

Т. О. Кюсе, Л. А. Раскола

# НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

ПРАКТИКУМ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА  
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

**Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола**

# **НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

ПРАКТИКУМ

до лабораторних робіт  
для студентів I курсу факультету хімії та фармації

ОДЕСА  
ОНУ  
2022

**УДК 546(075.8)  
К419**

**Автори:**

**Т. О. Кіосе**, кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

**Л. А. Раскола**, кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

**Рецензенти:**

**О. М. Гузенко**, кандидат хімічних наук, доцент кафедри аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

**К. М. Менчук**, кандидат хімічних наук, доцент кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики Одеського національного медичного університету.

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою  
ОНУ імені І. І. Мечникова.  
Протокол № 1 від 17 лютого 2022 р.*

**Кіосе Т. О.**

**К419** Неорганічна хімія: лабораторний практикум для студентів ф-ту хімії та фармації за спец. 226 «Фармація, промислова фармація» / Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2022. – 110 с.; іл.; табл.

ISBN 978-617-689-548-0

*У лабораторному практикуму наведено лабораторні роботи з хімії елементів та їх сполук. Особлива увага приділяється реакціям, що використовуються в аналізі елементів та їх сполук у медицині та фармації. До кожної теми додаються задачі для самостійного розв'язування, питання для самоконтролю та лабораторні роботи.*

*Лабораторний практикум призначений для самостійної та аудиторної роботи студентів, які навчаються за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація».*

**УДК 546(075.8)**

## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| ВСТУП.....  | 4   |
| 1 ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТАХ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ..... | 6   |
| 2 ХІМІЧНИЙ ПОСУД І ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ.....                      | 10  |
| 3 КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....                                    | 21  |
| 4 p-ЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ СПОЛУКИ.....                                     | 29  |
| 4.1 ЕЛЕМЕНТИ VIIA ГРУПИ.....  | 29  |
| 4.2 ГІДРОГЕН ТА ЙОГО СПОЛУКИ.....                                   | 36  |
| 4.3 ЕЛЕМЕНТИ VIA ГРУПИ.....   | 40  |
| 4.4 ЕЛЕМЕНТИ VA ГРУПИ.....  | 46  |
| 4.5 ЕЛЕМЕНТИ IVA ГРУПИ.....   | 54  |
| 4.6 ЕЛЕМЕНТИ IIIA ГРУПИ.....  | 59  |
| 4.7 ЕЛЕМЕНТИ VIIIA ГРУПИ.....                                       | 64  |
| 5 s- ТА d-ЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ СПОЛУКИ.....                               | 66  |
| 5.1 ЕЛЕМЕНТИ IA ТА IIA ГРУП.....                                    | 66  |
| 5.2 ЕЛЕМЕНТИ IVB ГРУПИ.....   | 72  |
| 5.3 ЕЛЕМЕНТИ VIB ГРУПИ.....   | 74  |
| 5.4 ЕЛЕМЕНТИ VIIB ГРУПИ.....  | 80  |
| 5.5 ЕЛЕМЕНТИ IB ГРУПИ.....  | 84  |
| 5.6 ЕЛЕМЕНТИ IIIB ГРУПИ.....  | 90  |
| 5.7 ЕЛЕМЕНТИ VIIIB ГРУПИ.....                                       | 95  |
| ЛІТЕРАТУРА.....   | 101 |
| ДОДАТОК.....  | 104 |

## ВСТУП

Неорганічна хімія – одна з фундаментальних природничих дисциплін у системі вищої фармацевтичної освіти, знання якої необхідно для плідної, творчої діяльності фахівців у галузі фармації. Вона розвиває діалектичний спосіб мислення, розширює й поглиблює наукові знання про матерію, будову і властивості хімічних елементів та їх перетворення, а також визначає шляхи вирішення прикладних задач у галузі фармації. Знання з неорганічної хімії дозволять майбутньому фахівцю оволодіти найсуттєвішими навичками якісного і кількісного прогнозування вірогідності перебігу хімічних реакцій та встановлення механізмів взаємодії неорганічних речовин, що використовуються в медичній та фармацевтичній практиці, а також їх біотрансформації в організмі людини.

Основні завдання дисципліни «Неорганічна хімія» полягають у тому, щоб навчити студентів використовувати загальні відомості про хімічні елементи та їх сполуки у вирішенні конкретних задач у галузі фармації у відповідності до сучасних потреб. Засвоєння цього курсу спрямоване на формування таких фахових компетентностей як здатність розв'язувати типові та складні задачі та практичні проблеми у професійній фармацевтичній діяльності із застосуванням положень, теорій та методів неорганічної хімії. Інтегрувати знання та вирішувати складні питання, формулювати судження за недостатньої або обмеженої інформації; ясно і недвозначно доносити свої висновки та знання, розумно їх обґрунтовуючи, до фахової та нефахової аудиторії. Організовувати виробничу діяльність аптек щодо приготування лікарських препаратів у різних лікарських формах за рецептами лікарів і замовленнями лікувальних закладів, включаючи обґрунтування технології та вибір допоміжних матеріалів відповідно до правил Належної аптечної практики. Організовувати та брати участь у виробництві лікарських засобів в умовах фармацевтичних підприємств, включаючи вибір технологічного процесу із обґрунтуванням технологічного процесу та вибором відповідного обладнання згідно з вимогами виробничої практики; здійснювати розробку методик контролю якості

лікарських засобів, фармацевтичних субстанцій, лікарської рослинної сировини і допоміжних речовин з використанням фізичних, фізико-хімічних та хімічних методів контролю. Визначати лікарські засоби та їх метаболіти у біологічних рідинах та тканинах організму, проводити хіміко-токсикологічні дослідження з метою діагностики гострих отруєнь, наркотичного та алкогольних сп'янінь. Забезпечувати належне зберігання лікарських засобів та виробів медичного призначення відповідно до їх фізико-хімічних властивостей у закладах охорони здоров'я та трактувати взаємозв'язок між біологічною роллю s-, p- і d- елементів та формою, в якій вони знаходяться в організмі.

Лабораторний практикум складається з 5 розділів, які охоплюють загальні вказівки стосовно правил поведінки і дотримання правил техніки безпеки в хімічних лабораторіях, порядок роботи з хімічними речовинами, класи та властивості неорганічних сполук та хімії s- p- і d-елементів. Особлива увага приділяється реакціям, що використовуються в аналізі елементів та їх сполук у медицині та фармації. В лабораторному практикумі для перевірки повноти засвоєння вивченого теоретичного матеріалу та рівня домашньої підготовки до кожної теми додаються задачі для самостійного розв'язування, питання для самоконтролю та лабораторні роботи. У додатку наведені дані щодо фізичних властивостей хімічних речовин, розчинів кислот і лугів, хімічної номенклатури та таблиця розчинності.

Лабораторний практикум складений викладачами кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова та призначений для методичного забезпечення аудиторної та самостійної роботи студентів над матеріалом з метою самоконтролю, поглиблення знань теоретичного матеріалу та закріплення умінь і навичок їх використання для вирішення конкретних практичних питань та виконання лабораторних робіт з неорганічної хімії. Лабораторний практикум призначений для студентів що навчаються за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація».

# **1. ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТАХ У ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ**

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ**

1. До початку лабораторних занять студенти повинні ознайомитися із загальними правилами безпеки, а перед виконанням кожної лабораторної роботи викладач має наголосити на необхідності дотримуватися додаткових запобіжних заходів.
2. Готуючись до лабораторної роботи, студенти зобов'язані самостійно опрацювати теоретичний матеріал з заданої теми, використовуючи методичні посібники, підручники, конспект лекцій та підготувати відповідний протокол згідно з методичними рекомендаціями.
3. В хімічній лабораторії слід працювати в халаті з бавовни. В лабораторії забороняється знімати і розвішувати верхній одяг. Пити, приймати їжу в хімічній лабораторії категорично заборонено.
4. Студент повинен мати окремий зошит, в якому він робитиме записи про виконану лабораторну роботу, приводитиме відповідні рівняння хімічних реакцій та здійснюватиме необхідні розрахунки, а також фіксуватиме власні спостереження за хімічними процесами.
5. Дозвіл студенту на виконання лабораторної роботи дається викладачем після попередньої перевірки підготовки студента до виконання роботи, наявності плану роботи, протоколу та необхідних розрахунків. Якщо студент не має необхідного мінімуму знань теоретичного матеріалу та написаного протоколу лабораторної роботи в зошиті, то до виконання роботи він не допускається.
6. Після виконання лабораторної роботи студент повинен оформити протокол та надати його викладачу.
7. Необхідні для дослідів реактиви, матеріали, обладнання видає лаборант. До виконання дослідів можна приступати лише після ознайомлення з їх описом у методичних рекомендаціях і з'ясування всіх незрозумілих питань у викладача.
8. Після закінчення роботи студент повинен здати лаборанту посуд і прилади, якими він користувався, у справному та чистому вигляді,

прибрати робоче місце і лише з дозволу викладача виходити з лабораторії.

9. Залік за практикум або допуск до іспиту з «Неорганічної хімії» студент отримує за умови виконання всіх лабораторних робіт, правильно оформлених протоколів виконаних робіт і підпису викладача під кожним з них.
10. Невиконані лабораторні роботи мають бути відпрацьовані в інший час з дозволу викладача та під керівництвом лаборанта, який підтверджує це своїм підписом в зошиті для лабораторних робіт.
11. Під час виконання дослідів студент має дотримуватися наступних правил:
  - виконувати досліди згідно із завданням; категорично забороняється проводити досліди, що не мають відношення до даної роботи, без дозволу викладача;
  - речовини для дослідів треба брати у кількостях, вказаних у методичних рекомендаціях або інструкції;
  - тверді речовини слід набирати шпателем і висипати в пробірку над аркушем паперу.

## **ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

1. Студенти, які працюють в лабораторії, повинні мати халати для захисту верхнього одягу від пошкоджень хімічними речовинами.
2. Студенту забороняється працювати в лабораторії одному, а також у відсутності викладача або лаборанта.
3. На робочому місці мають знаходитись лише реактиви і посуд, необхідні для роботи.
4. Хімічний посуд має бути ретельно вимитий, не можна виконувати досліди в брудному посуді.
5. Всі досліди з отруйними, їдкими, пахучими речовинами слід виконувати у витяжній шафі.
6. Категорично забороняється нюхати і вдихати газу та пари, що виділяються в ході реакції.
7. Концентровані розчини кислот у разі розведення водою необхід-

но лити у воду, а не навпаки.

8. Відбір рідин піпетками слід здійснювати, користуючись спеціальними грушами (дозаторами).
9. Відпрацьовані реактиви треба зливати або поміщати у спеціально призначений посуд, а не в ящик для сміття або в раковину.
10. Невикористані реактиви не висипайте та не зливайте назад у склянки, а повертайте лаборанту.
11. Нагріваючи рідину в пробірці, тримайте її трохи нахиленою та прогрівайте спочатку верхню її частину, поступово перемішуючи зону нагріву донизу. Отвір пробірки при цьому необхідно спрямувати у бік від себе або сусіда.
12. Працюючи з лужними металами, користуйтеся захисними окулярами.
13. Обрізки та дрібні шматочки лужних металів складайте у фарфорову чашку та заливайте спиртом до повного їх розчинення. Не викидайте відходи лужних металів в ящик для сміття або в раковину, де вони можуть спалахнути.
14. По завершенні виконання експерименту або досліду необхідно прибрати на робочому столі та під витяжною шафою і помити хімічний посуд.

## **НАДАННЯ ПЕРШОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ**

Нещасні випадки (опіки, поранення, отруєння) в лабораторії виникають внаслідок недостатнього ознайомлення працюючих з відповідними інструкціями з охорони праці і техніки безпеки або в результаті необережності в роботі. У кожній лабораторії повинна бути аптечка першої допомоги. Якщо нещасний випадок трапився, потерпілому треба надати першу допомогу:

1. У разі попадання на шкіру кислот це місце слід інтенсивно промити водою, а потім 1 % розчином соди. У разі попадання концентрованої сірчаної кислоти перед промиванням пошкоджену шкіру необхідно витерти сухим ватним тампоном.

2. У разі попадання на шкіру розчинів лугів пошкоджене місце промивають водою, а потім розведеними оцтовою, лимонною кислотами або насиченим розчином борної кислоти.
3. У разі попадання на шкіру фенолу, бромом і подібних їм речовин пошкоджене місце необхідно негайно промити відповідними органічними розчинниками (спирт, ефір тощо).
4. У разі отруєння хлором, бромом, оксидами нітрогену потерпілому необхідно дати вдихати пари розведеного розчину амоніаку і випити молоко.
5. У разі опіків тіла полум'ям необхідно негайно промити місце опіку 1 % розчином калію перманганату і покласти на пошкоджене місце компрес із спиртового розчину таніну.
6. У разі порізів рану необхідно обробити антисептиком (3 %-ний перекис водню або 5 %-ний спиртовий розчин йоду) і перев'язати. Після надання першої допомоги потерпілому його терміново необхідно відправити до лікарні.

## 2. ХІМІЧНИЙ ПОСУД І ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ

*Скляний хімічний посуд, фарфоровий (керамічний) посуд, мірний посуд, металеве обладнання, нагрівальні прилади, газові балони, газометри, апарат Кіппа, кристалізатори, ексікатори, хімічні реактиви, умовні позначення ступеня чистоти.*

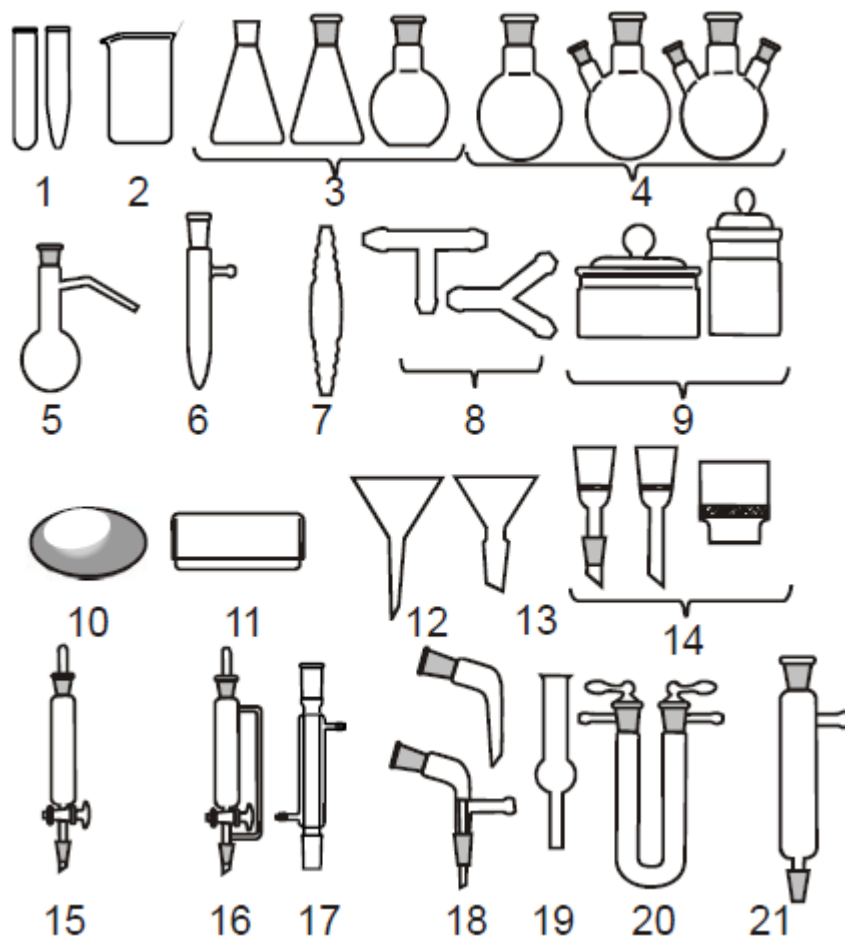
**Основні терміни та поняття:** хімічний посуд, лабораторне обладнання, хімічні реактиви.

Для виконання дослідів і синтезів в практикумі використовується скляний і фарфоровий (керамічний) хімічний посуд різного призначення.

**Скляний хімічний посуд.** Хімічний посуд тонко- і товстостінний виготовляється зі скла різних марок. Посуд з товстого скла не призначений для нагрівання, нагрівати можна тільки термостійкий тонкостінний посуд. Для виготовлення термостійкого і хімічностійкого посуду використовують спеціальне скло з підвищеним вмістом діоксиду кремнію (з такого скла роблять хімічні склянки, колби, реторти, пробірки і інший посуд.) В цьому випадку на виріб ставлять спеціальне клеймо. З тонкого скла виготовляють як відносно прості вироби (пробірки, хімічні склянки, колби, лійки тощо), так і прилади складної конфігурації (колби і пробірки Вюрца, реторти, водяні холодильники, промивалки, осушувальні колонки, U-подібні трубки, хлоркальцієві трубки тощо) (рис. 1).

Пробірки хімічні (*I*), які використовують для проведення в них якісних реакцій, бувають різної величини і діаметра. Звичайні лабораторні пробірки виготовляють з легкоплавкого скла, але в особливих випадках (у разі необхідності нагрівання до високих температур) – з пірексу. У хімічній лабораторії пробірки використовують для проведення реакцій з різноманітними речовинами. При перемішуванні реактивів пробірку тримають за верхню частину великим, вказівним і середнім пальцями лівої руки, а вказівним пальцем правої руки легенько вдаряють по її нижній частині декілька разів. Не можна струшувати пробірку, закривши її пальцем, бо при цьому забруднюються

речовини, що перемішуються, а при проведенні дослідів з їдкими речовинами може бути травмована шкіра руки.



**Рис. 1. Скляний хімічний посуд з тонкого скла:** 1 – пробірки, 2 – склянка, 3 – колби плоскодонні, 4 – колби круглодонні, 5 – колба Вюрца, 6 – пробірка Вюрца, 7 – перехідник, 8 – трійники, 9 – бюкси, 10 – годинникове скельце, 11 – чашка Петрі, 12 – лійка хімічна, 13 – лійка для сипких речовин, 14 – лійка із скляним дном, що фільтрує, 15, 16 – крапельні лійки, 17 – холодильник, 18 – алонжі, 19 – хлоркальцієва трубка, 20 – U-подібна трубка, 21 – осушувальна колонка

Під час нагрівання пробірки з реакційною сумішшю над відкритим полум'ям слід пам'ятати що:

1. відкритий кінець пробірки повинен бути повернений в бік від себе та людей, що працюють поряд;
2. перед локальним нагріванням пробірки її необхідно рівномірно прогріти по всій довжині;

3. для запобігання бурхливого скипання і викидання реакційної суміші з пробірки її слід обережно нагрівати у верхній частині полум'я до появи перших ознак скипання, потім треба забрати її з полум'я і продовжити нагрівання гарячим повітрям; у міру необхідності пробірку можна на короткий час вносити в полум'я пальника.

