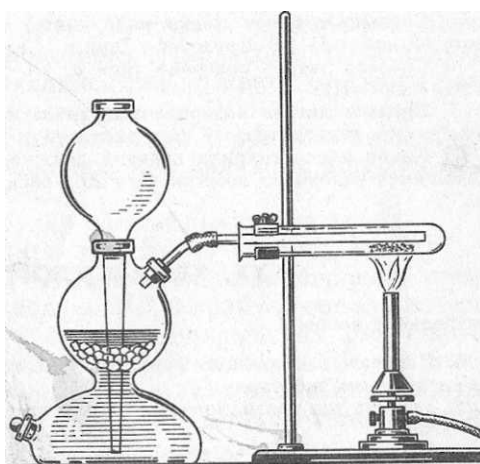
### **ДОСЛІД 3. Дослідження відновних властивостей водню.**

Зберіть прилад (рис. 4) для дослідження відновних властивостей водню з використанням приладу автоматичної дії для добування газів – апарату Кіппа, який заповнений розведеною хлоридною кислотою (1:2) та гранулами цинку.

В суху пробірку помістіть порошок купрум(II) оксиду масою 1-1,5 г та закріпіть пробірку в затискачі штатива в горизонтальному

положенні, трохи піднявши біля дна. (Чому пробірку з купрум(II) оксидом слід закріпити трошки під кутом?)

Водень, який надходить з апарату Кіппа, перевірте на чистоту (зберіть його для перевірки на чистоту способом витіснення води) і кінець газовідвідної трубки внесіть у пробірку з купрум(II) оксидом. Через 20-30 с нагрійте пробірку невеликим полум'ям пальника у місці, де знаходиться купрум(II) оксид, продовжуючи пропускати в пробірку водень.



*Рис. 4. Відновлення купрум(II) оксиду воднем*

Спостерігайте відновлення купрум(II) оксиду за зміною його кольору. Після того, як купрум(II) оксид перестане змінювати забарвлення, нагрівання припиніть, дайте пробірці охолонути. Після цього перекрийте струмінь водню.

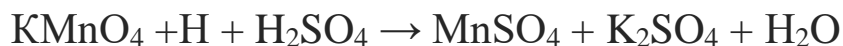
Поясніть спостереження та напишіть рівняння реакції.

**ДОСЛІД 3. Дослідження відновних властивостей водню в момент виділення.**

Внесіть у розбавлений розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  одну краплю розчину  $\text{KMnO}_4$  і розлийте суміш у дві пробірки. В одну з пробірок додайте

кілька гранул цинку, в іншу – пропустіть водень з апарата Кіппа. Поясніть різницю в швидкості знебарвлення розчинів.

Відновлення калій перманганату ( $\text{KMnO}_4$ ) воднем в момент виділення (**атомарним воднем**) відбувається за схемою:



Розрахуйте коефіцієнти в схемі реакції та напишіть рівняння реакції відновлення  $\text{KMnO}_4$  воднем з апарату Кіппа.

#### ДОСЛІД 4. Дослідження фізичних властивостей води.

##### а) Визначення густини води.

Густину води визначають ареометричним методом, заснованого на законі Архімеда. Ареометр являє з себе поплавок, у верхній частині якого розташована шкала густини з поділками, а на кінці ареометру знаходиться обтяжувач з кульок свинцю (рис. 5).



Рис. 5. Ареометр.

Для визначення густини рідини в мірний циліндр налейте дистильованої води на 2-3 см нижче висоти циліндру. Термометром виміряйте температуру досліджуваної води і тільки після цього виберіть ареометр з потрібною шкалою густини. Обережно опустіть

ареометр в мірний циліндр з водою так, щоб він не торкався стінок (рис. 6).

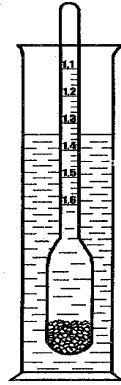


Рис. 6. Ареометр в мірному цилінді з рідиною.

Визначте густину води за поділкою шкали ареометра, при цьому око студента і нижній меніск води повинні знаходитися на рівні поділки шкали ареометра. Зробіть три виміри і занесіть їх значення в таблицю 4.

Таблиця 4

#### Густина дистильованої води в умовах досліду

Показники	Досліди			Середні значення
	1	2	3	
Температура води в умовах досліду, $^{\circ}\text{C}$				
Густина, $\text{г}/\text{см}^3$				

Розрахуйте відносну похибку вимірювань з урахуванням теоретичного значення густини води (додаток, табл. 1). Одиниці виміру густини за системою вимірювань SI –  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; за система СГС –  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Абсолютна похибка вимірювань:



$$A = |\rho(\text{теор.}) - \rho(\text{практ.})|$$

де  $A$  – абсолютна похибка вимірювань;

$\rho(\text{теор.})$  – теоретичне значення густини;

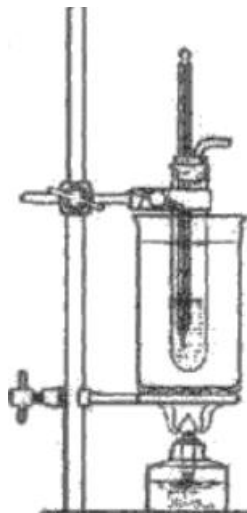
$\rho(\text{практ.})$  – експериментально визначена густина води.

Відносна похибка вимірювань:

$$B = \frac{A}{\rho(\text{теор.})} \cdot 100\%$$

*б) Визначення температури кипіння води.*

Налийте в пробірку наполовину дистильованої води і закрийте її гумовою пробкою з двома отворами, в один з яких вставлений термометр, а в інший – скляна трубка для виведення назовні парів води при кипінні. Пробірку закріпіть в лапці штатива і занурьте в стакан з водою, який підігрівається полум'ям спиртівки (рис. 7), газового пальника або електричною плиткою. Пробірку можна замінити круглодонною колбою з гумовою пробкою з отворами, яку можна підігрівати на водяній або пісчаній бані.



*Рис 7. Прилад для визначення температури кипіння води.*

Перед експериментом виміряйте атмосферний тиск в лабораторії, так як температура кипіння води залежить від

зовнішнього тиску і за довідниковими даними знайдіть теоретичну температуру кипіння води (додаток, табл. 2), значення якої занесіть в таблицю 5.

Виміряйте температуру кипіння води 3 рази, розрахуйте середнє і запишіть дані (табл. 5).

*Таблиця 5*

**Температура кипіння води в умовах досліду**

Показники	Досліди			Середні значення
	1	2	3	
Зовнішній тиск в умовах досліду, кПа (атм.)				
Температура кипіння, °С				

Пригадайте, яка існує залежність між температурою кипіння рідин і зовнішнім тиском, як змінюється температура кипіння розчинів у порівнянні з чистим розчинником, що таке ебуліоскопія?

Розрахуйте відносну похибку вимірювань при визначенні температури кипіння води за формулами, зазначеними в досліді 4 а.

*в) Аномальні властивості води.*

Налийте в дилатометр (прилад для вивчення зміни об'єму рідин при нагріванні, рис. 8) дистильованої води і закрийте його пробкою з градуйованим капіляром. Переконайтесь, що в дилатометрі не залишилось пухирців повітря. Дилатометр помістіть в таючий сніг і закрийте його з усіх сторін снігом. Через півгодини (при

охолодженні води до  $0^{\circ}\text{C}$ ) дилатометр обережно дістаньте з снігу и залиште на повітрі. На протязі 20-30 хв. слідкуйте за рівнем рідини в капілярі дилатометра. Зверніть увагу на зміну об'єму води по мірі нагрівання і дайте пояснення.



*Рис. 8. Дилатометр.*

### **ДОСЛІД 5. Дослідження хімічних властивостей води.**

#### *а) Дослідження води як розчинника.*

Наповніть шість пробірок водою на  $1/3$  їх об'єму та додайте до них наступні речовини: натрій хлорид, вуглекислий газ (з апарату Кіппа), етиловий спирт, йод і бензен. Закрийте пробірки гумовими пробками та інтенсивно перемішайте вміст пробірок. Спостерігайте за розчиненням твердих і рідких речовин у воді, Які з речовин не розчинилися у воді і чому? В пробірку з розчином вуглекислого газу додайте розчин лакмусу і за зміною забарвлення зробіть висновок про речовину, яка утворилася. Спостереження і висновки про хімічну природу води та речовин, які розчиняються в ній запишіть в таблицю 8.

### Вода як розчинник

№ п/п	Хід роботи	Спостереження	Висновки
1	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$		
2	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$		
3	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$		
4	$\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$		
5	$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$		

#### *б) Утворення аквакомплексів.*

Насипте в пробірку 1-2 г безводного купрум(II) сульфату і налейте води до розчинення солі. Спостерігайте за зміною забарвлення розчину і виділенням теплоти. Налийте розчин у фарфорову чашку і нагривайте його до випаровування води та утворення на дні чашки солі кристалогідрату. Напишіть рівняння реакції взаємодії купрум(II) сульфату і води з утворенням гідрату аквакомплексу купрум(II) сульфату. Зробіть висновок про воду як розчинник.

#### *в) Визначення водневого показника дистильованої води.*

Налійте в пробірку 2-3 см<sup>3</sup> дистильованої води. За допомогою скляної палички перенесіть краплину води на універсальний індикаторний папірець. За кольором індикаторного папірця визначте водневий показник дистильованої води і спостереження запишіть у зошит. Такий метод називається колориметричним, але він має велику похибку.

Більш точним і зручним є потенціометричний метод вимірювання водневого показника води за допомогою прилада «рН-метра». Тому в наступній частині досліду налейте в хімічний стакан води об'ємом  $50 \text{ см}^3$  і виміряйте точне значення водневого показника за допомогою рН-метра. Зробіть три виміри, дані занесіть у таблицю 7 і розрахуйте середнє значення.

Зробіть висновки про точність різних способів вимірювання водневого показника, враховуючи, що рН дистильованої води становить 5,4-6,6, тобто має слабкокислоє середовище, через розчинений в ній вуглекислий газ повітря.

Таблиця 7

#### Водневий показник дистильованої води в умовах досліду

Способи виміру рН	Досліди			Середнє значення $\text{pH}_{\text{сер.}}$
	1	2	3	
Індикаторний папірець				
рН-метр				

#### г) Взаємодія з металами.

Дослід проводити під витяжною шафою! Попередньо скальпелем відрізати від куска натрію маленький шматочок (розміром з головку сірника), протерти його фільтрувальним папірцем від масла, під шаром якого знаходився метал в склянці. Поблизу не повинно бути води.

Наповнити фарфорову чашку дистильованою водою, додати декілька крапель фенолфталеїну і занурити в чашку шматочок металевого натрію. Спостерігати за взаємодією натрію з водою, зміною забарвлення розчину та виділенням газу. Що це за газ?

Написати рівняння реакції між водою і натрієм. Чи з усіма металами реагує вода?

д) *Взаємодія з основними і кислотними оксидами.*

Обережно насипте білої кристалічної речовини СаО (негашене вапно) масою 1 г в хімічний стакан вмістимістю 100 см<sup>3</sup> та налейте в нього води об'ємом 50 см<sup>3</sup>. Необхідно слідкувати, щоб утворений розчин не потрапив на шкіру, щоб не обпектися утвореним лугом! Додайте 1-2 краплі розчину фенолфталеїну і спостерігайте за зміною забарвлення розчину. Про що це свідчить? Напишіть рівняння реакції між кальцій оксидом і водою.

Наповніть наполовину водою інший стакан вмістимістю 100 см<sup>3</sup> і пропустіть крізь воду карбон(IV) оксид на протязі 2-3 хв., після чого додайте в розчин лакмусу. Відзначте забарвлення розчину, напишіть рівняння реакції та зробіть висновок про характер взаємодії води з оксидами певної хімічної природи.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Скласти схему електронної будови атома Гідрогену. Прогнозувати його можливі окисно-відновні властивості.
2. Пояснити двоїсте положення Гідрогену в ІА та VIIA групах періодичної систем хімічних елементів Д.І.Менделєєва. Навести характеристики елемента на користь його неметалевої природи.
3. Пояснити розчинність водню у воді, враховуючи тип хімічного зв'язку в його молекулі.
4. Вказати способи добування водню в лабораторії. Написати відповідні рівняння реакцій.

5. Охарактеризувати фізичні та хімічні властивості водню. Написати відповідні рівняння реакцій його окисно-відновних властивостей. Пояснити, що є «гримуча суміш» і чим вона небезпечна для оточуючих? З'ясувати причини, за якими водень відноситься до екологічно чистого палива.
6. Вказати причину відмінностей у властивостях молекулярного і атомарного водню.
7. Охарактеризувати біологічну роль Гідрогену.
8. Охарактеризувати молекулу води за будовою, типом хімічних зв'язків в молекулі та міжмолекулярних водневих зв'язків. Вказати фізичні та хімічні властивості води, написати відповідні рівняння реакцій.
9. Пояснити особливості в складі важкої і дистильованої води, води для ін'єкцій як фармакопейного препарату. Описати біологічну роль води, її застосування в медицині та фармації.
10. Написати продукти, розрахувати коефіцієнти методом електронного балансу в схемах ОВР, охарактеризувати дану реакцію (тип реакції, умови проведення, застосування):

№ п/п	Реакція	№ п/п	Реакція
1	$\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow$	6	$\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}}$
2	$\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	7	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{фотосинтез}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2;$
3	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow$	8	$\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
4	$\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{електроліз}}$	9	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}}$
5	$\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow$	10	$\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{kat}}$

---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

---

---

**ТЕМА.** ХЛОР, БРОМ, ІОД ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ЛАБОРАТОРНІ СПОСОБИ ДОБУВАННЯ І  
ВЛАСТИВОСТІ ХЛОРУ, БРОМУ, ЙОДУ ТА ВЛАСТИВОСТІ  
СПОЛУК ГАЛОГЕНІВ

**ЗАВДАННЯ.**

1. Добути хлор, бром, йод та сполуки галогенів лабораторним способом.
2. Дослідити фізичні та хімічні властивості йоду.
3. Порівняти відновні властивості гідрогенвмісних сполук галогенів.
4. Переконатися в окисних властивостях оксигенвмісних сполук галогенів.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів VIIA групи періодичної системи.
2. Лабораторні способи добування галогенів.
3. Ступені окиснення Флуору, Хлору, Броду, Іоду в сполуках, порівняння їх окисно-відновних властивостей.
4. Гідрогенвмісні сполуки галогенів, їх добування, властивості.
5. Порівняльна характеристика кислотних і відновних властивостей сполук в ряду HF-HCl-HBr-HI.
6. Реакції ідентифікації йонів Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>.



7. Оксигеновмісні сполуки галогенів: оксиди і кислоти, їх хімічні властивості, порівняльна характеристика їх окисних властивостей в ряду  $\text{HClO}-\text{HClO}_2-\text{HClO}_3-\text{HClO}_4$ .
8. Солі оксигеновмісних кислот галогенів: хлорне вапно, жавелева вода, хлорати, бромати, йодати.
9. Біологічна роль елементів VIIA групи та їх сполук. Застосування їх в медицині і фармації.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Взаємодія крохмалю з йодом.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Ijfb5WEwxtY>
2. Галогени. Хлор.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CDKOhkCpBt8&t=42s>
3. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 249-258.
4. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 245-259.
5. Йод. Хімічні елементи.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UfMgOBSZSX0>
6. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 209-227.
7. Хлор. Хімічні елементи.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NDQgm4RK9eo>

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

## Обладнання та реактиви

**Обладнання:** штатив із пробірками; штатив з лапками; газовий пальник; пробірки з газовідвідними трубками; шпателі; скляні палички; фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папір; рН метр; фарфоровий тигель.

**Реактиви:** кристалічні: манган(IV) оксид, плюмбум(IV) оксид, йод, калій хлорат(V), натрій хлорид, калій бромід, калій йодид, хлорне вапно; розчини: хлоридної кислоти ( $\omega(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 36\%$ ,  $\rho(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 1,19 \text{ г/см}^3$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 10\%$ ,  $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ); сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 96\%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 1,84 \text{ г/см}^3$ ); розчини з молярною концентрацією  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ : калій йодид, натрій сульфат(IV), ферум(III) хлорид, аргентум(I) нітрат, плюмбум(II) нітрат; розчин амоніаку ( $\omega(\text{NH}_4\text{OH}) = 10\%$ ); йодна вода; етиловий спирт.

### ДОСЛІД 1. Добування хлору, бромів і йоду.

(Робота виконується за склом витяжної шафи)

#### а) Добування хлору.

Насипте в пробірку з газовідвідною трубкою  $0,5\text{-}1 \text{ г}$  манган(IV) оксиду чи плюмбум(IV) оксиду (які солі можна брати для добування хлору?), налейте концентрованої хлоридної кислоти в такому об'ємі, щоб вона покрила весь шар манган(IV) оксиду. Для прискорення реакції обережно нагрійте пробірку з реагентами. Що ви спостерігаєте? Якого кольору газ, що виділяється? Для його ідентифікації необхідно до отвору газовідвідної трубки піднести фільтрувальний папірець змочений розчином калій йодиду (чи

можливо сіль замінити на калій бромід чи калій фторид?). Зверніть увагу на колір газу, що виділяється та на зміну забарвлення фільтрувального папірця. Напишіть рівняння реакції добування хлору в лабораторії та реакцію його ідентифікації за допомогою калій йодиду.

*б) Добування броду.*

Насипте в пробірку 0,5 г калій броміду, додайте до нього 0,5 г манган(IV) оксиду, перемішайте суміш і обережно налейте 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Поясніть спостереження. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть окисника і відновника.

*в) Добування йоду.*

Насипте в пробірку 0,5 г калій йодиду, додайте до нього 0,5 г манган(IV) оксиду, перемішайте суміш, обережно налейте 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти і нагрійте пробірку. Спостерігайте за виділенням парів йоду. Якого вони кольору? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть окисника і відновника.

**ДОСЛІД 2. Властивості йоду.**

*а) Сублімація йоду.*

*(Робота виконується за склом витяжної шафи).*

Внесіть в суху пробірку декілька кристаликів йоду і нагрійте дно пробірки в полум'я пальника. Спостерігайте за кольором парів

йоду. Потім дайте охолонути пробірці на повітрі та відзначте зміну забарвлення йоду. Поясніть спостережувані явища.

*б) Розчинність йоду в різних розчинниках.*

Помістіть у дві пробірки по декілька кристаликів йоду, налейте в першу пробірку води, а в другу – етиловий спирт. Збовтайте пробірки з розчинами йоду і відзначте колір кожного. Дайте пояснення поганого розчинення йоду у воді та механізм розчинення йоду в спирті.

В пробірку з йодом і водою додайте декілька крапель розчину калій йодиду. Запишіть спостереження, рівняння реакції взаємодії йоду з калій йодидом та поясніть його механізм.

*в) Окисні властивості йоду.*

Налійте в пробірку розчин натрій сульфату(IV) і долийте йодної води (водний розчин йоду з додаванням KI). Спостерігайте за ознаками протікання реакції. Запишіть спостереження та рівняння реакції в зошит.

**ДОСЛІД 3. Добування та властивості гідрогенвмісних сполук галогенів.**

*(Робота виконується за склом витяжної шафи)*

*а) Добування гідрогенхлориду.*

Помістіть в суху пробірку з газовідвідною трубкою 1,5-2 г натрій хлориду, додайте 2-3 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти і обережно нагрійте. Піднесіть до отвору газовідвідної трубки спочатку змочену водою стрічку універсального індикаторного

папірця, а потім – скляну паличку, змочену розчином амоніаку. Запишіть в зошит спостереження та рівняння реакцій.

*б) Добування гідрогенброміду і гідрогенйодиду.*

Насипте в сухі пробірки з газовідвідними трубками по 1,5-2 г натрій броміду і натрій йодиду, додайте декілька крапель концентрованої сульфатної кислоти і повільно нагрійте. Спостерігайте забарвлення парів, що виділяються з пробірок. Піднесіть до отвору кожної газовідвідної трубки змочену водою стрічку універсального індикаторного папірця та спостерігайте за зміною його забарвлення. Напишіть рівняння реакції добування гідрогенброміду і гідрогенйодиду в лабораторії.

*в) Відновні властивості гідрогенгалогенідів.*

Помістіть окремо у три сухі пробірки подрібнених калій хлориду, броміду і йодиду масою 1-2 г та долийте в кожну пробірку концентрованої сульфатної кислоти об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>. Спостерігайте на початку досліду в трьох пробірках появу газу білого кольору, поясніть причину його виникнення та зазначте склад речовин, які при цьому утворюються. Спостерігайте за подальшими змінами в усіх трьох пробірках та поясніть їх. Напишіть окисно-відновні реакції окиснення гідроген броміду та гідроген йодиду концентрованою сульфатною кислотою і порівняйте їх відновні властивості. Запишіть ряд гідрогенгалогенідів в порядку зростання їх відновних функцій.

**ДОСЛІД 4. Властивості хлоридної кислоти.**

*а) Дисоціація хлоридної кислоти.*

Налийте в хімічний стакан об'ємом  $50 \text{ см}^3$  розчину хлоридної кислоти з молярною концентрацією  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  та виміряйте на рН метрі значення водневого показника. Попередньо розрахуйте теоретичне значення концентрації йонів Гідрогену в розчині хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) і порівняйте з розрахунками виходячи з експериментально виміряного значення рН. Обчисліть відносну похибку вимірювання.

*б) Кислотні властивості хлоридної кислоти.*

Отримайте малорозчинний гідроксид (основу) ферум(III) гідроксид, попередньо пригадавши загальний алгоритм добування малорозчинних основ. Додайте в пробірку до осаду ферум(III) гідроксиду розчин хлоридної кислоти до моменту його розчинення. Про що це свідчить. Напишіть рівняння реакції.

*в) Окисні властивості хлоридної кислоти.*

Помістіть в пробірку порошок магнію і прилийте до нього розчин хлоридної кислоти ( $\omega(\text{HCl}) = 10 \%$ ). В спостереженнях зазначте ознаки протікання реакції та запишіть окисно-відновну реакцію. З'ясуйте, чи з усіма металами реагує хлоридна кислота? Які продукти утворюються при взаємодії хлоридної кислоти з металами?

*г) Відновні властивості хлоридної кислоти.*

*(Робота виконується за склом витяжної шафи).*

Насипте в пробірку  $0,5 \text{ г}$   $\text{MnO}_2$  і додайте декілька крапель концентрованої хлоридної кислоти. Спостерігайте виділення газу, зазначте його колір, напишіть окисно-відновну реакцію та

розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу і вкажіть окисника та відновника.

### **ДОСЛІД 5. Якісні реакції на галогенід іони.**

Випробуйте дію іонів аргентуму(I) і плюмбуму(II) на галогенід іони. Візьміть для цього три пробірки і налейте в кожную по 1-1,5 см<sup>3</sup> розчину солей натрій хлориду, натрій бромиду і натрій йодиду. Додайте в них декілька крапель розчину аргентум(I) нітрату до утворення осаду. Зазначте забарвлення осадів в кожній з пробірок.

В інші три пробірки теж налейте розчини солей галогенідів і додайте по 1 см<sup>3</sup> розчину плюмбум(II) нітрату. Спостерігайте за утворенням осадів. Відзначте їх колір.

Для шести дослідів запишіть рівняння реакції в йонному вигляді.

### **ДОСЛІД 6. Властивості оксигенвмісних сполук галогенів.**

*(Робота виконується за склом витяжної шафи)*

*а) Властивості калій(V) хлорату.*

Приготуйте суміш бертолетової солі з манган(IV) оксидом масою приблизно 1,5-2 г і помістіть її в суху пробірку. Закріпіть пробірку в лапці штативу і нагрівайте дно пробірки. Визначте дослідним шляхом, який газ виділяється в ході реакції. Напишіть рівняння окисно-відновного процесу, зазначте окисник і відновник та тип окисно-відновної реакції.

*б) Властивості хлорного вапна.*

Помістіть у фарфоровий тигель 1-2 г хлорного вапна (до якого класу солей належить хлорне вапно?) і додайте 3-4 краплі розчину хлоридної кислоти об'ємом 1-2 см<sup>3</sup>. Відзначте колір газу, що виділяється з пробірки. Запишіть рівняння реакції, вкажіть відновника і окисника.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Складіть електронні формули атомів Флуору, Хлору, Броду, Йоду і вкажіть їх валентність в сполуках та можливі ступені окиснення. Наведіть приклади сполук із зазначеними ступенями окиснення.
2. Вкажіть причини зміни міцності зв'язку в молекулах простих речовин  $I_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$ .
3. Напишіть лабораторні способи добування хлору, броду і йоду. Яка техніка безпеки при роботі з ними та перша медична допомога?
4. Напишіть рівняння реакцій хімічних властивостей галогенів та порівняйте їх окисно-відновні властивості.
5. Охарактеризуйте фізичні та хімічні властивості хлоридної кислоти. Підтвердіть свої висновки рівняннями реакцій.
6. Здійсніть порівняльну характеристику кислотних і окисно-відновних властивостей гідрогенгалогенідів та запишіть відповідні рівняння реакцій.
7. Напишіть хімічні реакції добування хлорного вапна та його взаємодію з карбон(IV) оксидом у вологому повітрі.



8. Вкажіть причину зміни кислотних та окисних властивостей оксигенвмісних сполук галогенів в ряду  $\text{HClO} - \text{HClO}_2 - \text{HClO}_3 - \text{HClO}_4$ .
9. Охарактеризуйте біологічну роль елементів VIIA групи та вкажіть фармацевтичні препарати, що містять сполуки галогенів.
10. Напишіть продукти реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть окисника і відновника.
- а)  $\text{NaI} + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;
- б)  $\text{Cl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$ ;
- в)  $\text{Ca}(\text{ClO})\text{Cl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;
- г)  $\text{KI} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;
- д)  $\text{KClO}_3 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow$ ;
- е)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl}_{\text{конц}} \rightarrow$ .

---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

---

---

**ТЕМА.** ОКСИГЕН, ОКСИДИ ТА ПЕРОКСИДИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ЛАБОРАТОРНІ СПОСОБИ ДОБУВАННЯ КИСНЮ, ЙОГО ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОГЕН ПЕРОКСИДУ

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити лабораторні способи добування кисню.
2. Дослідити окисні властивості кисню.
3. Дослідити кислотні та окисно-відновні властивості гідроген пероксиду.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика Оксигену за положенням в періодичній системі та будові атому, валентні стани, ступені окиснення, біологічна роль.
2. Кисень: будова молекули, тип хімічного зв'язку, міцність молекули.
3. Фізичні і хімічні властивості кисню, способи добування кисню в лабораторії і промисловості та його застосування.
4. Гідроген пероксид: будова молекули, фізичні властивості, хімічні властивості (кислотні і окисно-відновні), добування гідроген пероксиду та його застосування в медицині і фармації.
5. Гідроген пероксид в живих організмах: схема його утворення та взаємодія з ферментами.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 259-268
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 267-287
3. Оксиген. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gEu2D4KDt3g>
4. Пероксид водню.  
URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/782/peroksid-vodnyu>
5. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 227-336

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** штатив із пробірками; штатив з лапками; газовий пальник; дерев'яні скіпки; шпателі.

**Реактиви:** кристалічні: калій перманганат, манган(IV) оксид, калій хлорат(V), калій нітрат, сірка, шматочки деревного вугілля; розчини: натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ), сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ моль/дм}^3$ ), калій перманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ), калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ), алюміній хлориду ( $c(\text{AlCl}_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ), плюмбум(II) нітрату ( $c(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ),

натрій сульфїду ( $c(\text{Na}_2\text{S}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
калій тїоціанату ( $c(\text{KSCN}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
гїдроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3\%$ ), розчин крохмалю.

### **ДОСЛІД 1. Добування кисню розкладом солей**

#### *а) Термічний розклад калій перманганату.*

В суху пробїрку насипте кристалїчного калій перманганату масою 0,5 г, закрїпїть пробїрку вертикально в лапці штатива і обережно нагрїйте в полум'ї пальника. Запропонуйте спосїб виявлення кисню та переконайтеся у його утвореннї під час термічного розкладу калій перманганату. Написати рївняння реакції розкладу  $\text{KMnO}_4$ .

#### *б) Термічний розклад манган(IV) оксиду.*

Проведїть дослідження аналогїчно до дослїду 1а, де в якостї вихїдної речовини вїзміть манган(IV) оксид. Переконайтеся в тому, що при нагрїваннї  $\text{MnO}_2$  видїляється кисень. Напишіть рївняння вїдповїдної реакції.

#### *в) Термічний розклад калій хлорату(V).*

Проведїть аналогїчний дослїд з бертолетовою сїллю та пїсля розплавлення солї  $\text{KClO}_3$  перевїрте тїючою скїпкою їнтенсивнїсть видїлення кисню. Припинїть нагрївання і додайте в пробїрку з бертолетовою сїллю манган(IV) оксиду на кїнчику шпателя. Швидко зробїть пробу на видїлення кисню. Порївняйте їнтенсивнїсть видїлення кисню до і пїсля додавання манган(IV)оксиду. Вкажіть роль, яку вїдїграє в цїй реакції  $\text{MnO}_2$ ?

## ДОСЛІД 2. Окисні властивості кисню

*(Робота виконується за склом витяжної шафи)*

Наповніть суху пробірку на  $1/5$  її об'єму калій нітратом і закріпіть її вертикально в лапці на металевому штативі. Нагрівайте дно пробірки полум'ям газового пальника до плавлення солі. В момент, коли почнуть виділятися бульбашки газу, опустіть в пробірку попередньо розжарений шматочок вугілля, тримаючи його металевими щипцями. Обережно спостерігайте за горінням вугілля в кисні в момент його виділення (атомарний кисень). Після горіння вугілля, опустіть у пробірку шматочок сірки і спостерігайте за інтенсивністю проходження реакції. Запишіть спостереження та рівняння реакцій.

## ДОСЛІД 3. Окисні властивості гідроген пероксиду

а) Налийте у пробірку 3-4 см<sup>3</sup> розчину калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>), підкисліть його декількома краплями розчину сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>) і додайте розчин з масовою часткою гідроген пероксиду 3%. Зазначте зміну забарвлення розчину та випробуйте утворений розчин на наявність йоду за допомогою 1-2 крапель розчину крохмалю. Запишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте коефіцієнти та зазначте окисника і відновника.

б) Наповніть пробірку 3-5 краплями розчину плюмбум(II) нітрату долейте декілька крапель розчину натрій сульфід до утворення чорного осаду, до якого налейте розчин з масовою

часткою гідроген пероксиду 3 %. Що відбувається з осадом? Запишіть спостереження та рівняння відповідних реакцій.

#### **ДОСЛІД 4. Відновні властивості гідроген пероксиду**

а) Налийте в пробірку підкислений розчином сульфатної кислоти розчин калій перманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $1-2 \text{ см}^3$  і додайте до нього 5-6 крапель розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Прослідкуйте за зміною забарвлення розчину. Про що це свідчить? Напишіть рівняння реакції.

б) Налийте в пробірку  $2-3 \text{ см}^3$  розчину солі феруму(II), наприклад, ферум(II) сульфату (або його кристалогідрат – залізний купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Підкисліть розчин солі сульфатною кислотою і додайте  $1 \text{ см}^3$  розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ ). Щоб переконатися в проходженні окисно відновного процесу і окисненні феруму(II) до феруму(III), проведіть якісну реакцію на виявлення йонів феруму(III). Для цього в пробірку з продуктами реакції долийте по краплям розчин калій тіоціанату  $\text{KSCN}$  до утворення осаду, колір якого зазначте в спостереженнях. Напишіть відповідні рівняння реакцій.

#### **ДОСЛІД 5. Каталітичний розклад гідроген пероксиду**

а) Налийте в пробірку  $2-3 \text{ см}^3$  розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ ) і додайте до нього кристалічний манган(IV) оксид (каталізатор). Випробуйте газ, що виділяється, тліючою скіпкою. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте

коефіцієнти та зазначте окисника і відновника. До якого типу ОВР відноситься дана реакція.

б) Налийте в конічну колбу ( $100 \text{ cm}^3$ ) розчин гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ ) об'ємом  $50 \text{ cm}^3$  і насипте кристалічний калій йодид. Спостерігайте за бурним виділенням пухирців газу. Встановіть дослідним шляхом, що газ, який утворився в ході реакції – кисень. Напишіть рівняння реакції.

### **ДОСЛІД 6. Якісна реакція на гідроген пероксид**

Внесіть в пробірку 1-2  $\text{cm}^3$  розчину гідроген пероксиду та 1-2  $\text{cm}^3$  розчину сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ моль/дм}^3$ ) для створення кислого середовища  $\text{pH} = 2-3$ . Потім долийте по 1  $\text{cm}^3$  ізоамілового спирту та диетилового етеру. Це потрібно тому, що надхромовою кислотою  $\text{H}_2\text{CrO}_6$ , яка утвориться в ході реакції, не стійка у водному середовищі. Перемішайте суміш, додайте декілька крапель розчину калій дихромату молярної концентрації  $0,5 \text{ моль/дм}^3$ , знову перемішайте і дайте відстоятися. Спостерігайте за забарвленням верхнього органічного шару в синій колір, що свідчить про утворення хром(VI) пероксиду  $\text{CrO}_5$  або надхромової кислоти  $\text{H}_2\text{CrO}_6$ :



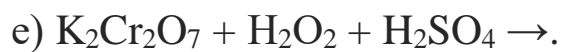
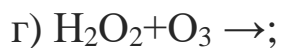
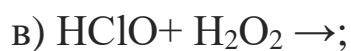
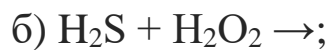
Напишіть рівняння реакцій з утворенням хром(VI) пероксиду та його графічну формулу.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Складіть електронну формулу атома Оксигену, з'ясуйте кількість валентних електронів, максимальну валентність, можливі ступені окиснення, напишіть приклади сполук із засначеними ступенями окиснення.
2. Вкажіть тип хімічного зв'язку в молекулі кисню, енергію зв'язку та причину його існування у вільному стані на Землі. Вкажіть його біологічну роль.
3. Вкажіть причину, за якої атомарний кисень має більші окисні властивості, ніж молекулярний?
4. Зробіть розрахунки, які вкажуть на сполуку з більшим вмістом Оксигену:  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$ .
5. Напишіть просторову будову молекули гідроген пероксиду, з'ясуйте причину, за якої розрив зв'язків в молекулі відбувається в пероксидній групі  $-\text{O}-\text{O}-$ .
6. Вкажіть причину рідкого агрегатного стану гідроген пероксиду та його високої температури кипіння.
7. Підтвердіть рівняннями реакцій кислотний характер гідроген пероксиду, напишіть першу константу дисоціації даної сполуки і з'ясуйте силу цієї кислоти.
8. Напишіть рівняння реакцій окисних, відновних і окисно-відновних властивостей гідроген пероксиду.
9. Поясніть причину утворення гідроген пероксиду і неможливість його накопичення в організмі людини. Вкажіть назву ферменту, який розкладає гідроген пероксид у живому організмі.



10. Напишіть продукти реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу і вкажіть роль гідроген пероксиду в даних процесах (окисник чи відновник):



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

---

---

**ТЕМА.** СУЛЬФУР ТА ЙОГО СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК СУЛЬФУРУ:

СУЛЬФІДІВ, СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ, ТІОСУЛЬФАТІВ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити процеси гідролізу сульфідів та провести якісну реакцію на сульфід-іони.
2. Дослідити кислотні та окисні властивості розбавленої сульфатної кислоти.
3. Дослідити окисні властивості концентрованої сульфатної кислоти.
4. Дослідним шляхом переконатися у відновних властивостях натрій тіосульфату.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика Сульфуру за положенням в періодичній системі та будові атому, валентні стани, ступені окиснення, біологічна роль.
2. Алотропні модифікації Сульфуру: ромбічна, моноклінна та пластична сірка. Причини їх утворення та існування.
3. Сполуки Сульфуру в ступені окиснення -2: гідроген сульфід (сірководень), сульфідна кислота, сульфіди. Способи їх добування, властивості та застосування в медицині і фармації.
4. Сполуки Сульфуру в ступені окиснення -1: персульфіди. Їх властивості та застосування в медицині і фармації.

5. Сполуки Сульфуру в ступені окиснення +4: сульфур(IV) оксид (сірчистий газ), сульфатна(IV) кислота (сульфітна кислота), сульфати(IV) (сульфіти). Способи їх добування, властивості та застосування в медицині і фармації.
6. Сполуки Сульфуру в ступені окиснення +6: сульфур оксид (сірчаний газ), сульфатна кислота (сірчана кислота), сульфати. Способи їх добування, властивості та застосування в медицині і фармації.
7. Тіосульфатна кислота, тіосульфати: добування, властивості, застосування.
8. Селен та його сполуки, їх властивості та застосування в медицині і фармації.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 259-268.
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 272-287.
3. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 237-251.
4. Сульфур. Хімічні елементи.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1D4gW3b1Jfs>  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=z3dWXQggHrI>
5. Сульфур(IV) оксид, сульфур(VI) оксид.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1iOjeB8uT9Y>

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** штатив із пробірками; штатив з лапками; газовий пальник; шпателі; універсальний індикаторний папір; фільтрувальний папір;

**Реактиви:** металічні мідь, залізо, цинк, алюміній; кристалічний натрій сульфід; розчини: алюміній сульфату ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>); натрій сульфід  $\text{Na}_2\text{S}$ ; натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>); сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 96\%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 1,84$  г/см<sup>3</sup>;  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>); плюмбум(II) нітрату ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>); ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>); барій хлориду ( $c(\text{BaCl}_2) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>); натрій тіосульфат ( $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>); розчин сульфатної кислоти (1:1); розчин крохмалю.

### ДОСЛІД 1. Гідроліз сульфідів.

а) Перенесіть металевим шпателем у пробірку декілька кристалів натрій сульфідів і розчиніть їх у воді. Опустіть в пробірку скляну паличку і крапельку розчину перенесіть на смужку індикаторного папірця. Відмітьте його колір та відповідне

середовище, яке утворюється при взаємодії солі з водою. Напишіть йонні рівняння реакції гідролізу натрій сульфід.

б) Долейте в пробірку до розчину солі Алюмінію ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) розчин натрій сульфід, трохи нагрійте і спостерігайте утворення осаду. Відфільтруйте добутий осад та промийте його гарячою водою. Дослідним шляхом переконайтеся, що осадом є алюміній гідроксид. Напишіть йонні рівняння реакції повного гідролізу та поясніть їх.

### **ДОСЛІД 2. Якісна реакція на сульфід-іон.**

Добавте в пробірку з розчином натрій сульфід розчин плюмбум(II) нітрату ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) і фіксуйте забарвлення утвореного осаду. Напишіть рівняння реакції в йонному вигляді.

Майте на увазі, що при ідентифікації газу водень сульфід, що виділяється з пробірки, необхідно піднести до отвору пробірки змочену розчином  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  стрічку фільтрувального паперу і спостерігати за забарвлення папірця в темний колір.

### **ДОСЛІД 3. Властивості розбавленої сульфатної кислоти.**

*а) Дія розведеної сульфатної кислоти на метали.*

Для досліду візьміть зразки металів: мідь, залізо, цинк, алюміній тощо. Виходячи з положення цих металів у ряду стандартних електродних потенціалів, зробіть попередній обґрунтований висновок про можливість протікання реакцій між цими металами і розведеною сульфатної кислотою. Доведіть

дослідним шляхом, чи всі взяті метали взаємодіють з розведеною сульфатною кислотою ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>). Визначте різницю швидкості протікання можливих реакцій і дайте пояснення, використовуючи відповідні дані таблиці стандартних електродних потенціалів.

Доведіть дослідним шляхом який газ виділяється? Напишіть рівняння відповідних реакцій та поясніть їх.

*б) Кислотні властивості.*

Попередньо реакціями добування малорозчинних основ утворіть осад ферум(III) гідроксиду (які реактиви потрібно взяти для реакції?) і додайте до нього розчин сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) до моменту розчинення осаду. Напишіть рівняння реакції і відзначте хімічну природу кислоти в даному процесі.

*б) Якісна реакція на сульфат-іон.*

Налийте в пробірку 1-2 см<sup>3</sup> розчину сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>) і додайте декілька крапель розчину барій хлориду ( $c(\text{BaCl}_2) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>). Запишіть в зошиті спостереження та рівняння реакції в йонному вигляді.

#### **ДОСЛІД 4. Властивості концентрованої сульфатної кислоти.**

*(Робота виконується за склом витяжної шафи)*

*а) Взаємодія концентрованої сульфатної кислоти з неметалами.*

Насипте в фарфорову чашку 1-2 г сірки, додайте 1 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти і закріпіть чашку в кільці на

металевому штативі. При обережному нагріванні спостерігайте за проходженням реакції і виділенні газу (що це за газ?). Проведіть його ідентифікацію за допомогою вологого індикарного папірця, який при контакті з газом змінює своє забарвлення (чому?). Напишіть рівняння реакцій між сіркою і концентрованою сульфатною кислотою, а також між утвореним газом і водою. Яка за силою кислота, утворена за другою реакцією?

*б) Взаємодія концентрованої сульфатної кислоти з металами.*

Внесіть у кожен з двох пробірок по металу: в першу – мідь, у другу – цинк і додайте в них приблизно по 2-3 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти. За слабого нагрівання встановіть, який газ виділяється при контакті його з вологим індикарним папірцем. Як змінюється забарвлення папірця і яка реакція при цьому відбувається? Продовжуйте нагрівання другої пробірки ще 2-3 хвилини, а потім до отвору пробірки піднесіть стрічку фільтрувального паперу змочену розчином Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> і спостерігайте за забарвленням папірця.

Напишіть всі окисно-відновні реакції між металами і концентрованою сульфатною кислотою та реакції ідентифікації утворених продуктів реакцій.

*в) Взаємодія концентрованої сульфатної кислоти зі складними речовинами.*

Змочіть скляну паличку розчином сульфатної кислоти (1:1) і зробіть нею напис на листку фільтрувального паперу. Обережно підсушіть папірець над електроплиткою і спостерігайте за змінами, які на ньому відбулися. Поясніть спостережувані явища і запишіть

рівняння реакції між клітковиною  $(C_6H_{10}O_5)_x$  і концентрованою сульфатною кислотою.

### **ДОСЛІД 5. Відновні властивості натрій тіосульфату.**

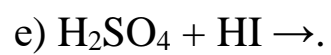
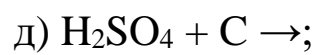
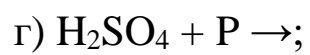
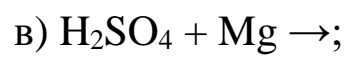
Прилийте до розчину натрій тіосульфату ( $c(Na_2S_2O_3) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>) декілька крапель розчину крохмалю. Потім додайте в пробірку по краплям розчин йодної води (пригадайте його приготування) і спостерігайте зникнення забарвлення йоду. Поясніть це явище, попередньо написавши рівняння реакції між натрій тіосульфатом і йодом з утворенням натрій тетратіонату  $Na_2S_4O_6$ . Продовжуйте додавати йодну воду до тих пір, поки розчин не забарвиться в синій колір. Дайте пояснення.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Напишіть електронну формулу атома Сульфуру, з'ясуйте кількість валентних електронів, максимальну і мінімальну валентність, можливі ступені окиснення, напишіть приклади сполук із зазначеними ступенями окиснення.
2. Вкажіть алотропні модифікації Сульфуру та причини їх існування.
3. Напишіть рівняння реакцій хімічних властивостей сірки: окисні, відновні, окисно-відновні. Зазначте застосування сірки в медицині і фармації.
4. Напишіть рівняння реакцій відновних властивостей гідрогенсульфіду та якісну реакцію на сульфід-іон.



5. Напишіть рівняння реакцій добування сульфур(IV) оксиду з наступних вихідних речовин: сірки, гідроген сульфід, натрій сульфід, ферум(II) персульфід, сульфатної кислоти.
6. Запишіть продукти реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу і вкажіть окисника та відновника:
- а)  $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;
- б)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \xrightarrow{\text{кип'ятіння}} \rightarrow$ ;
- в)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;
- г)  $\text{FeCl}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;
- д)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$ ;
- е)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .
7. Розрахуйте об'єм ( $\text{см}^3$ ) розчину натрій тіосульфату з молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, який необхідно взяти для реакції з надлишком сульфатної кислоти при добуванні сірки масою 4,8 г.
8. Підтвердіть відновні властивості натрій тіосульфату рівняннями взаємодії цієї солі з хлорною, бромною і йодною водою. Як дослідним шляхом ідентифікувати вільний йод у розчині?
9. Підтвердіть за допомогою рівнянь реакцій хімічні властивості розбавленої і концентрованої сульфатної кислот.
10. Допишіть рівняння реакцій, які протікають між концентрованою сульфатною кислотою і наступними речовинами. Розрахувати коефіцієнти:
- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ag} \rightarrow$ ;
- б)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe} \rightarrow$ ;



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

---

---

**ТЕМА:** НІТРОГЕН, ФОСФОР ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА:** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА  
ФОСФОРУ

**ЗАВДАННЯ.**

1. Опанувати лабораторні способи добування амоніаку.
2. Дослідити властивості амоніаку.
3. Дослідити властивості нітратної кислоти.
4. Дослідити гідроліз солей ортофосфатної кислоти та солей бісмуту(III) і стибію(III).

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів VA групи за положенням в періодичній системі та будові атому, валентні стани, ступені окиснення, біологічна роль.
2. Нітроген. Азот: будова молекули, фізичні, хімічні властивості, способи добування, застосування.
3. Сполуки Нітрогену в ступені окиснення -3: амоніак, солі амонію. Добування амоніаку, його властивості та застосування. Термічний розклад солей амонію. Застосування в медицині і фармації.
4. Сполуки Нітрогену в позитивних ступенях окиснення: оксиди Нітрогену, нітратна(III) і нітратна(V) кислоти, їх окисно-

- відновні властивості. Нітрити і нітрати. Застосування в медицині і фармації.
5. Фосфор, його біологічна роль, алотропні модифікації, хімічні властивості простої речовини.
  6. Фосфін як гідрогенвмісна сполука Фосфору. Порівняльна характеристика амоніаку і фосфіну.
  7. Сполуки фосфору в позитивних ступенях окиснення +1, +3, +5. Солі фосфатної кислоти: середні, кислі та їх гідроліз. Застосування солей фосфатної кислоти в медицині та фармації.
  8. Сполуки Арсену, Стибію та Бісмуту. Гідроліз солей стибію(III) і бісмуту(III). Застосування сполук Арсену, Стибію та Бісмуту в фармацевтичній практиці.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гідроліз солей стибію і бісмуту.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GLc9ZtbMr5U>
2. Гідроліз солей фосфатної кислоти.  
URL: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_NQcDL\\_9NpQ](https://www.youtube.com/watch?v=_NQcDL_9NpQ)
3. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 269-281.
4. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 298-323.
5. Нітроген. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=QwkIXG1GtSk>

6. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 252-280.
7. Фармацевтична енциклопедія. Арсен.  
URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2876/arsen>
8. Фармацевтична енциклопедія. Бісмут та його сполуки в фармації.  
URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1946/bismut>
9. Фармацевтична енциклопедія. Солі фосфатної кислоти.  
URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7389/natriyu-fosfat-odnoosnovnij>
10. Фосфати натрію в фармацевтиці.  
URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1205/natriyu-fosfat>  
<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7389/natriyu-fosfat-odnoosnovnij>
11. Фосфор та його сполуки.  
URL: [https://www.youtube.com/watch?v=3EswksNI\\_58](https://www.youtube.com/watch?v=3EswksNI_58)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** фарфорова чашка; скляні палички; металеві штативи з лапками; сухі пробірки, кристалізатор; гумові пробки для пробірок; універсальний індикаторний папір; скляні палички.

**Реактиви:** метали: цинк, мідь; кристалічні: амоній хлорид ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), гашене вапно ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), натрій фосфат ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), натрій гідрогенфосфат ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), натрій дигідрогенфосфат ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ );

розчини: хлоридної кислоти ( $\omega(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 36 \%$ ,

$\rho(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 1,19 \text{ г/см}^3$ );

нітратної кислоти ( $\omega(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 65 \%$ ,  $\rho(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 1,4 \text{ г/см}^3$ ;

$c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ; 1:1);

сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );

амоніаку ( $\omega(\text{NH}_4\text{OH}) = 25 \%$ );

калій перманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ );

амоній хлориду ( $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );

натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );

калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ );

натрій нітрату(III) свіжеприготовленого ( $c(\text{NaNO}_2) = 1 \text{ моль/дм}^3$ );

стибій(III) хлориду ( $c(\text{SbCl}_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ );

бісмут(III) хлориду ( $c(\text{BiCl}_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ).

### **ДОСЛІД 1. Добування амоніаку в лабораторії**

Змішайте у фарфоровій чашці взяті в приблизно рівних масах кристалічні амоній хлорид і гашене вапно. Чи відбувається утворення амоніаку в цих умовах? Потім перенесіть отриману суміш у суху пробірку та закріпіть її в лапці металевого штативу.

Закрийте пробірку пробкою з вигнутою газовідвідною трубкою (рис. 9). Потроху нагріваючи суміш, збирайте амоніак в суху пробірку, яка вміщена на газовідвідну трубку вверх дном. Через декілька хвилин, як тільки пробірка заповниться амоніаком (як у цьому упевнитися?), обережно зніміть її з трубки, не перегортаючи, закрийте сухою пробкою і збережіть для наступного досліду. Так само зберіть амоніак в другу пробірку.

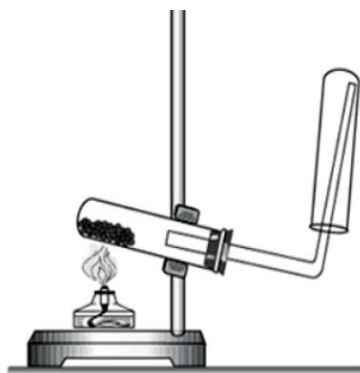


Рис. 9. Прилад для добування амоніаку.

Напишіть рівняння реакції, сформулюйте висновки про умови її проходження та способи збирання амоніаку в лабораторії. .

## ДОСЛІД 2. Хімічні властивості амоніаку.

а) *Взаємодія амоніаку з водою.* Пробірку з амоніаком, який добули у попередньому досліді, опустіть отвором донизу у кристалізатор з водою. Під водою відкрийте пробку і трохи похитайте пробірку. Що при цьому спостерігається?

Коли вода перестане підніматися, закрийте пробірку під водою (пробкою) і вийміть її з кристалізатору.

Випробуйте добутий розчин універсальним індикаторним папером. Що при цьому спостерігається? Напишіть рівняння реакції.

Сформулюйте висновки про відношення амоніаку до води.

б) *Взаємодія амоніаку з хлоридною кислотою.* Внесіть в пробірку з газоподібним амоніаком скляну паличку змочену розчином концентрованої хлоридної кислоти. Запишіть спостереження та рівняння реакції, зазначивши до якого типу реакцій відноситься взаємодія амоніаку з хлоридною кислотою.

в) *Взаємодія амоніаку з калій перманганатом.* Налийте в пробірку розчин калій перманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ )

об'ємом 2-3 см<sup>3</sup> та додайте приблизно 1 см<sup>3</sup> концентрованого розчину амоніаку ( $\omega(\text{NH}_4\text{OH}) = 25\%$ ). Відзначте, чи відбуваються зміни в пробірці за звичайних умов? Підігрійте пробірку над полум'ям газового пальника у витяжній шафі до кипіння і припиніть нагрівання. Спостерігайте за зміною забарвлення в пробірці хвилин через десять. Запишіть спостереження та рівняння реакції окиснення амоніаку, маючи на увазі, що калій перманганат при взаємодії з амоніаком в нейтральному середовищі відновлюється до манган(IV) оксиду.

### **ДОСЛІД 3. Якісна реакція на йони амонію.**

Налийте в пробірку розчин амоній хлориду ( $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) і розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємами по 2-3 см<sup>3</sup> і підігрійте пробірку. Піднесіть вологий універсальний індикаторний папір до отвору пробірки. Як змінився колір паперу? Напишіть рівняння реакції, зазначте умови її проходження та сформулюйте висновки.

### **ДОСЛІД 4. Відношення солей амонію до нагрівання.**

Насипте в суху пробірку приблизно 2 г кристалічного амоній хлориду і закріпіть її в лапці штатива. Повільно нагрівайте дно пробірки з сіллю. Поясніть появу на стінках пробірки білого нальоту. Запишіть рівняння реакції термічного розкладу амоній хлориду.

### **ДОСЛІД 5. Властивості нітрат(III)-іона.**

*а) Окисні властивості нітрат(III)-іона.*



Налийте в пробірку 2-3 см<sup>3</sup> розчину калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>), підкисленого таким же об'ємом сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>), і додайте 1 см<sup>3</sup> свіжевиготовленого розчину натрій нітрату(III) ( $c(\text{NaNO}_2) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте за виділенням бульбашок газу та зміною забарвлення в пробірці. Напишіть окисно-відновну реакцію, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть окисника і відновника.

*б) Відновні властивості нітрат(III)-іона.*

Налийте в пробірку 2-3 см<sup>3</sup> розчину калій перманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>), підкисленого таким же об'ємом сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>), і додайте 1 см<sup>3</sup> свіжевиготовленого розчину натрій нітрату(III) ( $c(\text{NaNO}_2) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>). Відзначте зміну забарвлення в пробірці. Напишіть окисно-відновну реакцію, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть окисника і відновника.

### **ДОСЛІД 6. Властивості нітратної кислоти.**

*а) Окисні властивості концентрованої нітратної кислоти.*

Помістіть у пробірки по шматочку металів: в одну пробірку – шматочок цинку, а у другу – шматочок міді і прилийте концентрованої нітратної кислоти. Який газ виділяється? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

*б) Окисні властивості розбавленої нітратної кислоти.*

Проведіть аналогічний дослід (ба), але із розведеною нітратною кислотою (1:1). Напишіть відповідні рівняння реакцій. Чи

виділяється водень? Дайте мотивовану відповідь і сформулюйте висновки.