Склянки хімічні (2) використовують, наприклад, для проведення хімічних реакцій як при кімнатній температурі, так і при нагріванні (нагрівати можна лише на азбестовій сітці або на водяній бані), для приготування водних розчинів різних сполук.

Колби плоскодонні (3) застосовують для приготування і зберігання розчинів. Конічні плоскодонні (колби Ерленмеєра) використовуються, наприклад, під час титрування розчинів. Колби круглodonні (4) найчастіше використовують для проведення синтезів. Колби можуть виготовлятися одно-, двох- або тригорлими. Колби Вюрца (5) використовують як перегінні або реакційні колби з одночасним відведенням газоподібних продуктів реакції. Пробірки Вюрца (6) використовують для мікроперегонки або для фільтрування під вакуумом невеликих об'ємів реакційних сумішей.

Колби і стакани, як і інший хімічний посуд, виготовляють зі скла різних сортів. У неорганічному синтезі переважно використовують посуд, який виготовлений з термостійких сортів скла:

Пірекс (температура розм'ягчення  $> 660$  °C);

Молибденове (температура розм'ягчення  $> 600$  °C);

Кварцеве (температура розм'ягчення  $> 1750$  °C).

Йенське «20», Simax та інші.

Однак деякі колби і стакани можуть бути виготовлені з нетермостійких сортів скла (нейтральне, хімічно-стійке та ін.). Вироби з такого скла не можна нагрівати над відкритим полум'ям.

Перехідники (7) і трійники (8) служать для з'єднання гумових або шлангів з полівінілхлориду. Бюкси (9) застосовують для зважування і зберігання невеликих кількостей речовин.

Годинникові скельця (10) універсальні. Ними накривають хімічні склянки при проведенні синтезу, на них висипають отриману при си-

нтезі речовину для висушування на повітрі, використовують як тару при зважуванні невеличких кількостей неагресивних речовин.

Чашка Петрі (**11**) може бути використана для висушування на повітрі або в ексикаторі речовин і фільтрів з осадами.

Лійки хімічні (**12**) призначені для переливання рідин.

Лійки з широким горлом (**13**) використовуються для завантаження сипучих речовин.

Лійки із дном у вигляді скляного пористого фільтра (лійки Шотта) (**14**) призначені для фільтрування при зниженому тиску.

Крапельні лійки (**15, 16**) слугують для додавання реагентів краплями в реакційну суміш. Для вирівнювання тиску в реакційній колбі і в крапельній лійці **16** простір над краном лійки з'єднується трубкою з простором під краном. Лійка в цьому випадку закривається зверху пробкою.

Холодильник Лібіха (**17**) з прямою внутрішньою трубкою залежно від розташування в приладі може виконувати функції як прямого, так і зворотного холодильника.

Алонжі (**18**) – перехідник між холодильником і приймачем, до якого може приєднуватися хлоркальцієва трубка.

Хлоркальцієва трубка (**19**) служить для ізоляції реакційної суміші від дії атмосферної вологи і вуглекислого газу і заповнюється твердим поглиначем, як і осушувальні колонки, і U-подібні трубки.

U-подібні трубки (**20**) і осушувальна колонка (**21**) призначені для осушення газів і очищення їх від домішок за допомогою твердого реагенту.

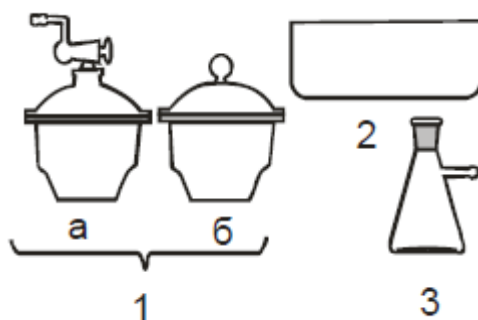
Товсте скло використовують для виготовлення масивних і міцних виробів (рис. 2).

Ексикатори (**1**) призначені для висушування речовин при кімнатній температурі з використанням різних осушувальних засобів:

а – вакуумний ексикатор; б – звичайний ексикатор.

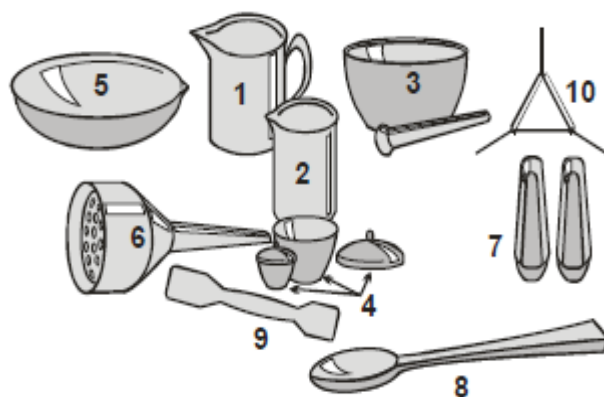
Кристалізатор (**2**) застосовують для охолодження розчинів і збирання газів під водою.

Колба Бунзена (**3**) використовується як приймальна колба для фільтрування під зниженим тиском.



**Рис. 2. Скляний хімічний посуд з товстого скла:**  
1 – ексикатори, 2 – кристалізатор, 3 – колба Бунзена

**Фарфоровий (керамічний) посуд.** В хімічній лабораторії використовуються керамічні вироби, зважаючи на їх відносно високу механічну міцність і низьку хімічну активність. З кераміки (зокрема, фарфору) роблять масивні кухлі і склянки, лійки Бюхнера, шпатель, ложечки, ступки, трикутники, чашки для упарювання, тиглі, човники тощо (рис. 3).

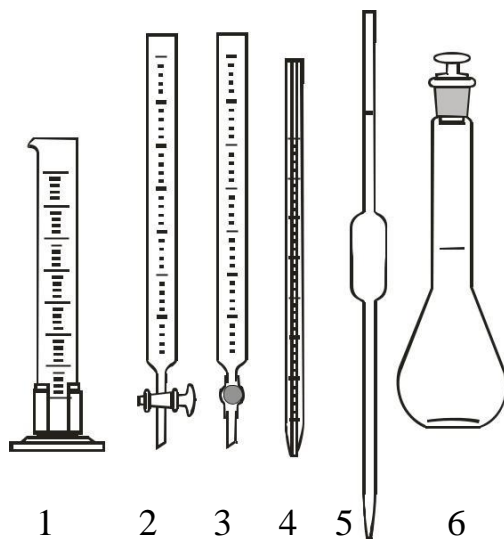


**Рис. 3. Фарфоровий хімічний посуд:** 1 – чашка, 2 – склянка, 3 – ступка з товкачиком, 4 – тиглі з кришками, 5 – випарювальна чашка, 6 – лійка Бюхнера, 7 – човники, 8 – ложка, 9 – шпатель, 10 – трикутник

Чашки (1) і склянки (2) застосовуються для приготування і зберігання миючих засобів. Ступка з товкачиком (3) служить для розтирання твердих речовин. Тиглі (4) застосовуються для прожарювання речовин. Випарювальну чашку (5) застосовують для упарювання розчинів на водяній або піщаній бані або під ІЧ-випромінювачем. Лійка Бюхнера (6) використовується для фільтрування через паперовий

фільтр при зниженому тиску. Човники (7) – для проведення синтезів в електричних пічах. Ложкою (8) і шпателем (9) беруть реактиви. Трикутник (10) потрібний для установки тиглів на кільці штатива.

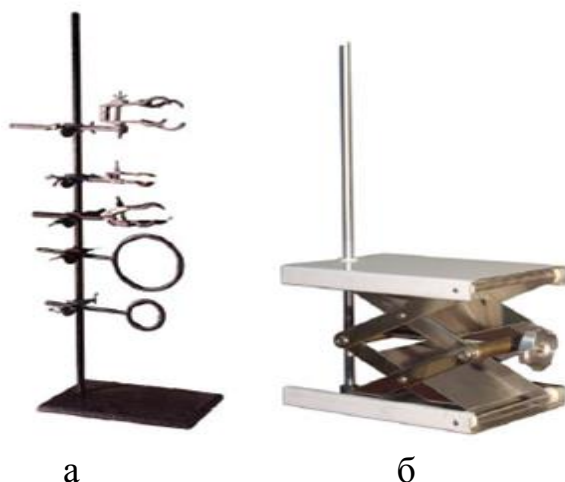
**Мірний посуд.** Для вимірювань об'єму рідини і для приготування розчинів заданої концентрації використовується мірний посуд різного призначення: мірний циліндр, мірна піпетка, мірна колба (рис. 4). Мірний посуд відкалібрований для 20 °С, і його не можна нагрівати. Мірний циліндр (1) використовується для виміру відносно великих об'ємів рідини. Точність вимірювань при цьому не дуже велика. Бюретка із скляним краном (2) або кулькою (3) дозволяють вилити строго задану кількість рідини з високою точністю (0,1-0,01 мл). Піпетка градуйована (4) служить для відбору точного об'єму невеликої кількості рідини (0,1-20 мл). Мірна піпетка з однією кільцевою міткою (піпетка Мора) (5) призначена для відбору строго заданого об'єму рідини. Мірна колба (6) з кільцевою міткою використовується для приготування розчинів заданої концентрації.



**Рис. 4. Мірний посуд:** 1 – циліндр, 2 – бюретка з краном, 3 – бюретка з кулькою, 4 – піпетка градуйована, 5 – піпетка Мора, 6 – мірна колба

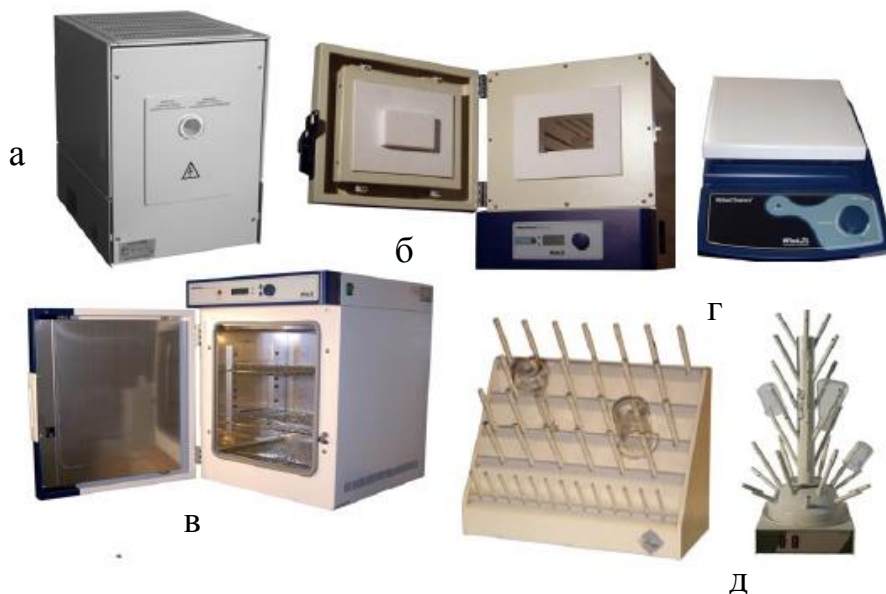
**Металеve обладнання.** В хімічній лабораторії широко застосовується різноманітне металеве устаткування (рис. 5). Штатив (рис. 5а) служить для закріплення на ньому приладів і є залізним стержнем, укріпленим на важкій залізній підставці. Утримувачі (лапки) служать для закріплення колб, холодильників, бюреток тощо. Кільця викорис-

товуються як утримувачі хімічних лійок, фарфорових трикутників для тиглів та ін. Муфти призначені для закріплення лапок і кілець на штативі. Підйомний столик (рис. 5б) використовується за призначенням.



**Рис. 5. Штатив з набором затисків і кілець (а) і підйомний столик (б)**

**Нагрівальні прилади.** Окрім електроплиток із закритою спіраллю в лабораторії використовуються бані, колбонагрівачі, електричні печі і сушильні шафи (рис. 6).



**Рис. 6. Лабораторні електронагрівальні прилади: а – трубчаста піч, б – муфельна піч, в – сушильна шафа, г – електроплитка з хімічно стійким покриттям, д – пристрої для сушки посуду**

Водяна баня є металевою посудиною, закритою рядом кілець різного діаметру. Такі бані зручні, наприклад, для упарювання розчинів. Чашка з упарюваним розчином не торкається поверхні води і обігрі-

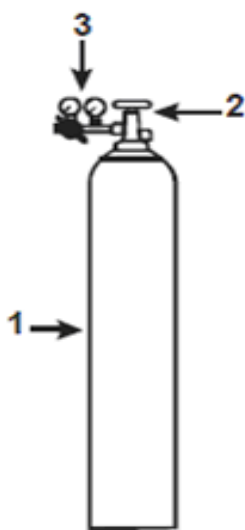
вається водяною парою. Піщану баню застосовують для нагрівання речовин до 200-300 °С і упарювання розчинів. Вона є металевою посудиною (деко), заповненою чистим прожареним піском.

Колбонагрівачі застосовуються найчастіше для нагрівання горючих і легкозаймистих рідин в колбах. Електричні печі з терморегуляторами використовують для нагрівання або прожарювання при високій температурі.

Трубчасті печі (рис. 6а) застосовують для проведення реакцій в потоці газу. Речовини у фарфоровому, кварцевому або металевому човнику вносять в кварцеву або фарфорову трубку, поміщену в трубчасту електричну піч.

Муфельні печі (рис. 6б) використовують для прожарювання при високій температурі.

Електричні сушильні шафи з регулятором температури (рис. 6в) використовують для висушування посуду (але не мірного!), а також речовин, стійких на повітрі і що не розкладаються при нагріванні.

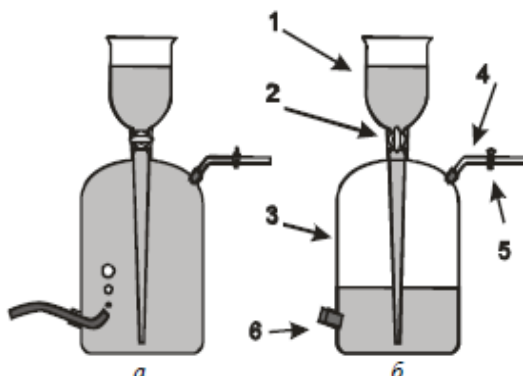


**Рис. 7. Балон для зберігання газів:**  
1 – балон, 2 – вентиль, 3 – редуктор

**Газові балони.** Газ у балонах (рис. 7) знаходиться під високим (150 атм) тиском в стислому або скрапленому стані, тому балони є джерелом підвищеної небезпеки і їх не можна піддавати тепловій дії або ударам. Балони мають бути надійно закріплені і знаходитися на достатній відстані від джерел тепла. Студентам не дозволяється самостійно відкривати і переміщати газові балони! Для зниження тиску газу на виході з балона встановлюють газовий редуктор 3. Не рекомендується безпосередньо приєднувати балон до приладу, краще спочатку заповнити з балону газометр, який потім можна приєднати до приладу.

**Газометри.** Для збору і зберігання газів на практикумі використовують скляні газометри (рис. 8). Газометр складається з двох частин: лійки (1), забезпеченої краном (2), і товстостінної склянки (3) (газовий резервуар) з трубкою для виходу газу (4) з краном (5) і злив-

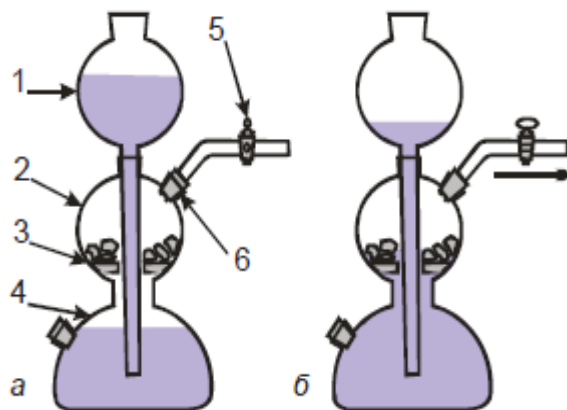
ним патрубком (6) знизу для води. Заповнення газометра газом проводиться в два етапи: спочатку його повністю заповнюють водою, потім воду витісняють зібраним газом.



**Рис. 8. Газометр:** а – перед заповненням газом, б – після заповнення газом ; 1 – лійка, 2 – кран регулювання подавання води, 3 – склянка, 4 – газовідвідна трубка, 5 – кран регулювання виходу газу, 6 – зливний патрубок

Заповнення газометра водою проводять в наступному порядку: знімається лійка (1) і заповнюється склянка (3) доверху водою; відкривається кран (2) на лійці (1) і її повільно занурюють в склянку (3). При цьому лійка (1) повинна наповнитися водою приблизно на 2/3. Якщо в газометрі залишилися бульбашки повітря, треба видалити їх через відкритий кран (2), злегка підводячи і опускаючи лійку (1). Залишки повітря з газовідвідної трубки (4) треба видалити через кран (5), потім кран закривають. Заповнення газометра газом з балона проводять в наступному порядку: треба поставити заповнений водою газометр на край столу біля водопровідної раковини; закрити усі крани газометра (крани 2 і 5) і відкрити зливний патрубок 6 газометра; при подаванні газу вода, що витікає, повинна вилитися в раковину; заповнивши газометр газом приблизно на 2/3, треба вийняти газовідвідну трубку, закрити патрубок (6) пробкою і відкрити кран (2), який необхідно тримати увесь час відкритим. Отримання потоку газу з газометра: необхідно приєднати газометр до приладу. За допомогою крану (5) при відкритому крані (2) встановити необхідний потік газу, при цьому треба стежити за тим, щоб лійка (1) була заповнена водою.

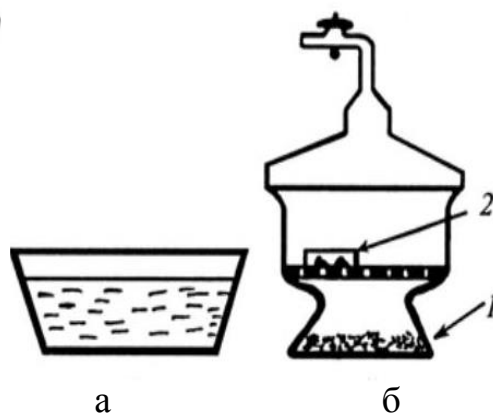
**Апарат Кіппа.** З використанням апарату Кіппа в практикумі, як правило, отримують водень, вуглекислий газ і сірководень. Апарат Кіппа (рис. 9) складається з трьох резервуарів (1), (2) і (4), що з'єднуються між собою. Твердий реагент поміщають в середній кулястий резервуар (2) на пластмасовий кільцевий або фарфоровий вкладиш (3), що захищає від попадання твердого реагенту в резервуар (4). Для завантаження апарату Кіппа виймають бічну трубку з краном (5) і через тубус (6) поміщають шматки реагенту на кільце (3) навколо центрального отвору. При включенні апарату Кіппа (кран (5) відкритий) рідина з верхнього резервуару перетікає в нижній і піднімається до рівня твердого реагенту (рис. 9б). В результаті реакції починає виділятися газ. Апарат Кіппа здатний автоматично тривало підтримувати заданий струм газу і припиняти отримання газу в разі перекивання виходу, оскільки за рахунок генерації газу рівень рідини опускається нижче твердого реагенту і реакція припиняється. Рідина при цьому перетікає з нижнього резервуару у верхній.