### **ДОСЛІД 7. Гідроліз солей фосфатної кислоти.**

Налийте в три пробірки по 3-4 см<sup>3</sup> дистильованої води і насипте по черзі в кожен кристалічні солі фосфатної кислоти: в першу – натрій фосфат (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), в другу – натрій гідрогенфосфат (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), в третю – натрій дигідрогенфосфат (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Перемішайте вміст пробірок і до розчинів прилийте розчин лакмусу. Спостерігайте за кольором розчинів в кожній пробірці і зробіть висновок про значення рН середовища. Напишіть рівняння гідролізу кожної з солей і подумайте, на якому ступені і чому повинен практично зупинитися гідроліз солі натрій фосфату?

Сформулюйте висновки про гідроліз середніх і кислих солей фосфатної кислоти.

### **ДОСЛІД 8. Гідроліз солей стибію(III) і бісмуту (III).**

#### *а) Гідроліз стибій(III) хлориду.*

Налийте в пробірку 3-4 см<sup>3</sup> дистильованої води і додайте декілька крапель розчину стибій(III) хлориду (c(SbCl<sub>3</sub>) = 0,2 моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте за помутнінням розчину з утворенням стибій(III) оксохлориду (хлористий антимоніт). Для того, щоб змістити рівновагу в бік вихідних речовин, доливайте до утвореного білого розчину концентровану нітратну кислоту до тих пір, поки розчин в пробірці не стане прозорим. Напишіть рівняння реакцій та зробіть висновки стосовно гідролізу солей стибію(III).

*б) Гідроліз бісмут(III) хлориду.*

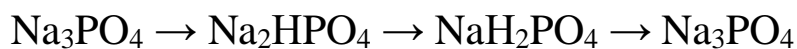
Налийте в пробірку 3-4 см<sup>3</sup> дистильованої води і додайте декілька крапель розчину бісмут(III) хлориду ( $c(\text{BiCl}_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>). Прослідкуйте за помутнінням розчину з утворенням на початку реакції основної солі бісмута(III)  $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl}$ , яка є нестійкою і відщеплює молекулу води з переходом в нову основну сіль – бісмут(III) оксохлорид (хлористий бісмутил)  $\text{BiOCl}$ . Напишіть рівняння реакцій та зробіть висновки стосовно гідролізу солей бісмуту(III).

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть електронні формули атомів Нітрогену і Фосфору, вкажіть число валентних електронів, максимальну і мінімальну валентність, можливі ступені окиснення, напишіть приклади сполук із зазначеними ступенями окиснення.
2. Напишіть рівняння реакцій всіх можливих способів одержання азоту та його хімічних властивостей. Поясніть причину хімічної інертності молекули азоту.
3. Напишіть рівняння реакцій лабораторних та промислових способів добування амоніаку.
4. Підтвердіть рівняннями реакцій хімічні властивості амоніаку, а саме, його здатність вступати в реакції приєднання, заміщення, відновлення.
5. Напишіть можливі рівняння реакцій взаємодії концентрованої та розбавленої нітратної кислоти з металами (магній, алюміній, срібро) і з неметалами (сірка, вугілля).

6. Вкажіть алотропні модифікації Фосфору та причини їх існування.

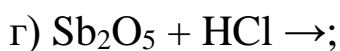
7. Здійснити претворення:



8. Написати рівняння реакцій гідролізу солей стибій(III) хлориду і бісмут(III) хлориду.

9. Розрахуйте ступінь дисоціації амоній гідроксиду та концентрацію гідроксид йонів в розчині амоніаку з молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

10. Запишіть продукти реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу і вкажіть окисника та відновника:



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

---

---

**ТЕМА.** КАРБОН, СИЛІЦІЙ ТА ЇХ СПОЛУКИ.

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ КАРБОНУ, СИЛІЦІЮ ТА ЇХ СПОЛУК

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити адсорбційні властивості сорбентів на основі Карбону та Силіцію.
2. Опрацювати способи добування карбон(IV) оксиду, карбонатів та гідрогенкарбонатів кальцію.
3. Дослідити властивості карбон(IV) оксиду та солей карбонатної кислоти.
4. Опрацювати способи добування силікатної кислоти.
5. Дослідити гідроліз солей силікатної кислоти.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів IVA групи за положенням в періодичній системі та будові атому, валентні стани, ступені окиснення, біологічна роль.
2. Карбон, його алотропні модифікації, сорбційні властивості активованого вугілля, хімічні властивості вуглецю, застосування.
3. Сполуки Карбону(II): карбон(II) оксид (чадний газ), ціанідна (синильна) кислота.

4. Сполуки Карбону(IV): карбон(IV) оксид (вуглекислий газ), карбонатна (вугільна) кислота, карбонати. Способи добування, фізичні і хімічні властивості, застосування в медицині і фармації.
5. Силіцій. Силіцій оксид, силікатна кислота, силікати: фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування в медицині і фармації.
6. Сполуки Германію, Стануму та Плюмбуму. Властивості оксидів і гідроксидів, їх хімічна природа. Станатні кислоти. Препарати на основі Плюмбуму в медицині. Використання сполук Стануму і Плюмбуму в аналізі фармацевтичних препаратів.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Алотропні модифікації Карбону.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iXvsfMbO3fs>
2. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 282-290.
3. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 326-351.
4. Добування вуглекислого газу, взаємоперетворення карбонатів і гідрогенкарбонатів  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4Yz42nZX9xg>
5. Карбон.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oVK7XC13K3A>

6. Карбон. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AmbChGmdxCg>

7. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 280-306.

8. Силіцій. Серія «Наука».

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=Y3q22\\_AKaAA](https://www.youtube.com/watch?v=Y3q22_AKaAA)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** пробірки, штативи для пробірок, скляні палички; металеві штативи з лапками; гумові пробки для пробірок; універсальний індикаторний папір; фільтрувальний папір, хімічні лійки, апарат Кіппа, хімічні стакани, гумові пробки із газовідвідною трубкою, парафінова свічка; сірники.

**Реактиви:** магнієва стрічка; шматочки мармуру; активоване вугілля ( $C_{\text{акт}}$ ); біле вугілля ( $SiO_{2\text{колоїдний}}$ ); атоксил ( $SiO_2$ ); апсорбін ( $Al_2O_3 + SiO_2$ ); кристалічні: натрій карбонат ( $Na_2CO_3$ ); натрій гідрогенкарбонат ( $NaHCO_3$ ); розчини: вапняної води ( $Ca(OH)_{2\text{насич.}}$ ); хлоридної кислоти ( $\omega(HCl_{\text{конц.}}) = 36\%$ ,  $\rho(HCl_{\text{конц.}}) = 1,19\text{ г/см}^3$ ; (1:4); (1:1); натрій гідроксиду ( $c(NaOH) = 2\text{ моль/дм}^3$ ); натрій силікату ( $\omega(Na_2SiO_3) = 10\%$ ;  $Na_2SiO_{3\text{конц.}}$ ); фуксину, метиленової сині, лакмусу, фенолфталеїну.

**ДОСЛІД 1. Адсорбційні властивості сорбентів на основі Карбону та Силіцію.**

Приготуйте із фільтрувального паперу фільтр, вставте його в хімічну лійку, підставивши під неї пробірку для фільтрату. Перенесіть на попередньо змочений фільтр препарати, які зазвичай використовують у фармації і медицині в якості сорбентів для виведення з організму ендо- і екзотоксинів: активоване вугілля ( $C_{\text{акт}}$ ), біле вугілля ( $SiO_{2\text{колоїдний}}$ ), атоксил ( $SiO_2$ ); апсорбін ( $Al_2O_3 + SiO_2$ ). Приливайте до сорбентів розчин фуксину або метиленової сині і спостерігайте за зміною забарвлення в фільтраті. Зробіть висновок про сорбційні властивості фармацевтичних препаратів на основі сполук Карбону і Силіцію.

## ДОСЛІД 2. Добування та властивості карбон(IV) оксиду

### а) Добування карбон(IV) оксиду.

Для одержання карбон(IV) оксиду в лабораторних умовах можна використати апарат Кіппа (рис. 10), в середню частину якого вносять шматочки мармуру, а верхня частина з лійкою наповнена розчином хлоридної кислоти (1:4). Відкрийте на трубці кран і зберіть газ в три стакани, два з яких пусті, а третій – наповнений водою з розчином лакмусу.

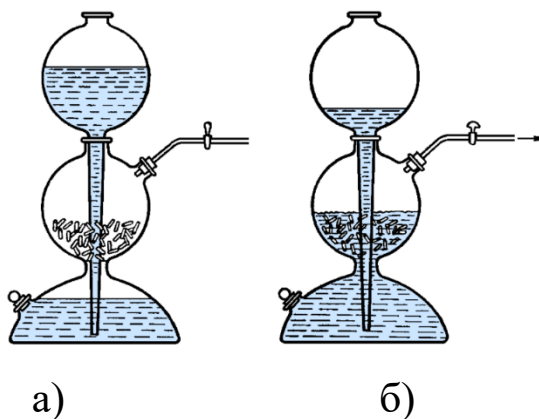


Рис. 10. Апарат Кіппа: а) неробочий стан; б) робочий стан.



Для добування карбон(IV) оксиду можна також скористатися хімічною пробіркою з газовідвідною трубкою (рис 11).

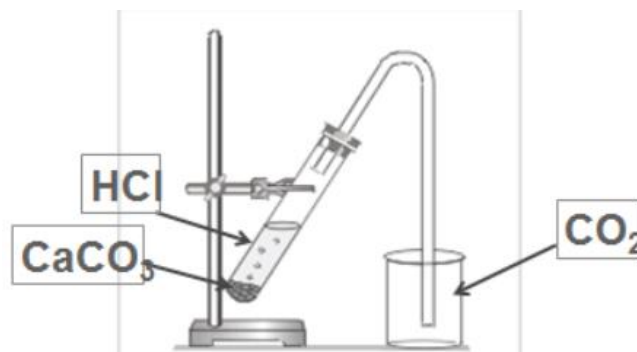


Рис. 11. Добування карбон(IV) оксиду.

Закріпіть пробірку горизонтально в штативі, помістіть до неї шматочки мармуру і налейте розведений розчин хлоридної кислоти (1:4), закрийте пробірку пробкою з вигнутою газовідвідною трубкою і занурьте її по черзі в дві пусті пробірки (збережіть для наступних дослідів) та в пробірку з водою і лакмусом. Напишіть рівняння реакції лабораторного способу добування карбон(IV) оксиду і розчинення його у воді.

*б) Фізичні властивості карбон(IV) оксиду.*

Підпаліть свічку і поступово переверніть на неї вміст стакану з вуглекислим газом. Чи підтримує карбон(IV) оксид горіння і який за відносною густиною даний газ по відношенню до повітря? Запишіть висновки про фізичні властивості карбон(IV) оксиду.

*в) Кислотні властивості карбон(IV) оксиду.*

Пропустіть газ  $\text{CO}_2$  через розчин лугу з фенолфталеїном. Як змінилося забарвлення розчину і чому? Напишіть рівняння реакції взаємодії натрій гідроксиду з карбон(IV) оксиду і охарактеризуйте хімічну природу оксиду.

*г) Окисні властивості карбон(IV) оксиду.*

Підпаліть магнієву стрічку і внесіть її в стакан з карбон(IV) оксидом (вуглекислим газом). Переконайтеся в тому, що магній продовжує горіти в атмосфері вуглекислого газу. Напишіть окисно-відновну реакцію з утворенням продуктів у вигляді вугілля і магній оксиду. Зазначте окисника і відновника.

### **ДОСЛІД 3. Добування та властивості солей карбонатної кислоти**

*а) Добування карбонату та гідрогенкарбонату кальцію.*

Налийте в пробірку приблизно 5-6 см<sup>3</sup> розчину вапняної води (Ca(OH)<sub>2</sub>насищ.) і швидко пропустіть вуглекислий газ з апарату Кіппа до помутніння розчину з утворенням кальцій карбонату. Продовжуйте пропускати карбон(IV) оксид до повного розчинення осаду з утворенням розчинної солі карбонатної кислоти. Напишіть рівняння реакцій добування середньої та кислої солей кальцію з карбонатною кислотою та охарактеризуйте їх властивості.

*б) Гідроліз солей карбонатної кислоти.*

Приготуйте розчини натрій карбонату (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), натрій гідрогенкарбонату (NaHCO<sub>3</sub>) та випробуйте їх дію на нейтральний розчин лакмусу. Напишіть рівняння реакцій гідролізу відповідних солей в йонній формі. Яка сіль у найбільшій мірі гідролізується? Дайте обґрунтоване пояснення.

### **ДОСЛІД 6. Добування силікатної кислоти**

*а) Добування гідрогелю силікатної кислоти.*

Налийте в пробірку  $5 \text{ см}^3$  концентрованого розчину натрій силікату ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), додайте  $2 \text{ см}^3$  розчину хлоридної кислоти (1:1) і перемішайте розчин скляною паличкою. Внаслідок виділення силікатної кислоти вміст пробірки перетворюється в драглистий осад (гель). Напишіть рівняння відповідної реакції.

*б) Добування гідрозолу силікатної кислоти.*

Налийте в пробірку  $3\text{-}5 \text{ см}^3$  розчину натрій силікату ( $\omega(\text{Na}_2\text{SiO}_3) = 10 \%$ ), додайте декілька крапель концентрованої хлоридної кислоти. Спостерігайте за утворенням колоїдного розчину силікатної кислоти. Обережно нагрійте пробірку із зомем силікатної кислоти і спостерігайте перетворення золю на гель. Напишіть рівняння реакції і зазначте у висновках роль нагрівання в процесі переходу колоїдного розчину в гідрогель.

### **ДОСЛІД 7. Гідроліз солей силікатної кислоти.**

*а) Неповний гідроліз солей силікатної кислоти.*

Добавте до розчину натрій силікату нейтральний розчин лакмусу. Спостерігайте за змінами забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакцій гідролізу натрій силікату в йонній формах.

*б) Повний гідроліз солей силікатної кислоти.*

Прилийте до  $1\text{-}2 \text{ см}^3$  концентрованого розчину натрій силікату  $2\text{-}3 \text{ см}^3$  насиченого розчину амоній хлориду. Спостерігайте утворення осаду і газу. Напишіть рівняння реакцій гідролізу в йонній формах.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Напишіть електронні формули атомів Карбону і Силіцію, вкажіть кількість валентних електронів, максимальну і мінімальну валентність, можливі ступені окиснення, напишіть приклади сполук із зазначеними ступенями окиснення.
2. Назвіть сполуки Карбону, які в хімічних реакціях виявляють:
  - а) тільки відновні властивості;
  - б) тільки окисні;
  - в) окисно-відновні. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
3. Складіть рівняння реакцій всіх можливих способів добування карбон(IV) оксиду та його хімічних властивостей при взаємодії з:
  - а) водою;
  - б) розчином лугу;
  - в) фосфором за нагрівання;
  - г) магнієм за нагрівання;
  - д) розчином свіжоутвореного кальцій карбонату.
4. Поясніть, чи можливо використання вогнегасника, щоб загасити палаючий:
  - а) магній;
  - б) фосфор?
5. Складіть йонні рівняння реакцій взаємодії між наступними речовинами:
  - а)  $\text{NaHCO}_3$  і  $\text{HCl}$ ;
  - б)  $\text{NaHCO}_3$  і  $\text{NaOH}$ ;
  - в)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  і  $\text{NaOH}$ ;
  - г)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  і  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
6. Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються при прокалюванні:
  - а) силіцій(IV) оксиду з натрій карбонатом;
  - б) силіцій(IV) оксиду з натрій гідроксидом;
  - в) калій карбонату з карбонатною кислотою;
  - г) силіцій(IV) оксиду з кальцій гідроксидом.

7. Розрахуйте масу (г) солі  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , яку необхідно взяти для виготовлення розчину натрій силікату (в перерахунку на безводну сіль) масою 350 г з масовою часткою солі 20 %.
8. Підтвердіть рівняннями реакцій амфотерний характер  $\alpha$ -оловяної кислоти, попередньо записавши реакцію її одержання.
9. Поясніть хімічними рівняннями реакцій, чому для розчинення олова використовують концентровану хлоридну кислоту, а для розчинення свинця – концентровану нітратну кислоту.
10. Напишіть продукти реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу і вкажіть окисника та відновника:
- а)  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow$ ;
- б)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ ;
- в)  $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ ;
- г)  $\text{SnCl}_2 + \text{FeCl}_3 \rightarrow$ ;
- д)  $\text{Sn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ ;
- е)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3(\text{розб.}) \rightarrow$ .

---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

---

---

**ТЕМА:** БОР, АЛЮМІНІЙ ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА:** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ БОРУ, АЛЮМІНІЮ ТА ЇХ СПОЛУК

**ЗАВДАННЯ:**

1. Добути ортоборатну кислоту та дослідити її властивості.
2. Дослідити гідроліз солі натрій тетраборату.
3. Дослідити відношення алюмінію до розчинів лугів і кислот.
4. Одержати алюміній гідроксид та дослідити його кислотно-основні властивості.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика Бору та Алюмінію за положенням в періодичній системі та будові атому, валентні стани, ступені окиснення, біологічна роль.
2. Бор. Бор оксид, боратна кислота, тетраборати: фізичні, хімічні властивості, способи добування, застосування борної кислоти в медицині і фармації.
3. Алюміній. Алюміній оксид, алюміній гідроксид: фізичні, хімічні властивості, способи добування, застосування.
4. Солі Алюмінію, їх гідроліз, види гідролізу. Застосування сполук Алюмінію в медицині та фармації

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 318-323.
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 355-370.
3. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 342-355.
4. Фармацевтична енциклопедія. Алюміній.  
URL:<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2725/alyuminij>
5. Фармацевтична енциклопедія. Кислота борна.  
URL:<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3497/kislota-borna>

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання та реактиви

**Обладнання:** сухі пробірки; штатив для пробірок; гумові пробки з скляною трубкою, металевий штатив з лапкою; газовий пальник; шпателі; універсальний індикаторний папір; ніхромовий дріт.

**Реактиви:** порошок магнію; алюмінієві ошурки; кристалічний натрій тетраборат ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ); розчини: натрій тетраборату ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ насич.); сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 96 \%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 1,84 \text{ г/см}^3$ ;  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ; (1:1); хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );

натрій гідроксиду ( $\omega(\text{NaOH}) = 30 \%$ );

алюміній сульфату ( $c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );

$c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ );

натрій карбонату ( $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ).

## **ДОСЛІД 1. Добування ортоборатної кислоти та дослідження її властивостей**

### *а) Добування ортоборатної кислоти.*

Прилийте обережно до насиченого розчину натрій тетраборату (бури) (у кип'ячій воді об'ємом  $5 \text{ см}^3$  розчиняють буру масою  $3,6 \text{ г}$ ), з дотриманням правил техніки безпеки, по краплям концентрованої сульфатної кислоти об'ємом  $1 \text{ см}^3$  або  $2 \text{ см}^3$  розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1). Охолодіть вміст пробірки водопровідною водою. Спостерігайте утворення кристалів, зазначте їх колір. Напишіть рівняння реакції. Спрогнозуйте, чи буде реакція відбуватись з хлоридної кислотою?

### *б) Розчинність ортоборатної кислоти.*

Дослідіть розчинність ортоборатної кислоти в холодній воді та за нагрівання. Запишіть спостереження і зробіть висновки стосовно розчинності ортоборатної кислоти у воді за різних умов.

### *в) Кислотні властивості ортоборатної кислоти.*

Дослідіть активну реакцію середовища розчину ортоборатної кислоти універсальним індикаторним папером. На основі спостереження за зміною забарвлення індикаторного паперу зробіть висновок про силу цієї кислоти як електроліту. Підтвердіть свої висновки значеннями константи дисоціації.

### *г) Взаємодія з металами.*



Додайте до розчину ортоборатної кислоти порошку магнію (чи стрічку магнію). Спостерігайте виділення газу (що це за газ?). Напишіть рівняння реакції, враховуючи, що утворюється магній метаборат. Чому?

*д) Пірохімічна реакція на ортоборатну кислоту.*

Накаліть в полум'ї газового пальника вушко ніхромового дроту, доторкніться нею до порошку ортоборатної кислоти та внесіть дріт з частинками кислоти в полум'я пальника. Дослідіть зміну забарвлення кольору полум'я і зафіксуйте колір у спостереженнях.

## **ДОСЛІД 2. Гідроліз солі натрій тетраборату**

Дослідіть активну реакцію середовища розчину бури універсальним індикаторним папером. Яку реакцію середовища проявляє цей розчин?

Напишіть рівняння ступінчатого гідролізу натрій тетраборату, враховуючи, що сіль гідролізується у дві стадії. На першій з них утворюється натрій метаборат, а на другій – ортоборна кислота.

Сформулюйте загальний висновок про властивості ортоборної кислоти та її солей.

## **ДОСЛІД 3. Властивості алюмінію.**

*а) Взаємодія алюмінію з розчинами лугів.*

Складіть прилад для добування водню (рис.1). Закріпіть пробірку вертикально у лапці штативу. Насипте у пробірку

алюмінієвих ошурок і прилийте розчин натрій гідроксиду ( $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ) об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>.

Накрийте газовідвідну трубку сухою пробіркою. Спостерігайте за процесом, що відбувається у пробірці. Через 1-3 хв. перевірте водень на чистоту. Для цього обережно піднесіть пробірку з воднем отвором донизу до пальника (має бути глухий звук від реакції взаємодії чистого водню з киснем і дзвінкий – при наявності суміші водню з киснем повітря). Напишіть рівняння реакції, беручи до уваги, що з алюмінієм реагує вода. Яка роль відводиться розчину натрій гідроксиду в цій реакції? Назвіть утворений гідроксокомплекс.

*б) Відношення алюмінію до кислот слабких окисників.*

Ознайомтесь з положенням алюмінію в ряді стандартних електродних потенціалів. Спрогнозуйте можливість взаємодії алюмінію з розбавленими хлоридною та сульфатною кислотами. Які продукти мають утворитись при цьому?

Перевірте експериментально висунуті припущення. Для цього у дві пробірки всипте алюмінієвих ошурок і прилийте до кожної з них окремо розчини сульфатної та хлоридної кислот ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>;  $c(\text{HCl}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Порівняйте активність взаємодії алюмінію з кислотами на холоді та при нагріванні. Напишіть рівняння реакцій в йонній формі. Вкажіть окисника та відновника.

*в) Відношення алюмінію до кислот сильних окисників.*

Насипте в пробірку ошурок алюмінію і прилийте концентрованої сульфатної кислоти. Поясніть, що відбувається з

поверхнею алюмінію при дії на метал концентрованої нітратної кислоти.

Якщо видимих змін відбуватися не буде, то обережно нагрійте пробірку. Спостерігайте помутніння розчину. Які продукти його зумовлюють? Напишіть рівняння реакції. Вкажіть окисника та відновника.

#### **ДОСЛІД 4. Добування та властивості алюміній гідроксиду**

##### *а) Одержання алюміній гідроксиду.*

Налийте в пробірку розчин солі алюміній сульфату ( $c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 3 см<sup>3</sup> і прилийте по краплям розчин лугу до утворення білого осаду. Збережіть осад для дослідів 4 б. Напишіть рівняння реакції добування розчину алюміній гідроксиду в йонній формі.

##### *б) Амфотерні властивості алюміній гідроксиду.*

Розлийте добутий осад у досліді 4 а в дві пробірки, до першої з яких прилийте розчин лугу ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>), до іншої – розчин хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте за змінами в обох пробірках.

Напишіть рівняння реакцій всіх проведених експериментів. Поясніть властивості алюміній гідроксиду.

#### **ДОСЛІД 5. Гідроліз солей алюмінію**

##### *а) Неповний гідроліз солей алюмінію.*

Нанесіть скляною паличкою краплю приготовленого розчину солі алюміній сульфату ( $c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>) на смужку

універсального індикаторного паперу. За забарвленням смужки визначіть активну реакцію середовища (рН). Напишіть рівняння гідролізу за першим ступенем для солі алюміній сульфату в йонній формах. Зробіть висновок про випадки неповного гідролізу солей алюмінію.

*б) Повний гідроліз солей алюмінію.*

Налийте в пробірку 2-3 см<sup>3</sup> розчину алюміній сульфату ( $c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>) і прилийте до нього стільки ж свіжовиготовленого розчину натрій карбонату ( $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте за утворенням осаду та виділенням газу. Напишіть рівняння повного гідролізу солі алюміній карбонату в йонній формі. Зробіть висновок про випадки повного гідролізу солей алюмінію.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть електронні формули атомів Бору і Алюмінію, вкажіть кількість валентних електронів, максимальну і мінімальну валентність, можливі ступені окиснення, напишіть приклади сполук із зазначеними ступенями окиснення.
2. Напишіть рівняння реакцій одержання магній боріда, диборану, бор оксиду та боратних кислот. Вказати ступінь окиснення Бору і умови одержання даних сполук.
3. Запишіть схему та рівняння реакцій перетворень ортоборатної кислоти за нагрівання.
4. Напишіть склад подвійних високомолекулярних поліметаборатів, які утворюються при сплавленні:

- а) ортоборатної кислоти з оксидами Хрому(III);  
 б) ортоборатної кислоти з оксидами Кобальту(II).
5. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:
- а)  $V \rightarrow V_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow HBO_2 \rightarrow H_2B_4O_7 \rightarrow Na_2B_4O_7$  ;  
 б)  $V_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow Na_2B_4O_7 \rightarrow NaBO_2 \rightarrow V_2O_3 \rightarrow V$  ;  
 в)  $Na_2B_4O_7 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow V_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow Na_2B_4O_7$  ;  
 г)  $V_2H_6 \rightarrow V_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow Na_2B_4O_7 \rightarrow NaBO_2 \cdot Cr(BO_2)_2$  ;  
 д)  $V_2H_6 \rightarrow V_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow V(OC_2H_5)_3$  .
6. Напишіть рівняння гідролізу натрій тетраборату, визначте активну реакцію середовища (рН).
7. Напишіть рівняння реакції одержання алюміній гідроксиду, якщо вихідними речовинами є: а) алюміній; б) алюміній карбід.
8. Написати рівняння реакцій взаємодії алюмінію з: а) хлоридною кислотою; б) розбавленою сульфатною кислотою; в) концентрованою сульфатною кислотою; г) розбавленою нітратною кислотою; д) концентрованою нітратною кислотою.
9. Написати рівняння реакцій взаємодії водних розчинів алюміній сульфату і натрій карбонату.
10. Допишіть рівняння реакцій і розрахуйте коефіцієнти:
- а)  $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow$ ;  
 б)  $AlCl_3 + H_2O \rightarrow$ ;  
 в)  $Al + H_2SO_{4\text{конц.гар.}} \rightarrow$ ;  
 г)  $Al + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ ;  
 д)  $Al_2O_3 + NaOH \xrightarrow{\text{сплавлення}} \rightarrow$ ;  
 е)  $Al(OH)_3 + HF + Na_2CO_3 \rightarrow$ .

---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

---

---

**ТЕМА.** ЕЛЕМЕНТИ ІА – ІІА ГРУП ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ ІА – ІІА ГРУП.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити забарвлення полум'я сполуками елементів ІА та ІІА груп.
2. Дослідити здатність до гідролізу солей, утворених елементами ІА-ІІА груп.
3. Дослідити якісні реакції окремих катіонів елементів ІА-ІІА груп.
4. Дослідити кислотно-основні властивості оксидів та гідроксидів елементів ІА-ІІА груп.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів ІА – ІІА груп за положенням в періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.
2. Прості речовини – лужні, лужноземельні метали, берилій та магній, їх фізичні та хімічні властивості. Реакції з киснем (одержання оксидів, пероксидів, надпероксидів), галогенами, водою, кислотами.

3. Оксиди та гідроксиди (луги) елементів ІА групи, їх основний характер та реакції з речовинами кислотної природи. Техніка безпеки при роботі з лугами.
4. Солі лужних металів, можливості їх гідролізу, термічна стійкість. Пірохімічні реакції (забарвлення полум'я) катіонів ІА групи:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$ .
5. Амфотерні властивості берилій оксиду і берилій гідроксиду: взаємодія з кислотами і лугами. Солі Берилію, їх розчинність у воді та гідроліз. Діагональна схожість Берилію з Алюмінієм.
6. Оксид та гідроксид Магнію, їх основна хімічна природа, взаємодія їх з кислотами та солями. Жжена магнезія. Гідроліз солей Магнію. Діагональна схожість Магнію з Літієм.
7. Оксиди та гідроксиди елементів підгрупи Кальцію (лужноземельних металів), сила основ, їх розчинність у воді, хімічні властивості. Гашене і негашене вапно. Баритова вода.
8. Солі лужноземельних металів, їх гідроліз, термічна стійкість. Пірохімічні реакції (забарвлення полум'я) катіонів підгрупи Кальцію:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .
9. Біологічна роль елементів ІА – ІІА груп та застосування сполук цих елементів у фармації та медицині.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Взаємодія лужних металів з водою.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2k1ovVFgMkU>
2. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 302-317.

3. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. С. 407-441.
4. Кальцій. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=THSmhX2rVRI&t=20s>
5. Магній. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=hCcJgV2sUEk>
6. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 324-342.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** ніхромова дротинка, штатив із пробірками, індикаторний папір; скляні палички, піпетки, порошок магнію, шпатель; червоний лакмусовий папірець.

**Реактиви:** магній<sub>(порошок)</sub>; металічні літій, натрій, калій; кристалічні: натрій карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , калій карбонат  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , натрій сульфат  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , калій сульфат  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , натрій ацетат  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , калій сульфат(IV)  $\text{K}_2\text{SO}_3$ , калій хлорид  $\text{KCl}$ ;  
розчини: літій хлориду ( $c(\text{LiCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
натрій хлориду ( $c(\text{NaCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
калій хлориду ( $c(\text{KCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{KCl})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),  
кальцій хлориду ( $c(\text{CaCl}_2)=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
натрій карбонату ( $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
натрій гідрогентартрату ( $c(\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6)=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
натрій гексанітрокобальтату(III) ( $c(\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6])=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),



магній хлориду ( $c(\text{MgCl}_2)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 амоній хлориду ( $c(\text{NH}_4\text{Cl})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{NaOH})=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 нітратної кислоти ( $c(\text{HNO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})=2$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 натрій гідрогенфосфату ( $c(\text{Na}_2\text{HPO}_4)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 натрій гексанітрокобальтату(III) ( $c(\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6])=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>),  
 амоній хлориду  $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{конц.}}$ ; розчин фенолфталеїну.

### **ДОСЛІД 1. Забарвлення полум'я сполуками Натрію та Калію.**

Опустіть ніхромову дротинку в розчин хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) та прожарте над полум'ям газового пальника для очищення її від зайвих хімічних речовин, потім дайте їй охолонути, змочіть розчином солі літій хлориду ( $c(\text{LiCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) і внесіть у полум'я. Спостерігайте за забарвленням полум'я.

Повторіть прийом очищення ніхромової дротинки, а потім по черзі дослідіть забарвлення полум'я розчинами солей натрій хлориду і калій хлориду.

Спостерігайте за забарвленням полум'я. Чи однакове воно у кожному конкретному випадку? Як це можна пояснити? Запишіть спостереження та висновки в лабораторний зошит.

### **ДОСЛІД 2. Взаємодія літію, натрію і калію з водою**

Відріжте скальпелем шматочки (розміром з головку сірника) металів літію, натрію і калію. Слідкуйте, щоб на поверхні, на якій ви працюєте не було води. В кристалізатор налейте води, додайте 1-2 краплі фенолфталеїну (для чого?) та по черзі у кристалізатор внесіть пінцетом шматочки металів, попередньо очищених і висушених фільтрувальним папером.

Спостерігайте за реакцією, зробіть висновок про хімічну активність лужних металів при взаємодії з водою. Які продукти реакції утворилися? Напишіть рівняння реакцій.

### **ДОСЛІД 3. Гідроліз солей Натрію та Калію**

Нанесіть на червоний лакмусовий папірець за допомогою скляної палички чи піпетки по одній краплі свіжевикотворених розчинів: натрій карбонату, калій карбонату, натрій сульфату, калій сульфату, натрій ацетату, калій сульфату(IV) та калій хлориду.

Визначте у кожному випадку активну реакцію середовища і зробіть висновок про механізм гідролізу солей Натрію та Калію. Які солі не підлягають гідролізу? Чому?

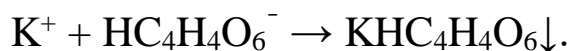
Напишіть рівняння гідролізу в йонному вигляді. Сформулюйте загальний висновок про види гідролізу солей Калію і Натрію.

### **ДОСЛІД 4. Якісні реакції на катіон $K^+$**

*а) Взаємодія з натрій гідрогентартратом.*

Додайте до 3-4 крапель розчину солі калій хлориду ( $c(KCl)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) 3-4 краплі розчину натрій гідрогентартрату (натрій виннокислий) ( $c(NaHC_4H_4O_6)=2$  моль/дм<sup>3</sup>).

Потріть скляною паличкою по внутрішніх стінках пробірки і охолодіть пробірку водою під краном. Спостерігайте за утворенням білого дрібнокристалічного осаду калій гідрогентаרטату.



Напишіть повне рівняння даної реакції.

*б) Взаємодія з натрій гексанітрокобальтатом(III).*

Додайте до 3-4 крапель розчину солі калій хлориду ( $c(\text{KCl})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) 3 краплі розчину комплексної солі натрій гексанітрокобальтату(III)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  і спостерігайте за утворенням жовтого кристалічного осаду калій-натрій гексанітрокобальтату(III)  $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ .



Напишіть повне рівняння даної реакції.

Сформулюйте висновки.

### **ДОСЛІД 5. Дослідження взаємодії магнію з водою**

Налийте у дві пробірки дистильованої води об'ємом по 1-2 см<sup>3</sup> і додайте у кожному порошок (або шматочків) магнію. Чи реагує магній з холодною водою?

Нагрійте одну з пробірок до кипіння і спостерігайте за розкладанням води магнієм. Зробіть висновок про взаємодію магнію з водою за різних умов на основі проведеного дослідження.

В іншу пробірку додайте декілька крапель концентрованого розчину амоній хлориду і підігрійте. Спостерігайте бурхливу реакцію виділення водню. Поясніть, чому нагрівання і наявність

амоній хлориду прискорюють розкладання води магнієм? Складіть відповідні рівняння реакцій.

### ДОСЛІД 6. Добування і властивості магній гідроксиду

Налийте у пробірку 3-5 крапель розчину солі Магнію (сульфату, хлориду або нітрату) і додайте такий самий об'єм розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>).

Спостерігайте за утворенням білого драглистого осаду. В окремих пробірках подійте на осад надлишком розчину лугу ( $c(\text{NaOH})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) і розведеними хлоридною ( $c(\text{HCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) або нітратною ( $c(\text{HNO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>) кислотами.

Що при цьому спостерігаєте? Про які властивості магній гідроксиду свідчать проведені дослідження?

Напишіть відповідні рівняння реакцій.

### ДОСЛІД 7. Якісні реакції на катіон $\text{Mg}^{2+}$

Налийте до 4-5 крапель розчину солі Магнію ( $c(\text{MgCl}_2)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) розчин амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) та спостерігайте за утворенням осаду. Що це за осад? Підтвердіть рівнянням реакції.

Далі по краплям додайте розчин амоній хлориду до повного розчинення утвореного осаду, після чого долийте 2-3 краплі натрій гідрогенфосфату ( $c(\text{Na}_2\text{HPO}_4)=2$  моль/дм<sup>3</sup>).

Через певний час спостерігайте за випаданням білого кристалічного осаду магній-амоній ортофосфату  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ .



Напишіть відповідні рівняння реакцій. Сформулюйте загальний висновок про призначення данного дослідження в аналітичному контролі для виявлення катіонів  $\text{Mg}^{2+}$ .

### **ДОСЛІД 8. Якісні реакції на катіон $\text{Ca}^{2+}$**

*а) Забарвлення полум'я сполуками Кальцію.*

Прожарте у полум'ї газового пальника ніхромову дротинку, охолодіть її на повітрі та змочіть дротинку розчином кальцій хлориду. Після цього внесіть ніхромову дротинку в безбарвну частину полум'я газового пальника.

Спостерігайте за забарвленням полум'я та відмітьте в зошиті його колір. Зробіть висновок про виявлення катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  у розчині за забарвленням полум'я.

*б) Взаємодія з амоній оксалатом.*

Додайте до 2-3 крапель розчину солі Кальцію ( $c(\text{CaCl}_2)=2$  моль/дм<sup>3</sup>) таку саму кількість розчину амоній оксалату ( $c(\text{NH})_4\text{C}_2\text{O}_4=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>).

Нагрійте вміст пробірки, що сприяє швидкому осадженню білого осаду кальцій оксалату  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ .

Складіть рівняння реакції в йонній формі.

Сформулюйте загальний висновок про якісні реакції виявлення катіонів Кальцію в розчині.

### **ДОСЛІД 9. Добування кальцій карбонату при взаємодії солей у розчинах**

Налийте у пробірку 3-4 краплі розчину кальцій хлориду ( $c(\text{CaCl}_2)=2$  моль/дм<sup>3</sup>) і додайте стільки ж крапель розчину натрій карбонату ( $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>).

Спостерігайте за утворенням білого осаду кальцій карбонату.

Складіть рівняння реакції в йонній формі. Зробіть висновок про умови добування цієї солі.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Складіть електронні формули будови атомів елементів ІА та ІІА груп. Вкажіть кількість валентних електронів та можливі ступені окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів ІА-ІІА груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте можливі окисно-відновні властивості простих речовин елементів ІА групи на основі електронні будови атомів. Напишіть рівняння реакцій, що підтверджують відновні властивості простих речовин елементів ІА групи.
4. Спрогнозувати можливі окисно-відновні властивості простих речовин цієї групи. Напишіть рівняння реакцій, що підтверджують відновні властивості простих речовин елементів ІІА групи.
5. Порівняйте окисно-відновні властивості простих речовин елементів ІА та ІІА груп. Мотивуйте, чим це обумовлено?
6. Складіть відповідні рівняння реакцій за наведеними схемами, вказавши окисник та відновник у кожному випадку:

- а)  $\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  
 б)  $\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  
 в)  $\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  
 г)  $\text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 д)  $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ .

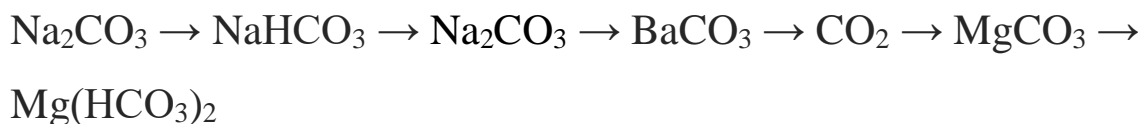
7. Напишіть рівняння реакцій, які проходять до кінця та дайте цьому пояснення:

- а)  $\text{K}_2\text{S} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 б)  $\text{KOH} + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ ;  
 в)  $\text{NaCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  
 г)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  
 д)  $\text{NaCH}_3\text{COO} + \text{KCl} \rightarrow$ .

8. Напишіть рівняння реакцій, які відбудуться при додаванні соди до жорсткої води, яка містить  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ .

9. Напишіть рівняння реакцій можливих реакцій у випадку, коли до осаду магній гідроксиду окремо добавляли: а) надлишок розчину лугу; б) розчин алюміній сульфату; в) розчин хлоридної кислоти.

10. Здійсніть перетворення за допомогою відповідних рівнянь реакції:



## РОЗДІЛ 2. ХІМІЯ d-ЕЛЕМЕНТІВ

---

---

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

---

---

**ТЕМА.** КУПРУМ, АРГЕНТУМ ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ ІВ ГРУПИ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити лабораторні способи добування міді і срібла.
2. Дослідити хімічні властивості міді при взаємодії з розчинами кислот.
3. Дослідити хімічні властивості купрум(II) гідроксиду, середніх та комплексних солей купрум(II).
4. Дослідити властивості сполук аргентуму(I).

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів ІВ групи за положенням в періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.
2. Купрум. Мідь: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
3. Сполуки Купруму(II): оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Купруму в фармації та медицині.
4. Аргентум. Срібло: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.



5. Сполуки Аргентуму(I): оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Аргентуму в фармації та медицині.
6. Аурум. Золото: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
7. Сполуки Ауруму(III): оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Ауруму в фармації та медицині.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Аргентум. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2yGsd73RISo>
2. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 345-350.
3. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
4. Купрум. Серія «Наука».  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4HzIycgqHkQ>
5. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 368-379.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** пробірки; штативи; скляні палички; універсальний індикаторний папірець.

**Реактиви:** залізна пластина; мідні стружки; металічні магній, цинк, залізо, алюміній, мідь; розчини:

хлоридної кислоти ( $\omega(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 36 \%$ ,  $\rho(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 1,19 \text{ г/см}^3$ ;  
 $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 96 \%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 1,84 \text{ г/см}^3$ ;  
 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
нітратної кислоти ( $\omega(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 65 \%$ ,  $\rho(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 1,4 \text{ г/см}^3$ ;  
 $c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
купрум(II) сульфату ( $c(\text{CuSO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ,  
 $c(\text{CuSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
аргентум(I) нітрату ( $c(\text{AgNO}_3) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ,  $c(\text{NaOH})=2 \text{ моль/дм}^3$ );  
амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ;  $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})=25 \%$ );  
калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ );  
розчину крохмалю ( $\omega(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n = 1\%$ );  
натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3)=0,2 \text{ моль/дм}^3$ );  
аргентум(I) нітрату ( $c(\text{AgNO}_3)=0,1 \text{ моль/дм}^3$ ,  
 $c(\text{AgNO}_3)=0,5 \text{ моль/дм}^3$ ); розчин фенолфталеїну.

### **ДОСЛІД 1. Добування міді і срібла хімічним відновленням із розчинів**

*а) Добування міді із розчину її солей.*

Погрузіть у розчин купрум(II) сульфату ( $c(\text{CuSO}_4)=2 \text{ моль/дм}^3$ ) попередньо очищену наждачним папером і промиту водою залізну пластину. Через 1-2 хв. витягніть пластину з розчину та спостерігайте на ній червоний наліт. Запишіть рівняння реакції та розрахуйте коефіцієнти.

*б) Добування срібла із розчину її солей.*

Обробіть мідну пластинку розбавленою нітратною кислотою ( $c(\text{HNO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>) та промийте водою. На пластинку нанесіть декілька крапель розчину аргентум(I) нітрату ( $c(\text{AgNO}_3)=2$  моль/дм<sup>3</sup>) та спостерігайте за кольором пластини в місці нанесення розчину. Запишіть рівняння реакції та розрахуйте коефіцієнти.

## ДОСЛІД 2. Взаємодія міді з розчинами кислот

Прилийте до мідних стружок по черзі в окремі пробірки розбавлених і концентрованих розчинів хлоридної, сульфатної та нітратної кислот. Спостерігайте за ознаками реакцій. Нагрійте (*обережно!*) ті пробірки, в яких реакції не почалися. Зазначте, чи з усіма кислотами взаємодіє мідь? Зверніть увагу на забарвлення розчинів. Присутність якого йону обумовлює це забарвлення? Напишіть рівняння реакцій та розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу.

## Дослід 3. Добування і властивості купрум(II) гідроксиду

### *а) Добування купрум(II) гідроксиду.*

Отримайте осад купрум(II) гідроксиду взаємодією солі купруму ( $c(\text{CuSO}_4)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>), з розчином лугу ( $c(\text{NaOH})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) та збережіть для дослідів 3 б. Відзначте колір і характер осаду. Напишіть рівняння відповідної реакції.

### *б) Амфотерні властивості купрум(II) гідроксиду.*

Одержаний в досліді 3 а осад купрум(II) гідроксиду розлийте в дві пробірки і додайте по черзі в одну – розчин хлоридної кислоти

( $c(\text{HCl})=2$  моль/дм<sup>3</sup>), в другу – розчин лугу ( $c(\text{NaOH})=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Запишіть спостереження, що відбуваються з осадами. Зробіть обґрунтовані висновки про амфотерні властивості купрум(II) гідроксиду. Напишіть рівняння відповідних реакцій в молекулярній та іонній формах.

*в) Термічний розклад купрум(II) гідроксиду.*

Отримайте осад купрум(II) гідроксиду. Рідину з осадом збовтайте і нагрійте до кипіння. Чому змінилося забарвлення осаду? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Який висновок можна зробити про термічну стійкість купрум(II) гідроксиду?

#### **Дослід 4. Добування і властивості комплексної солі Купрум(II)**

До розчину купрум(II) сульфату ( $c(\text{CuSO}_4)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) додайте по краплям концентрований розчин амоніаку ( $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})=25\%$ ) до утворення осаду купрум(II) гідроксиду  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Зазначте колір осаду. Продовжуйте додавати розчин амоніаку до розчинення осаду і утворення розчину комплексної солі Купрум(II) з координаційним числом 4. Напишіть рівняння відповідних реакцій. До складу якого йону входять атоми Купрум(II)? Яке забарвлення має утворений йон?

#### **Дослід 5. Окисні властивості сполук купрум(II)**

До розчину купрум(II) сульфату ( $c(\text{CuSO}_4)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) прилийте розчин калій йодиду ( $c(\text{KI})=0,2$  моль/дм<sup>3</sup>). Дайте осадку осісти. Відлийте частину розчину, розведіть його водою і додайте

1% розчину крохмалю, відмітьте появу синього забарвлення, що свідчить про наявність в розчині йоду. Напишіть рівняння відповідної реакції.

До розчину з осадом, що залишився, додайте розчин натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3)=0,2$  моль/дм<sup>3</sup>) до зникнення бурого забарвлення. Напишіть рівняння відповідної реакції. Зазначте забарвлення купрум(I) йодиду.

### **Дослід 6. Відновлення іонів Аргентуму(I) з розчинів його солей більш активними металами**

Підберіть метали різної активності, якими можна відновити йони Аргентуму(I) з розчинів його солей ( $c(\text{AgNO}_3)=0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Налийте в пробірки розчин солі аргентуму(I) і занурте метали. Порівняйте швидкості реакцій, які при цьому відбуваються. Дайте обґрунтоване пояснення, використовуючи дані таблиці стандартних електродних потенціалів. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

### **Дослід 7. Добування аргентум(I) оксиду**

За допомогою взаємодії розчинів аргентум(I) нітрату ( $c(\text{AgNO}_3)=0,1$  моль/дм<sup>3</sup>) та натрій гідроксиду( $c(\text{NaOH})=2$  моль/дм<sup>3</sup>) отримайте осад аргентум(I) оксиду, зазначте колір і характер осаду. Напишіть рівняння відповідної реакції.

Який висновок можна зробити про стійкість аргентум(I) гідроксиду? Експериментально доведіть основний характер отриманої сполуки.

## Дослід 8. Дослідження рН розчину аргентум(I) нітрату

Визначте індикатором активну реакцію середовища розчину аргентум(I) нітрату. Зробіть обґрунтований висновок про силу аргентум(I) гідроксиду як основи.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть електронні формули будови атомів елементів ІВ групи. Вкажіть число валентних електронів та можливі ступені їх окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів ІВ груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте можливі відновні властивості простих речовин елементів ІВ групи на основі електронної будови атомів в ряду  $\text{Cu} - \text{Ag} - \text{Au}$  та підтвердіть рівняннями реакцій.
4. Спрогнозуйте окисні властивості йонів  $\text{Cu}^{2+} - \text{Ag}^+ - \text{Au}^{3+}$  та напишіть відповідні рівняння реакцій.
5. Напишіть рівняння реакції взаємодії міді, срібла і золота з розбавленими та концентрованими розчинами кислот: хлоридної, сульфатної та нітратної.
6. Напишіть рівняння реакцій взаємодії міді, срібла і золота з розчином калій ціаніду за наявності окисника – кисню та дайте назву продуктам реакцій.
7. Розрахуйте об'єм ( $\text{дм}^3$ ) розчину нітратної кислоти ( $c(\text{HNO}_3)=2$  моль/ $\text{дм}^3$ ), який потрібен для розчинення купрум(II) гідроксиду масою 20 г.

8. Розрахуйте масову частку (%) срібла в монеті, якщо при розчиненні її шматочка масою 0,3 г в розчині нітратної кислоти, а потім осадження катіонів Аргентуму із одержаного розчину хлоридною кислотою, маса осаду після промивання і висушування стала дорівнювати 0,199 г.
9. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновник у кожному випадку:
- а)  $\text{CuO} + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{N}_2 + \dots$ ;
- б)  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightarrow$  ;
- в)  $\text{Ag}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow$  ;
- г)  $\text{CuCl} + \text{O}_2 + \text{HCl} \rightarrow$  ;
- д)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow$  ;
- е)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{HgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  .
10. Здійсніть перетворення за допомогою відповідних рівнянь реакції:
- а)  $\text{CuSO}_4 - \text{Cu} - \text{CuSO}_4 - \text{Cu}(\text{OH})_2 - \text{CuCl}_2 - \text{CuCl} - \text{HCuCl}_2$ ;
- б)  $\text{AgNO}_3 - \text{Ag} - \text{AgNO}_3 - \text{Ag}_2\text{S} - \text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2] - \text{Ag} - \text{Ag}_2\text{SO}_4$ .

---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

---

---

**ТЕМА.** ЦИНК, КАДМІЙ, МЕРКУРІЙ ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ ІІВ  
ГРУПИ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити хімічні властивості цинку.
2. Дослідити способи добування гідроксидів Цинку та Кадмію.
3. Дослідити способи добування оксидів меркурію(I, II).
4. Дослідити гідроліз солей Цинку, Кадмію і Меркурію.
5. Дослідити способи одержання комплексних сполук Цинку, Кадмію і Меркурію.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів ІІВ групи за положенням в періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.
2. Цинк. Цинк, як проста речовина: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
3. Сполуки Цинку: оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Цинку в фармації та медицині.
4. Кадмій. Кадмій, як проста речовина: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
5. Сполуки Кадмію: оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Кадмію в фармації та медицині.



6. Меркурій. Ртуть: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
7. Сполуки Меркурію(I, II): оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук Меркурію(I, II) в фармації та медицині.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 351-350.
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
3. Добування і властивості цинк гідроксиду.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=at-vnIKhvQ8>
4. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 380-389.
5. Цинк. Хімічні елементи.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jWWeUFzh4B4>

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** пробірки; штативи; скляні палички; універсальний індикаторний папірець.

**Реактиви:** гранули цинку; розчини:  
хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
нітратної кислоти ( $c(\text{HNO}_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>);

натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>,

$c(\text{NaOH}) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);

цинк хлориду ( $c(\text{ZnCl}_2) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);

кадмій сульфату ( $c(\text{CdSO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);

меркурій(I) нітрату ( $c(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);

меркурій(II) нітрату ( $c(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>,

$c(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);

цинк хлориду ( $c(\text{ZnCl}_2) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);

амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>,  $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 25\%$ );

калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>).

### **ДОСЛІД 1. Хімічні властивості цинку**

Внесіть у чотири пробірки по 2 гранули цинку і по черзі додайте до кожної по 2-3 см<sup>3</sup> наступних речовин: води, розчину хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>), розчину нітратної кислоти ( $c(\text{HNO}_3) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>), розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>). Вміст пробірок нагрійте та відмітьте зміни, що там відбуваються. Напишіть рівняння реакцій, маючи на увазі, що в розчинах кислот утворюються катіонні комплекси Цинку (аква-комплекс), а в розчинах лугів – аніонні комплекси Цинку (гідроксо-комплекс). Прийміть до уваги, що продуктом відновлення нітрат-іону буде нітроген(I) оксид.

### **ДОСЛІД 2. Добування гідроксидів Цинку та Кадмію**

Налийте в дві пробірки по 1 см<sup>3</sup> розчинів: в першу пробірку – розчин цинк хлориду ( $c(\text{ZnCl}_2) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>), а в другу – розчин

кадмій сульфату ( $c(\text{CdSO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) та додайте до них по краплях розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ). Випробуйте утворенні осадів до взаємодії з розчином хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ) та з розчином луку ( $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ). Про що свідчить розчинення осадів? Напишіть відповідні рівняння реакцій в йонній формі.

### **ДОСЛІД 3. Добування оксидів ртуті(I, II)**

Внесіть у першу пробірку близько  $1 \text{ см}^3$  розчину ртуті(I) нітрату ( $c(\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ), у другу – такий же об'єм розчину ртуті(II) нітрату ( $c(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ). Налийте в кожен пробірку декілька крапель розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ). Зазначте в спостереженнях колір утворених осадів та напишіть відповідні рівняння реакцій.

### **ДОСЛІД 4. Гідроліз солей Цинку, Кадмію і Ртуті**

#### *а) Гідроліз солей Цинку.*

Нанесіть на смужку універсального індикаторного паперу краплю розчинів солей цинк хлориду і цинк сульфату. За зміною забарвлення індикаторного паперу зробіть висновок про механізм гідролізу солей Цинку. Підтвердіть гідроліз солей Цинку відповідними рівняннями.

#### *б) Гідроліз солей Кадмію.*

Випробуйте розчином нейтрального лакмусу реакцію середовища розчину солі кадмій сульфату. Поясніть спостережуване явище та напишіть рівняння відповідної реакції гідролізу в йонній

формі.

*в) Гідроліз солей Меркурію(II).*

Розчиніть у невеликій кількості води декілька кристалів меркурій(II) нітрату або сульфату. Спостерігайте утворення осаду основної солі. Нанесіть на смужку універсального індикаторного паперу краплю розчину солі Меркурію(II), запишіть спостереження та поясніть механізм гідролізу цієї солі. Напишіть рівняння відповідної реакції та поясніть її.

**ДОСЛІД 5. Комплексні сполуки Цинку, Кадмію і Меркурію**

*а) Одержання катіонних комплексів Цинку.*

Налийте в пробірку розчин цинк хлориду ( $c(\text{ZnCl}_2) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $1 \text{ см}^3$  та додайте по краплям розчин амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду цинк гідроксиду. Потім додайте в пробірку концентрований розчин амоніаку ( $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 25 \%$ ) до розчинення осаду. Напишіть рівняння реакцій добування катіонного комплексу Цинку, враховуючи, що координаційне число комплексоутворювача дорівнює 4.

*б) Одержання катіонних комплексів Кадмію.*

Налийте в пробірку розчин кадмій сульфату ( $c(\text{CdSO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $1 \text{ см}^3$  та додайте по краплям розчин амоніаку ( $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду кадмій гідроксиду. Потім додайте в пробірку концентрований розчин амоніаку ( $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 25 \%$ ) до розчинення осадів. Напишіть рівняння реакцій добування катіонного комплексу Кадмію,

враховуючи, що координаційне число комплексоутворювача дорівнює 6.