**Рис. 9. Апарат Кіппа:** а – перед початком роботи: 1, 2, 4 – резервуари, 3 – вкладиш, 5 – кран регулювання подавання газу, 6 – тубус для завантаження центрального резервуару; б – в процесі отримання газу

**Кристалізатори** (рис. 10а) – це низькобортні посудини, призначені для охолодження речовин в разі їх отримання або кристалізації.

**Ексикатори** (рис. 10б) – це ємкості з товстостінного скла, що складаються з масивного корпусу і притертої до нього скляної кришки. Вони призначені для випаровування розчинів і висушування твердих речовин.



**Рис. 10. Лабораторне обладнання:** *а* – кристалізатор; *б* – вакуум-ексикатор; (1 – осушувач, 2 – речовина, що висушується)

Розрізняють звичайні і вакуум-ексикатори. Із останніх через трубку з краном за допомогою вакуум-насосів відкачують повітря. Речовину розміщують в ексикаторі в чашці Петрі. Як осушувачі в ексикаторах застосовують прожарений кальцій хлорид, силікагель, фосфор(V) оксид, натронне вапно, натрій гідроксид, магній або натрій сульфат.

**Хімічні реактиви.** В лабораторії використовують тверді і рідкі хімічні реактиви. Хімічні реактиви виробляють і зберігають в скляних або пластмасових банках з кришками, що щільно закриваються. Кожна банка забезпечується етикеткою з назвою речовини, його хімічною формулою і інформацією про клас чистоти реактиву. На етикетці вказуєть також вміст основної речовини і основних домішок. Існують наступні градації чистоти реактивів з підвищеним ступенем очищення: "техн." – технічний; "ч." – чистий; "ч.д.а." – чистий для аналізу; "х.ч." – хімічно чистий і "ос.ч." – особливо чистий. Реактиви "ч." і "ч.д.а." використовують для проведення більшості дослідів і синтезів. Для технічних цілей, наприклад, для приготування охолоджувальних сумішей або миття посуду, рекомендується брати реактиви "техн." На практикумі тверді реактиви фасують в маленькі склянки місткістю 100-150 мл. Розчини солей розливають по склянках місткістю 250-300 мл. Концентровані розчини кислот, основ і інших реагентів з різкими запахами зберігають у витяжній шафі. Горючі та легкозаймісті рідини зберігають в металевих шафах.

### 3. КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

*Основні класи неорганічних сполук. Оксиди, їх класифікація і номенклатура. Гідроксиди, їх класифікація і номенклатура. Кислоти, їх класифікація і номенклатура. Солі, їх класифікація (середні, основні, кислі, оксосолі, подвійні, змішані). Номенклатура солей.*

**Основні терміни та поняття:** оксиди, основи, кислоти, солі, їх властивості, способи добування, номенклатура.

**Мета роботи.** Ознайомлення з властивостями основних класів неорганічних сполук та способів їх добування.

#### Лабораторна робота

##### Дослід 1. Отримання купрум(II) оксиду з купрум(II) сульфату

Закріпіть у тигельні щипці пластинку з купрум(II) сульфату та нагрійте її у полум'ї пальника до почорніння. Запишіть рівняння реакції.

##### Дослід 2. Отримання магній оксиду

Візьміть щипцями магнієву стрічку та прожарте її кінчик у полум'ї пальника до займання. Запалену стрічку тримайте над склянкою. До зібраного у склянці білого магній оксиду додайте 10-20 мл води та 1-2 краплі розчину фенолфталеїну. Запишіть рівняння реакції.

##### Дослід 3. Отримання купрум(II) оксиду розкладанням $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$

Сушу пробірку, в яку заздалегідь помістили трохи  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ , закріпіть у штативі, та нагрівайте у полум'ї пальника доти, доки весь вміст пробірки не перетвориться на чорний порошок. Зверніть увагу на появу водяних крапель на холодних стінках пробірки.

Після охолодження порошок поділіть на дві пробірки. В одну пробірку додайте 3-5 мл 10 %-ного розчину NaOH, у другу – стільки ж 10 %-ного розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Кожну пробірку обережно нагрійте до кипіння та дайте відстоятись. Що спостерігається? Напишіть рівняння реакцій.

##### Дослід 4. Дослідження амфотерності оксидів

У дві пробірки насипте малими порціями цинк оксид, у дві інші пробірки – ферум(III) оксид. До однієї порції ZnO долийте 5-6 мл 10 %-ного розчину HBr, до другої – стільки ж 10 %-ного розчину

КОН. Вміст кожної з пробірок нагрійте до кипіння. Так само визначте розчинність  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в розчинах  $\text{HBr}$  і  $\text{KOH}$ . На підставі результатів дослідів зробіть висновки щодо амфотерності оксидів цинку та феруму(III). Напишіть рівняння реакцій.

#### **Дослід 5. Отримання натрій гідроксиду**

Візьміть пінцетом шматочок металічного натрію, висушіть його фільтрувальним папером та опустіть у порцелянову чашку з водою. Після закінчення реакції індикаторами встановіть реакцію середовища. Запишіть рівняння реакції.

#### **Дослід 6. Отримання кальцій гідроксиду**

Візьміть пінцетом шматочок оксиду кальцію та опустіть у суху пробірку. Прикладіть дно пробірки до долоні руки і додайте 2-3 краплі води. Коли ви відчуєте, що дно пробірки нагрілось, додайте ще 5-10 мл води.

Пробірку енергійно струсніть, дайте відстоятися осаду або відфільтруйте розчин. Встановіть реакцію середовища добутого розчину індикаторами. Напишіть рівняння реакції.

#### **Дослід 7. Отримання купрум(II) гідроксиду**

Налийте у пробірку 2-3 мл розчину  $\text{CuSO}_4$  і додайте по краплях розчин лугу, спочатку до появи осаду, а потім до утворення слабого лужного середовища. Спостерігайте посиніння лакмусового папірця. Як змінюється забарвлення осаду? Розчин з осадом нагрійте до повного почорніння осаду. Напишіть рівняння реакції.

#### **Дослід 8. Дослідження амфотерності гідроксидів**

Налийте в окремі пробірки по 2-3 мл перелічених розчинів солей:  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$  і  $\text{MnCl}_2$ . До кожної з них додайте по краплях 2 н розчин  $\text{NaOH}$  до утворення осаду, який не буде розчинятися при збовтуванні. Поділіть вміст кожної пробірки на дві та додайте в одну з них 4-5 мл бромідної кислоти, а в іншу – 4-5 мл 2 н розчину натрій гідроксиду. Спостерігайте за розчиненням осадів. Які з добутих гідроксидів є амфотерними? Напишіть рівняння реакцій.

#### **Дослід 9. Взаємодія кислотного оксиду з водою**

Скляною паличкою візьміть трохи фосфор(V) оксиду і змішайте його з невеликою кількістю води. Добутий розчин випробуйте нейт-

ральним лакмусом. Що спостерігається? Напишіть рівняння реакції.

**Дослід 10. Отримання кислоти взаємодією солі з іншою кислотою**

Помістіть в пробірку невелику кількість кристалічного натрій ацетату і долийте до нього 3-4 мл 2 н розчину нітратної кислоти. Напишіть рівняння реакції, відзначивши запах продукту, що утворюється. В отвір пробірки внесіть, не торкаючись стінок, синій лакмусовий папірець. Що спостерігається? Напишіть рівняння реакції.

**Дослід 11. Взаємодія кислот з металами**

У пробірку помістіть невеликий шматочок цинку. Додайте 3-4 мл розчину бромідної кислоти. Напишіть рівняння реакції і поясніть явища, що спостерігаються.

**Дослід 12. Отримання середніх солей реакцією нейтралізації**

Налійте в порцелянову чашку 2-3 мл 0,5 н розчину натрій гідроксиду, додайте краплю метилоранжу, потім додавайте краплями 0,5 н розчин бромідної кислоти. Розчин перемішуйте скляною паличкою. Напишіть рівняння реакції і поясніть зміну забарвлення розчину.

**Дослід 13. Отримання солей взаємодією нерозчинної основи з кислотою**

До розчину ферум(III) хлориду додайте розчин лугу до утворення осаду. Злийте розчин з осаду і до осаду додайте краплями розчин бромідної кислоти. Напишіть рівняння реакцій і поясніть розчинення осаду.

**Дослід 14. Отримання солей взаємодією солей**

До двох пробірок з розчином плюмбум нітрату додайте по 3-4 мл розчину натрій хлориду (у першу) і розчину магній сульфату (у другу). Напишіть рівняння реакцій і поясніть утворення осадів.

**Дослід 15. Отримання солей взаємодією солей з металами**

У пробірки з розчинами купрум(II) і натрій сульфатів помістіть по невеликому шматочку цинку. Через деякий час зафіксуйте зміни, що відбулися в розчинах. Напишіть рівняння реакції і поясніть різне відношення розчинів узятих солей до цинку.

**Дослід 16. Отримання кислих солей**

Крізь розчин кальцій гідроксиду пропустіть карбон(IV) оксид до

розчинення спочатку утвореного осаду. Напишіть рівняння реакції і поясніть розчинення осаду. До добутої солі карбонатної кислоти додайте 3-4 краплі розчину кальцій гідроксиду. Напишіть рівняння реакції і поясніть утворення осаду.

### **Дослід 17. Отримання основних солей взаємодією солі і лугу**

Налийте в пробірку 2-3 мл кобальт(II) хлориду додайте до розчину кілька крапель 2 н розчину лугу. У пробірці утвориться осад блакитного кольору. Додайте до нього надлишок лугу до зміни забарвлення осаду. Зміна забарвлення зумовлена переходом основної солі в гідроксид. Напишіть рівняння реакцій, що перебігають

### **Питання для самоконтролю**

1. За якими хімічними властивостями солетворні оксиди поділяються на основні, кислотні та амфотерні?
2. Назвіть оксиди, які відповідають наведеним формулам:  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{RuO}_4$ .
3. Наведіть приклади взаємодії оксидів з кислотами і лугами, а також оксидів, що можуть реагувати як з кислотами, так і з лугами. Чи можуть оксиди реагувати із солями? Відповідь мотивуйте.
4. За допомогою яких реакцій можна в одну стадію отримати кислотні оксиди з наступних речовин:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{FeS}_2$ ? Дайте назву отриманим оксидам та докажіть їх кислотний характер.
5. Напишіть структурні формули гідроксидів наступних металів: літію(I), мангану(II), плюмбуму(II), хрому(III), феруму(III), стануму(IV), мангану(IV). Від чого залежить кількість гідроксильних груп у основах?
6. Як за допомогою наступних речовин: цинк, хлоридна кислота, натрій, вода можна добути цинк гідроксид. Наведіть відповідні хімічні рівняння та доведіть амфотерність  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ .
7. Дайте визначення кислот за теорією електролітичної дисоціації.
8. Як поділяють кислоти за їх окиснювальною здатністю, за складом та силою?

9. Назвіть кислоти:  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBrO}_4$ ,  $\text{HBrO}_3$ ,  $\text{HBrO}_2$ ,  $\text{HBr}$ .
10. Як з кислої солі добути середню та навпаки? Як з основної солі добути середню та навпаки?
11. Напишіть молекулярні та графічні формули солей: магній сульфат, купрум(II) гідроксокарбонат, ферум(III) дигідроксофосфат, натрій метакроміт, манган(II) сульфід, натрій селенат.
12. Назвіть сполуки за міжнародною номенклатурою та напишіть їх графічні формули:  $\text{KHS}$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ,  $\text{AlOHCl}_2$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Cr}_2(\text{HPO}_4)_3$ ,  $\text{PbCrO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{CrOHHSO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{HS})_2$ ,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{FeOHNO}_3$ .
13. Напишіть кислотні залишки перелічених солей і вкажіть їх заряд:  $\text{Fe}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{HSO}_4)_2$ ,  $\text{KCrO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
14. Напишіть катіони перелічених солей і вкажіть їх заряд:  $\text{AlOHHSO}_4$ ,  $\text{CdOHCl}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ ,  $[\text{Cr}(\text{OH})_2]_2\text{SO}_4$ .
15. За назвами солей складіть їх формули: калій арсенат, калій арсеніт, калій метаарсеніт, магній гідроксохлорид, ферум(III)сульфат, ферум(II)гідросульфат.
16. Напишіть графічні формули: магній нітриту, берилій сульфату, натрій нітрату, кальцій сульфіту, алюміній броміду.
17. Які з перелічених нижче солей є кислими:  $\text{KHS}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MgHPO}_3$ ,  $\text{Cr}_2(\text{HPO}_4)_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ? Відповідь обґрунтуйте.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Визначте формулу оксиду, який утворено елементом із ступенем окиснення +2, якщо відомо, що для розчинення 4,05 г його оксиду потрібно 3,73 г хлоридної кислоти. *Відповідь:*  $(\text{CuO})$ .
2. Визначте масу натрій гідроксиду, через розчин якого пропустили 5,6 л карбон(IV) оксиду і отримали 21 г натрій гідрокарбонату. *Відповідь:* 10 г.
3. При відновленні Карбоном 32 г ферум(III) оксиду утворилося 20,81 г феруму. Визначте вихід феруму. *Відповідь:* 90 %.

4. Визначте масу води, яка потрібна, щоб розчинити 188 г оксиду калію, якщо отримали розчин з масовою часткою КОН 5,6 %.  
*Відповідь:* 3 812 г.
5. У результаті взаємодії оксиду карбону(IV) з їдким натром отримали 21 г гідрокарбонату натрію. Визначте об'єм  $\text{CO}_2$  і масу  $\text{NaOH}$ , які витрачені на реакцію. *Відповідь:*  $m(\text{CO}_2) = 5,6$  л;  $m(\text{NaOH}) = 10$  г.
6. На повне розчинення 7,42 г суміші залізної окалини ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) з оксидом цинку потрібно 43,8 г 20 %-ної  $\text{HCl}$ . Який об'єм водню, що може відновити суміш до металів? *Відповідь:* 2,69 л.
7. Розчин 15,9 г соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) у 68,9 г води поглинув пару  $\text{SO}_3$  масою 20 г. З яких компонентів складається отриманий розчин? Знайдіть масові частки цих компонентів. *Відповідь:*  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 7,1$  г;  $m(\text{NaHSO}_4) = 24$  г.
8. Обчисліть масу  $\text{CaO}$ , яка потрібна для отримання 37 г кальцій гідроксиду. *Відповідь:* 28 г.
9. Знайдіть масу лугу, що утворюється у разі взаємодії 2,3 г Натрію з водою. *Відповідь:* 4 г.
10. До 300 г розчину калій гідроксиду з масовою часткою КОН 15 % додали 300 г води. Визначте масову частку калій гідроксиду у розчині, що отримали. *Відповідь:* 7,5 %.
11. Скільки моль речовини було отримано у результаті взаємодії 2 моль амоній хлориду і 1,5 моль натрій гідроксиду. *Відповідь:* 2 моль.
12. До розчину, який містить 12,6 г нітратної кислоти, додали розчин, який містить 7,2 г  $\text{NaOH}$ . Знайдіть масу солі. *Відповідь:* 15,3 г.
13. Визначте масу кальцій гідроксиду, яка потрібна для його реакції взаємодії з 44,8 л  $\text{CO}_2$ , щоб отримати 10 г солі. *Відповідь:* 7,4 г.
14. У результаті дії на алюміній сульфат лугу виділяється осад, який потім розчиняють в надлишку розчину лугу. Який склад осаду? Який об'єм розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 20 % ( $\rho = 1,2$  г/мл) потрібний, щоб розчинити осад, якщо відомо, що в реакцію вступило 34,2 г алюміній сульфату? *Відповідь:* 100 мл.

15. Вапняк масою 5 т з масовою часткою кальцій карбонату 95 % прожарили у печі. До твердого залишку додали воду. Яку масу кальцій гідроксиду було при цьому отримано, якщо домішки з водою не реагують? *Відповідь:* 3515 кг.
16. У результаті взаємодії карбон(IV) оксиду з натрій гідроксидом утворилося 10,5 г натрій гідрокарбонату. Визначте об'єм карбон(IV) оксиду і масу натрій гідроксиду, які витрачені на отримання солі. *Відповідь:* 2,8 л; 5,0 г.
17. Визначте масу кислоти і середньої солі, що можуть бути отримані в результаті взаємодії 5,6 л  $\text{SO}_2$  з калій гідроксидом. Чому дорівнює маса лугу в кожному окремому випадку? *Відповідь:* 1) 14 г  $\text{KOH}$ ; 30 г  $\text{KHSO}_3$ ; 2) 28 г  $\text{KOH}$ ; 39,5 г  $\text{K}_2\text{SO}_3$ .
18. Визначте масу води, яка необхідна для розчинення 188 г калій оксиду, якщо відомо, що було отримано розчин з масовою часткою  $\text{KOH}$  5,6 %. *Відповідь:* 3812 г.
19. На повну нейтралізацію кислоти, узятій кількістю речовини 0,1 моль, витрачається розчин об'ємом 84,8 мл з масовою часткою  $\text{KOH}$  12 % (густина 1,109 г/мл). Визначте основність цієї кислоти. *Відповідь:* 2.
20. Яка маса натрій нітрату потрібна для добування розчину  $\text{HNO}_3$  об'ємом 134,3 л, у якому масова частка кислоти становить 67 % (густина 1,4 г/мл)? *Відповідь:*  $m_{\text{NaNO}_3} = 126$  кг.
21. Яка маса піриту  $\text{FeS}_2$  потрібна для добування 100 %-ної сульфатної кислоти масою 1 т? *Відповідь:*  $m_{\text{FeS}_2} = 612,2$  кг.
22. Скільки грамів  $\text{HCl}$  буде потрібно для реакції з 3,5 г літію? *Відповідь:*  $m_{\text{HCl}} = 18,25$  г.
23. На повну нейтралізацію кислоти, узятій кількістю речовини 0,1 моль, витрачається розчин масою 150 г, у якому масова частка  $\text{NaOH}$  дорівнює 8 %. Визначте основність цієї кислоти. *Відповідь:* 3.
24. До розчину фосфатної кислоти додали натрій гідроксид. Яка маса кислоти прореагувала, якщо утворилося 0,9 г натрій дигідрофосфату та 3,2 г натрій гідрофосфату? *Відповідь:*  $m_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 2,94$  г.