*в) Одержання аніонних комплексів Меркурію(II).*

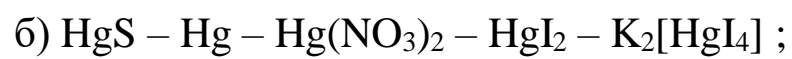
Налийте в пробірку розчин меркурій(II) нітрату ( $c(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $1 \text{ см}^3$  та додайте по краплям розчин калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду меркурій(II) йодиду. Відмітьте колір осаду. Додайте надлишок розчину калій йодиду до розчинення осаду. Напишіть рівняння реакцій одержання меркурій(II) йодиду та його розчинення з утворенням комплексної солі, враховуючи, що координаційне число Меркурію(II) дорівнює 4.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть електронні формули будови атомів елементів ІІВ групи. Вкажіть число валентних електронів та можливі ступені окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів ІІВ груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте можливі відновні властивості простих речовин елементів ІІВ групи на основі електронні будови атомів в ряду  $\text{Zn} - \text{Cd} - \text{Hg}$  та підтвердіть рівняннями реакцій.
4. Спрогнозуйте можливі окисно-відновні властивості йонів  $\text{Zn}^{2+} - \text{Cd}^{2+} - \text{Hg}^{2+}$  ( $\text{Hg}^{1+}$ ) та напишіть відповідні рівняння реакцій.
5. Напишіть рівняння реакції взаємодії цинку, кадмію та ртуті з

розбавленими та концентрованими розчинами кислот: хлоридної, сульфатної та нітратної.

6. Розрахуйте масу цинкового купоросу (г), яку можна одержати при взаємодії цинку з розчином сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,14 \text{ г/см}^3$ ) об'ємом  $500 \text{ см}^3$ .
7. Розрахуйте масу цинку (кг) і об'єм ( $\text{дм}^3$ ) розчину сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 92\%$ ), які можна отримати з руди (цинкової обманки), якщо вміст цинк сульфїду в руді дорівнює  $30\%$ .
8. Розрахуйте об'єм ( $\text{дм}^3$ ) розчину станум(II) хлориду ( $c(\text{SnCl}_2) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ), який необхідно прилити до розчину сулеми ( $c(\text{HgCl}_2) = 0,15 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $200 \text{ см}^3$ , щоб відновити йони меркурію(II) до металевої ртуті.
9. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, вкажіть умови здійснення процесів, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновника у кожному випадку:
  - а)  $\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  ;
  - б)  $\text{ZnO} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow$  ;
  - в)  $\text{ZnO} + \text{SiO}_2 \rightarrow$  ;
  - г)  $\text{HgCl}_2 + \text{SnCl}_2 \rightarrow$  ;
  - д)  $\text{HgS} + \text{H}_2 \rightarrow$  ;
  - е)  $\text{HgCl}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  .
10. Здійсніть перетворення за допомогою відповідних рівнянь реакції:
  - а)  $\text{ZnO} - \text{Zn} - \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] - \text{ZnSO}_4 - [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  ;



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

---

---

**ТЕМА.** ХРОМ ТА ЙОГО СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ VІВ ГРУПИ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити лабораторні способи одержання та властивості хром(ІІІ) оксиду.
2. Дослідити лабораторні способи одержання та властивості хром(ІІІ) гідроксиду.
3. Дослідити процес гідролізу солей хрому(ІІІ).
4. Дослідити хімічні властивості солей хрому(ІІІ).
5. Дослідити умови існування в розчині хроматів і дихроматів.
6. Дослідити окисні властивості сполук хрому(VІ).

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів VІВ групи за положенням їх у періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.
2. Хром. Хром як проста речовина: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
3. Сполуки Хрому(ІІ): оксид, гідроксид, солі. Їх основні та відновні властивості.



4. Сполуки Хрому(III): оксид, гідроксид, солі. Їх кислотно-основні та окисно-відновні властивості.
5. Сполуки Хрому(VI): оксид, гідроксид, солі (хромати і дихромати). Їх кислотні та окисні властивості.
6. Застосування сполук Хрому в фармації та медицині.
7. Молібден. Молібден як проста речовина: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
8. Біологічна роль Молібдену. Сполуки Молібдену в фармації та медицині.
9. Вольфрам, його сполуки, їх властивості. Біологічна роль Вольфраму.

### **РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА**

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 233-248.
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
3. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 420-430.
4. Хром. Хімічні елементи.  
URL:[https://www.youtube.com/watch?v=i7d5Y2Q\\_ti4](https://www.youtube.com/watch?v=i7d5Y2Q_ti4)

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

#### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** пробірки; штативи для пробірок; металеві штативи; скляні палички; універсальний індикаторний папірець.

**Реактиви:** кристалічний амоній хромат  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; розчини:  
 сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 нітратної кислоти ( $c(\text{HNO}_3) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 хром(III) сульфату ( $c(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 калій хромату ( $c(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 калій дихромату ( $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);  
 гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ );  
 бромної води  $\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$ .

### ДОСЛІД 1. Добування та властивості хром(III) оксиду

*(Роботу виконувати у витяжній шафі!)*

*а) Добування хром(III) оксиду.*

Закріпіть під нахилом пробірку в металевому штативі (*отвором в сторону від себе та інших працюючих*) з подрібненими кристалами амоній хромату  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Нагривайте верхній шар речовини до початку реакції, а потім нагрівання припиніть. Поясніть саморозжарювання маси, виділення газів і зміну забарвлення. Напишіть рівняння реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника і відновника та тип даної окисно-відновної реакції.

*б) Хімічні властивості хром(III) оксиду.*

Подійте на одержаний порошок хром(III) оксиду: а) водою; б) розбавленою сульфатною кислотою ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>); в) розбавленою нітратною кислотою ( $c(\text{HNO}_3) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Зазначте, чи розчиняється хром(III) оксид у воді та розбавлених розчинах кислот?

## **ДОСЛІД 2. Добування та властивості хром(III) гідроксиду**

### *а) Добування хром(III) гідроксиду.*

В пробірку, яка містить розчин хром(III) сульфату ( $c(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом з 1-2 см<sup>3</sup>, прилийте по краплям розчин лугу ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) до утворення осаду хром(III) гідроксиду. Відмітьте колір осаду. Напишіть рівняння реакції в йонній формі.

### *б) Властивості хром(III) гідроксиду.*

Розділіть осад з дослід 2 а на дві пробірки. Додайте в одну з них розбавлену хлоридну кислоту ( $c(\text{HCl}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>), а в іншу – надлишок лугу ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) до розчинення осаду. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються, із врахуванням того, що утворюються аква- та гідроксокомплекси Хрому(III) з координаційним числом 6. Зробіть висновки про хімічні властивості хром(III) гідроксиду.

## **ДОСЛІД 3. Гідроліз солей Хрому(III)**

Розчиніть у воді декілька кристаликів солі Хрому(III). Нанесіть краплю розчину на універсальний індикаторний папір та

спостерігайте за зміною забарвлення. Напишіть рівняння гідролізу та зробіть висновок про механізм гідролізу солей Хрому(III).

#### **ДОСЛІД 4. Окиснення сполук Хрому (III)**

До розчину солі Хрому(III) ( $c(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) додайте розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) до розчинення утвореного осаду. Отриманий розчин розділіть на дві пробірки. В першу з них додайте 2-3 см<sup>3</sup> розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) і 2-3 см<sup>3</sup> бромної води, а в іншу – додайте 2-3 см<sup>3</sup> розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) і 2-3 см<sup>3</sup> розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3\%$ ). Прослідкуйте за зміною забарвлення в обох пробірках. Напишіть відповідні рівняння реакцій та поясніть їх.

#### **ДОСЛІД 5. Умови існування в розчині хроматів і дихроматів.**

Прилийте до 3-4 см<sup>3</sup> розчину калій хромату ( $c(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) розчин сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте зміну забарвлення. Поясніть спостережуване явище. Напишіть рівняння відповідної реакції.

До отриманого розчину прилийте розчин луку ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте зміну забарвлення. Поясніть спостережуване явище. Напишіть рівняння відповідної реакції. Наявність яких іонів обумовлюють переходи забарвлення розчину? Яка рівновага встановлюється у водних розчинах хроматів і дихроматів? Як впливає середовище на зміщення цієї рівноваги?

## ДОСЛІД 6. Окисні властивості сполук Хрому(VI)

Прилийте до розчину калій дихромату ( $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>), який підкислений сульфатною кислотою ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>), розчин натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Спостерігайте зміну забарвлення розчину. Чим воно пояснюється? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть відновника і окисника.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

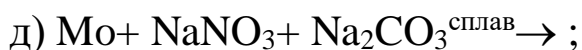
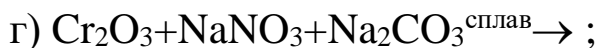
1. Напишіть електронні формули будови атомів елементів VIB групи. Вкажіть кількість валентних електронів та можливі ступені окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів VIB груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте можливі відновні властивості простих речовин елементів VIB групи на основі електронної будови атомів в ряду Cr – Mo – W та підтвердіть свій прогноз відповідними рівняннями реакцій.
4. Напишіть рівняння реакцій, які демонструють вплив реакції середовища на окиснення сполук Хрому(III).
5. Напишіть рівняння реакцій, які демонструють вплив реакції середовища на відновлення сполук Хрому(VI).
6. Написати рівняння гідролізу та вказати його механізм при

взаємодії розчинів солей хром(III) сульфату  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  і натрій карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

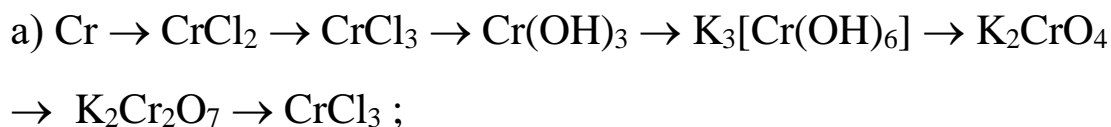
7. Поясніть за допомогою рівнянь реакції причину, за якої розчин калій дихромату  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  має кислу реакцію на лакмус.

8. Розрахуйте об'єм ( $\text{дм}^3$ ) розчину калій дихромату  $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,1$  моль/ $\text{дм}^3$ ), який потрібен для окиснення калій йодиду масою 10 г у кислому середовищі.

9. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновник у кожному випадку:



10. Здійсніть перетворення за допомогою відповідних рівнянь реакції:



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

---

---

**ТЕМА.** МАНГАН ТА ЙОГО СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ  
VIII ГРУПИ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити способи одержання та властивості манган(II) гідроксиду.
2. Дослідити процеси гідролізу солей Мангану(II).
3. Дослідити окисні властивості сполук Мангану(VII) в різному за активністю середовищі.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів VIII групи за положенням в періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.
2. Манган. Марганець: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
3. Сполуки Мангану(II): оксид, гідроксид, солі. Їх кислотно-основна та окисно-відновна природа.
4. Сполуки Мангану(IV): оксид, гідроксид, солі. Їх кислотно-основна та окисно-відновна природа.
5. Сполуки Мангану(VI): оксид, гідроксид, солі. Їх кислотно-основна та окисно-відновна природа. Реакції диспропорціонування.

6. Сполуки Мангану(VII): оксид, гідроксид, солі. Манганатна кислота, перманганати. Їх кислотно-основна та окисно-відновна природа. Вплив рН середовища на окисні властивості сполук мангану(VII).

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 233-248.
2. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
3. Манган. Хімічні елементи.  
[URL:https://www.youtube.com/watch?v=gZyDq1iuS5k](https://www.youtube.com/watch?v=gZyDq1iuS5k)
4. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 431-440.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** пробірки; штативи для пробірок; металеві штативи; скляні палички; універсальний індикаторний папірець.

**Реактиви:** кристалічні манган(II) сульфат, калій тетраоксоманганат; розчини:  
манган(II) сульфату ( $c(\text{MnSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>);  
натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>);  
сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>);



калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
щавлевої кислоти ( $c(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
натрій гідроксиду ( $\omega(\text{NaOH}) = 30 \%$ );  
бромної води  $\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$ .

### **ДОСЛІД 1. Одержання та властивості манган(II) гідроксиду**

#### *а) Одержання манган(II) гідроксиду.*

Налийте в пробірку 1-2 см<sup>3</sup> розчину манган(II) сульфату ( $c(\text{MnSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) і додайте декілька крапель розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду (залиште осад для наступних дослідів). Зазначте його колір. Напишіть рівняння відповідної реакції.

#### *б) Окиснення манган(II) гідроксиду.*

Частину рідини з осадом з дослідів 1 а відлийте в іншу пробірку і залишіть стояти на повітрі. Поясніть зміну забарвлення осаду. Напишіть рівняння відповідної реакції.

#### *в) Відношення манган(II) гідроксиду до кислот і лугів.*

Дослідіть відношення отриманого на початку дослідів осаду до розбавленої хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ) і надлишку розчину натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ). Що при цьому відбувається? Зробіть обґрунтований висновок про кислотно-основні властивості манган(II) гідроксиду? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

*г) Відновні властивості манган(II) гідроксиду.*

До невеликої кількості осаду манган(II) гідроксиду прилийте бромної води. Що при цьому утворюється? Які саме властивості проявляє манган(II) гідроксид в цій реакції? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу та вкажіть відновника і окисника.

## **ДОСЛІД 2. Гідроліз солей Мангану(II)**

Розчиніть у воді декілька кристаликів солі Мангану(II). Нанесіть краплю розчину на універсальний індикаторний папір та спостерігайте за зміною забарвлення. Напишіть рівняння гідролізу та зробіть висновок про механізм гідролізу солей Мангану(II).

## **ДОСЛІД 3. Властивості сполук Мангану(VII)**

*а) Термічний розклад калій тетраоксоманганату.*

Нагрійте в пробірці декілька кристалів калій тетраоксоманганату. Дослідним шляхом доведіть, який при цьому виділяється газ. Продовжуйте нагрівання до припинення його виділення. Після охолодження розчиніть вміст пробірки в невеликому об'ємі води. Яке забарвлення мають отриманий розчин і осад? Напишіть рівняння відповідної реакції та вкажіть до якого типу відноситься дана окисно-відновна реакція.

*б) Окисні властивості калій тетраоксоманганату в кислому середовищі.*

Налийте в три пробірки по 1-2 см<sup>3</sup> розчину калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) і такий же об'єм

розбавленої сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). У першу пробірку додайте розчин натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>), у другу – розчин ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>), у третю – розчин щавлевої (оксалатної) кислоти ( $c(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) (третю пробірку нагріти). Що при цьому спостерігається? Напишіть рівняння відповідних реакцій, у тому числі, з врахуванням стану речовин у розчинах.

*в) Окисні властивості калій тетраоксоманганату в нейтральному середовищі.*

До 1-2 см<sup>3</sup> розчину калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) додайте воду, а потім розчин натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Що при цьому спостерігається? Напишіть рівняння відповідних реакцій, у тому числі, з врахуванням стану речовин у розчинах.

*г) Окисні властивості калій тетраоксоманганату в лужному середовищі.*

Налийте в пробірку 1-2 см<sup>3</sup> розчину калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Додайте до нього концентрований розчин лугу ( $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ), потім розчин натрій сульфату(IV) ( $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) і збовтайте. Відзначте, як змінився колір розчину. Через деякий час спостерігайте утворення осаду. Напишіть рівняння відповідних реакцій у йонній формі.

*д) Взаємодія солей Мангану в різних ступенях окиснення.*

До розчину манган(II) сульфату ( $c(\text{MnSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) в пробірці додавайте краплями розчин калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Що при цьому відбувається?

Випробуйте реакцію середовища індикатором. Напишіть рівняння відповідної реакції.

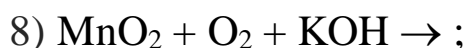
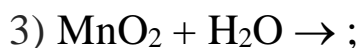
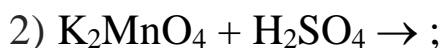
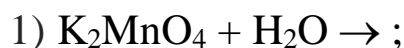
Поясніть явища, що спостерігалися у проведених дослідах. Як впливає реакція середовища на відновлення калій тетраоксоманганату?

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

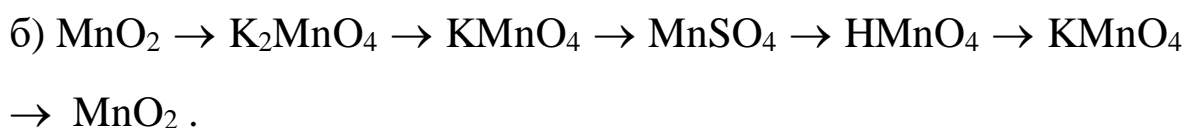
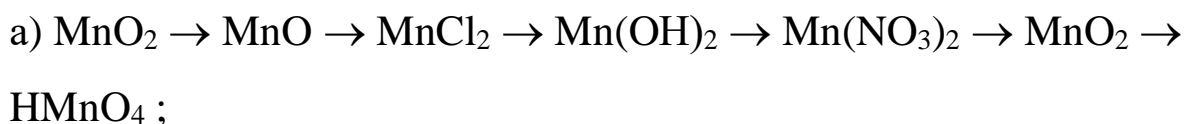
1. Напишіть електронні формули будови атомів елементів VIII групи. Вкажіть кількість валентних електронів та можливі ступені окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів VIII груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте можливі відновні властивості простої речовини марганцю.
4. Напишіть рівняння реакцій, які демонструють відновні властивості сполук Мангану(II).
5. Написати рівняння гідролізу та вказати його механізм при взаємодії розчинів солей манган(II) сульфату  $MnSO_4$  і натрій карбонату  $Na_2CO_3$ .
6. Напишіть рівняння реакцій, які демонструють окисні властивості сполук Мангану(VII).
7. Розрахуйте масу (г) калій тетраоксоманганату, яка необхідна для окиснення 4,56 г ферум(II) сульфу в кислому середовищі.
8. Розрахуйте об'єм ( $dm^3$ ) сульфур(IV) оксиду, який потрібно пропустити за температури  $17^\circ C$  і тиску 101 кПа через розчин

калій тетраоксоманганату ( $c(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом  $250 \text{ см}^3$ , щоб останній знебарвився.

9. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновник у кожному випадку:



10. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновник у кожному випадку:



---

---

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

---

---

**ТЕМА.** ФЕРУМ, КОБАЛЬТ, НІКОЛ ТА ЇХ СПОЛУКИ

**МЕТА.** ДОСЛІДИТИ ВЛАСТИВОСТІ СПОЛУК ЕЛЕМЕНТІВ  
VIII ВІДДЕЛЮ.

**ЗАВДАННЯ.**

1. Дослідити взаємодію заліза з розбавленими та концентрованими кислотами.
2. Дослідити способи одержання ферум(II) і ферум(III) гідроксидів та їх властивості.
3. Дослідити процеси гідролізу солей Ферум(II) і Ферум(III).
4. Провести якісні реакції ідентифікації катіонів Феруму(II) і Феруму(III).
5. Дослідити відновні властивості сполук Феруму(II).
6. Дослідити окисні властивості сполук Феруму(III).
7. Дослідити способи одержання та властивості гідроксидів кобальту(II) та ніколу(II).
8. Дослідити способи одержання комплексних сполук Кобальту (II).

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика елементів VIII відділу за положенням в періодичній системі та будовою атомів, їх хімічна активність. Поширення в природі, вміст в організмі, біологічна роль.

2. Ферум. Залізо: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
3. Сполуки Феруму(II, III, VI): оксиди, гідроксиди, солі. Зміна кислотно-основних та окисно-відновних властивостей сполук Феруму.
4. Комплексні сполуки Феруму(II) та Феруму(III) з ціанід- та тіоціанат-іонами. Застосування сполук Феруму в фармації та медицині.
5. Кобальт. Кобальт, як проста речовина: будова речовини, фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
6. Сполуки Кобальту(II, III): оксиди, гідроксиди, солі. Зміна кислотно-основних та окисно-відновних властивостей сполук Кобальту. Застосування сполук Кобальту в фармації та медицині.
7. Нікол. Нікель: фізичні та хімічні властивості, способи одержання та застосування.
8. Сполуки Ніколу(II, III): оксиди, гідроксиди, солі. Зміна кислотно-основних та окисно-відновних властивостей сполук Ніколу.

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Взаємодія ферум(III) хлориду з калій роданідом.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=H5A5iDVtQwc>
2. Властивості ферум(II) і ферум(III) оксидів.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=kbBtX1Pn3kA>

3. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. С. 233-248.
4. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Голуб О.А. / за ред. О. А. Голуб. Загальна хімія : підручник. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
5. Одержання і властивості ферум(II) гідроксиду.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=FSZw97zd0yQ>
6. Реакція ферум(III) хлориду з натрій гідроксидом.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=FSZw97zd0yQ>
7. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. С. 368-389
8. Ферум та його сполуки.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=UDdiHKp1k-k>
9. Ферум, Залізо. Властивості та застосування заліза.  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=zEbYoNjJMWE>
10. Ферум. Серія «Наука».  
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=Gvc3MQAmXq8>

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### *Обладнання та реактиви*

**Обладнання:** пробірки; штативи для пробірок; металеві штативи; скляні палички; універсальний індикаторний папірець.

**Реактиви:** залізні ошурки; кристалічні: ферум(II) сульфат, ферум(III) хлорид; розчини:

хлоридної кислоти ( $\omega(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 36 \%$ ,  $\rho(\text{HCl}_{\text{конц.}}) = 1,19 \text{ г/см}^3$ ;  $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );



сульфатної кислоти ( $\omega(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 96 \%$ ,  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}}) = 1,84 \text{ г/см}^3$ ;  
 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
нітратної кислоти ( $\omega(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 65 \%$ ,  $\rho(\text{HNO}_{3\text{конц.}}) = 1,4 \text{ г/см}^3$ ;  
 $c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
натрій гідроксиду ( $\omega(\text{NaOH}_{\text{конц.}}) = 30 \%$ ;  $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ );  
ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
калій гексаціаноферату(III) ( $c(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
калій гексаціаноферату(II) ( $c(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
калій тіоціанату ( $c(\text{KSCN}) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ;  $c(\text{KSCN}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ );  
калій дихромату ( $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ );  
калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
кобальт(II) сульфату ( $c(\text{CoSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
нікол(II) сульфату ( $c(\text{NiSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ );  
амоніаку ( $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 25 \%$ ); гідроген сульфідна вода ( $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$ ).

### **ДОСЛІД 1. Взаємодія заліза з кислотами.**

*(Роботу виконуйте у витяжній шафі)*

До невеликої кількості залізних ошурок в окремих пробірках додайте послідовно розбавлені і концентровані розчини хлоридної, сульфатної, нітратної кислот. Ті пробірки, в яких реакція на холоді не протікає, нагрійте. Спостерігайте явища, що при цьому відбувається. Поясніть, чому в деяких дослідах реакція відбувається лише при нагріванні. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

## ДОСЛІД 2. Добування ферум(II) і ферум(III) гідроксидів та їх властивості

### *а) Добування ферум(II) гідроксиду.*

Прилийте до 2-3 см<sup>3</sup> розчину ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) по краплям розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) до утворення осаду ферум(II) гідроксиду білого кольору. Напишіть рівняння відповідної реакції. Поясніть, чому на повітрі осад змінює забарвлення (як?) та відобразіть це явище відповідною реакцією.

### *б) Властивості ферум(II) гідроксиду.*

Випробуйте відношення ферум(II) гідроксиду до розбавленого розчину хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) і до надлишку лугу ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>). Напишіть рівняння відповідної реакції. Якими властивостями володіє ферум(II) гідроксид?

### *в) Добування ферум(III) гідроксиду.*

Прилийте до 2-3 см<sup>3</sup> розчину ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) по краплям розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) до утворення осаду ферум(III) гідроксиду. Відзначте в спостереженнях його колір.

### *г) Властивості ферум(III) гідроксиду.*

Випробуйте відношення ферум(III) гідроксиду до розбавлених кислот, для чого до частини осаду з досліду 2 г додайте 2-3 см<sup>3</sup> розчину хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>).

До іншої частини осаду ферум(III) гідроксиду прилийте гарячий концентрований розчин лугу ( $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ) і

спостерігайте за частковим розчиненням свіжоосадженого ферум(III) гідроксиду. Напишіть рівняння відповідних реакцій та зазначте у висновках хімічну природу ферум(III) гідроксиду.

### ДОСЛІД 3. Гідроліз солей феруму (II) і феруму(III)

#### *а) Гідроліз солі феруму(II).*

Розчиніть у воді декілька кристаликів солі феруму(II). Нанесіть краплю розчину на універсальний індикаторний папір та спостерігайте за зміною забарвлення. Напишіть рівняння гідролізу та зробіть висновок про механізм гідролізу солей феруму(II).

#### *б) Гідроліз солі феруму(III).*

Розчиніть у воді декілька кристаликів солі ферум(III) хлориду. Визначте реакцію розчину за допомогою універсального індикаторного папірця. Напишіть рівняння відповідної реакції гідролізу та поясніть її. Порівняйте ступінь гідролізу солей феруму(II) і феруму(III). Чим це пояснюється?

### ДОСЛІД 4. Якісні реакції ідентифікації катіонів феруму(II) і феруму(III)

#### *а) Реакція на йон феруму (II).*

До розчину ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 2-3 см<sup>3</sup> прилийте розчин калій гексаціаноферату(III) – червоної кров'яної солі ( $c(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Що при цьому спостерігаєте? Отримана речовина – турнбулева синь носить назву калій ферум(II)

гексаціаноферат(III)  $\text{KFe}^{2+}[\text{Fe}^{3+}(\text{CN})_6]$ . Напишіть рівняння відповідної реакції та поясніть її.

*б) Реакція на йон феруму (III).*

До розчину ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>, прилийте розчин калій гексаціаноферату(II) – жовтої кров'яної солі ( $c(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Що при цьому відбувається? Отриману речовину називають берлінською лазур'ю. Її формула  $\text{KFe}^{+3}[\text{Fe}^{+2}(\text{CN})_6]$ . Напишіть рівняння відповідної реакції.

*в) Реакція на йон Феруму(III) з роданід-іонами.*

До розчину ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 2-3 см<sup>3</sup>, прилийте по краплям розчин калій роданіду ( $c(\text{KSCN}) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). Зазначте колір утвореного розчину ферум(III) роданіду. Напишіть рівняння відповідної реакції.

#### **ДОСЛІД 4. Відновні властивості сполук Феруму(II)**

*а) Взаємодія йонів Феруму(II) з калій дихроматом в кислому середовищі.*

Внесіть у пробірку 2-3 см<sup>3</sup> розчину калій дихромату ( $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>), додайте 1-2 см<sup>3</sup> розчину сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) та краплями додайте свіжовиготовленого розчину ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) до зміни забарвлення з оранжевого на зелене. Напишіть рівняння реакції, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновника.

*б) Взаємодія йонів Феруму(II) з гідроген пероксидом в кислому середовищі.*

У дві пробірки внесіть по 1-2 см<sup>3</sup> свіжовиготовленого розчину ферум(II) сульфату ( $c(\text{FeSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>). В одну пробірку додайте розчин сульфатної кислоти ( $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 1-2 см<sup>3</sup> і таку ж кількість розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3\%$ ). Потім в обидві пробірки додайте по декілька крапель розчину калій роданіду ( $c(\text{KSCN}) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>). Відмітьте, в якій із пробірок міститься іон  $\text{Fe}^{3+}$ . Зробіть висновок про окисно-відновну здатність сполук Феруму(II).

### **ДОСЛІД 5. Окисні властивості сполук Феруму(III)**

*а) Взаємодія з гідроген сульфідною водою.*

Внесіть у пробірку з 1-2 см<sup>3</sup> розчину ферум(III) хлориду ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) розчин гідроген сульфідної води ( $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{O}$ ) об'ємом 1-2 см<sup>3</sup>. Відмітьте появу осаду сірки та запишіть рівняння окисно-відновної реакції.

*б) Взаємодія з калій йодидом.*

Добавте у пробірку з 1-2 см<sup>3</sup> розчину ферум(III) хлоридом ( $c(\text{FeCl}_3) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) розчин калій йодиду ( $c(\text{KI}) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 1-2 см<sup>3</sup>. Визначте за забарвленням розчину утворену сполуку. Зробіть висновок про окисну здатність сполук Феруму(III). Напишіть рівняння окисно-відновної реакції.

### **ДОСЛІД 6. Добування та властивості гідроксидів кобальту(II) та ніколу(II)**

*а) Добування кобальт(II) гідроксиду.*

Внесіть у дві пробірки по 1-2 см<sup>3</sup> розчину кобальт(II) сульфату

( $c(\text{CoSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) та додайте краплями розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду. Спостерігайте, як спочатку випадає осад основної солі Кобальту ( $\text{CoOH})_2\text{SO}_4$  синього кольору. При додаванні надлишку розчину натрій гідроксиду забарвлення змінюється на рожеве внаслідок утворення кобальт(II) гідроксиду. Збережіть осад для наступного дослідження.

*б) Властивості кобальт(II) гідроксиду.*

Розділіть осад кобальт(II) гідроксиду з дослідження 4 а на дві пробірки, в одну з яких додайте розчин хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до розчинення осаду. У другу пробірку додайте 2-3 краплі розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3 \%$ ). Відмітьте зміну кольору осаду. Зробіть висновок про кислотно-основні та окисно-відновні властивості кобальт(II) гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновник у кожному випадку.

*в) Добування нікол(II) гідроксиду.*

Внесіть у пробірку розчин нікол(II) сульфату ( $c(\text{NiSO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$ ) об'ємом 1-2  $\text{см}^3$  та додайте краплями розчин натрій гідроксиду ( $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до утворення осаду. Відмітьте колір осаду та запишіть рівняння реакції.

*г) Властивості нікол(II) гідроксиду.*

Отримайте в трьох пробірках осад нікол(II) гідроксиду (див. досл. б в). Потім в одну пробірку додайте декілька крапель розчину хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$ ) до розчинення осаду. У

другу – 1-2 см<sup>3</sup> розчину гідроген пероксиду ( $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3\%$ ), у третю – декілька крапель бромної води. Напишіть рівняння реакцій та зробіть висновок про кислотно-основні та окисно-відновні властивості нікол(II) гідроксиду. Порівняйте відновні властивості гідроксидів кобальту(II) та ніколу(II).

### ДОСЛІД 7. Комплексні сполуки Кобальту (II)

Додайте до розчину кобальт(II) сульфату ( $c(\text{CoSO}_4) = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup>) об'ємом 1-2 см<sup>3</sup> по краплям розчин амоніаку ( $\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 25\%$ ) до випадіння рожевого осаду кобальт(II) гідроксиду та його подальшого розчинення внаслідок утворення комплексної сполуки Кобальту(II) з координаційним числом 6. Зазначте в спостереженнях забарвлення розчину та напишіть відповідне рівняння реакції.

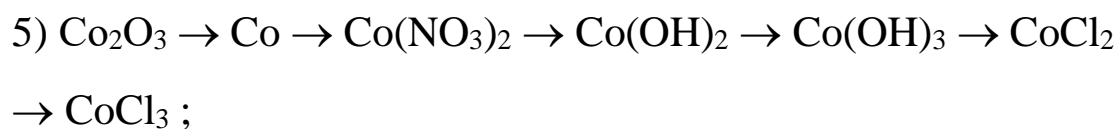
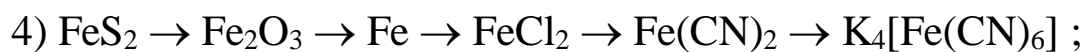
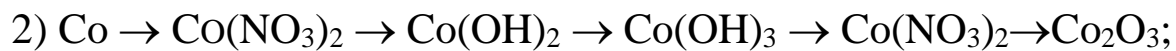
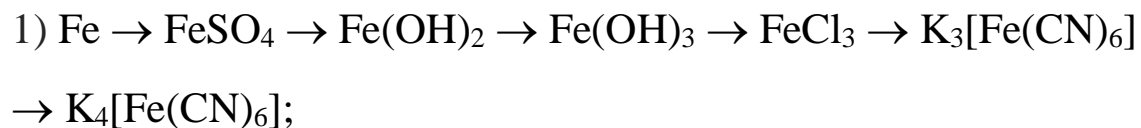
### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Напишіть електронні формули будови атомів елементів VIII групи. Вкажіть кількість валентних електронів та можливі ступені окиснення в сполуках. Наведіть приклади.
2. Опишіть біологічну роль катіонів VIII груп періодичної системи, фармацевтичні препарати, що містять сполуки даних елементів та їх фармакологічні властивості.
3. Спрогнозуйте зміну відновних властивостей сполук у ряду Fe(II) – Co(II) – Ni(II) та підтвердіть рівняннями реакцій.
4. Напишіть йонні рівняння реакцій, які є якісними на йони Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

5. Вкажіть, як взаємодіє ферум(III) гідроксид з кислотами і концентрованими лугами? Складіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння реакцій. Про які властивості говорять ці реакції?
6. Складіть рівняння реакції гідролізу ферум(III) хлориду.
7. Розрахуйте масу (г) заліза, яке повинно вступити в реакцію з розбавленим розчином сульфатної кислоти, щоб водню, який виділився в ході реакції, вистачило б на відновлення купрум(II) оксиду, який добули термічним розкладом солі купрум(II) нітрату масою 94 г.
8. Розрахуйте об'єм (дм<sup>3</sup>) повітря, який потрібен для окиснення ферум(II) гідроксиду масою 4,6 г в ферум(III) гідроксид ( $t = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 100\text{ кПа}$ ).
9. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника та відновника у кожному випадку:
- 1)  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  ;
  - 2)  $\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;
  - 3)  $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$  ;
  - 4)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$  ;
  - 5)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow$  ;
  - 6)  $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;
  - 7)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow$  ;
  - 8)  $\text{CoCl}_2 + \text{KNO}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_4] + \text{NO} + \dots$
10. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, розрахуйте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть окисника



та відновника у кожному випадку:



---

---

**ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ**

---

---

*Таблиця 1***Густина води за різної температури**

<b>Температура води, °С</b>	<b>Густина води, г/см<sup>3</sup></b>
4,0	1,000
17,0	0,9988
17,5	0,9987
18,0	0,9986
18,5	0,9985
19,0	0,9984
19,5	0,9983
20,0	0,9982
20,5	0,9981
21,0	0,9980
21,5	0,9979
22,0	0,9978
22,5	0,9977
23,0	0,9975

## Залежність температури кипіння води від атмосферного тиску

Атмосферний тиск, атм.	Температура кипіння води, °С	Атмосферний тиск, атм.	Температура кипіння води, °С
0,01	6,698	1,5	110,79
0,02	17,20	2,0	119,62
0,04	28,64	2,5	126,79
0,10	45,45	3,0	132,88
0,2	59,67	4,0	142,92
0,3	68,68	5,0	151,11
0,4	75,42	6,0	158,08
0,5	80,86	7,0	164,17
0,6	85,45	8,0	169,61
0,7	89,45	9,0	174,53
0,8	92,99	10,0	179,04
0,9	96,18	20,0	211,38
1,0	99,09	25,0	222,90
<b>1,033</b>	<b>100,0</b>	50,0	262,70
		100,0	309,53

**Масова частка (%) і густина розчинів кислот та лугів**

$\omega(\%)$	Густина розчину, г/см <sup>3</sup> (за 20 °С)						
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	CH <sub>3</sub> COOH	KOH	NaOH	NH <sub>3</sub>
4	1,027	1,022	1,019	1,0052	1,033	1,046	0,983
8	1,055	1,044	1,039	1,0113	1,065	1,092	0,967
12	1,083	1,068	1,059	1,0171	1,100	1,137	0,953
16	1,112	1,093	1,079	1,0228	1,137	1,181	0,939
20	1,143	1,119	1,100	1,0284	1,176	1,225	0,926
24	1,174	1,145	1,121	1,0337	1,217	1,268	0,913
28	1,205	1,171	1,142	1,0388	1,263	1,310	0,903
32	1,238	1,198	1,163	1,0436	1,310	1,352	0,893
36	1,273	1,225	1,183	1,0481	1,358	1,395	0,884
40	1,307	1,251		1,0523	1,411	1,437	
44	1,342	1,277		1,0562	1,460	1,478	
48	1,380	1,303		1,0598	1,511	1,519	
52	1,419	1,328		1,0631	1,564	1,560	
56	1,460	1,351		1,0660	1,616	1,601	
60	1,503	1,373		1,0685		1,643	
64	1,547	1,394		1,0707			
68	1,594	1,412		1,0725			
72	1,640	1,429		1,0740			
76	1,687	1,445		1,0747			
80	1,732	1,460		1,0748			
84	1,776	1,474		1,0742			

88	1,808	1,486		1,0726			
92	1,830	1,496		1,0696			
96	1,840	1,505		1,0644			
100	1,838	1,522		1,0553			

Таблиця 4

**Масова частка (%) і густина розчинів солей (за 20°C)**

$\omega$ (%)	Густина розчинів солей, г/см <sup>3</sup> (за 20°C)			$\omega$ (%)	Густина розчинів солей, г/см <sup>3</sup> (за 20°C)		
	NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>		NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>
1	1,005	1,009	-	12	1,086	1,124	1,113
2	1,013	1,019	1,016	14	1,101	1,146	1,134
4	1,027	1,040	1,034	16	1,116		1,156
6	1,041	1,061	1,053	18	1,132		1,179
8	1,056	1,082	1,072	20	1,148		1,203
10	1,071	1,103	1,092	22	1,164		1,228









ЕЛЕМЕНТ	Реакція	$E^0$ , В
Cs	$\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$	- 2,92
Cu	$\text{CuS} + 2e = \text{Cu} + \text{S}^{2-}$	- 0,71
	$\text{Cu}_2\text{S} + 2e = 2\text{Cu} + \text{S}^{2-}$	- 0,54
	$\text{Cu}(\text{CN})_2^- + e = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$	- 0,43
	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e = 2\text{Cu} + 2\text{OH}^-$	- 0,36
	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e = \text{Cu} + 2\text{OH}^-$	- 0,22
	$\text{CuI} + e = \text{Cu} + \text{I}^-$	- 0,19
	$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e = \text{Cu} + 4\text{NH}_3$	- 0,05
	$\text{CuBr} + e = \text{Cu} + \text{Br}^-$	0,03
	$\text{CuCl} + e = \text{Cu} + \text{Cl}^-$	0,14
	$\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$	0,15
	$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	0,34
	$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + e = \text{CuCl}$	0,54
	$\text{Cu}^{2+} + \text{Br}^- + e = \text{CuBr}$	0,64
	$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + e = \text{CuI}$	0,86
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^- + e = \text{Cu}(\text{CN})_2^-$	1,12	
F	$\text{OF}_2 + 2\text{H}^+ + 4e = 2\text{F}^- + \text{H}_2\text{O}$	2,10
	$\text{F}_2 + 2e = 2\text{F}^-$	2,87
Fe	$\text{FeS} + 2e = \text{Fe} + \text{S}^{2-}$	- 0,95
	$\text{FeCO}_3 + 2e = \text{Fe} + \text{CO}_3^{2-}$	- 0,76
	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	- 0,55
Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$	- 0,44
	$\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}$	- 0,04
	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + e = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	0,36
	$\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$	0,77
	$\text{FeO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{FeO}_2^- + 4\text{OH}^-$	0,90
	$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e = \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,90
Ga	$\text{H}_2\text{GaO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Ga} + 4\text{OH}^-$	- 1,22
	$\text{Ga}^{3+} + 3e = \text{Ga}$	- 0,56
Ge	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Ge}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	- 0,36
	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$	- 0,13
	$\text{Ge}^{2+} + 2e = \text{Ge}$	0,00

Елемент	Реакція	$E^0$ , В
H	$H_2 + 2e = 2H^-$	- 2,25
	$H^+ + e = H$	- 2,10
	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	- 0,83
	$2H^+(10^{-7} M) + 2e = H_2$	- 0,41
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,00
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	- 1,70
Hg	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	- 0,37
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	0,79
	$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,85
	$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,92
In	$In^{3+} + 3e = In$	- 0,33
Ir	$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
I	$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$2IO^- + 2H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$I_2 + 2e = 2I^-$	0,54
	$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,55
	$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$IO_4^- + 8H^+ + 8e = I^- + 4H_2O$	1,40
	$IO_4^- + 2H^+ + 2e = IO_3^- + H_2O$	1,65
K	$K^+ + e = K$	- 2,93
Li	$Li^+ + e = Li$	- 3,04
Mg	$Mg^{2+} + 2e = Mg$	- 2,37
Mn	$Mn^{2+} + 2e = Mn$	- 1,18
	$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,56
Mn	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,23
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,51
	$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$	1,51
	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,69
	$Mn^{4+} + 2e = Mn^{2+}$	1,84
	$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,26

Елемент	Реакція	$E^0$ , В
N	$3\text{N}_2 + 2e = 2\text{N}_3^-$	- 3,40
	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2e = 2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{OH}^-$	- 3,04
	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^-$	- 1,16
	$\text{N}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 6e = 2\text{NH}_4\text{OH} + 6\text{OH}^-$	- 0,76
	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e = \text{NO} + 2\text{OH}^-$	- 0,46
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{NO} + 4\text{OH}^-$	- 0,14
	$\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$	- 0,12
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,01
	$\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2e = 2\text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	0,10
	$\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 6e = 2\text{NH}_4^+$	0,26
	$\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	0,42
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + e = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,78
	$\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+ + 6e = \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	0,86
	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8e = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0,87
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,94
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,96
	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + e = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0,99
	$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,29
$2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+ + 6e = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,44	
Na	$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	- 2,71
Nb	$\text{Nb}^{3+} + 3e = \text{Nb}$	- 2,71
	$\text{Nb}_2\text{O}_5 + 10\text{H}^+ + 10e = 2\text{Nb} + 5\text{H}_2\text{O}$	- 0,65
O	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = 4\text{OH}^-$	0,40
	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{O}_2$	0,68
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = 2\text{H}_2\text{O}$	1,23
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}_2\text{O}$	1,78
	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,07
Os	$\text{OsO}_4 + 8\text{H}^+ + 8e = \text{Os} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,85
	$\text{Os}^{2+} + 2e = \text{Os}$	0,85

Елемент	Реакція	$E^0$ , В
P	$\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{OH}^-$	-1,57
	$\text{PO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{HPO}_3^{2-} + 3\text{OH}^-$	-1,12
	$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{PH}_3 + 3\text{OH}^-$	-0,89
	$\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}^+ + e = \text{P} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,51
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,50
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{H}_3\text{PO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,39
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,28
	$\text{P} + 3\text{H}^+ + 3e = \text{PH}_3$	0,06
Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$	-0,13
	$\text{PbO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{PbO}_2^{2-} + 2\text{OH}^-$	0,20
	$\text{Pb}^{4+} + 4e = \text{Pb}$	0,80
	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,45
	$\text{PbO}_3^{2-} + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	1,55
	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,68
	$\text{Pb}^{4+} + 2e = \text{Pb}^{2+}$	1,80
Pd	$\text{PdO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Pd} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,90
	$\text{Pd}^{2+} + 2e = \text{Pd}$	0,99
Pt	$\text{Pt}^{2+} + 2e = \text{Pt}$	1,20
	$\text{PtCl}_6^{2-} + 2e = \text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$	0,68
Pu	$\text{Pu}^{3+} + 3e = \text{Pu}$	-2,03
	$\text{Pu}^{4+} + e = \text{Pu}^{3+}$	0,97
Rb	$\text{Rb}^+ + e = \text{Rb}$	-2,93
Rh	$\text{Rh}^{3+} + 3e = \text{Rh}$	0,80
Ru	$\text{Ru}^{2+} + 2e = \text{Ru}$	0,45
	$\text{RuO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ru} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,79
S	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{S} + 8\text{OH}^-$	-0,75
	$\text{S} + 2e = \text{S}^{2-}$	-0,48
	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,09
	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{S}$	0,14
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8e = \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,15
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,17
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,36
	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,45
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e = 2\text{SO}_4^{2-}$	2,01

Елемент	Реакція	$E^0$ , В
Sc	$\text{Sc}^{3+} + 3e = \text{Sc}$	-2,10
Si	$\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1,70
	$\text{SiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Si} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,86
Se	$\text{Se} + 2e = \text{Se}^{2-}$	-0,92
	$\text{Se} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{Se}$	-0,40
	$\text{SeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{Se} + 6\text{OH}^-$	-0,37
	$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,74
	$\text{SeO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1,15
Sm	$\text{Sm}^{3+} + 3e = \text{Sm}$	-2,41
Sn	$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e = \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,92
	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,91
	$\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}$	-0,14
	$\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,11
	$\text{Sn}^{4+} + 4e = \text{Sn}$	0,01
	$\text{Sn}^{4+} + 2e = \text{Sn}^{2+}$	0,15
	$\text{HSnO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,33
Sr	$\text{Sr}^{2+} + 2e = \text{Sr}$	-2,89
Ta	$\text{Ta}_2\text{O}_5 + 10\text{H}^+ + 10e = 2\text{Ta} + 5\text{H}_2\text{O}$	-0,81
Tc	$\text{Tc}^{2+} + 2e = \text{Tc}$	0,40
	$\text{TcO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e = \text{Tc}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,50
	$\text{TcO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{TcO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,74
Te	$\text{Te} + 2e = \text{Te}^{2-}$	-1,14
	$\text{Te} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{Te}$	-0,74
	$\text{TeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{Te} + 6\text{OH}^-$	-0,57
	$\text{TeO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{TeO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	0,89
	$\text{H}_6\text{TeO}_6 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{TeO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,02
Ti	$\text{Ti}^{2+} + 2e = \text{Ti}$	-1,63
	$\text{Ti}^{3+} + 3e = \text{Ti}$	-1,23
	$\text{TiF}_6^{2-} + 4e = \text{Ti} + 6\text{F}^-$	-1,19
	$\text{TiO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ti} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,89
	$\text{Ti}^{3+} + e = \text{Ti}^{2+}$	-0,37
	$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e = \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0,10
Th	$\text{Th}(\text{OH})_4 + 4e = \text{Th} + 4\text{OH}^-$	-2,48
	$\text{Th}^{4+} + 4e = \text{Th}$	-1,90

Елемент	Реакція	$E^0$ , В
Tl	$Tl^+ + e = Tl$	- 0,34
	$Tl^{3+} + 3e = Tl$	1,25
Tm	$Tm^{3+} + 3e = Tm$	- 2,28
U	$U^{3+} + 3e = U$	1,80
	$UO_2^{2+} + 4H^+ + 6e = U + 2H_2O$	0,82
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	0,64
	$UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,33
V	$V^{2+} + 2e = V$	- 1,19
	$V^{3+} + 3e = V$	- 0,83
	$V^{3+} + e = V^{2+}$	- 0,26
	$VO_2^+ + 4H^+ + 5e = V + 2H_2O$	- 0,25
	$VO^{2+} + 2H^+ + e = V^{3+} + H_2O$	0,34
	$V_2O_5 + 6H^+ + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,96
	$HVO_3 + 3H^+ + e = VO^{2+} + 2H_2O$	1,10
Y	$Y^{3+} + 3e = Y$	- 2,34
Zn	$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^-$	- 1,25
	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^-$	- 1,22
	$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	- 1,04
	$Zn^{2+} + 2e = Zn$	- 0,76
Zr	$Zr^{4+} + 4e = Zr$	- 1,53
	$ZrO_2 + 4H^+ + 4e = Zr + 2H_2O$	- 1,43

## Константи дисоціації (йонізації) найважливіших кислот і основ

Назва	Формула	Константи дисоціації (йонізації), $K$	
Тригідроген тетраоксоарсенат Арсенатна (V)	$H_3AsO_4$	$K_1$	$5,6 \cdot 10^{-3}$
		$K_2$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
		$K_3$	$2,95 \cdot 10^{-12}$
Тригідроген триоксоарсенат Арсенатна(III)	$H_3AsO_3$	$K_1$	$5,9 \cdot 10^{-10}$
Тригідроген триоксоборат Боратна (III)	$H_3BO_3$	$K_1$	$7,1 \cdot 10^{-10}$
		$K_2$	$1,8 \cdot 10^{-13}$
		$K_3$	$1,6 \cdot 10^{-14}$
Тетраборатна	$H_2B_4O_7$	$K_1$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
		$K_2$	$2,0 \cdot 10^{-8}$
Моногідроген триоксобромат Броматна (V)	$HBrO_3$	$K$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Моногідроген оксобромат Броматна (I)	$HBrO$	$K$	$2,2 \cdot 10^{-9}$
Карбонатна	$H_2CO_3$	$K_1$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Дигідроген триоксокарбонат	$CO_2 \cdot aq + H_2O$	$K_2$	$4,8 \cdot 10^{-11}$
Ціанідна	$HCN$	$K$	$5,0 \cdot 10^{-10}$
Аскорбінова	$H_2C_6H_6O_6$	$K_1$	$9,1 \cdot 10^{-5}$
		$K_2$	$4,6 \cdot 10^{-12}$
Моногідроген ціанат	$HOCN$	$K$	$2,7 \cdot 10^{-4}$
Ціанідна	$HCN$	$K$	$1,32 \cdot 10^{-9}$
Тартратна (винна)	$H_2C_4H_4O_6$	$K_1$	$9,1 \cdot 10^{-4}$
		$K_2$	$4,3 \cdot 10^{-6}$
Цитратна (лимонна)	$H_4C_6H_5O_7$	$K_1$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
		$K_2$	$2,2 \cdot 10^{-5}$
		$K_3$	$4,0 \cdot 10^{-7}$
		$K_4$	$1,0 \cdot 10^{-16}$
Молочна	$HC_3H_5O_3$	$K$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Форміатна	$HCOOH$	$K$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
8-оксихінолін	$C_9H_7ON$	$K$	$1,3 \cdot 10^{-10}$
Ацетатна	$CH_3COOH$	$K$	$1,74 \cdot 10^{-5}$
Саліцилова	$C_6H_4(OH)COOH$	$K_1$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
		$K_2$	$2,6 \cdot 10^{-14}$

Продовження табл. 6

Назва	Формула	Константи дисоціації (йонізації), $K$	
Сульфанілова	$\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$	$K$	$6,3 \cdot 10^{-4}$
Сульфосаліцилова	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})\text{COOH}\text{SO}_3\text{H}$	$K_1$ $K_2$	$3,1 \cdot 10^{-2}$ $2,0 \cdot 10^{-12}$
Трихлорацетатна	$\text{CCl}_3\text{COOH}$	$K$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$K$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Хлорацетатна	$\text{CH}_2\text{ClCOOH}$	$K$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Оксалатна (щавлева)	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$K_1$ $K_2$	$5,6 \cdot 10^{-2}$ $5,4 \cdot 10^{-5}$
Етилендіамін тетраацетатна	$\text{H}_4\text{Y}$ (EDTA)	$K_1$ $K_2$ $K_3$ $K_4$	$1,0 \cdot 10^{-2}$ $2,1 \cdot 10^{-3}$ $6,9 \cdot 10^{-7}$ $5,5 \cdot 10^{-11}$
Яблучна	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5$	$K_1$ $K_2$	$5,6 \cdot 10^{-2}$ $5,4 \cdot 10^{-5}$
Янтарна	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$	$K_1$ $K_2$	$1,6 \cdot 10^{-5}$ $2,3 \cdot 10^{-6}$
Моногідроген оксохлорат Хлоратна (I)	$\text{HClO}$	$K$	$2,95 \cdot 10^{-3}$
Моногідроген діоксохлорат Хлоратна (III)	$\text{HClO}_2$	$K$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Дигідроген тетраоксохромат (Хроматна(VI))	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	$K_1$ $K_2$	$1,6 \cdot 10^{-1}$ $3,2 \cdot 10^{-7}$
Дихроматна (VI)	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$K_2$	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Флуоридна	$\text{HF}$	$K$	$6,21 \cdot 10^{-4}$
Тетрагідроген гексаціаноферат	$\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$K_3$ $K_4$	$5,6 \cdot 10^{-3}$ $6,0 \cdot 10^{-5}$
Дигідроген пероксид	$\text{H}_2\text{O}_2$	$K_2$	$2,0 \cdot 10^{-12}$
Пентагідроген гексаоксоіодат	$\text{H}_5\text{IO}_6$	$K_1$ $K_2$ $K_3$	$2,45 \cdot 10^{-2}$ $4,3 \cdot 10^{-9}$ $1,0 \cdot 10^{-15}$
Моногідроген триоксоіодат Іодатна (V)	$\text{HIO}_3$	$K$	$1,7 \cdot 10^{-1}$



Назва	Формула	Константи дисоціації (йонізації), $K$
Моногідроген оксоідат Іодатна (I)	$\text{HIO}$	$K$ $2,3 \cdot 10^{-11}$
Дигідроген тетраоксоманганат Манганатна (VI)	$\text{H}_2\text{MnO}_4$	$K_1$ $1,1 \cdot 10^{-1}$ $K_2$ $7,12 \cdot 10^{-11}$
Дигідроген тетраоксомолібдат Молібдатна (VI)	$\text{H}_2\text{MoO}_4$	$K_1$ $2,9 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $1,4 \cdot 10^{-4}$
Азидна	$\text{HN}_3$	$K$ $2,0 \cdot 10^{-5}$
Нітритна Нітратна (III)	$\text{HNO}_2$	$K$ $5,1 \cdot 10^{-4}$
Дигідроген Діоксодинітрат	$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$	$K_1$ $6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_2$ $2,94 \cdot 10^{-12}$
Дигідроген гідроген триоксофосфат	$\text{H}_2\text{PHO}_3$	$K_1$ $3,19 \cdot 10^{-2}$ $K_2$ $1,6 \cdot 10^{-7}$
Гідроген тетраоксофосфат (V) Фосфатна (V)	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$K_1$ $7,10 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_3$ $5,0 \cdot 10^{-13}$
Гідроген гептаоксодифосфат (V) Дифосфатна (V)	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$K_1$ $1,2 \cdot 10^{-1}$ $K_2$ $7,9 \cdot 10^{-3}$ $K_3$ $2,0 \cdot 10^{-7}$ $K_4$ $4,8 \cdot 10^{-10}$
Гідроген дигідроген діоксофосфат	$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	$K$ $5,9 \cdot 10^{-2}$
Тетрагідроген гексаоксодифосфат	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$	$K_1$ $6,3 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $1,6 \cdot 10^{-3}$ $K_3$ $5,4 \cdot 10^{-8}$ $K_4$ $9,3 \cdot 10^{-11}$
Дигідроген сульфід Сульфідна	$\text{H}_2\text{S}$	$K_1$ $1,0 \cdot 10^{-7}$ $K_2$ $2,5 \cdot 10^{-13}$
Дигідроген триоксосульфат Сульфатна (IV) (сульфітна)	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$K_1$ $1,4 \cdot 10^{-2}$ $K_2$ $6,2 \cdot 10^{-8}$
Дигідроген тетраоксосульфат Сульфатна (VI)	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$K_2$ $1,15 \cdot 10^{-2}$
Дигідроген триоксотіосульфат	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$K_1$ $2,5 \cdot 10^{-1}$ $K_2$ $1,9 \cdot 10^{-2}$