25. До 2 г  $\text{Li}_2\text{O}$  додали 2 г  $\text{HCl}$ . Яка речовина та у якій кількості (г) не прореагує? *Відповідь:*  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $m_{\text{Li}_2\text{O}} = 1,175$  г.
26. Розрахуйте масу (г) натрій сульфату та об'єм (л, н.у.)  $\text{HF}$ , добутих шляхом взаємодії 21 г натрій фториду з надлишком концентрованої сульфатної кислоти. *Відповідь:*  $m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 35,5$  г;  $V_{\text{HF}} = 11,2$  л.
27. Унаслідок дії хлоридної кислоти на натрій сульфід було зібрано 14 л гідроген сульфід (н.у.). Визначте маси (г) реагентів, що вступили до реакції. *Відповідь:*  $m_{\text{HCl}} = 45,625$  г,  $m_{\text{Na}_2\text{S}} = 48,75$  г.
28. Розрахуйте масу (г) кристалогідрату  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , добутого взаємодією надлишку магнію та розведеної хлоридної кислоти з подальшим відділенням магнію, що не прореагував, та випарюванням розчину досуха, якщо при цьому виділилося 1,4 л газу (н.у.). *Відповідь:*  $m_{\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 12,6875$  г.
29. На реакцію з наважкою твердого кальцій хлориду при кип'ятінні знадобилося 10 мл сульфатної кислоти концентрацією 10 моль/л. Яка маса (г) наважки? Який об'єм (л, н.у.) газу виділився при цьому? *Відповідь:*  $m_{\text{CaCl}_2} = 11,1$  г,  $V_{\text{назу}} = 4,48$  л.
30. Скільки літрів карбон(IV) оксиду, виміряного за нормальних умов, потрібно для перетворення 4 г кальцій карбонату в кальцій гідрокарбонат? *Відповідь:*  $V_{\text{CO}_2} = 0,896$  л.

## **p-ЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ СПОЛУКИ**

### **4.1. ЕЛЕМЕНТИ VIIA ГРУПИ**

*Галогени. Загальна характеристика галогенів. Характерні ступені окиснення та відповідні їм сполуки. Особливі властивості флуору. Сполуки галогенів з гідрогеном. Їх розчинність у воді. Зміна кислотних властивостей у ряді  $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ . Відновні властивості галогенід-іонів. Реакції якісного виявлення хлорид-, бромід- та йодид-іонів. Міжгалоїдні сполуки. Взаємодія галогенів з водою та розчинами лугів. Оксигеновмісні сполуки галогенів, оксиди та кислоти. Природа хімічного зв'язку та будова молекул. Зміна кислотних та окисних властивостей у ряді  $\text{HClO} - \text{HClO}_2 - \text{HClO}_3 - \text{HClO}_4$ . Солі оксигеновмісних кислот галогенів. Хлорне вапно, хлорати, бромати, йодати. Біологічна роль галогенів та їх сполук. Використання в медицині, фармації та санітарії.*

**Основні терміни та поняття:** *галогени, сполуки галогенів з гідрогеном, оксигеновмісні сполуки галогенів, біологічна роль галогенів та їх сполук.*

**Мета роботи.** *Ознайомлення з властивостями галогенів, їх водневих та оксигеновмісних сполук.*

### **Лабораторна робота**

Після виконання кожного досліду пробірки, в яких отримували галогени, занурте у кристалізатор з розчином натрію тіосульфату, потім вимийте!

#### **Дослід 1. Властивості йоду**

а) Налити у пробірку 1-2 краплі етилового спирту, занурити в нього кришталік йоду, збовтати. Відмітити розчинність йоду і колір спиртового розчину йоду.

б) У пробірку покласти кілька кришталіків йоду, налити в неї 2-3 краплі очищеної води і збовтати. Відмітити колір йодної води і розчинність йоду у воді. В цю саму пробірку з нерозчинними кришталіками йоду додати кілька крапель розчину калій йодиду, вміст пробірки збовтати. Як змінюється розчинність йоду за наявності калій йодиду? До частини йодної води влити 1-2 краплі хлороформу і

енергійно збовтати вміст пробірки. Дати пояснення явищу. Другу частину йодної води залишити для наступного досліду.

в) 1-2 краплі йодної води додати краплями їдкою натру до повного знебарвлення йодної води.

### **Дослід 2. Властивості хлоридної кислоти**

У пробірку покласти шматочок цинку, в другу – шматочок купруму і налити по 2-3 краплі розчину хлоридної кислоти. Що спостерігається? Дати пояснення.

### **Дослід 3. Порівняння відновних властивостей галогенідів гідрогену (Тяга!)**

У три пробірки внесіть по 1-2 мікрошпателі: у першу – натрію хлорид, у другу – калію бромід, у третю – калію йодид та додайте по 2 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Спостерігайте появу білого диму галогеноводнів в першу мить в усіх пробірках. Відмітьте через деякий час зміну забарвлення парів у другій та третій пробірках. Напишіть рівняння окисно-відновних реакцій між утвореними  $\text{HBr}$  та  $\text{HI}$  і надлишком концентрованої сульфатної кислоти. Поясніть зростання відновних властивостей у ряді  $\text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ .

### **Дослід 4. Реакції якісного визначення хлорид-, бромід-, йодид-іонів**

У три пробірки внесіть 1-2 краплі 0,5 н розчинів: у першу – будь-якого хлориду, у другу – броміду, у третю – йодиду. У кожную пробірку додайте 1-2 краплі 0,1 н розчину аргентум нітрату до утворення осаду. Укажіть колір осадів хлориду, броміду та йодиду аргентуму. Напишіть рівняння реакцій в молскулярному та іонному вигляді.

### **Дослід 5. Отримання оксигеновмісних сполук галогенів**

В одну пробірку внесіть 3-4 краплі бромної води, у другу – декілька кристалів йоду. В обидві пробірки додайте краплями 0,5 н розчин калій гідроксиду та обережно нагрійте. Спостерігайте знебарвлення розчинів. Потім підкисліть розчини декількома краплями 2 н розчину сульфатної кислоти. Відмітьте зміну забарвлення розчинів. Напишіть рівняння відповідних окисно-відновних реакцій.

## Дослід 6. Окисні властивості оксигеновмісних сполук галогенів (Тяга!)

а) У фарфоровий тигель внесіть 1 мікрошпателю хлорного вапна та 3-4 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти. Відмітьте колір газу, який виділився. Дослідіть його дію на папір, змочений розчином калій йодиду. Напишіть рівняння реакцій.

б) До 3-4 крапель бромної води додайте краплями до знебарвлення свіжоприготований розчин ферум(II) сульфату. Потім додайте декілька крапель 0,5 н розчину калій роданіду, щоб довести наявність в розчині іонів феруму(III). Напишіть рівняння реакції.

### Питання для самоконтролю

1. На основі електронних формул галогенів укажіть валентні електрони та валентні орбіталі атомів галогенів, можливі ступені окиснення та приклади сполук з даними ступенями окиснення.
2. Укажіть, як змінюється між'ядерна відстань та енергія зв'язку в молекулах галогенів  $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$ . Чим це обумовлено?
3. Напишіть рівняння реакцій взаємодії галогенів з водою та розчинами лугів на холоді та при нагріванні. Укажіть тип окисно-відновних реакцій.
4. Чому хлор, бром та йод можуть виявляти ступені окиснення  $-1, +1, +3, +5, +7$ , а флуор лише  $-1$ ?
5. Поясніть, чому менше, ніж у хлору, значення спорідненості до електрону у флуору не суперечить таким фактам: флуор – найактивніший неметал; ефективний заряд атома флуору в сполуках більш негативний, ніж в аналогічних сполуках хлору; зв'язок H-F полярніший, ніж зв'язок H-Cl.
6. Чому для атомів хлору, бром та йоду більш характерні непарні ступені окиснення, ніж парні?
7. Чому для добування хлороводню (гідроген хлориду) користуються концентрованою сульфатною кислотою і твердою кухонною сіллю? Чи можна як вихідні речовини узяти KCl та концентровану нітратну кислоту; розчин кухонної солі та розбавлену сульфатну кислоту?

8. Який тип хімічного зв'язку має місце у молекулах галогеноводнів, галогенідів лужних металів та оксидів галогенів?
9. Чому формулу флуоридної кислоти записують як HF і як H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>? Чому у водному розчині флуоридної кислоти утворюються іони HF<sub>2</sub><sup>-</sup>, а не H<sub>2</sub>F<sup>+</sup>?
10. У якому з хлоридів елементів II періоду: LiCl, BeCl<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, NCl<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>O, ClF зв'язок найменш полярний?
11. Як змінюється міцність хімічного зв'язку у ряді HF-HCl-HBr-HI? Чим це пояснюється?
12. Як змінюються відновні властивості галогеноводневих кислот у ряді HF-HCl-HBr-HI? Наведіть приклади реакцій, що підтверджують відповідь.
13. Напишіть формули оксидів хлору із ступенями окиснення хлору +1, +3, +5, +7 та відповідних кислот. Вкажіть, як послідовно змінюються їх сила, стійкість та окисні властивості.
14. Який склад має хлорна вода? Які процеси відбуваються при додаванні луку до хлорної води?
15. Порівняйте силу кислот, окисну здатність та стійкість у рядах: а) HClO-HBrO-HIO, б) HClO<sub>3</sub>-HBrO<sub>3</sub>-HIO<sub>3</sub>. Як можна пояснити, що з усіх галогенів один тільки йод утворює багатоосновні кислоти?
16. Укажіть зміну кислотних та окисних властивостей кислот у ряді HClO – HClO<sub>2</sub> – HClO<sub>3</sub> – HClO<sub>4</sub>. Вкажіть причину цієї закономірності.
17. Закінчіть рівняння реакцій:
 
$$\text{Br}_2 + \text{KCrO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots,$$

$$\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow,$$

$$\text{NaI} + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{HCl (розб.)} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \dots,$$

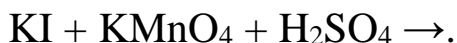
$$\text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow,$$

$$\text{Cl}_2 + \text{FeCl}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_4 + \dots,$$

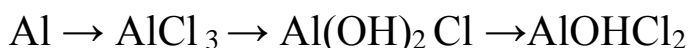
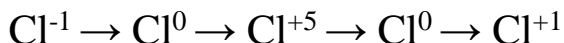
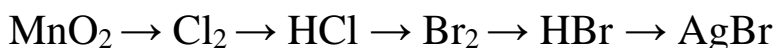
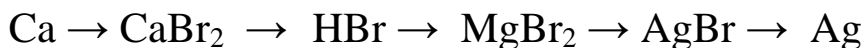
$$\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow,$$

$$\text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots,$$

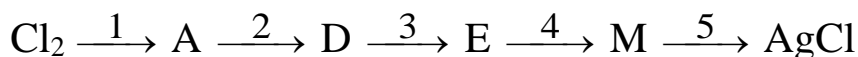
$$\text{Br}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow,$$



18. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення:



19. Визначте невідомі речовини і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення, якщо відомо, що 1, 2, 3 – це окисно-відновні реакції, 4 і 5 – це реакції іонного обміну:



20. Які сполуки галогенів застосовують у медичній практиці та санітарії? На чому ґрунтується дія а) хлорної води, б) хлорного вапна, в) жавелевої води? Наведіть рівняння реакцій їх одержання.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Яку масу йоду і спирту потрібно узяти для приготування 200 г 10 %-ної йодної настойки?  
*Відповідь:* 20 г; 180 г.
2. Для підвищення кислотності шлункового соку застосовують усередину розведену хлоридну кислоту з масовою часткою 0,365 %. Визначте масу кислоти і масу води, які потрібно узяти для приготування 200 г розчину.  
*Відповідь:* 0,73 г; 199,27 г.
3. Який об'єм 5 %-ного спиртового розчину йоду із густиною 0,950 г/мл можна приготувати з 10 г кристалічного йоду?  
*Відповідь:* 211 мл.

4. Скільки мілілітрів 30 %-ного розчину  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,15 \text{ г/мл}$ ) потрібно для добування з неї дією  $\text{MnO}_2$  11,2 л  $\text{Cl}_2$  (н.у.)? *Відповідь:* 211,6 мл.
5. Скільки літрів  $\text{Cl}_2$  (н.у.) утворюється при взаємодії 100 мл 36 %-ної хлоридної кислоти ( $\rho = 1,18 \text{ г/мл}$ ) з 50 г  $\text{KMnO}_4$ ? *Відповідь:* 8,15 л.
6. Знайдіть об'єм хлору (н.у.), який виділиться при взаємодії  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  з 30 %-ним розчином хлоридної кислоти об'ємом 250 мл ( $\rho = 1,148 \text{ г/мл}$ ). *Відповідь:* 11,32 л.
7. Газ, що виділився при нагріванні  $\text{NaCl}$  з концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , прореагував з  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Які маси  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і  $\text{NaCl}$  потрібно взяти, щоб виділився газу вистачило для взаємодії з 5,6 г феруму? *Відповідь:* 14,7 г, 40,95 г.
8. Скільки грамів  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і який об'єм 39 %-ного  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2 \text{ г/мл}$ ) слід взяти для реакції, щоб за допомогою виділеного хлору окислити 0,1 моль  $\text{FeCl}_2$  у  $\text{FeCl}_3$ ? *Відповідь:* 4,9 г, 18,2 мл.
9. Розрахуйте молярну концентрацію хлору у хлорній воді, якщо на нейтралізацію 200 мл хлорної води знадобилося 75 мл 0,5 М розчину калій гідроксиду. *Відповідь:* 0,094 моль/л.
10. Який об'єм (н.у.) хлору поглинається: а) гарячим розчином  $\text{NaOH}$  об'ємом 2 л з концентрацією 5 моль/л, б) на холоді 12 %-ним розчином  $\text{KOH}$  об'ємом 0,5 л ( $\rho = 1,109 \text{ г/мл}$ )? *Відповідь:* а) 112 л, б) 13,2 л.
11. Який об'єм (н.у.) хлору потрібний для взаємодії з 10 мл гарячого 3,75 %-ного розчину  $\text{Ba(OH)}_2$  ( $\rho = 1,04 \text{ г/мл}$ )? *Відповідь:* 0,051 л.
12. Газ, що виділився при взаємодії  $\text{NaCl}$  масою 5,85 г з концентрованою сульфатною кислотою, пропущений крізь 10 %-ний розчин  $\text{AgNO}_3$  ( $\rho = 1,1 \text{ г/мл}$ ) об'ємом

- 200 мл. Знайдіть маси утвореного при цьому осаду і  $\text{AgNO}_3$ , що лишився у розчині. *Відповідь:* 14,35 г, 5,0 г.
13. Який об'єм хлору (н.у.) і яка маса  $\text{Ca(OH)}_2$  потрібні для добування хлорного вапна масою 63,5 г? *Відповідь:* 11,2 л, 37 г.
14. Розрахувати масову долю (в %)  $\text{KClO}_3$  в розчині ( $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$ ), якщо на взаємодію цього розчину об'ємом 5 мл (у присутності розведеної сульфатної кислоти) витрачено 50 мл розчину ферум(II) сульфату з концентрацією 0,12 екв. мас/л. *Відповідь:* 2,4 %.
15. Скільки мілілітрів концентрованої хлоридної кислоти, що містить 39 %  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2 \text{ г/мл}$ ), теоретично необхідно для взаємодії з 0,1 моль  $\text{KMnO}_4$ ? Який об'єм хлору виділиться при цьому (н.у.)? *Відповідь:* 62,3 мл, 5,6 л.

## **4.2. ГІДРОГЕН ТА ЙОГО СПОЛУКИ**

*Гідроген. Загальна характеристика. Особливості положення Гідрогену в періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва. Характерні ступені окиснення. Іон Гідрогену та іон гідроксонію. Взаємодія з киснем, галогенами, металами та оксидами металів. Вода. Фізичні та хімічні властивості. Вода як ліганд у комплексних сполуках. Кристалогідрати. Очищена та апірогенна вода, їх використання у фармації. Гідроген пероксид. Отримання, хімічна активність. Окисно-відновна двоїстість. Реакція якісного виявлення гідроген пероксиду. Використання кисню та його сполук у медицині та фармації.*

**Основні терміни та поняття:** *гідроген, вода, кисень, озон, гідроген пероксид, використання кисню та його сполук у медицині та фармації.*

**Мета роботи.** Ознайомлення з методами добування, фізичними, хімічними властивостями гідрогену та кисню. Добування гідроген пероксиду та його похідних, ознайомлення з якісною реакцією на  $\text{H}_2\text{O}_2$  та реакцією його каталітичного розкладання, вивчення окисно-відновних властивостей гідроген пероксиду.

### **Лабораторна робота**

#### **Дослід 1. Добування гідроген пероксиду**

До хімічного стакану або колби місткістю 50 мл налийте розчин сульфатної кислоти об'ємом 15 мл з масовою часткою 25 % та охолодіть її в охолоджуючій суміші (суміш льоду з кухонною сіллю) нижче  $0^\circ\text{C}$ . До охолодженого розчину сульфатної кислоти всипте невеличкими порціями приблизно 1 г  $\text{BaO}_2$ . Не припиняючи охолодження, дайте осісти осаду, що утворився, та злийте прозорий розчин з осаду. Добутий розчин гідроген пероксиду збережіть для подальших дослідів. Напишіть рівняння реакції.

#### **Дослід 2. Кислотні властивості гідроген пероксиду**

До 3-4 крапель 0,5 н розчину солі алюмінію додайте краплями 2 н розчин натрій гідроксиду спочатку до утворення осаду, а потім до його розчинення. До отриманого розчину додайте краплями розчин

гідроген пероксиду з масовою часткою 3 % до утворення осаду. Напишіть рівняння реакції. Наведіть вираз першої константи дисоціації гідроген пероксиду.

### **Дослід 3. Каталітичний розклад гідроген пероксиду**

а) Налийте до пробірки 3-4 краплі добутого у попередньому досліді гідроген пероксид та нагрійте пробірку. Який газ виділяється?

б) До пробірки з 2-3 краплями гідроген пероксиду всипте на кінчику шпателя манган(IV) оксид. Випробуйте газ, що виділяється, тліючою скіпкою. Напишіть рівняння реакції розкладання гідроген пероксиду.

- Яку роль відіграє  $MnO_2$  у розкладанні гідроген пероксиду?
- До якого типу окисно-відновних реакцій належить розкладання гідроген пероксиду?

### **Дослід 4. Окисно-відновні властивості гідроген пероксиду**

а) Внесіть в пробірку 2-3 краплі 0,1 н розчину калій йодиду та краплю 2 н розчину сульфатної кислоти. Потім додайте краплями розчин гідроген пероксиду. Відмітьте зміну забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакції.

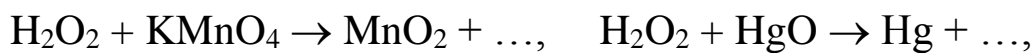
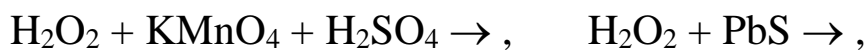
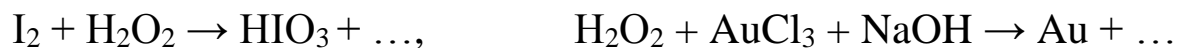
б) До 2-3 крапель 0,1 н розчину калій перманганату, підкисленого краплею 2 н розчину сульфатної кислоти, додайте краплями розчин гідроген пероксиду до зникнення фіолетового забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакції. Зробіть висновок про окисно-відновні властивості гідроген пероксиду.