Продовження табл. 64

Назва	Формула	Константи дисоціації (йонізації), $K$	
Моногідроген Гексагідроксостибат	$\text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	$K$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Дигідроген триоксоселенат Селенатна (IV)	$\text{H}_2\text{SeO}_3$	$K_1$ $K_2$	$1,8 \cdot 10^{-3}$ $3,2 \cdot 10^{-9}$
Дигідроген тетраоксоселенат Селенатна (VI)	$\text{H}_2\text{SeO}_4$	$K_2$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Гідроген тетраоксосилікат (IV) Силікатна	$\text{H}_4\text{SiO}_4$	$K_1$ $K_2$ $K_3$	$1,3 \cdot 10^{-10}$ $1,6 \cdot 10^{-12}$ $2,0 \cdot 10^{-14}$
Телуридна	$\text{H}_2\text{Te}$	$K_1$ $K_2$	$2,3 \cdot 10^{-3}$ $6,9 \cdot 10^{-13}$
Дигідроген триоксотелурат Телуратна (IV)	$\text{H}_2\text{TeO}_3$	$K_1$ $K_2$	$2,7 \cdot 10^{-3}$ $1,8 \cdot 10^{-8}$
Гексагідроген гексаоксотелурат	$\text{H}_6\text{TeO}_6$	$K_1$ $K_2$ $K_3$	$2,45 \cdot 10^{-8}$ $1,1 \cdot 10^{-11}$ $1,0 \cdot 10^{-15}$
Дигідроген тетраоксовольфрамат Вольфраматна (VI)	$\text{H}_2\text{WO}_4$	$K_1$ $K_2$	$6,3 \cdot 10^{-3}$ $2,0 \cdot 10^{-4}$
<b>ОСНОВИ</b>			
Амонію гідроксид	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$K$	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Аргентум (I) гідроксид	$\text{AgOH}$	$K$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Барію дигідроксид	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$K_2$	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Анілін	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$K$	$4,3 \cdot 10^{-10}$
Гідразин	$\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$K$	$9,3 \cdot 10^{-7}$
Гідроксиламін	$\text{NH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	$K$	$8,9 \cdot 10^{-9}$
Дифеніламін	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{H}_2\text{O}$	$K$	$6,2 \cdot 10^{-14}$
Кальцію дигідроксид	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$K_2$	$4,0 \cdot 10^{-2}$

Продовження табл. 6

Назва	Формула	Константи дисоціації (йонізації), $K$	
Літій гідроксид	$\text{LiOH}$	$K$	$6,8 \cdot 10^{-1}$
Плюмбуму дигідроксид	$\text{Pb(OH)}_2$	$K_1$ $K_2$	$9,55 \cdot 10^{-4}$ $3,0 \cdot 10^{-8}$
8-оксихінолін	$\text{C}_9\text{H}_7\text{ON} + \text{H}_2\text{O}$	$K$	$1,1 \cdot 10^{-9}$

Таблиця 7

**Наближені значення коефіцієнтів активності  
при різній йонній силі розчинів**

Йонна сила	Коефіцієнт активності йонів, $f$				
	одно-зарядних	дво-зарядних	три-зарядних	чотири-зарядних	п'яти-зарядних
0,0002	0,98	0,94	0,87	0,77	
0,0005	0,97	0,90	0,80	0,67	
0,001	0,96	0,86	0,73	0,56	
0,002	0,95	0,81	0,64	0,45	
0,0025	0,95	0,81	0,63	0,44	
0,005	0,93	0,74	0,52	0,33	
0,01	0,90	0,67	0,42	0,23	
0,025	0,86	0,56	0,29	0,13	
0,05	0,84	0,50	0,21	0,06	0,013
0,1	0,81	0,44	0,16	0,04	0,0058
0,2	0,80	0,41	0,14	0,03	0,0038
0,3	0,81	0,42	0,14	0,03	0,0046
0,4	0,82	0,45	0,17	0,04	0,0072
0,5	0,84	0,50	0,21	0,06	0,013
0,6	0,87	0,56	0,27	0,10	0,027
0,7	0,88	0,63	0,36	0,16	0,058
0,8	0,92	0,72	0,48	0,27	0,13
0,9	0,96	0,83	0,66	0,48	0,31
1,0	0,99	0,96	0,91	0,85	0,78

## Йонний добуток води за температури від 0 до 100°C

$t, ^\circ\text{C}$	$K_w$	$\sqrt{K_w}$	$t, ^\circ\text{C}$	$K_w$	$\sqrt{K_w}$
0	$0,11 \cdot 10^{-14}$	$0,33 \cdot 10^{-7}$	30	$1,48 \cdot 10^{-14}$	$1,20 \cdot 10^{-7}$
5	$0,17 \cdot 10^{-14}$	$0,42 \cdot 10^{-7}$	31	$1,58 \cdot 10^{-14}$	$1,26 \cdot 10^{-7}$
10	$0,30 \cdot 10^{-14}$	$0,54 \cdot 10^{-7}$	32	$1,70 \cdot 10^{-14}$	$1,29 \cdot 10^{-7}$
15	$0,46 \cdot 10^{-14}$	$0,68 \cdot 10^{-7}$	33	$1,82 \cdot 10^{-14}$	$1,35 \cdot 10^{-7}$
16	$0,50 \cdot 10^{-14}$	$0,71 \cdot 10^{-7}$	34	$1,95 \cdot 10^{-14}$	$1,38 \cdot 10^{-7}$
17	$0,55 \cdot 10^{-14}$	$0,74 \cdot 10^{-7}$	35	$2,09 \cdot 10^{-14}$	$1,45 \cdot 10^{-7}$
18	$0,60 \cdot 10^{-14}$	$0,77 \cdot 10^{-7}$	36	$2,24 \cdot 10^{-14}$	$1,48 \cdot 10^{-7}$
19	$0,65 \cdot 10^{-14}$	$0,80 \cdot 10^{-7}$	37	$2,40 \cdot 10^{-14}$	$1,55 \cdot 10^{-7}$
20	$0,69 \cdot 10^{-14}$	$0,83 \cdot 10^{-7}$	38	$2,57 \cdot 10^{-14}$	$1,58 \cdot 10^{-7}$
21	$0,76 \cdot 10^{-14}$	$0,87 \cdot 10^{-7}$	39	$2,75 \cdot 10^{-14}$	$1,66 \cdot 10^{-7}$
22	$0,81 \cdot 10^{-14}$	$0,90 \cdot 10^{-7}$	40	$2,95 \cdot 10^{-14}$	$1,70 \cdot 10^{-7}$
23	$0,87 \cdot 10^{-14}$	$0,93 \cdot 10^{-7}$	50	$5,50 \cdot 10^{-14}$	$2,34 \cdot 10^{-7}$
24	$0,93 \cdot 10^{-14}$	$0,96 \cdot 10^{-7}$	60	$9,55 \cdot 10^{-14}$	$3,09 \cdot 10^{-7}$
25	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$	70	$15,8 \cdot 10^{-14}$	$3,98 \cdot 10^{-7}$
26	$1,10 \cdot 10^{-14}$	$1,05 \cdot 10^{-7}$	80	$25,1 \cdot 10^{-14}$	$5,01 \cdot 10^{-7}$
27	$1,17 \cdot 10^{-14}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$	90	$38,0 \cdot 10^{-14}$	$6,17 \cdot 10^{-7}$
28	$1,29 \cdot 10^{-14}$	$1,12 \cdot 10^{-7}$	100	$55,0 \cdot 10^{-14}$	$7,41 \cdot 10^{-7}$
29	$1,38 \cdot 10^{-14}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$			

**Добуток розчинності ( $K_s^0$ ) деяких малорозчинних  
у воді сполук (за 25 °С)**

<b>Сполука</b>	<b>Назва сполуки</b>	<b><math>K_s^0</math></b>
$Ag_3AsO_4$	Аргентум арсенат (V)	$1,0 \cdot 10^{-22}$
$Ag_3AsO_3$	Аргентум арсенат (III)	$1,0 \cdot 10^{-17}$
$AgBr$	Аргентум бромід	$5,3 \cdot 10^{-13}$
$AgCH_3COO$	Аргентум ацетат	$4,0 \cdot 10^{-3}$
$Ag_2CO_3$	Аргентум карбонат	$1,2 \cdot 10^{-12}$
$Ag_2C_2O_4$	Аргентум оксалат	$3,5 \cdot 10^{-11}$
$AgCl$	Аргентум хлорид	$1,78 \cdot 10^{-10}$
$Ag_2CrO_4$	Аргентум хромат (VI)	$1,1 \cdot 10^{-12}$
$Ag_2Cr_2O_7$	Аргентум дихромат (VI)	$1,0 \cdot 10^{-10}$
$AgI$	Аргентум йодид	$8,3 \cdot 10^{-17}$
$AgMnO_4$	Аргентум манганат (VII)	$1,6 \cdot 10^{-3}$
$Ag_2O (Ag^+, 2OH^-)$	Диаргентум оксид	$1,95 \cdot 10^{-8}$
$AgNO_2$	Аргентум нітрат (III)	$6,0 \cdot 10^{-4}$
$Ag_3PO_4$	Аргентум фосфат (V)	$1,3 \cdot 10^{-20}$
$Ag_2S$	Диаргентум сульфід	$6,3 \cdot 10^{-50}$
$AgSCN$	Аргентум тіоціанат	$1,1 \cdot 10^{-12}$
$Ag_2SO_3$	Аргентум сульфат (IV)	$1,5 \cdot 10^{-14}$
$Ag_2SO_4$	Аргентум сульфат (VI)	$1,6 \cdot 10^{-5}$
$Ag_2S_3$	Аргентум (III) сульфід	$4,1 \cdot 10^{-29}$
$AlAsO_4$	Алюміній арсенат (V)	$1,6 \cdot 10^{-16}$
$Al(OH)_3$ ( $Al^{3+}, 3OH^-$ ) ( $AlOH^{2+}, 2OH^-$ ) ( $H^+, AlO^{2-}$ )	Алюміній тригідроксид	$3,2 \cdot 10^{-34}$ $3,2 \cdot 10^{-25}$ $1,6 \cdot 10^{-13}$
$AlPO_4$	Алюміній фосфат (V)	$5,75 \cdot 10^{-19}$
$Ba(OH)_2$	Барій дигідроксид	$5,0 \cdot 10^{-3}$

Продовження табл. 9

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
BaCO <sub>3</sub>	Барій карбонат	$4,0 \cdot 10^{-10}$
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Барій оксалат	$1,1 \cdot 10^{-7}$
BaCrO <sub>4</sub>	Барій хромат (VI)	$1,2 \cdot 10^{-10}$
BaF <sub>2</sub>	Барій дифлуорид	$1,1 \cdot 10^{-6}$
BaMnO <sub>4</sub>	Барій тетраоксоманганат(VI)	$2,5 \cdot 10^{-10}$
Ba <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Барій гексаціаноферат(II)	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Трибарій дифосфат	$6,0 \cdot 10^{-39}$
Ba <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Барій дифосфат (V)	$3,0 \cdot 10^{-11}$
BaSO <sub>3</sub>	Барій сульфат (IV)	$8,0 \cdot 10^{-7}$
BaSO <sub>4</sub>	Барій сульфат (VI)	$1,1 \cdot 10^{-10}$
BiI <sub>3</sub>	Бісмут (III) йодид	$8,1 \cdot 10^{-19}$
BiOCl (BiO <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> ) (BiOCl + H <sub>2</sub> O = Bi <sup>3+</sup> + 2OH <sup>-</sup> + Cl <sup>-</sup> )	Бісмут (III) оксид хлорид	$7,0 \cdot 10^{-9}$  $1,8 \cdot 10^{-31}$
BiOОН (BiO <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> )	Бісмут (III) гідроксид оксид	$4,0 \cdot 10^{-10}$
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Бісмут (III) сульфід	$1,0 \cdot 10^{-9}$
BiPO <sub>4</sub>	Бісмут (III) фосфат (V)	$1,3 \cdot 10^{-23}$
CaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Кальцій тартрат	$7,7 \cdot 10^{-7}$
CaCO <sub>3</sub>	Кальцій карбонат	$3,8 \cdot 10^{-9}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Кальцій оксалат	$2,3 \cdot 10^{-9}$
CaCrO <sub>4</sub>	Кальцій хромат (VI)	$7,1 \cdot 10^{-4}$
CaF <sub>2</sub>	Кальцій дифлуорид	$4,0 \cdot 10^{-11}$
CaHPO <sub>4</sub> (Ca <sup>2+</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Кальцій гідрогенфосфат	$2,7 \cdot 10^{-7}$

Продовження табл. 9

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ ( $\text{Ca}^{2+}$ , $2\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )	Кальцій дигідрогенфосфат	$1,0 \cdot 10^{-3}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ ( $\text{Ca}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ ) ( $\text{CaOH}^+$ , $\text{OH}^-$ )	Кальцій дигідроксид	$6,5 \cdot 10^{-6}$ $9,1 \cdot 10^{-5}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Трикальцій дифосфат	$2,0 \cdot 10^{-29}$
$\text{CaSO}_3$	Кальцій сульфат (IV)	$3,2 \cdot 10^{-7}$
$\text{CaSO}_4$	Кальцій сульфат (VI)	$2,5 \cdot 10^{-5}$
$\text{CdCO}_3$	Кадмій карбонат	$1,0 \cdot 10^{-12}$
$\text{CdC}_2\text{O}_4$	Кадмій оксалат	$1,5 \cdot 10^{-8}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$ ( $\text{Cd}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ ) (свіжеосаджений)	Кадмій дигідроксид	$2,2 \cdot 10^{-14}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$ ( $\text{Cd}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ ) (після старіння)	Кадмій дигідроксид	$5,9 \cdot 10^{-15}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$ ( $\text{H}^+$ , $\text{HCdO}^{2-}$ )	Кадмій дигідроксид	$2,0 \cdot 10^{-19}$
$\text{CdS}$	Кадмій сульфід	$1,6 \cdot 10^{-28}$
$\text{CoCO}_3$	Кобальт(II) карбонат	$1,05 \cdot 10^{-10}$
$\text{CoC}_2\text{O}_4$	Кобальт(II) оксалат	$6,3 \cdot 10^{-8}$
$\text{Co}(\text{OH})_2$ (блакитний)	Кобальт(II) дигідроксид	$6,3 \cdot 10^{-15}$
$\text{Co}(\text{OH})_2$ (рожевий, свіжеосаджений)		$1,6 \cdot 10^{-15}$
$\text{Co}(\text{OH})_3$	Кобальт(II) тригідроксид	$4,0 \cdot 10^{-45}$
$\text{Cr}(\text{OH})_2$	Хром(II) дигідроксид	$1,0 \cdot 10^{-17}$

Продовження табл. 9

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$\text{Cr}(\text{OH})_3$ ( $\text{Cr}^{3+}$ , $3\text{OH}^-$ )	Хром(II) тригідроксид	$6,3 \cdot 10^{-31}$
( $\text{CrOH}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ ) ( $\text{H}^+$ , $\text{H}_2\text{CrO}_3^-$ )		$7,9 \cdot 10^{-21}$ $4,0 \cdot 10^{-15}$
$\text{CrPO}_4$ (фіолетовий) $\text{CrPO}_4$ (зелений)	Хрому (III) фосфат	$1,0 \cdot 10^{-17}$ $2,4 \cdot 10^{-23}$
$\text{CuBr}$	Купрум(I) бромід	$5,25 \cdot 10^{-9}$
$\text{CuCO}_3$	Купрум(II) карбонат	$2,5 \cdot 10^{-10}$
$\text{CuC}_2\text{O}_4$	Купрум(II) оксалат	$3,0 \cdot 10^{-9}$
$\text{CuCl}$	Купрум(I) хлорид	$1,2 \cdot 10^{-6}$
$\text{CuCrO}_4$	Купрум(II) хромат	$3,6 \cdot 10^{-6}$
$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Купрум(II) гексаціаноферат(II)	$1,3 \cdot 10^{-16}$
$\text{CuI}$	Купрум(I) йодид	$1,1 \cdot 10^{-12}$
$\text{Cu}_2\text{O}$ ( $\text{Cu}^+$ , $2\text{OH}^-$ )	Купрум(I) оксид	$1,0 \cdot 10^{-14}$
$\text{Cu}(\text{OH})_2$ ( $\text{Cu}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ ) ( $\text{CuOH}^+$ , $\text{OH}^-$ ) ( $\text{H}^+$ , $\text{HCuO}_2^-$ )	Купрум(II) дигідроксид	$8,3 \cdot 10^{-20}$ $8,3 \cdot 10^{-12}$ $1,0 \cdot 10^{-19}$
$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	Дикупрум(II) дигідроксид карбонат	$1,7 \cdot 10^{-34}$
$\text{Cu}_2\text{S}$	Дикупрум(I) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-48}$
$\text{CuSCN}$	Купрум(I) тіоціанат	$4,8 \cdot 10^{-15}$
$\text{CuS}$	Купрум(II) сульфід	$6,3 \cdot 10^{-36}$
$\text{FeCO}_3$	Ферум(II) карбонат	$3,5 \cdot 10^{-11}$
$\text{FeC}_2\text{O}_4$	Ферум(II) оксалат	$2,0 \cdot 10^{-7}$



Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$ $(\text{Fe}^{2+}, 2\text{OH}^-)$ $(\text{FeOH}^+, \text{OH}^-)$ $(\text{H}^+, \text{HFeO}_2^-)$	Ферум(II) дигідроксид	$7,2 \cdot 10^{-16}$ $2,2 \cdot 10^{-11}$ $8,0 \cdot 10^{-20}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ $(\text{Fe}^{3+}, 3\text{OH}^-)$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ $(\text{Fe}^{3+}, 3\text{OH}^-)$	Ферум(III) тригідроксид	$6,3 \cdot 10^{-38}$ $3,2 \cdot 10^{-40}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ $(\text{Fe}(\text{OH})_2^+, \text{OH}^-)$ $(\text{Fe}(\text{OH})^{2+}, 2\text{OH}^-)$	Ферум(III) тригідроксид	$6,8 \cdot 10^{-18}$ $2,0 \cdot 10^{-28}$
$\text{FePO}_4$	Ферум(III) фосфат	$1,3 \cdot 10^{-22}$
$\text{FeS}$	Ферум(II) сульфід	$5,0 \cdot 10^{-18}$
$\text{FeS}_2$ $(\text{Fe}^{2+}, \text{S}_2^{2-})$	Феруму(II) дисульфід	$6,3 \cdot 10^{-31}$
$\text{Hg}_2\text{Br}_2$ $(\text{Hg}_2^{2+}, 2\text{Br}^-)$	Димеркурій(I) дибромід	$5,8 \cdot 10^{-23}$
$\text{Hg}_2\text{CO}_3$ $(\text{Hg}_2^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	Димеркурій(I) карбонат	$8,9 \cdot 10^{-17}$
$\text{Hg}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $(\text{Hg}_2^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	Димеркурій(I) оксалат	$1,0 \cdot 10^{-13}$
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ $(\text{Hg}_2^{2+}, 2\text{Cl}^-)$	Димеркурій(I) дихлорид	$1,3 \cdot 10^{-18}$
$\text{Hg}_2\text{CrO}_4$ $(\text{Hg}_2^{2+}, \text{CrO}_4^{2-})$	Димеркурій(I) хромат	$5,0 \cdot 10^{-9}$
$\text{Hg}_2\text{I}_2$ $(\text{Hg}_2^{2+}, 2\text{I}^-)$	Димеркурій(I) дийодид	$4,5 \cdot 10^{-29}$

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
Hg <sub>2</sub> O (Hg <sup>2+</sup> , 2OH <sup>-</sup> )	Димеркурій(I) оксид	$1,6 \cdot 10^{-23}$
HgO (Hg <sup>2+</sup> , 2OH <sup>-</sup> )	Меркурій(II) оксид	$3,0 \cdot 10^{-26}$
HgS (чорний) HgS (червоний)	Меркурій(II) сульфід	$1,6 \cdot 10^{-52}$ $4,0 \cdot 10^{-53}$
Hg <sub>2</sub> S (Hg <sup>2+</sup> , S <sup>2-</sup> )	Димеркурій(I) сульфід	$1,0 \cdot 10^{-47}$
Hg <sub>2</sub> (SCN) <sub>2</sub> (Hg <sup>2+</sup> , 2SCN <sup>-</sup> )	Димеркурій(I) дитіоціанат	$3,0 \cdot 10^{-20}$
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Hg <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Димеркурій(I) сульфат	$6,8 \cdot 10^{-7}$
K <sub>3</sub> [AlF <sub>6</sub> ] (3K <sup>+</sup> , AlF <sub>6</sub> <sup>3-</sup> )	Калій гексафлуороалюмінат	$1,6 \cdot 10^{-9}$
KClO <sub>4</sub>	Калій хлорат(VII)	$1,1 \cdot 10^{-2}$
K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] (3K <sup>+</sup> , [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup> )	Калій гексанітрокобаль- тат(III)	$4,3 \cdot 10^{-10}$
K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] (2K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup> )	Дикалій натрій гексанітрокобальтат(III)	$2,2 \cdot 10^{-11}$
KIO <sub>4</sub>	Калій йодат(VII)	$8,3 \cdot 10^{-4}$
K <sub>2</sub> [PdCl <sub>6</sub> ] (2K <sup>+</sup> , [PdCl <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup> )	Калій гексахлоро- паладат(IV)	$6,0 \cdot 10^{-6}$

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$K_2[PtCl_4]$ ( $2K^+$ , $[PtCl_4]^{2-}$ )	Калій тетрахлоро- платинат(II)	$8,0 \cdot 10^{-3}$
LiOH	Літій гідроксид	$4,0 \cdot 10^{-2}$
$Li_3PO_4$	Літій фосфат (V)	$3,2 \cdot 10^{-9}$
$MgNH_4PO_4$	Амоній магній фосфат(V)	$2,5 \cdot 10^{-13}$
$Mg(OH)_2$ (свіжоосаджений) $Mg(OH)_2$	Магній дигідроксид	$6,0 \cdot 10^{-10}$
( $Mg^{2+}$ , $2OH^-$ )		$7,1 \cdot 10^{-12}$
( $MgOH^+$ , $OH^-$ ) (після старіння)		$2,6 \cdot 10^{-9}$
$Mg_3(PO_4)_2$	Тримагній дифосфат	$1,0 \cdot 10^{-13}$
$MgCO_3$	Магній карбонат	$2,1 \cdot 10^{-5}$
$MgF_2$	Магній дифлуорид	$6,5 \cdot 10^{-9}$
$MnCO_3$	Манган(II) карбонат	$1,8 \cdot 10^{-11}$
$MnC_2O_4$	Манган(II) оксалат	$5,0 \cdot 10^{-5}$
$MnNH_4PO_4$	Амоній манган фосфат(V)	$1,0 \cdot 10^{-12}$
$Mn(OH)_2$	Манган(II) дигідроксид	
( $Mn^{2+}$ , $2OH^-$ )		$1,9 \cdot 10^{-13}$
( $MnOH^+$ , $OH^-$ )		$4,9 \cdot 10^{-10}$
( $H^+$ , $HMnO_2^-$ )		$1,0 \cdot 10^{-19}$
$Mn(OH)_3$	Манган(III) тригідроксид	$1,0 \cdot 10^{-36}$
$Mn(OH)_4$	Мангану(IV) тетрагідроксид	$1,0 \cdot 10^{-56}$
$MnS$ (тілесного кольору)	Манган(II) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-10}$
$MnS$ (зелений)		$2,5 \cdot 10^{-13}$
( $NH_4$ ) <sub>3</sub> [ $Co(NO_2)_6$ ] ( $3NH_4^+$ , [ $Co(NO_2)_6$ ] <sup>3-</sup> )	Амоній гексанітрокобальтат(III)	$7,6 \cdot 10^{-6}$

## Продовження табл. 9

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$(NH_4)_2PdCl_6$	Амоній гексахлоропаладат(IV)	$9,0 \cdot 10^{-6}$
$Na[Sb(OH)_6]$ $(Na^+, [Sb(OH)_6]^-)$	Натрій гексагідроксотибат(V)	$4,8 \cdot 10^{-8}$
$Ni(C_4H_7O_2N_2)_2$	Нікол(II) диметилгліоксимат	$2,3 \cdot 10^{-25}$
$NiCO_3$	Нікол(II) карбонат	$1,3 \cdot 10^{-7}$
$NiC_2O_4$	Нікол(II) оксалат	$4,0 \cdot 10^{-10}$
$Ni(OH)_2$ (свіжоосаджений) $Ni(OH)_2$ (після старіння)	Нікол(II) дигідроксид	$2,0 \cdot 10^{-15}$ $6,3 \cdot 10^{-18}$
$NiP_2O_7$	Нікол(II) дифосфат	$1,7 \cdot 10^{-13}$
$NiS$ альфа $NiS$ бета $NiS$ гама	Ніколу(II) сульфід	$3,2 \cdot 10^{-19}$ $1,0 \cdot 10^{-24}$ $2,0 \cdot 10^{-26}$
$PbCO_3$	Плюмбум(II) карбонат	$7,5 \cdot 10^{-15}$
$PbC_2O_4$	Плюмбум(II) оксалат	$4,8 \cdot 10^{-10}$
$PbCl_2$	Плюмбум(II) дихлорид	$1,6 \cdot 10^{-5}$
$PbCrO_4$	Плюмбум(II) хромат(VI)	$1,8 \cdot 10^{-14}$
$PbF_2$	Плюмбум(II) дифлуорид	$2,7 \cdot 10^{-8}$
$PbI_2$	Плюмбум(II) дийодид	$1,1 \cdot 10^{-9}$
$Pb_2[Fe(CN)_6]$	Плюмбум(II) гексаціаноферрат(II)	$9,55 \cdot 10^{-19}$
$PbO_2$ $(Pb^{4+}, 4OH^-)$	Плюмбум(II) діоксид	$3,0 \cdot 10^{-6}$
$Pb(OH)_2$ $(Pb^{2+}, 2OH^-)$ (жовтий)	Плюмбум(II) дигідроксид	$7,9 \cdot 10^{-16}$

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
$Pb(OH)_2$ ( $Pb^{2+}$ , $2OH^-$ ) (червоний) ( $PbOH^+$ , $OH^-$ ) ( $H^+$ , $HPbO_2^-$ )	Плюмбум(II) дигідроксид	$5,0 \cdot 10^{-16}$ $1,0 \cdot 10^{-9}$ $3,2 \cdot 10^{-16}$
$Pb_2(OH)_2CO_3$	Диплюмбум(II) дигідроксид карбонат	$3,5 \cdot 10^{-46}$
$Pb_3(PO_4)_2$	Триплюмбум(III) дифосфат	$7,9 \cdot 10^{-43}$
$PbS$	Плюмбум(III) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-27}$
$Pb(SCN)_2$	Плюмбум(II) дитіоціанат	$2,0 \cdot 10^{-5}$
$PbSO_4$	Плюмбум(II) сульфат	$1,6 \cdot 10^{-8}$
$PbS_2O_3$	Плюмбум(II) триоксотіосульфат	$4,0 \cdot 10^{-7}$
$SnI_2$	Станум(II) дійодид	$8,3 \cdot 10^{-6}$
$Sn(OH)_2$ ( $Sn^{2+}$ , $2OH^-$ ) ( $SnOH^+$ , $OH^-$ ) ( $H^+$ , $HSnO_2^-$ )	Станум(II) дигідроксид	$6,3 \cdot 10^{-27}$ $2,5 \cdot 10^{-16}$ $1,3 \cdot 10^{-15}$
$Sn(OH)_4$	Стануму (IV) тетрагідроксид	$1,0 \cdot 10^{-57}$
$SnS$	Станум(II) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-27}$
$SrCO_3$	Стронцій карбонат	$1,1 \cdot 10^{-10}$
$SrC_2O_4$	Стронцій оксалат	$1,6 \cdot 10^{-7}$
$SrCrO_4$	Стронцій хромат(VI)	$3,6 \cdot 10^{-5}$
$SrF_2$	Стронцій дифлуорид	$2,5 \cdot 10^{-9}$
$Sr(OH)_2$	Стронцій дигідроксид	$3,2 \cdot 10^{-4}$
$Sr_3(PO_4)_2$	Тристронцій дифосфат	$1,0 \cdot 10^{-31}$
$SrSO_3$	Стронцій сульфат(IV)	$4,0 \cdot 10^{-8}$
$SrSO_4$	Стронцію сульфат(VI)	$3,2 \cdot 10^{-7}$

Продовження табл. 9

Сполука	Назва сполуки	$K_s^0$
ZnCO <sub>3</sub>	Цинк карбонат	$1,45 \cdot 10^{-11}$
ZnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Цинк оксалат	$2,75 \cdot 10^{-8}$
Zn <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Цинк гексаціаноферат(II)	$2,1 \cdot 10^{-16}$
Zn[Hg(SCN) <sub>4</sub> ]	Цинк тетратіоціанато- меркурат (II)	
(Zn <sup>2+</sup> , [Hg(SCN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> )		$2,2 \cdot 10^{-7}$
Zn(OH) <sub>2</sub> (Zn <sup>2+</sup> , 2OH <sup>-</sup> ) (ZnOH <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> )	Цинк дигідроксид	$1,4 \cdot 10^{-17}$ $1,4 \cdot 10^{-11}$
Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Трицинк дифосфат	$9,1 \cdot 10^{-33}$
ZnS	Цинк сульфід	$1,6 \cdot 10^{-24}$
ZnS		$2,5 \cdot 10^{-22}$

Таблиця 10

## Значення констант нестійкості комплексних йонів за 20-25 °С

Комплексо- утворювачі	Йонізація комплексів	Константа нестійкості, $K_n$
Ag <sup>+</sup>	$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	$5,75 \cdot 10^{-8}$
	$[AgCl_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2Cl^-$	$9,12 \cdot 10^{-6}$
	$[AgI_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2I^-$	$5,50 \cdot 10^{-12}$
	$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons Ag^+ + 2S_2O_3^{2-}$	$3,47 \cdot 10^{-14}$
	$[Ag(S_2O_3)]^- \rightleftharpoons Ag^+ + S_2O_3^{2-}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$
	$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$	$1,41 \cdot 10^{-20}$
	$[Ag(SCN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2SCN^-$	$5,88 \cdot 10^{-9}$
	$[Ag(NO_2)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2NO_2^-$	$1,80 \cdot 10^{-3}$
Al <sup>3+</sup>	$[Al(OH)_4]^- \rightleftharpoons Al^{3+} + 4OH^-$	$1,00 \cdot 10^{-33}$
	$[AlF_6]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^-$	$2,14 \cdot 10^{-21}$
	$[Al(SO_4)_2]^- \rightleftharpoons Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
	$[Al(C_2O_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 3C_2O_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-17}$
	$[AlEDTA]^- \rightleftharpoons Al^{3+} + EDTA^{4-}$	$7,41 \cdot 10^{-1}$
Cd <sup>2+</sup>	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^-$	$1,76 \cdot 10^{-18}$
	$[CdI_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4I^-$	$7,94 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(S_2O_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2S_2O_3^{2-}$	$3,31 \cdot 10^{-7}$

Co <sup>2+</sup> Co <sup>3+</sup>	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$7,80 \cdot 10^{-6}$
	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$	$6,16 \cdot 10^{-36}$
	$[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$8,13 \cdot 10^{-20}$
	$[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,00 \cdot 10^{-64}$
	$[\text{CoEDTA}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{EDTA}^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-17}$
	$[\text{CoEDTA}]^- \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + \text{EDTA}^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-36}$
Cu <sup>+</sup>	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^+ + 2\text{NH}_3$	$1,36 \cdot 10^{-11}$
	$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-} \rightleftharpoons \text{Cu}^+ + 4\text{CN}^-$	$5,00 \cdot 10^{-31}$
Cu <sup>2+</sup>	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$9,33 \cdot 10^{-13}$
Cu <sup>2+</sup>	$[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-11}$
	$[\text{CuCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$2,40 \cdot 10^{-6}$
	$[\text{CuEDTA}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{EDTA}^{4-}$	$1,58 \cdot 10^{-19}$
Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,00 \cdot 10^{-24}$
	$[\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_4(\text{COO})\text{O})_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2(\text{C}_6\text{H}_4(\text{COO})\text{O})^{2-}$	$5,62 \cdot 10^{-12}$
	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,00 \cdot 10^{-31}$
	$[\text{FeF}_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{F}^-$	$7,94 \cdot 10^{-17}$
	$[\text{FeEDTA}]^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{EDTA}^{4-}$	$7,94 \cdot 10^{-26}$
	$[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,31 \cdot 10^{-21}$
Hg <sup>2+</sup>	$[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$5,20 \cdot 10^{-20}$
	$[\text{HgCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$8,50 \cdot 10^{-16}$
	$[\text{HgBr}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$1,00 \cdot 10^{-21}$
	$[\text{HgI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$1,48 \cdot 10^{-30}$
	$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$3,09 \cdot 10^{-42}$
	$[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{SCN}^-$	$1,70 \cdot 10^{-20}$
Ni <sup>2+</sup>	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$1,23 \cdot 10^{-8}$
	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,00 \cdot 10^{-31}$
	$[\text{NiEDTA}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{EDTA}^{4-}$	$2,40 \cdot 10^{-19}$
Pb <sup>2+</sup>	$[\text{Pb}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$6,31 \cdot 10^{-8}$
	$[\text{PbEDTA}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{EDTA}^{4-}$	$9,12 \cdot 10^{-19}$
Zn <sup>2+</sup>	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,00 \cdot 10^{-9}$
	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$	$2,19 \cdot 10^{-11}$
	$[\text{Zn}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$7,08 \cdot 10^{-11}$
	$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,00 \cdot 10^{-11}$
	$[\text{ZnEDTA}]^{2-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{EDTA}^{4-}$	$3,16 \cdot 10^{-11}$

## Ряд електронегативності елементів

<b>РЯД ЕЛЕКТРОНЕГАТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ</b>															
<b>Cs</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>H</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Br</b>	<b>N</b>	<b>Cl</b>	<b>O</b>	<b>F</b>
0,86	0,91	1,01	1,04	1,23	1,47	1,74	2,10	2,50	2,10	2,60	2,74	3,07	2,83	3,50	4,10

Таблиця 12

## Ряд стандартних електродних потенціалів

РЯД СТАНДАРТНИХ ЕЛЕКТРОДНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ МЕТАЛІВ																				
ЕЛЕКТРОД	ПОСИЛЕННЯ ОКИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ																			
	ОКИСЛЕНА ФОРМА	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	2H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pt <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>
ВІДНОВАЕНА ФОРМА	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	H <sub>2</sub>	Cu	2Hg	Ag	Pt	Au	
E <sup>0</sup> , В	-3,04	-2,92	-2,87	-2,71	-2,36	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,25	-0,14	-0,13	0,00	0,34	0,79	0,80	1,20	1,50	

Таблиця 13

## Таблиця розчинності кислот, основ і солей у воді

## РОЗЧИННІСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ У ВОДІ (за температури 20-25 °С)

Аніони	Катіони																		
	H <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>
ОН <sup>-</sup>		Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н
Сl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	М	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Н	М	-	М	М
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	-	-	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	М	М	-	-	М	-	Н	М	Р	Н	-	-	М	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	М	Р
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	-	-	Н	Н
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	-	-	Н	-	-	Н	Н	М	-	-	Н	-
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Р	Р	-	Н	Н	Н	-	-	Н	-	-	Н	Н	-	-	-	Н	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

Умовні позначення:

- Р** – розчиняється (понад 10 г/л H<sub>2</sub>O);
- М** – мало розчиняється (від 10 г/л до 0,01 г/л H<sub>2</sub>O);
- Н** – практично не розчиняється (менше 0,01 г/л H<sub>2</sub>O);
- – сполука розкладається водою або не існує.



Таблиця 14

Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва

Період	Г Р У П П І										VIII																																											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																																														
1	<b>H</b> 1,0079 Гідроген Водень										<b>He</b> 4,0026 Гелій																																											
2	<b>Li</b> 6,941 Літій	<b>Be</b> 9,012 Берилій	<b>B</b> 10,81 Бор	<b>C</b> 12,011 Карбон Вуглець	<b>N</b> 14,0067 Азот Азот	<b>O</b> 15,999 Кисень Кисень	<b>F</b> 18,998 Фтор Фтор	<b>Ne</b> 20,179 Неон	<b>Na</b> 22,990 Натрій	<b>Mg</b> 24,305 Магній	<b>Al</b> 26,981 Алюміній	<b>Si</b> 28,086 Кремній Кремній	<b>P</b> 30,974 Фосфор	<b>S</b> 32,06 Сулфур Сірка	<b>Cl</b> 35,453 Хлор	<b>Ar</b> 39,948 Аргон	<b>K</b> 39,098 Калій	<b>Ca</b> 40,08 Кальцій	<b>Sc</b> 44,956 Скандій	<b>Ti</b> 47,88 Титан	<b>V</b> 50,941 Ванадій	<b>Cr</b> 51,996 Хром	<b>Mn</b> 54,938 Манган Манганець	<b>Fe</b> 55,847 Ферум Залізо	<b>Co</b> 58,933 Кобальт	<b>Ni</b> 58,70 Нікол Нікель																												
3	<b>Na</b> 22,990 Натрій	<b>Mg</b> 24,305 Магній	<b>Al</b> 26,981 Алюміній	<b>Si</b> 28,086 Кремній Кремній	<b>P</b> 30,974 Фосфор	<b>S</b> 32,06 Сулфур Сірка	<b>Cl</b> 35,453 Хлор	<b>Ar</b> 39,948 Аргон	<b>K</b> 39,098 Калій	<b>Ca</b> 40,08 Кальцій	<b>Sc</b> 44,956 Скандій	<b>Ti</b> 47,88 Титан	<b>V</b> 50,941 Ванадій	<b>Cr</b> 51,996 Хром	<b>Mn</b> 54,938 Манган Манганець	<b>Fe</b> 55,847 Ферум Залізо	<b>Co</b> 58,933 Кобальт	<b>Ni</b> 58,70 Нікол Нікель	<b>Cu</b> 63,546 Купрум Мідь	<b>Zn</b> 65,38 Цинк	<b>Ga</b> 69,72 Галій	<b>Ge</b> 72,59 Германій	<b>As</b> 74,921 Арсен Міш'як	<b>Se</b> 78,96 Селен	<b>Br</b> 79,904 Бром	<b>Kr</b> 83,80 Криптон	<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>Sr</b> 87,62 Стронцій	<b>Y</b> 88,906 Ітрій	<b>Zr</b> 91,22 Цирконій	<b>Nb</b> 92,906 Ніобій	<b>Mo</b> 95,94 Молибден	<b>Tc</b> [98,906] Технецій	<b>Ru</b> 101,07 Рутеній	<b>Rh</b> 102,905 Родій	<b>Pd</b> 106,4 Паладій																		
4	<b>K</b> 39,098 Калій	<b>Ca</b> 40,08 Кальцій	<b>Sc</b> 44,956 Скандій	<b>Ti</b> 47,88 Титан	<b>V</b> 50,941 Ванадій	<b>Cr</b> 51,996 Хром	<b>Mn</b> 54,938 Манган Манганець	<b>Fe</b> 55,847 Ферум Залізо	<b>Co</b> 58,933 Кобальт	<b>Ni</b> 58,70 Нікол Нікель	<b>Cu</b> 63,546 Купрум Мідь	<b>Zn</b> 65,38 Цинк	<b>Ga</b> 69,72 Галій	<b>Ge</b> 72,59 Германій	<b>As</b> 74,921 Арсен Міш'як	<b>Se</b> 78,96 Селен	<b>Br</b> 79,904 Бром	<b>Kr</b> 83,80 Криптон	<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>Sr</b> 87,62 Стронцій	<b>Y</b> 88,906 Ітрій	<b>Zr</b> 91,22 Цирконій	<b>Nb</b> 92,906 Ніобій	<b>Mo</b> 95,94 Молибден	<b>Tc</b> [98,906] Технецій	<b>Ru</b> 101,07 Рутеній	<b>Rh</b> 102,905 Родій	<b>Pd</b> 106,4 Паладій	<b>Ag</b> 107,868 Аргентум Срібло	<b>Cd</b> 112,41 Кадмій	<b>In</b> 114,82 Індій	<b>Sn</b> 118,71 Станум Олово	<b>Sb</b> 121,75 Стибій	<b>Te</b> 127,60 Телур	<b>I</b> 126,904 Іод	<b>Xe</b> 131,30 Ксенон	<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>Ba</b> 137,33 Барій	<b>La</b> 138,905 Лантан	<b>Hf</b> 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 180,948 Тантал	<b>W</b> 183,85 Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 Реній	<b>Os</b> 190,2 Осмій	<b>Ir</b> 192,22 Ірідій	<b>Pt</b> 195,09 Платина								
5	<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>Sr</b> 87,62 Стронцій	<b>Y</b> 88,906 Ітрій	<b>Zr</b> 91,22 Цирконій	<b>Nb</b> 92,906 Ніобій	<b>Mo</b> 95,94 Молибден	<b>Tc</b> [98,906] Технецій	<b>Ru</b> 101,07 Рутеній	<b>Rh</b> 102,905 Родій	<b>Pd</b> 106,4 Паладій	<b>Ag</b> 107,868 Аргентум Срібло	<b>Cd</b> 112,41 Кадмій	<b>In</b> 114,82 Індій	<b>Sn</b> 118,71 Станум Олово	<b>Sb</b> 121,75 Стибій	<b>Te</b> 127,60 Телур	<b>I</b> 126,904 Іод	<b>Xe</b> 131,30 Ксенон	<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>Ba</b> 137,33 Барій	<b>La</b> 138,905 Лантан	<b>Hf</b> 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 180,948 Тантал	<b>W</b> 183,85 Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 Реній	<b>Os</b> 190,2 Осмій	<b>Ir</b> 192,22 Ірідій	<b>Pt</b> 195,09 Платина	<b>Au</b> 196,967 Аурум Золото	<b>Hg</b> 200,59 Меркурій Ртуть	<b>Tl</b> 204,37 Талій	<b>Pb</b> 207,2 Плومбум Свинць	<b>Bi</b> 208,980 Бісмут Бісмут	<b>Po</b> [209] Полоній	<b>At</b> [210] Астат	<b>Rn</b> [222] Радон	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Ra</b> 226,025 Радій	<b>Ac</b> [227] Актиній	<b>Th</b> 232,038 Торій	<b>Pa</b> [231] Протактіній	<b>U</b> 238,029 Уран	<b>Np</b> [237] Нептуній	<b>Pu</b> [244] Плутоній	<b>Am</b> [243] Америцій	<b>Cm</b> [247] Кюріум	<b>Bk</b> [247] Берклій	<b>Vk</b> [251] Вєрклій	<b>Cf</b> [251] Каліфорній	<b>Es</b> [252] Ейнштейній	<b>Fm</b> [257] Фермій	<b>Md</b> [258] Менделєєв	<b>No</b> [259] Нобелій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій
6	<b>Au</b> 196,967 Аурум Золото	<b>Hg</b> 200,59 Меркурій Ртуть	<b>Tl</b> 204,37 Талій	<b>Pb</b> 207,2 Плومбум Свинць	<b>Bi</b> 208,980 Бісмут Бісмут	<b>Po</b> [209] Полоній	<b>At</b> [210] Астат	<b>Rn</b> [222] Радон	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Ra</b> 226,025 Радій	<b>Ac</b> [227] Актиній	<b>Th</b> 232,038 Торій	<b>Pa</b> [231] Протактіній	<b>U</b> 238,029 Уран	<b>Np</b> [237] Нептуній	<b>Pu</b> [244] Плутоній	<b>Am</b> [243] Америцій	<b>Cm</b> [247] Кюріум	<b>Bk</b> [247] Берклій	<b>Vk</b> [251] Вєрклій	<b>Cf</b> [251] Каліфорній	<b>Es</b> [252] Ейнштейній	<b>Fm</b> [257] Фермій	<b>Md</b> [258] Менделєєв	<b>No</b> [259] Нобелій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій																												
7	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Ra</b> 226,025 Радій	<b>Ac</b> [227] Актиній	<b>Th</b> 232,038 Торій	<b>Pa</b> [231] Протактіній	<b>U</b> 238,029 Уран	<b>Np</b> [237] Нептуній	<b>Pu</b> [244] Плутоній	<b>Am</b> [243] Америцій	<b>Cm</b> [247] Кюріум	<b>Bk</b> [247] Берклій	<b>Vk</b> [251] Вєрклій	<b>Cf</b> [251] Каліфорній	<b>Es</b> [252] Ейнштейній	<b>Fm</b> [257] Фермій	<b>Md</b> [258] Менделєєв	<b>No</b> [259] Нобелій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій																																				
8	<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>Ba</b> 137,33 Барій	<b>La</b> 138,905 Лантан	<b>Hf</b> 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 180,948 Тантал	<b>W</b> 183,85 Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 Реній	<b>Os</b> 190,2 Осмій	<b>Ir</b> 192,22 Ірідій	<b>Pt</b> 195,09 Платина																																												
9	<b>Au</b> 196,967 Аурум Золото	<b>Hg</b> 200,59 Меркурій Ртуть	<b>Tl</b> 204,37 Талій	<b>Pb</b> 207,2 Плومбум Свинць	<b>Bi</b> 208,980 Бісмут Бісмут	<b>Po</b> [209] Полоній	<b>At</b> [210] Астат	<b>Rn</b> [222] Радон																																														
10	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Ra</b> 226,025 Радій	<b>Ac</b> [227] Актиній	<b>Th</b> 232,038 Торій	<b>Pa</b> [231] Протактіній	<b>U</b> 238,029 Уран	<b>Np</b> [237] Нептуній	<b>Pu</b> [244] Плутоній	<b>Am</b> [243] Америцій	<b>Cm</b> [247] Кюріум	<b>Bk</b> [247] Берклій	<b>Vk</b> [251] Вєрклій	<b>Cf</b> [251] Каліфорній	<b>Es</b> [252] Ейнштейній	<b>Fm</b> [257] Фермій	<b>Md</b> [258] Менделєєв	<b>No</b> [259] Нобелій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій																																				
Вищі оксиди	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>																																														
Леткі водневі сполуки			RH <sub>3</sub>	RH <sub>4</sub>		H <sub>2</sub> R	HR																																															

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова (основна)

1. Гомонай В. І., Мільович С. С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова книга, 2016. 448 с.
2. Григор'єва В. В., Самійленко В. М., Сич А.М. Голуб О. А. Загальна хімія : підручник / за ред. О. А. Голуб. Київ : Вища шк., 2009. 471 с.
3. Кириченко В.І. Загальна хімія: навч. посіб. Київ : Вища шк., 2005. 639 с.
4. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Перун, 1998. 480 с.
5. Степаненко О. М., Рейтер А. Г., Ледовський С. В., Іванов С. В. Загальна та неорганічна хімія : підручник в 2-х ч. Київ : Педагогічна преса, 2000. Ч. I. 568 с. Ч. II. 783 с.

### Додаткова

6. Вишневіська Л. В., Попович Т. А. Загальна та неорганічна хімія (Частина 1. Загальна хімія) : Лабораторний практикум для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти фармацевтичних спеціальностей галузі знань 22 Охорона здоров'я (денна та заочна форми навчання). Херсон: Айлант, 2021. 196 с.
7. Державна фармакопея України – 2-е вид. Харків : державне підприємство "Український науковий фармацевтичний центр якості лікарських засобів», 2014. Т.2. 724 с.

8. Державна фармакопея України – 2-е вид. Харків : державне підприємство "Український науковий фармацевтичний центр якості лікарських засобів», 2015. Т.1. 1128 с.
9. Домедична допомога в екстремальних ситуаціях та медичний захист населення в надзвичайних ситуаціях : Навчальний посібник для підготовки фахівців першого (освітньо-професійного) рівня, галузь знань 22 «Охорона здоров'я» спеціальність 227 «Фізична терапія, ерготерапія» (за загальною редакцією Волянського П.Б. та Гринзовського А.М.) / Гринзовський А.М., Волянський П.Б., Калашченко С.І. та ін. Київ : ІДУЦЗ, 2018. – 216 с. URL: <http://ir.librarynmu.com/bitstream/123456789/1422/1/ergoterapev1.pdf>
10. Левітін Є. Я., Коваль А. О., Криськів О. С., Цапко Є. О. Неорганічна хімія. Збірник тестів : навчальний посібник для студентів вищих фармацевтичних закладів освіти та фармацевтичних факультетів медичних університетів / за ред. проф. Є. Я. Левітіна. Харків : Видавництво НФаУ, 2012. 87 с.  
URL: [https://inorgchem.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2013/12/Inchem\\_TC\\_UKR.pdf](https://inorgchem.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2013/12/Inchem_TC_UKR.pdf)
11. Мілохов Д. С. Техніка безпеки при роботі в хімічній лабораторії : навч. посіб. для студентів хімічного факультету/ Д. С. Мілохов, О. В. Хиля, В. В. Іщенко. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2022. – 317 с.

URL: [https://orgchem.knu.ua/image/textbooks/safety\\_laboratory\\_methods.pdf](https://orgchem.knu.ua/image/textbooks/safety_laboratory_methods.pdf)

12. Неділько С. А., Попель П. П. Загальна та неорганічна хімія. Задачі та вправи : навч. посіб. Київ : Либідь, 2001. 400 с.
13. Про затвердження порядку надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах. (Наказ №441 від 09.03.2022 МОЗ України).  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-22#n644>
14. Скопенко В. В., Савранський Л. І. Координаційна хімія : підручник. Київ : Либідь, 2004. 424 с.
15. Слободяник М. С., Улько Н. В., Бойко К. М., Самойленко В. М. Загальна та неорганічна хімія. Практика : навч. посіб. для студ. хім. і нехім. спец. вищих навч. закладів. Київ : Либідь, 2004. 336 с.
16. Телегуз В. С. Основи загальної хімії: навч. посіб. для студентів хімічних спеціальностей вузів. К. : Новий світ, 2000. 424 с.
17. Шевряков М. В., Повстяний М. В., Яковленко Б. В., Попович Т. А. Аналітична хімія. Теоретичні основи якісного та кількісного аналізу : навч.-метод. посібник. Херсон : Атлант, 2013. 404 с.
18. Шевряков М. В. Токсикологічна хімія : навч. посіб. для студентів закладів вищої освіти хімічних, фармацевтичних, біологічних екологічних. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 258 с.

### Інтернет-джерела

19. Алотропні модифікації Карбону.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iXvsfMbO3fs>

20. Аргентум. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2yGsd73RISo>

21. Взаємодія крохмалю з йодом.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Ijfb5WEwxtY>

22. Взаємодія лужних металів з водою.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2k1ovVFgMkU>

23. Взаємодія ферум(III) хлориду з калій роданідом.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=H5A5iDVtQwc>

24. Властивості ферум(II) і ферум(III) оксидів.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kbBtX1Pn3kA>

25. Галогени. Хлор.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CDKOhkCpBt8&t=42s>

26. Гідроліз солей стибію і бісмуту.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GLc9ZtbMr5U>

27. Гідроліз солей фосфатної кислоти.

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=NQcDL\\_9NpQ](https://www.youtube.com/watch?v=NQcDL_9NpQ)

28. Добування вуглекислого газу, взаємоперетворення карбонатів і гідрогенкарбонатів

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4Yz42nZX9xg>

29. Добування і властивості цинк гідроксиду.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=at-vnIKhvQ8>

30. Йод. Хімічні елементи.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UfMgOBSZSX0>

31. Кальцій. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=THSmhX2rVRI&t=20s>

32. Карбон.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oVK7XC13K3A>

33. Карбон. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AmbChGmdxCg>

34. Купрум. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4HzIycgqHkQ>

35. Магній. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=hCcJgV2sUEk>

36. Манган. Хімічні елементи.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gZyDq1iuS5k>

37. Одержання і властивості ферум(II) гідроксиду.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FSZw97zd0yQ>

38. Оксиген. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gEu2D4KDt3g>

39. Нітроген. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=QwkIXG1GtSk>

40. Пероксид водню.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/782/peroksid-vodnyu>

41. Реакція ферум(III) хлориду з натрій гідроксидом.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FSZw97zd0yQ>

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UDdiHKp1k-k>

42. Силіцій. Серія «Наука».

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=Y3q22\\_AKaAA](https://www.youtube.com/watch?v=Y3q22_AKaAA)

43. Сульфур(IV) оксид, сульфур(VI) оксид.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1iOjeB8uT9Y>

44. Сульфур. Хімічні елементи.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1D4gW3b1Jfs>

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=z3dWXQggHrI>

45. Фармацевтична енциклопедія. Алюміній.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2725/alyuminij>

46. Фармацевтична енциклопедія. Арсен.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2876/arsen>

47. Фармацевтична енциклопедія. Бісмут та його сполуки в фармації.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1946/bismut>

48. Фармацевтична енциклопедія. Кислота борна.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3497/kislota-borna>

49. Фармацевтична енциклопедія. Солі фосфатної кислоти.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7389/natriyu-fosfat-odnoosnovnij>

50. Ферум. Залізо. Властивості та застосування заліза.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zEbYoNjJMWE>

51. Ферум. Серія «Наука».

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Gvc3MQAmXq8>

52. Фосфати натрію в фармацевтиці.

URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1205/natriyu-fosfat>

<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7389/natriyu-fosfat-odnoosnovnij>

53. Фосфор та його сполуки.

[URL:https://www.youtube.com/watch?v=3EswksNI\\_58](https://www.youtube.com/watch?v=3EswksNI_58)

54. Хлор. Хімічні елементи.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NDQgm4RK9eo>

55. Хром. Хімічні елементи.

URL:[https://www.youtube.com/watch?v=i7d5Y2Q\\_ti4](https://www.youtube.com/watch?v=i7d5Y2Q_ti4)

56. Цинк. Хімічні елементи.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jWWeUFzh4B4>