### **Дослід 5. Реакція якісного виявлення гідроген пероксиду**

У пробірку внесіть 3-4 краплі розчину гідроген пероксиду та стільки ж крапель 2 н розчину сульфатної кислоти. Потім додайте 4-5 крапель ефіру. Перемішайте та дайте відстоятися до утворення двох шарів. Додайте 2-3 краплі 0,5 н розчину калій дихромату. Зверніть увагу на синє забарвлення ефірного шару, яке обумовлено утворенням оксиду – пероксиду хрому  $CrO_5$ . Простежте за зміною забарвлення водного шару протягом декількох хвилин. Поясніть зміну забарвлення. Напишіть рівняння реакцій. Наведіть графічну формулу  $CrO_5$ .

### Питання для самоконтролю

1. Оцініть, наскільки обґрунтовано включення гідрогену до VIIA та IA груп Періодичної системи елементів.
2. Які типи хімічних зв'язків утворюють атоми гідрогену в газоподібних, полімерних та металевих гідридах?
3. Якого типу реакції можуть перебігати при розчиненні гідридів металів та неметалів у воді?
4. У чому полягають застережні заходи при роботі з гідрогеном?
5. Наведіть приклади реакцій, в яких гідроген виявляє відновні та окисні властивості.
6. Наведіть рівняння реакції, в якій гідроген пероксид одночасно виявляє окисні та відновні властивості. Укажіть тип реакції.
7. Чи можна добути гідроген пероксид при безпосередній взаємодії гідрогену з киснем?
8. Як можна добути гідроген пероксид а) електрохімічним способом; б) хімічним способом?
9. За допомогою яких реакцій можна довести, що гідроген пероксид є слабкою кислотою?
10. Чим відрізняються діоксиди металів від пероксидів? Напишіть графічні формули сполук  $MnO_2$ ,  $PbO_2$ ,  $BaO_2$  і дайте їм назви.
11. За допомогою рівнянь реакцій доведіть окисно-відновну подвійність гідроген пероксиду. Укажіть її причину. Підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



### Задачі для самостійного розв'язання

1. Для змазування порожнини рота був приготовлений розчин з 5 мл 30 %-ного розчину гідроген пероксиду із густиною 1,4 г/мл і 15 мл дистильованої води. Розрахуйте масову частку  $\text{H}_2\text{O}_2$  у приготовленому розчині. *Відповідь:* 9,5 %.
2. Яка кількість оксисену за масою і за об'ємом (н.у.) вийде при розкладанні однакових мас (по 10 г)  $\text{BaO}_2$  і  $\text{HgO}$ ? *Відповідь:* 0,95 г і 0,74 г, 0,66 л і 0,52 л.
3. Скільки грамів 3.4 -ного розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$  потрібно для окислення 100 мл 1 М розчину  $\text{FeSO}_4$  у присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? *Відповідь:* 50 г.
4. Один грам цинку взаємодіє з розчином хлоридної кислоти і така ж маса алюмінію взаємодіє з розчином лугу. У якому випадку виділиться більше гідрогену? *Відповідь:* у разі Al.
5. Знайдіть масу купрум(II) оксиду, яку можна відновити гідрогеном, добутим при гідролізі 6,3 г кальцій гідриду. Скільки грамів купрум(II) оксиду при цьому виділиться? *Відповідь:* 24 г  $\text{CuO}$ ; 19,2 г Cu.
6. Який об'єм гідрогену, виміряного при 27 °C та тиску 101325 Па, потрібний для відновлення германій(IV) оксиду масою 1 г? *Відповідь:* 0,47 л.
7. Скільки за масою калій перманганату, в якому масова частка домішок дорівнює 4 %, слід узяти для добування оксигену об'ємом 2,5 л при 37 °C і тиску  $1,0133 \cdot 10^5$  Па? *Відповідь:* 32 г.
8. Знайдіть масу натрій тіосульфату, який знадобиться для розчинення йоду, що утворився при взаємодії 62 мл 10 %-ного розчину калій йодиду ( $\rho = 1,076$  г/см<sup>3</sup>) з надлишком розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$  у кислому середовищі. *Відповідь:* 6,35 г.
9. Скільки мілілітрів 24 %-ного розчину хлоридної кислоти ( $\rho = 1,119$  г/см<sup>3</sup>) знадобиться для нейтралізації розчину натрій гідроксиду, що утворився при гідролізі 7,8 г натрій пероксиду? *Відповідь:* 27,2 мл.

### 4.3. ЕЛЕМЕНТИ VIA ГРУПИ

*Загальна характеристика р-елементів VIA групи. Характерні ступені окиснення елементів у сполуках. Сульфур. Алотропія сульфур. Хімічні властивості. Сполуки сульфур з металами та гідрогеном. Сірководень (сульфур гідрид). Рівноваги у водних розчинах сірководню. Сульфіди та гідрогенсульфіди. Розчинність у воді, гідроліз. Відновні властивості сірководню та сульфідів. Сполуки сульфур(IV). Сульфур(IV) оксид. Рівноваги у водних розчинах. Сульфіти, окисно-відновні властивості сполук сульфур(IV). Розчинність у воді, гідроліз та термічна стійкість. Сульфур(VI) оксид. Сульфатна кислота. Олеум. Сульфати, розчинність у воді та термічна стійкість. Хлорсульфонова кислота. Пероксомоносульфатна та пероксодисульфатна кислоти. Пероксодисульфати та їх окисні властивості. Тіосульфати. Отримання. Реакції з кислотами, окисниками та катіонами-комплексоутворювачами. Політіонові кислоти. Політіонати, їх будова. Біологічна роль сульфур та його сполук. Використання в медицині та фармацевтичному аналізі. Селен та телур. Порівняння стійкості, окисних та відновних властивостей у ряді:  $H_2S - H_2Se - H_2Te$ . Селеніди та телуриди. Селен(IV) оксид. Селенітна кислота. Кислотні та окисні властивості. Селенатна кислота. Окисні властивості.*

**Основні терміни та поняття:** *сульфур, сполуки сульфур з металами та гідрогеном, сірководень, біологічна роль сульфур та його сполук, селен та телур.*

**Мета роботи.** *Ознайомлення з властивостями сульфур та деяких його сполук. Встановлення окисно-відновної здатності залежно від ступеня окиснення сульфур.*

#### Лабораторна робота

##### **Дослід 1. Відновні властивості сульфатної кислоти та її солей**

У пробірку, що містить 2-5 краплі розчину калій дихромату і 3-4 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти, додайте кілька кристалів натрій сульфату. Відзначте перехід помаранчевого забарвлення дихромат-іона в зеленуватий, характерний для іона хрому(III). Напишіть

рівняння реакції в молекулярній формі, складіть електронно-іонну схему. Вкажіть, які властивості виявляє в цій реакції сульфур(IV).

### **Дослід 2. Отримання сульфіто-комплексів**

До 5-6 крапель аргентум нітрату додайте по краплях розчин натрій сульфїту. Спочатку випадає білий осад аргентум сульфїту, розчинний в надлишку розчину натрій сульфїту з утворенням комплексної солі. Складіть рівняння реакцій, враховуючи, що координаційне число іона аргентуму дорівнює двом. Назвіть отриману комплексну сполуку.

### **Дослід 3. Відмінність сульфїт-іонів від сульфат-іонів**

У дві пробірки налейте по 5-6 крапель розчину барій хлориду і додайте в одну пробірку свіжоприготований розчин натрій сульфїту, а в іншу – розчин натрій сульфату. Що спостерігаєте? Додайте в обидві пробірки по 5-6 крапель концентрованої хлоридної кислоти. Що відбувається з осадами? Поясніть явища, що спостерігаються, використовуючи ДР. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

### **Дослід 4. Тіосульфатна кислота та тіосульфати**

а) Внесіть у пробірку 5-6 крапель 0,5 н розчину натрій тіосульфату та додайте 3-4 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти. Відмітьте утворення осаду сульфуру та виділення газу. Напишіть рівняння реакцій та графічну формулу тіосульфатної кислоти.

б) У пробірку з 5-6 краплями натрій тіосульфату додайте краплями хлорну або бромну воду до появи осаду сульфуру. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, яка перебігає при недостатчі окисника.

в) У пробірку з 3-4 краплями бромної води додайте краплями розчин натрій тіосульфату до знебарвлення бромної води. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, яка перебігає при надлишку окисника.

г) До 5-6 крапель йодної води ( $KI + I_2$ ) додайте краплями 0,5 н розчин натрій тіосульфату до знебарвлення йодної води. Напишіть рівняння реакції. Обчисліть еквівалентну масу натрій тіосульфату у даній реакції. Наведіть графічну формулу натрій тетратіонату.

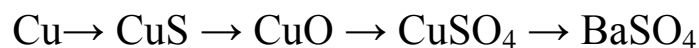
### Питання для самоконтролю

1. Як змінюються потенціал іонізації та спорідненість до електрону у ряді S – Se – Te – Po? Чим це пояснюється?
2. Охарактеризуйте можливі валентні стани та ступені окиснення р-елементів VIA групи з урахуванням електронної конфігурації зовнішнього шару атомів.
3. Напишіть рівняння реакції, яка відбувається при нагріванні сульфуру в киплячому натрій гідроксиді. Укажіть тип реакції.
4. Напишіть рівняння реакції дисоціації сульфідної та сульфітної кислот. Наведіть вираз для первинної, вторинної та загальної констант дисоціації.
5. Напишіть рівняння реакції отримання сульфур(IV) оксиду з сульфуру, сірководню, натрій сульфіту, цинк сульфід, ферум(II) персульфіду та сульфатної кислоти.
6. Поясніть закономірність у зміні температур плавлення та кипіння простих речовин у ряді оксисен-полоній. Чому температури плавлення та кипіння сульфуру значно вищі, ніж відповідні температури для оксигену? Чому при переході від флуору до хлору не спостерігається такої сильної відмінності у температурах плавлення та кипіння?
7. Чому швидкість взаємодії багатьох речовин із сульфуром вища, ніж з оксигеном, хоча оксисен є сильнішим окисником?
8. Порівняйте окисно-відновні властивості халькогеноводнів у газоподібному стані та у водних розчинах. Чи можуть вода та сірководень виступати у ролі окисників?
9. Як змінюються (зменшуються або збільшуються) а) кислотно-основні, б) окисно-відновні властивості у ряді сполук  $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{Se} - \text{H}_2\text{Te}$ ? Відповідь підтвердить прикладами.
10. Чи можна для добування сірководню використовувати реакції взаємодії сульфідів з нітратною кислотою; оцтовою кислотою?
11. Які з наведених осушувачів можна використовувати для осушення сірководню: а) концентрована сульфатна кислота; б) твердий луг; в) безводний кальцій хлорид?

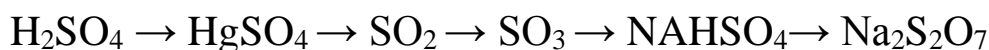
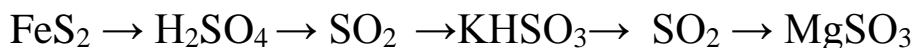
12. Чи гідролізуються такі солі: CaS, KHS, Na<sub>2</sub>Se, CuS, HgS? Як залежить здатність до гідролізу цих солей від їх розчинності?
13. Які з сульфідів: Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S, ZnS, PbS, FeS у розчині гідролізуються? Які з перелічених сульфідів можуть бути добуті шляхом обмінної реакції у водному розчині?
14. Укажіть зміну кислотних та окисних властивостей кислот: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та H<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>. Поясніть, чому аурум розчиняється у гарячій концентрованій селенатній кислоті та не розчиняється у концентрованій сульфатній кислоті.
15. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення:



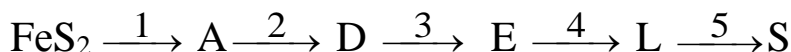
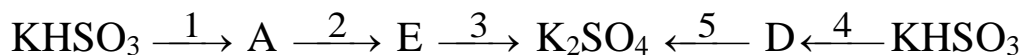
↓



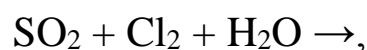
↓



17. Визначте невідомі речовина і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення. Відомо, що всі невідомі речовини містять атоми сульфуру:



18. Закінчіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



### Задачі для самостійного розв'язання

1. Який об'єм сірководню (н.у.) потрібно пропустити крізь 200 г розчину плюмбум ацетату з масовою часткою 16 %, щоб повністю осадити йони плюмбуму у вигляді сульфїду?  
*Відповідь:* 2,2 л.
2. Підкислений сульфатною кислотою розчин, що містить 0,316 г калій перманганату, знебарвився при пропущенні в нього сірководню, добутого з ферум(II) сульфїду і кислоти. Яка маса ферум(II) сульфїду при цьому витрачена? *Відповідь:* 0,44 г.
3. Який об'єм повітря, приведений до нормальних умов, потрібний для випалення 5 т піриту, в якому масова частка  $\text{FeS}_2$  дорівнює 70 %? *Відповідь:* 8556 м<sup>3</sup>.
4. 560 мл  $\text{H}_2\text{S}$  (н.у.) виявилось достатнім для того, щоб у сірчано-кислому розчині відновити 500 мл розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Яка нормальна концентрація цього розчину? *Відповідь:* 0,1 н.
5. Розрахуйте еквівалентну концентрацію сірководневої кислоти, якщо при пропусканні сульфур(IV) оксиду через її розчин об'ємом 1 л виділився сульфур масою 3 г. *Відповідь:* 0,125 екв.мас/л.
6. До простої речовини, що утворилася внаслідок взаємодії 2,68 л сірководню та 1,12 л (н.у.) сульфур(IV) оксиду, додали гарячий концентрований розчин лугу. Добутий прозорий розчин підкислили до кислої реакції та додали до нього розчин  $\text{KMnO}_4$  до утворення світло-жовтого осаду. Який об'єм 0,5 н розчину  $\text{KMnO}_4$  витратився в окисно-відновній реакції? *Відповідь:* 0,6 л.
7. Який об'єм 1 н розчину  $\text{BaCl}_2$  знадобиться для осадження сульфат-іонів, що утворюються при взаємодії 4,26 г натрій трисульфїду з 0,5 кг розчину натрій хлорату з  $w = 2,5\%$ ?  
*Відповідь:* 0,18 л.
8. При дії сульфїду амонію на розчин  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  об'ємом 50 мл утворився осад гідроксиду хрому(III) масою 0,31 г. Визначте молярну концентрацію сульфату хрому(III). *Відповідь:* 0,03 моль/л.

9. Який об'єм сульфур(IV) оксиду (н.у.) слід пропустити крізь розчин натрій гідроксиду з молярною концентрацією 2 моль/л об'ємом 100 мл для повного його переведення: 1) на гідросульфід, 2) на сульфід? *Відповідь:* 4,48 л, 2,24 л.
10. Крізь розчин плюмбум(II) нітрату об'ємом 500 мл пропустили струм сірководню до повного осадження іонів плюмбуму. Чорний осад обробили концентрованим розчином гідроген пероксиду до перетворення його у білий осад, маса якого 0,5 г. Визначте молярну концентрацію плюмбум(II) нітрату. *Відповідь:* 0,0033 моль/л.
11. Обчисліть масу плюмбум(II) сульфату, добутого при взаємодії 150 г 8 %-ного розчину плюмбум(II) нітрату і 70 г 6 %-ного розчину натрій сульфіді і наступній дії на отриманий осад розведеною нітратної кислотою. *Відповідь:* 12,12 г.
12. Скільки мілілітрів 0,5 н. розчину  $\text{Na}_2\text{S}$  буде потрібно, щоб осадити ферум, що міститься у 10 мл 0,2 н розчину  $\text{FeSO}_4$ ? *Відповідь:* 4 мл.
13. Чому дорівнюють об'єми оксисену (н.у.), добутого з  $\text{KClO}_3$  і  $\text{KMnO}_4$ , взятих масою по 1 кг? *Відповідь:* 274 л, 70,9 л.
14. Розрахуйте об'ємну частку (%) озону у оксигені, якщо при пропусканні 11,2 л озонованого оксисену крізь розчин KI виділяється 1,016 г йоду. *Відповідь:* 0,8 %.
15. Який об'єм повітря (н.у.), що містить 12 % (об.)  $\text{O}_3$ , буде потрібний для окиснення у кислому середовищі NaI, що міститься в 280 мл його 0,1 н. розчину? *Відповідь:* 1,3 л.

#### 4.4. ЕЛЕМЕНТИ VA ГРУПИ

Загальна характеристика р-елементів VA групи. Нітроген. Можливі ступені окиснення нітрогену в сполуках. Причини низької хімічної активності молекулярного нітрогену. Сполуки нітрогену з негативними ступенями окиснення: амоніак, гідроксиламін, гідразин. Фізичні та хімічні властивості амоніаку: реакції приєднання, заміщення, окиснення. Амідни та нітриди. Молекула амоніаку як ліганд у комплексних сполуках. Солі амонію, розчинність у воді та гідроліз. Термічне розкладання солей амонію. Якісна реакція на катіон амонію. Нітрогеноводнева кислота та азиди. Сполуки нітрогену з позитивними ступенями окиснення. Нітритна кислота, нітрити, окисно-відновна двоїстість. Нітратна кислота. Окисні властивості та продукти відновлення. "Царська вода", механізм її окисної дії. Фосфор. Можливі та характерні ступені окиснення у сполуках. Алотропія. Сполуки з металами та неметалами. Оксиди та гідроксиди фосфору. Окисно-відновна двоїстість гіпофосфітної, фосфітної кислот та їх солей. Ортофосфорна кислота. Фосфати, розчинність у воді та гідроліз. Дифосфатна та метафосфатна кислоти. Елементи підгрупи Арсену. Загальна характеристика. Характерні ступені окиснення у сполуках. Стійкість гідридів. Реакція виявлення арсену за методом Марша. Сполуки з галогенами та киснем. Кислотно-основні властивості оксидів та гідроксидів. Арсенітна та арсенатна кислоти. Окисно-відновні властивості арсенітів та арсенатів. Солі стибію(III) та бісмуту(III), їх розчинність та гідроліз. Реакція якісного виявлення катіону бісмуту(III). Стибатна кислота та її солі. Окисні властивості натрію бісмутату(V). Біологічна роль р-елементів VA групи. Використання їх сполук у медицині та фармацевтичному аналізі.

**Основні терміни та поняття:** нітроген, фосфор, елементи підгрупи Арсену, біологічна роль р-елементів VA групи. Використання їх сполук у медицині та фармацевтичному аналізі.

**Мета роботи.** Ознайомлення з добуванням та властивостями елементів VA групи та їх сполук.

## Лабораторна робота

### Дослід 1. Отримання амоніаку

У суху пробірку внесіть по мікрошпателю амоній хлориду та кальцію гідроксиду. Перемішайте вміст пробірки скляною паличкою та обережно нагрійте. До отвору пробірки піднесіть послідовно: вологу смужку червоного лакмусового паперу та скляну паличку, змочену концентрованою хлоридною кислотою. Відмітьте, що відбувається в кожному випадку. Напишіть рівняння реакцій отримання амоніаку та його взаємодії з хлоридною кислотою. Це реакція якісного виявлення катіона амонію.

### Дослід 2. Властивості солей амонію

У суху пробірку внесіть 1 мікрошпателю амоній хлориду, обережно нагрійте дно пробірки. Відмітьте утворення білого нальоту у верхній частині пробірки. Напишіть рівняння оборотної реакції термічного розкладання амоній хлориду.

### Дослід 3. Відновні властивості амоніаку

У пробірку внесіть 2-3 краплі 0,1 н розчину калій перманганату та 4-5 крапель амоніаку з масовою часткою 25 %. Суміш трохи підігрійте. Спостерігайте зміну забарвлення розчину. Напишіть рівняння окисно-відновної реакції.

### Дослід 4. Окисно-відновні властивості нітритів (Тяга!)

а) У пробірку внесіть 3-4 краплі 0,1 н розчину калій йодиду і такий же об'єм 2 н розчину сульфатної кислоти. Потім додайте 2-4 краплі свіжоприготованого 0,5 н розчину натрій нітриту. Напишіть рівняння реакції, враховуючи, що нітрит-іон відновлюється до нітроген(II) оксиду.

б) У пробірку з 3-4 краплями 0,1 н розчину калій перманганату, підкисленого 1-2 краплями 2 н розчину сульфатної кислоти, додайте 2-4 краплі свіжоприготованого 0,5 н розчину натрій нітриту. Відмітьте зникнення червоно-фіолетового забарвлення перманганат-іона. Напишіть рівняння реакції. Зробіть висновок про окисно-відновну двоїстість нітратної кислоти та нітритів.

### **Дослід 5. Гідроліз солей фосфатної кислоти**

На три смужки універсального індикаторного паперу нанесіть по 1 краплі 0,1 М розчинів: на першу – натрій фосфат, на другу – натрій гідрогенфосфат, на третю – натрій дигідрогенфосфат. Визначте рН розчинів солей. Напишіть іонні та молекулярні рівняння реакцій гідролізу. Обчисліть значення констант гідролізу для кислих солей. Порівняйте їх з відповідними значеннями констант дисоціації ортофосфатної кислоти.

### **Дослід 6. Гідроліз солей стибію(III) та бісмуту(III)**

У пробірку внесіть 3-4 краплі насиченого розчину солі стибію(III) або солі бісмуту(III), додайте краплями очищену воду до утворення білого осаду. Напишіть іонне та молекулярне рівняння реакції гідролізу солі за першим та другим ступенем з утворенням оксосолі. До осаду оксосолі додайте краплями концентровану хлоридну кислоту до повного її розчинення. Напишіть рівняння реакції. Укажіть напрямок зміщення хімічної рівноваги реакції гідролізу солі при підкисленні та розведенні розчину.

### **Дослід 7. Окисні властивості сполук бісмуту(III)**

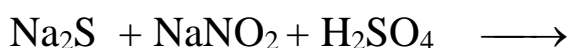
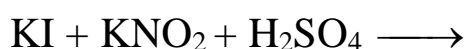
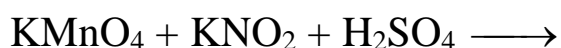
У пробірку внесіть 1-2 краплі 0,5 М розчину станум(II) хлориду та додайте краплями 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  та подальшого його розчинення. До отриманого розчину додайте 1 краплю 0,5 М розчину солі бісмуту(III). Спостерігайте утворення чорного осаду металічного бісмуту. Напишіть рівняння відповідних реакцій. Це реакція якісного виявлення катіона бісмуту(III).

### **Питання для самоконтролю**

1. Наведіть приклади реакцій термічного розкладу солей амонію летких кислот, нелетких кислот, кислот-окисників. У чому полягає відмінність термічної дисоціації від електролітичної?
2. Як взаємодіють: гідразин з йодом; гідроксиламін з йодом у лужному розчині; гідроксиламін з підкисленим розчином перманганату калію; гідроксиламін з підкисленим розчином сульфату заліза(II)?

Складіть рівняння реакцій і покажіть, які властивості гідразину та гідроксиламіну вони підтверджують.

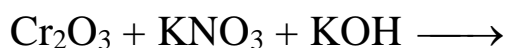
3. Напишіть рівняння реакцій добування хлораміну. Які властивості має ця речовина та де її використовують?
4. Які з оксидів азоту взаємодіють з водою та розчином лугу? Напишіть рівняння реакцій.
5. Закінчіть рівняння реакцій, які підтверджують хімічні властивості солей азотистої кислоти:



Які з наведених реакцій підтверджують окисні властивості солей азотистої кислоти, а які – відновні?

6. Що відбувається при тривалому стоянні розчину нітриту калію на повітрі?
7. Складіть рівняння реакцій окиснення сірки, фосфору, вуглецю концентрованою азотною кислотою.
8. Як взаємодіє концентрована та розбавлена азотна кислота з магнієм, залізом, сріблом? Напишіть рівняння реакцій.
9. Чому не можна зберігати концентровану азотну кислоту: а) на світлі; б) у щільно закритій склянці?
10. Складіть рівняння термічного розкладу нітрату натрію, нітрату міді(II), нітрату срібла.

11. Закінчіть рівняння реакцій:



Які властивості має нітрат калію?

12. Напишіть рівняння реакцій отримання нітрогену: а) термічним розкладанням амоній дихромату та амоній нітриту; б) взаємодією амоніаку з купрум(II) оксидом при нагріванні; в) спалюванням амоніаку у відсутності каталізатора.

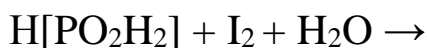
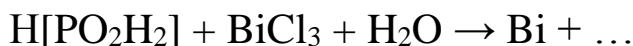
13. Напишіть продукти термічного розкладання нітратів:



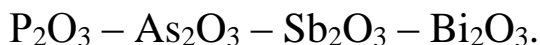
14. Напишіть рівняння реакції диспропорціонування фосфору в лужному середовищі, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом. Назвіть отримані продукти за систематичною та традиційною номенклатурою.

15. Напишіть рівняння реакцій отримання гіпофосфітної та ортофосфатної кислот з відповідних оксидів та хлоридів фосфору.

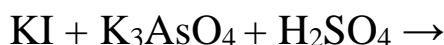
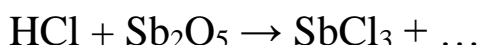
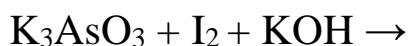
16. Закінчіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



17. Охарактеризуйте кислотно-основні властивості оксидів у ряді:



18. Закінчіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:

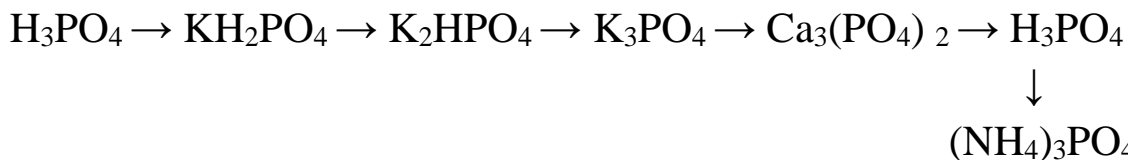
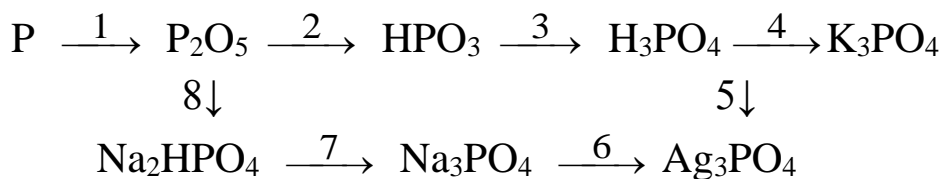
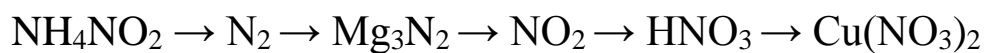


19. Напишіть рівняння реакції якісного виявлення арсену за методом Марша, якщо в зразку для аналізу міститься арсен(III) оксид. Підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.

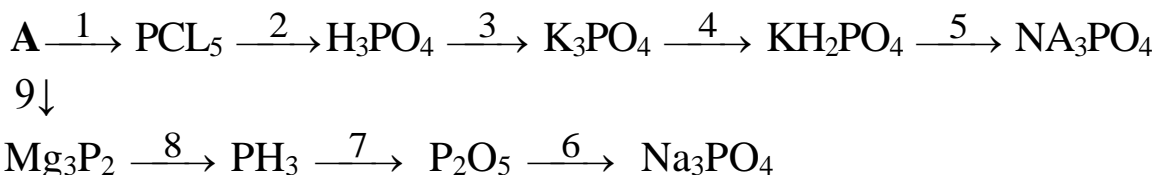
20. Гідроксиди стибію(III) та бісмуту(III) – малорозчинні сполуки. Укажіть, за допомогою якої речовини їх можна розділити.

21. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення:

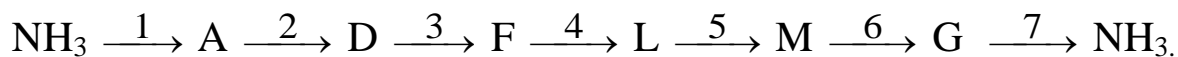




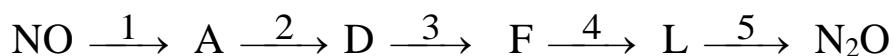
22. Визначте невідому речовину і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення:



23. Визначте невідому речовину і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення. Відомо, що всі невідомі речовини містять атоми нітрогену, реакції 2, 3, 4, 7 є реакціями сполучення, а реакція 5 є реакцією розкладання:



24. Визначте невідому речовину і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення. Відомо, що всі невідомі речовини містять атоми нітрогену і всі реакції є окисно-відновними:



25. Закінчіть рівняння реакцій та розставте коефіцієнти методом електронно-іонного балансу. Які властивості тривалентного арсену підтверджуються даними реакціями?



26. Як змінюється основний характер гідроксидів у ряді:  $\text{As}^{3+} \rightarrow \text{Sb}^{3+} \rightarrow \text{Bi}^{3+}$ ? Чому стибій(III) хлорид сильніше гідролізується, ніж бісмут(III) хлорид?

27. Наведіть приклади реакцій, які підтверджують відновні властивості сполук бісмуту(III).
28. Закінчіть рівняння реакції:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaBiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ . Чим є натрій бісмутат в цій реакції – окисником чи відновником?
29. Як можна відрізнити бісмут(III) сульфід від стибій(III) сульфідну?
30. Біологічна роль та використання у медицині і фармації. сполук арсену, стибію та вісмуту .

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Змішані 30 г амоній хлориду та 45 г кальцій гідроксиду. Який об'єм амоніаку виділиться при цьому (н.у.)? *Відповідь:* 12,56 л.
2. Який об'єм (мл) 0,2 н розчину калій нітриту необхідний для відновлення у кислому середовищі 50 мл 0,15 н розчину калій перманганату? *Відповідь:* 37,5 мл.
3. Який об'єм амоніаку (л), виміряний за нормальних умов, потрібний для добування розчину нітратної кислоти масою 2,5 г з мас. часткою 58 %, якщо виробничі втрати амоніаку становлять 7 %? *Відповідь:* 0,55 л.
4. Який об'єм розчину сульфатної кислоти з мас. часткою 98 % ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) необхідний для взаємодії з 35 г калій нітрату при слабкому нагріванні? Який об'єм розчину нітратної кислоти з молярною концентрацією еквіваленту 2 моль/л можна виготовити з добутої нітратної кислоти, враховуючи, що вихід дорівнює 100 %? *Відповідь:* 173 мл  $\text{HNO}_3$ ; 9,42 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
5. При прожарюванні суміші цинку та магній нітратів масою 0,575 г було отримано залишок масою 0,180 г. Визначте масу кожного нітрату у суміші. *Відповідь:* 0,155 г, 0,420 г.
6. Знайдіть масу фосфору, яку можна добути з 1,2 кг кальцій фосфату, якщо вихід становить 70 %. Обчисліть маси вугілля та піску, необхідні для цього. *Відповідь:* P – 0,168 кг; C – 0,232 кг;  $\text{SiO}_2$  – 0,697 кг.
7. Внаслідок окиснення фосфору розчином нітратної кислоти ( $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ;  $\omega = 65 \%$ ) добуто 18,4 г ортофосфорної кислоти. Обчис-

- літь масу фосфору та об'єм (мл) нітратної кислоти, витрачених на реакцію. *Відповідь*: 5,82 г; 65 мл.
8. Яку масу фосфорної кислоти ( $\omega = 35\%$ ) можна добути з 3 т фосфориту, що містить 67 % кальцій фосфату? *Відповідь*: 3631 кг.
9. Яка маса апатиту, що містить 40 %  $P_2O_5$ , необхідна для добування 1 т суперфосфату? *Відповідь*: 954,3 кг.
10. Яка маса цинку необхідна для відновлення 15 г 0,75 %-ного розчину натрій арсеніту у кислому середовищі? *Відповідь*: 0,11 г.
11. Який об'єм (мл) 60 %-ного розчину нітратної кислоти ( $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ) необхідний для окиснення 5 г арсен(III) сульфід, якщо нітратна кислота відновлюється до NO? *Відповідь*: 14,2 мл.
12. Знайдіть масу (кг) стибієвого блиску, що містить 75 % стибій сульфід, необхідну для добування 250 кг стибію. *Відповідь*: 464,5 кг.
13. Який об'єм (мл) бром (  $\rho = 3,1 \text{ г/см}^3$  ) необхідний для окиснення у лужному середовищі 2,3 г бісмут(III) оксиду? *Відповідь*: 0,51 мл.
14. Обчисліть об'єм 0,15 н. розчину натрій гіпохлориту, потрібного для розчинення «миш'якового дзеркала», що утворюється при окисненні проби, яка містить 5 мл 0,01 М розчину натрій арсеніту. *Відповідь*: 1,67 л.
15. Скільки мл 0,1 н розчину калій персульфату потрібно для переведення у розчинну сполуку 2,6 г бісмут(III) гідроксиду? Скільки бісмуту випаде в осад при взаємодії цієї ж кількості бісмут(III) гідроксиду з відновником? *Відповідь*: 200 мл  $K_2S_2O_8$ ; 2,09 г Ві.

## 4.5. ЕЛЕМЕНТИ IVA ГРУПИ

*Загальна характеристика р-елементів IVA групи. Карбон. Алотропія карбону. Активне вугілля. Карбіди. Взаємодія карбідів кальцію та алюмінію з водою. Карбон(IV) оксид. Хімічний зв'язок та структура молекули. Рівноваги у водному розчині CO<sub>2</sub>. Карбонати та гідрогенкарбонати. Термічна стійкість. Розчинність у воді та гідроліз. Карбон(II) оксид. Природа зв'язку та міцність молекули. Взаємодія з хлором. Карбоніли металів. Ціанідна кислота та ціаніди. Тіоціанати. Силіцій. Загальна характеристика. Силіциди, силани, силіцій тетрафторид та тетрахлорид. Гідроліз. Силіцій(IV) оксид. Силікатні кислоти. Силікогель. Силікати. Розчинність та гідроліз. Скло. Станум та плюмбум. Загальна характеристика. Оксиди та гідроксиди стануму та плюмбуму. Їх кислотно-основні властивості. Відновні властивості станум(II) хлориду та окисні властивості плюмбум(IV) оксиду. Винористання сполук карбону, силіцію, стануму та плюмбуму в медицині та фармацевтичному аналізі.*

**Основні терміни та поняття:** *карбон, силіцій, станум та плюмбум, винористання сполук карбону, силіцію, стануму та плюмбуму в медицині та фармацевтичному аналізі.*

**Мета роботи.** Добування, ознайомлення з хімічними властивостями карбону, силіцію та їх оксигенних сполук.

### *Лабораторна робота*

#### **Дослід 1. Адсорбційні властивості активованого вугілля**

У пробірку внесіть 5-6 крапель метиленової сині або фуксину та додайте 1-2 мікрошпателі **активованого** вугілля. Вміст пробірки перемішайте скляною паличкою. Дайте розчину відстоятися. Відмітьте його зміну.

#### **Дослід 2. Гідроліз натрій силікату**

а) У пробірку з 3-4 краплями насиченого розчину натрій силікату додайте 1-2 краплі фенолфталеїну. Відмітьте, що спостерігається.

б) У пробірку з 3-4 краплями насиченого розчину натрій силікату додайте 1 краплю фенолфталеїну, а потім краплями – 0,5 н розчин амоній хлориду до знебарвлення фенолфталеїну та утворення осаду.

Напишіть іонні та молекулярні рівняння гідролізу натрій силікату у воді та за наявності амоній хлориду.

### **Дослід 3. Отримання та властивості гідроксидів стануму(II) та плюмбуму(II)**

а) У дві пробірки внесіть по 4-5 крапель 0,5 н розчину станум(II) хлориду та додайте краплями 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення білого осаду. Потім в одну пробірку додайте 3-4 краплі 2 н розчину хлоридної кислоти, а в другу – надлишок 2 н розчину натрій гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах, враховуючи, що в розчині кислоти катіон  $\text{Sn}^{2+}$  існує у вигляді аква-, а у розчині лугу – гідроксокомплексу з координаційним числом 4. Зробіть висновок про кислотно-основні властивості  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ .

б) У дві пробірки внесіть по 3-4 краплі 0,5 н розчину солі плюмбуму(II) та додайте краплями 2 н розчин натрій гідроксиду до випадіння осаду. В одну пробірку додайте 3-4 краплі 2 н розчину нітратної кислоти, а в другу – надлишок 2 н розчину натрій гідроксиду. Відмітьте, що відбувається з осадом  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ . Напишіть рівняння реакцій. Укажіть, у якого з гідроксидів –  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  або  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  – більш виражені амфотерні властивості. Відповідь мотивуйте.

### **Дослід 4. Відновні властивості сполук стануму(II)**

У дві пробірки внесіть по 2-3 краплі 0,5 н розчину ферум(III) хлориду, по 1-2 краплі 0,5 н розчину калій гексаціаноферату(III) та по 2-3 краплі очищеної води. Відмітьте забарвлення розчину в обох пробірках. Потім одну пробірку залиште для контролю, а в другу додайте 2-4 краплі 0,5 н розчину станум(II) хлориду. Відмітьте зміну забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакцій.

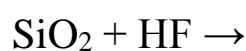
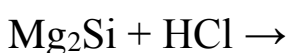
### **Дослід 5. Властивості сполук плюмбуму(II)**

До розчину солі  $\text{Pb}(\text{II})$  додайте 2-4 краплі розчину калій хромату. Напишіть рівняння реакції. Який колір має осад? Розчин злийте з осаду, осад перенесіть до двох пробірок. До однієї пробірки додайте нітратну кислоту, до іншої – розчин лугу. Що спостерігається? Напишіть рівняння реакцій.

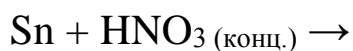
### Питання для самоконтролю

1. На основі електронної будови атомів р-елементів IVA групи вкажіть їх можливі ступені окиснення та найбільш характерні координаційні числа в сполуках.
2. Напишіть формули можливих оксидів та гідроксидів р-елементів IVA групи та охарактеризуйте їх кислотно-основні властивості.
3. Напишіть рівноважні процеси у водному розчині карбон(IV) оксиду. Укажіть напрямки зміщення рівноваги при а) підвищенні температури; б) при додаванні розчину натрій гідроксиду; в) при додаванні  $\text{CO}_2$ .
4. Визначте, яка з наведених солей більш гідролізована (у розчинах однакової концентрації): натрій карбонат або натрій силікат, якщо константи дисоціації карбонатної кислоти дорівнюють  $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4,7 \cdot 10^{-11}$ . Константи дисоціації силікатної кислоти  $K_1 = 2,2 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$ .

5. Напишіть продукти реакцій:

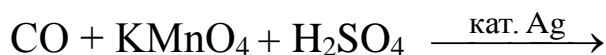


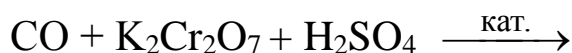
6. Напишіть рівняння реакції отримання  $\alpha$ -станатної кислоти та реакцій, які підтверджують її амфотерність.
7. Закінчіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



9. Поясніть, чому станум розчиняють у концентрованій хлоридній кислоті, а плюмбум – в нітратній.

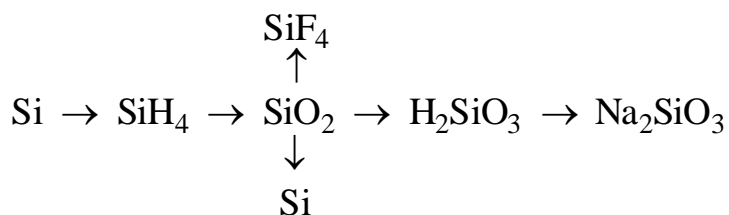
10. Закінчіть рівняння таких реакцій:





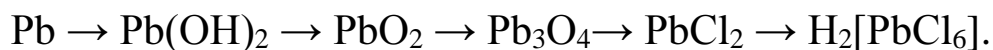
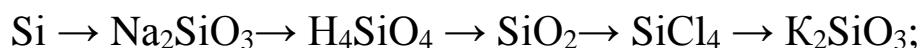
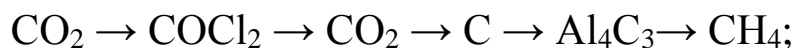
11. Як можна виявити іони  $\text{Sn}^{2+}$  та  $\text{Pb}^{2+}$ , що знаходяться разом у розчині? Дайте характеристику окисно-відновних властивостей цих сполук. Напишіть рівняння відповідних реакцій у молекулярній та іонній формах.

12. Напишіть рівняння реакцій таких перетворень:

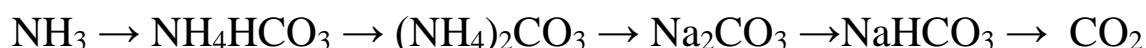
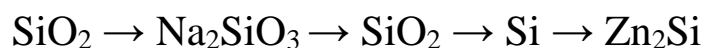


13. Яка з солей більше схильна до гідролізу: а)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  або  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ ; б)  $\text{SnCl}_2$  або  $\text{SnCl}_4$ ? Дайте пояснення.

14. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення:



15. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення:



16. Допишіть рівняння реакцій:



17. Біологічна роль та використання у медицині і фармації елементів IVA групи.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Яку масу питної соди треба розчинити в 200 мл води для приготування 2 %-ного розчину, застосовуваного для полоскання горла? *Відповідь:* 4 г.
2. Який об'єм ацетилену можна отримати з кальцій карбідом, добутого при взаємодії коксу з 62 т негашеного вапна, що містить 80 % кальцій оксиду? *Відповідь:* 19840 м<sup>3</sup>.
3. Скільки кілограмів силіцію та який об'єм 32 %-ного розчину NaOH ( $\rho = 1,35 \text{ г/см}^3$ ) будуть потрібні для добування 15 м<sup>3</sup> водню, виміряного при 17 °C та 98,64 кПа? *Відповідь:* 8,6 кг; 56,8 л.
4. Скільки мілілітрів 28 %-ного розчину NaOH ( $\rho = 1,31 \text{ г/см}^3$ ) буде потрібно для розчинення силіцію, що утворився при прожарюванні 6 г магнію з 6 г SiO<sub>2</sub>? *Відповідь:* 21,81 мл.
5. Який об'єм 2 н розчину NaOH потрібно додати до 200 г 5 %-ного розчину SnCl<sub>2</sub>, щоб перевести його повністю в тетрагідроксокомплекс? *Відповідь:* 105 мл.
6. Який об'єм (при н.у.) нітроген(IV) оксиду виділиться, якщо 50 г сплаву, що містить 70 % купруму та 30 % стануму, обробити надлишком концентрованого розчину нітратної кислоти? *Відповідь:* 35,8 л.
7. Знайдіть масу стануму, яку можна добути з 81 т 82 %-ного каситериту, якщо втрати виробництва складають 9 %. *Відповідь:* 47,633 т.
8. Яку масу 12 %-ного розчину станум(II) хлориду необхідно взяти для відновлення 2,716 г сулеми до металевого меркурія? *Відповідь:* 15,83 г.
9. До 5 г сурику додали 20 мл 60 %-ного розчину HNO<sub>3</sub> ( $\rho = 1,37 \text{ г/см}^3$ ), розчин з осадом нагріли, а потім розбавили водою до 2 л. Визначте масу осаду та нормальну концентрацію солі у розчині. *Відповідь:* 1,75 г; 0,0146 екв/л.

## 4.6. ЕЛЕМЕНТИ IIIА ГРУПИ

*Загальна характеристика р-елементів IIIА групи. Характерні ступені окиснення у сполуках. Бор. Загальна характеристика. Тип гібридизації атомних орбіталей бору. Хімічні властивості. Бориди. Сполуки з воднем (борани), взаємодія з водою та окисниками. Сполуки бору з галогенами, гідроліз та комплексоутворення. Бор оксид. Кислоти бору. Солі боратних кислот: мета- та ортоборати, натрій тетраборат. Ефіри боратної кислоти. Алюміній. Загальна характеристика. Хімічна активність. Оксид та гідроксид алюмінію, їх амфотерність. Аква- та гідроксокомплекси алюмінію. Сполуки алюмінію з галогенами, сульфуром та карбоном. Розчинність у воді та гідроліз. Біологічна роль бору. Використання сполук бору та алюмінію в медицині та фармації.*

**Основні терміни та поняття:** бор, алюміній, біологічна роль бору та алюмінію, використання сполук бору та алюмінію в медицині та фармації.

**Мета роботи.** Добування, вивчення основних хімічних властивостей бору, алюмінію та їх сполук.

### Лабораторна робота

#### **Дослід 1. Отримання ортоборатної кислоти з натрій тетраборату**

У суху пробірку внесіть 1-2 мікрошпателі натрій тетраборату, розчиніть його у 5-6 краплях очищеної води та нагрійте над полум'ям паяльника до зникнення кристалів. До отриманого насиченого розчину додайте 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Відмітьте колір утворених кристалів ортоборатної кислоти. Напишіть рівняння реакції.

#### **Дослід 2. Реакція якісного виявлення ортоборатної кислоти**

У фарфоровий тигель внесіть декілька кристалів ортоборатної кислоти, 1-2 краплі концентрованої сульфатної кислоти та 5-6 крапель етилового спирту. Перемішайте суміш скляною паличкою та підпаліть борноетиловий ефір, який утворився. Спостерігайте забарв-

лення полум'я. Напишіть рівняння реакції отримання борноетилового ефіру. Укажіть роль сульфатної кислоти.

### **Дослід 3. Амфотерність алюміній гідроксиду**

У дві пробірки внесіть по 5-6 крапель 0,5 н розчину алюміній сульфату та обережно додайте по краплях 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Потім в одну з пробірок додайте 3-5 крапель 2 н розчину хлоридної кислоти, а в другу – стільки ж крапель 2 н розчину натрій гідроксиду. Розчин у другій пробірці зберігайте для дослідів 4. Напишіть рівняння реакцій в молекулярній та іонній формах. Зробіть висновок про властивості алюміній гідроксиду.

### **Дослід 4. Гідроліз солей алюмінію**

а) На смужку універсального індикаторного паперу нанесіть 1-2 краплі 0,5 н розчину алюміній сульфату. За допомогою еталонної шкали визначте рН середовища. Напишіть іонне та молекулярне рівняння реакції гідролізу, враховуючи, що гідроліз перебігає тільки за першим ступенем.

б) До лужного розчину натрій гексагідроксоалюмінату(III), отриманого в досліді 3, додайте 5-6 крапель очищеної води та декілька кристалів амоній хлориду. Прокип'ятіть розчин до зникнення запаху амоніаку. Відмітьте утворення пластівчастого осаду алюміній гідроксиду. Напишіть іонно-молекулярні рівняння гідролізу. Поясніть, чому при додаванні амоній хлориду рівновага зміщується в бік посилення гідролізу.

в) У пробірку внесіть 2-3 краплі 0,5 н розчину алюміній сульфату та стільки ж свіжоприготованого розчину натрій карбонату. Відмітьте випадіння осаду та видалення газу. Напишіть іонні та молекулярні рівняння реакцій сумісного гідролізу цих солей.

### **Питання для самоконтролю**

1. Напишіть електронно-графічні формули бору та алюмінію в основному та збудженому станах. Укажіть можливі ступені окиснення цих елементів.
2. Поясніть, чому молекула  $\text{BF}_3$  може приєднувати молекули амоніаку, води та не може приєднувати молекулу метану.

3. Поясніть, чому за звичайних умов не існує сполуки  $\text{BH}_3$ , а утворюється димер  $\text{B}_2\text{H}_6$ .
4. Як у промисловості добувають алюміній та бор?
5. Як можна пояснити різницю фізичних та хімічних властивостей бору та алюмінію? Порівняйте властивості простих речовин. Проілюструйте їх відповідними рівняннями реакції.
6. Проаналізуйте властивості оксидів та гідроксидів бору. Чим зумовлена здатність бору утворювати численні оксигенвмісні аніони?
7. Охарактеризуйте кислотні властивості мета-, орто- та тетраборатної кислот на основі їх констант дисоціації.
8. Напишіть рівняння реакцій отримання алюміній гідроксиду з:
  - а) металічного алюмінію; б) карбїду алюмінію; в) сульфїду та сульфату алюмінію.
9. Закінчіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:
 
$$\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \quad \text{Al} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow \quad \text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$$
10. Поясніть, чому алюміній сульфїд та карбонат не можна отримати шляхом реакцій обміну відповідних солей у водному розчині.
11. За допомогою рівнянь реакцій здійсніть перетворення:
 
$$\text{Al} \rightarrow \text{Na}_2\text{AlO}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$$

$$\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{KAlO}_2 \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}$$

$$\text{B}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{B}_4\text{O}_7 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{BO}_2$$

$$\text{BCl}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{NaBO}_2.$$
12. Скласти рівняння гідролїзу алюміній карбонату, сульфату і сульфїду та натрій тетраборату. Вказати рН середовища.
13. Написати рівняння реакцій послїдовних перетворень:
 
$$\text{ортоборатна кислота} \rightarrow \text{метаборатна кислота} \rightarrow \text{тетраборатна кислота} \rightarrow \text{боратний ангїдрид}.$$
14. Назвати наступні комплексні сполуки:  $\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_3$ ,  $\text{K}[\text{BF}_4]$ ,  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ ,  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ .
15. Біологічна роль та використання в медицині і фармації елементів IIIA групи.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Визначите масу алюмокалієвих галунів, які застосовуються в медицині для зовнішніх промивань, необхідну для приготування 1000 г 5 %-ного розчину. *Відповідь:* 50 г.
2. Визначите масу бури  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  і масу води, необхідні для приготування 100 г 5 %-ного антисептичного розчину. *Відповідь:* 9,47 г; 90,53 г.
3. Бор масою 10 г обробили концентрованою  $\text{HNO}_3$ . Випав білий осад. Визначте масу добутої речовини. *Відповідь:* 57,22 г.
4. Яка кількість речовини борної кислоти можна одержати з 20 г аморфного бору при окисленні його 50 мл 65 %-ного розчину нітратної кислоти ( $\rho = 1,4$  г/мл), якщо вона відновлюється до  $\text{NO}$ ? *Відповідь:* 0,72 моль.
5. Яка маса борної кислоти і який об'єм гідрогену (н.у.) утворилися при взаємодії 15 л диборану  $\text{B}_2\text{H}_6$  з водою? *Відповідь:* 67,13 г, 72,96 л.
6. Скільки кілограмів ортоборної кислоти  $\text{H}_3\text{BO}_3$  і який об'єм 23 %-ного розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $\rho = 1,25$  г/мл) необхідно витратити для добування 1 т бури  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ? *Відповідь:* 649 кг, 967 л.
7. Яку кількість 30 %-ної борної кислоти необхідно узяти, щоб добути 120 г бури, якщо вихід реакції становить 80 % від теоретично можливого? *Відповідь:* 324,6 г.
8. Скільки вийде  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , якщо до 12 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$  додати 200 мл 0,1 н розчину  $\text{NaOH}$ ? *Відповідь:* 3,82 г.
9. Чому дорівнює маса алюмінію, необхідного для добування хрому масою 1 т з хром(III) оксиду методом алюмотермії? *Відповідь:* 0,52 т.
10. Обчисліть масу алюмінію, необхідного для добування феруму масою 112 г з магнітного залізняку  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . *Відповідь:* 144 г.
11. Скільки грамів металевого алюмінію, що містить 2 % неметалічних домішок, необхідно взяти для добування 1000 л гідрогену (н.у.)? *Відповідь:* 820 г.

12. Якою була маса  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , якщо для його розчинення було потрібно 0,2 л розчину нітратної кислоти ( $\omega=30\%$ ,  $\rho = 1180 \text{ кг/м}^3$ )? Який мінімальний об'єм 2,5 н розчину КОН необхідно витратити для розчинення цієї кількості гідроксиду алюмінію? *Відповідь:* 29,22 г; 150 мл.
13. При обробці суміші аргентуму та алюмінію надлишком розчину концентрованої нітратної кислоти утворилося 6,72 л (н.у.) газу. При обробці такої ж маси суміші надлишком розчину гідроксиду натрію виділилося 6,72 л (н.у.) газу. Розрахуйте масові частки компонентів у суміші. *Відповідь:* 86 % аргентуму; 14 % алюмінію.
14. Який об'єм 0,4 н розчину луку буде потрібний для осадження у вигляді  $\text{Al}(\text{OH})_3$  усього алюмінію, що міститься у 300 мл 1 н розчину  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ? *Відповідь:* 750 мл.
15. Газ, що виділився під дією 10,8 г алюмінію на 160 г 5 %-ного розчину гідроксиду натрію, пропустили при нагріванні над порошком оксиду міді(II) масою 40 г. Розрахуйте, яким мінімальним об'ємом 19,6 %-ного розчину сульфатної кислоти ( $\rho = 1,10 \text{ г/см}^3$ ) потрібно обробити добуту суміш, щоб виділити з неї металевий купрум у чистому вигляді. Скільки грамів купруму буде при цьому добуто? *Відповідь:* 90,9 мл; 19,2 г купруму.

## 4.7. ЕЛЕМЕНТИ VIIIА ГРУПИ

*Загальна характеристика р-елементів VIIIА групи. Місце Гелію та інертних (благородних) газів у періодичній системі. Властивості молекулярних іонів гелію. Сучасні уявлення про властивості інертних газів. Використання інертних газів у медицині.*

**Основні терміни та поняття:** інертні (благородні) гази, використання інертних газів у медицині та фармації.

### Питання для самоконтролю та задачі

1. Чому елементи VIIIА групи називають інертними газами?
2. Як змінюються фізичні та хімічні властивості простих речовин у ряду від Ne до Rn.
3. Де у природі містяться інертні гази? Як їх добувають у промисловості?
4. Сполуки якого елемента вивчені краще серед елементів VIIIА групи? Наведіть приклади та охарактеризуйте їхні властивості.
5. Напишіть рівняння реакцій ксенону гексафториду із рубідію фторидом, фосфору пентафторидом, водою та розчином повареної солі. Які властивості виявляє ця сполука у кожному випадку?
6. У 2000 році з'явилося повідомлення про одержання першої органічної сполуки ксенону(IV) за реакцією  $C_6F_5-BF_2$  із тетрафторидом ксенону ( $-55^{\circ}C$ ,  $CH_2Cl_2$ ). Напишіть рівняння реакції, якщо речовини реагують у співвідношенні 1:1, а єдиним продуктом реакції є тетрафтороборат.
7. У присутності води радону дифторид гідролізується аналогічно ксенону дифториду. Напишіть рівняння реакції.
8. Які сполуки відомі для криптону? Охарактеризуйте їхні властивості.
9. Охарактеризуйте кисневі сполуки ксенону.
10. Біологічна роль та використання у медицині і фармації інертних газів?
11. При взаємодії ксенону з фтором утворилася суміш фторидів  $XeF_2$  і  $XeF_6$  масою 13,25 г. При обробці суміші водою виділилося 1,68 л ксенону (н.у.). Обчисліть масову частку (%) кожного фториду в суміші. Відповідь: 95.8 %, 4.2 %.

12. Під час плавання під водою на великій глибині не можна використовувати звичайне повітря, оскільки на глибині під великим тиском відбувається насичення крові азотом, що може призвести до втрати свідомості. Тому замість повітря використовуються різні газові суміші, склад яких залежить від глибини пірнання. Однією з таких газових сумішей є «Trimix 10/50», яка містить 10 % кисню, 50 % гелію та 40 % азоту. Балон для дайвінгу містить 300 л (н.у.) такої суміші під великим тиском. Обчисліть масу суміші газів, що міститься в балоні та густину за повітрям газової суміші, що міститься в балоні. Відповідь: 220 г; 2,2.

## 5. s- і d-ЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ СПОЛУКИ

### 5.1. ЕЛЕМЕНТИ ІА ТА ІІА ГРУП

*Загальна характеристика s-елементів ІА групи. Особливі властивості літію та його сполук. Відношення лужних металів до неметалів, води, кислот. Оксиди, пероксиди, надпероксиди та гідроксиди лужних металів. Розчинність сполук елементів у воді. Гідриди та аміди лужних металів, їх основні властивості. s-елементи ІІА групи. Порівняльна характеристика властивостей з s-елементами ІА групи. Берилій. Амфотерність оксиду та гідроксиду. Солі берилію, їх розчинність у воді та гідроліз. Магній. Оксид, гідроксид та солі магнію. Розчинність у воді. Гідроліз солей магнію. Діагональна схожість магнію з літієм, берилію з алюмінієм. Елементи підгрупи кальцію (лужноземельні метали). Загальна характеристика. Фізико-хімічні властивості оксидів, пероксидів, гідроксидів та солей. Їх відношення до води, кислот. Реакції якісного визначення катіонів кальцію, стронцію та барію. Твердість води та методи її усунення. Біологічна роль s-елементів ІА та ІІА груп. Використання їх сполук у медицині та фармації.*

**Основні терміни та поняття:** *s-елементи ІА та ІІА груп, твердість води та методи її усунення, біологічна роль s-елементів ІА та ІІА груп, використання їх сполук у медицині та фармації.*

**Мета роботи.** Добування, вивчення основних хімічних властивостей *s-елементів ІА і ІІА груп* та їх сполук.

#### ***Лабораторна робота***

##### ***Дослід 1. Взаємодія натрію з водою***

У кристалізатор з очищеною водою додайте 1-2 краплі розчину фенолфталеїну та внесіть пінцетом маленький шматочок натрію, попередньо висушеного фільтрувальним папером. Спостерігайте інтенсивне виділення газу та зміну забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакції.

##### ***Дослід 2. Взаємодія магнію з водою***

У пробірку занурте мікрошпателю порошку магнію, додайте 5-6 крапель очищеної води та 1-2 краплі фенолфталеїну. Відмітьте від-

сутність перебігу реакції при кімнатній температурі. Нагрійте пробірку. Спостерігайте утворення бульбашок газу на поверхні металу. Відмітьте зміну кольору розчину. Напишіть рівняння реакції. Порівняйте та поясніть результати дослідів 1 та 2.

### **Дослід 3. Отримання оксиду та гідроксиду магнію**

У фарфоровому тиглі спалить порошок або шматочок стрічки магнію. Після охолодження тигля його вміст перенесіть у пробірку з 5-6 краплями очищеної води, додайте 1-2 краплі розчину фенолфталеїну та розмішайте скляною паличкою. Відмітьте погану розчинність магній оксиду у воді. Напишіть рівняння отримання магній оксиду та його розчинення у воді.

### **Дослід 4. Реакція якісного виявлення катіона $Mg^{2+}$**

У пробірку з 2-3 краплями 0,5 н розчину магній хлориду додайте розчин амоніаку до випадіння осаду магній гідроксиду, потім додайте 0,5 н розчин амоній хлориду до повного розчинення осаду. До отриманого розчину додайте по краплях 0,5 н розчин натрій гідрогенфосфату до утворення осаду магнійамонійфосфату  $MgNH_4PO_4$ . Відмітьте колір та кристалічну структуру осаду, що утворився. Напишіть рівняння реакції.

### **Дослід 5. Забарвлення полум'я сполуками лужних та лужноземельних металів**

Платиновий або ніхромовий дротик занурте у склянку з концентрованою хлоридною кислотою та прожарте у полум'ї пальника (полум'я повинно стати безбарвним). Потім занурте дротик у насичений розчин калій хлориду та внесіть у безбарвне полум'я пальника. Відмітьте забарвлення полум'я. Аналогічно виконайте дослід з солями літію, натрію, кальцію, стронцію та барію (дротик після кожної солі очищайте у хлоридній кислоті та прожарюйте у полум'ї пальника). Це якісна реакція забарвлення полум'я катіонами  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  та  $Ba^{2+}$ .

### **Дослід 6. Гідроліз солей лужних металів**

До п'яти пробірок покладіть по декілька кристалів  $K_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $Na_2S$ ,  $KCl$ . Розчиніть їх у 2-3 мл дистильованої води

та до кожного розчину додайте по кілька крапель нейтрального розчину лакмусу. В яких пробірках спостерігається зміна забарвлення індикатору? Напишіть рівняння реакції для тих солей, які гідролізуються.

### Питання для самоконтролю

1. Чим пояснити, що при переході від літію до цезію відбувається зниження температури плавлення?
2. Чому літій значніше відрізняється за властивостями від інших лужних металів, ніж останні один від одного?
3. Яка з перелічених солей сильніше всього гідролізується – натрій карбонат, натрій сульфат або натрій ціанід? Напишіть молекулярні та іонні рівняння гідролізу цих солей.
4. У чому виявляється сильна відновна здатність лужних металів при взаємодії їх з розбавленою азотною кислотою? Відповідь підтвердіть складанням відповідних рівнянь.
5. Наведіть три способи добування натрій карбонату із натрій сульфату.
6. Укажіть, як змінюється розчинність та основні властивості гідроксидів при переході від LiOH до CsOH.
7. Чим відрізняється електролітичний спосіб добування лужних металів від електролітичного способу добування їдких лугів? Які процеси перебігають на аноді та катоді при електролізі у першому та у другому випадку?
8. Охарактеризуйте зміну кислотно-основних властивостей оксидів: BeO – MgO – CaO – CsO – BaO.
9. Укажіть, який з s-елементів ІА групи має амфотерні властивості. Підтвердіть його амфотерність відповідними рівняннями реакцій, які перебігають з утворенням аква- та гідроксокомплексів з координаційним числом 4.
10. Чому карбонати лужноземельних металів розчинні у мінеральних кислотах, а сульфати не розчинні? Відповідь мотивуйте, використовуючи величини добутків розчинності.

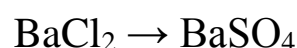
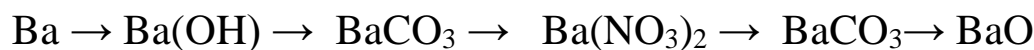
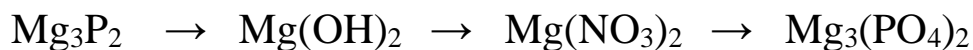
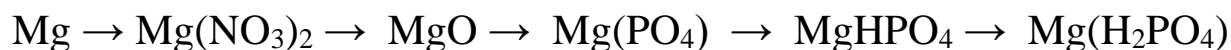
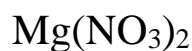
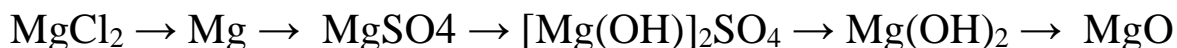
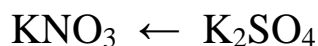
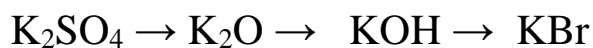
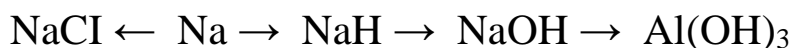
11. Серед наведених сполук укажіть сполуку, яка гідролізується. Напишіть іонні та молекулярні рівняння реакцій:  $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CaC}_2$ .

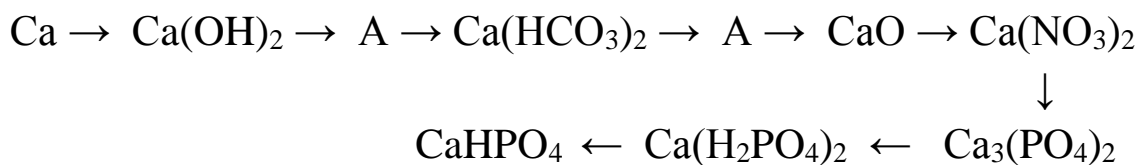
12. Які речовини утворюються при горінні лужноземельних металів у повітрі? Напишіть рівняння реакцій.

13. Закінчіть рівняння реакцій та розставте коефіцієнти:

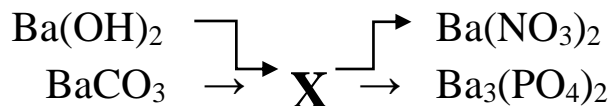


14. За допомогою відповідних рівнянь реакцій здійсніть перетворення:

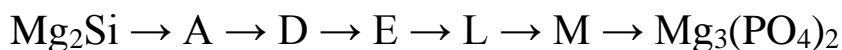




16. Визначте невідому речовину і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення.



17. Визначте невідомі речовини і напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити наступні перетворення.



18. Біологічна роль s-елементів. Використання елементів ІА і ІІА груп та їх сполук у медицині, фармації та фармацевтичному аналізі.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Яка маса натрій гідроксиду потрібна для приготування 1 л розчину з рН 11,4? *Відповідь:* 0,1 г.
2. Обчислите молярну концентрацію 1 %-ного за масою розчину калій нітрату густиною 1,004 г/мл. *Відповідь:* 0,1 моль/л.
3. У медицині як ізотонічний розчин використовують 0,9 %-ний розчин NaCl. Розрахуйте масу катіонів натрію в 100 мл ізотонічного розчину густиною 1,005 г/мл. *Відповідь:* 0,36 г.
4. Розрахуйте об'єм води, який потрібно додати до 200 мл 1 М розчину натрій хлориду для приготування ізотонічного плазмі крові розчину з концентрацією 0,154 М. *Відповідь:* 1100 мл.
5. Визначите масу 20 %-ного розчину натрій хлориду, який необхідно додати до 100 мл води для отримання ізотонічного розчину. *Відповідь:* 4,71 г.
6. Розрахуйте об'єм води, який потрібно додати до 100 г 20 %-ного розчину натрій хлориду для приготування 3 %-ного гіпертонічного розчину, який використовується для лікування гнійних ран. *Відповідь:* 566,7 мл.

7. Розрахуйте масу глауберової солі  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , яку потрібно розчинити в 200 мл води для приготування 5 %-ного проносного розчину. *Відповідь:* 25,58 г.
8. Загальна концентрація іонів кальцію в плазмі крові становить 2,5 ммоль/л. Припускаючи, що вільні іони кальцію перебувають у вигляді кальцій хлориду, визначите масову частку (в %) кальцій хлориду в плазмі крові (густина плазми крові становить 1,03 г/мл). *Відповідь:* 0,027 %.
9. Гексагідрат кальцій хлориду  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  використовується в медицині як кровоспинний засіб. Яку масу кристалогідрату і води потрібно узяти для приготування 100 мл 3 %-ного розчину з густиною 1 г/мл? *Відповідь:* 5,92 и 94,08 г.
10. Визначите масу катіонів кальцію, що надходять до організму у результаті приймання усередину столової ложки розчину (10 мл), що містить 5 г гексагідрату кальцій хлориду  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в 100 мл. *Відповідь:* 0,09 г.
11. Токсичність іонів барію виявляється при концентрації вище 4 мг/л. Розрахуйте розчинність барій сульфату і покажіть можливість використанні його як рентгеноконтрастної речовини при дослідженні шлунково-кишкового тракту ( $\text{ДР}_{\text{BaSO}_4} = 1 \cdot 10^{-10}$ ).
12. При кип'ятінні 250 мл води, що містить кальцій гідрокарбонату, випав осад масою 3,5 мг. Чому дорівнює твердість води? *Відповідь:* 0,17 мекв/л.
13. Скільки гашеного вапна треба додати до 1 м<sup>3</sup> води, щоб усунути її тимчасову твердість, рівну 3,6 мекв/л? *Відповідь:* 133,2 г.
14. Твердість води дорівнює 4,35 мекв/л. Скільки соди треба додати до 1 м<sup>3</sup> цієї води для усунення твердості? *Відповідь:* 230,55 г.
15. Скільки кілограмів соди потрібно для усунення твердості 1000 л води, насиченої кальцій сульфатом при 20 °С, якщо розчинність  $\text{CaSO}_4$  дорівнює 2 г на літр? *Відповідь:* 1,55 кг.

## 5.2. Елементи IVB ГРУПИ

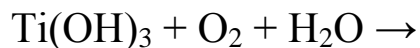
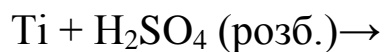
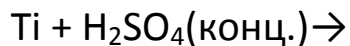
*Загальна характеристика d-елементів IVB групи. Знаходження у природі. Фізичні властивості d-елементів IVB групи. Способи добування та хімічні властивості d-елементів IVB групи. Сполуки елементів IVB групи. Біологічна роль d-елементів IVB групи. Використання їх сполук у медицині та фармації.*

**Основні терміни та поняття:** *титан, цирконій, гафній, біологічна роль d-елементів IVB груп, використання їх сполук у медицині та фармації.*

### Питання для самоконтролю та задачі

1. Охарактеризуйте будову атомів d-елементів IVB групи. Яку електронну конфігурацію мають вони в основному стані?
2. Проаналізуйте характер зміни атомних радіусів, енергій йонізації, спорідненості до електрона та електронегативності в ряду Ti – Hf.
3. У лабораторних умовах титан може бути отриманий відновленням рутилу кальцій гідридом. Процес проводять у атмосфері водню за температури 900 °C. Напишіть рівняння реакції.
4. Як змінюються хімічні властивості простих речовин у ряду Ti – Hf? Що спільного та відмінного у хімічних властивостях цих металів?
5. Які ступені окиснення характерні для елементів цієї підгрупи?
6. Наведіть промислові способи добування титану. Як добувають титан високої чистоти?
7. Напишіть реакції титану із хлором, нітрогеном, карбоном і сульфуром.
8. Які іони присутні у водних розчинах солей титану(IV), що є умовою їх виникнення?
9. Яка властивість титану використовується для аналітичного визначення гідроген пероксиду?
10. На чому засноване широке застосування цирконію в хірургії?
11. Охарактеризуйте відношення металів IVB групи до води, кислот, лугів та солей. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
12. Як змінюють кислотно-основні та окисно-відновлювальні властивості оксидів та гідроксидів у ряду Ti – Hf?

13. Закінчіть рівняння реакцій:



14. Біологічна роль сполук елементів IVB групи та їх використання у медицині, фармації та фармацевтичному аналізі.

15. Скільки грамів титан тетрахлориду може бути добуто при хлоруванні 40 г рутилу? Відповідь: 95 г.

16. Скільки гафній діоксиду потрібно для реакції з розплавом NaOH, щоб добути 3,35 г  $\text{Na}_4\text{HfO}_4$ ? Відповідь: 2,11 г.

### 5.3. ЕЛЕМЕНТИ VІВ ГРУПИ

*Загальна характеристика d-елементів VІВ групи. Найбільш характерні ступені окиснення. Зміна стійкості сполук у вищому ступені окиснення в ряді Cr – Mo – W. Хром. Фізичні властивості та хімічна активність. Гексакарбоніл хрому. Хром(II) оксид та гідроксид. Відновні властивості сполук хрому(II). Хром(III) оксид та гідроксид, їх амфотерність. Розчинність солей у воді та їх гідроліз. Комплексні сполуки хрому(III): аква- та гідроксокомплекси. Окисно-відновні властивості сполук хрому(III) та їх залежність від рН середовища. Реакція якісного виявлення катіона хрому(III). Сполуки хрому(VI). Хром(VI) оксид. Хроматна та дихроматна кислоти. Хромати та дихромати. Вплив рН середовища на рівновагу в розчині хромат дихромат. Окисні властивості сполук хрому(VI). Пероксосполуки хрому. Закономірність зміни кислотно-основних властивостей оксидів та гідроксидів, а також окисно-відновних властивостей сполук хрому з переходом від нижчого до вищого ступеня окиснення. Використання сполук хрому та молібдену у фармацевтичному аналізі.*

**Основні терміни та поняття:** *хром, молібден, вольфрам, хроматна та дихроматна кислоти пероксосполуки хрому, використання сполук хрому та молібдену у фармацевтичному аналізі.*

**Мета роботи.** Добування, вивчення хімічних властивостей хрому, молібдену, вольфраму та їх сполук. Встановлення залежності кислотно-основних властивостей сполук хрому від ступеня його окиснення.

#### Лабораторна робота

**Дослід 1. Отримання хром(III) оксиду та вивчення його властивостей (Тяга!)**

У фарфорову чашку внесіть 3-4 мікрошпателі амоній дихромату  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , додайте 2-3 краплі етилового спирту та підпаліть. Відмітьте зміни, що відбуваються. Вивчіть відношення отриманого  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  до кислот та лугів. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

## **Дослід 2. Отримання та властивості хром(III) гідроксиду**

У дві пробірки внесіть 3-5 крапель 0,5 н розчину хром(III) сульфату та додайте по краплях 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду. Відмітьте колір осаду. Потім в одну з пробірок додайте надлишок 2 н розчину натрій гідроксиду, у другу – декілька крапель 2 н розчину сульфатної кислоти. Відмітьте, що відбувається з осадом. Напишіть рівняння відповідних реакцій у іонній та молекулярній формах. Розчинення  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  в кислоті та надлишку лугу напишіть, враховуючи, що утворюються аква- та гідроксокомплекси хрому(III) з координаційним числом 6.

## **Дослід 3. Термоліз сполук хрому(III)**

Термоліз натрій гексагідроксохромату(III). Отриманий в досліді натрій гексагідроксохромат(III) поділіть на дві пробірки. Одну з них нагрійте до випадіння осаду. Напишіть рівняння гідролізу та вкажіть значення нагрівання. Другу пробірку зберігайте для досліді 4.

## **Дослід 4. Окиснення сполук хрому(III) гідроген пероксидом в лужному середовищі**

### *Реакція якісного визначення катіона хрому(III)*

До розчину натрій гексагідроксохромату(III) додайте 3-5 крапель розчину гідроген пероксиду з масовою часткою 3 %. Суміш нагрійте до переходу забарвлення розчину з зеленого в жовтий. Напишіть рівняння окиснення  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$  гідроген пероксидом.

## **Дослід 5. Перехід хромату в дихромат**

У пробірку внесіть 3-4 краплі 0,5 н розчину калій хромату. Відмітьте колір, характерний для хромат-іона. Додайте 1-2 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти. Відмітьте забарвлення отриманого розчину, обумовлене дихромат-іонами. До отриманого розчину по краплях додайте 2 н розчин натрій гідроксиду до зміни забарвлення. Складіть іонні та молекулярні рівняння реакцій переходу хромату в дихромат та навпаки.

## **Дослід 6. Окисні властивості сполук хрому(VI)**

а) До 2-4 крапель 0,5 н розчину калій хромату додайте 2-3 краплі 0,5 н розчину натрій нітриту. Суміш перемішайте та нагрійте. Від-

мітьте відсутність зміни забарвлення розчину. До суміші додайте декілька крапель 2 н розчину сульфатної кислоти. Спостерігайте зміну забарвлення розчину. На основі значень стандартних електродних потенціалів відповідних напівреакцій доведіть, чому окиснення нітрит-іона хроматом калію не перебігає у нейтральному середовищі та легко здійснюється у кислому. Напишіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.

б) У пробірку внесіть 5-6 крапель 0,5 н розчину калій дихромату, 2-3 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти та додайте 3-4 краплі 0,1 М розчину натрій сульфіді. Відмітьте зміну забарвлення розчину та випадіння осаду сульфуру. Напишіть рівняння реакції, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.

### Питання для самоконтролю

1. Складіть електронні формули атомів хрому, молібдену та вольфраму. Поясніть їх відміну від атомних конфігурацій відповідних елементів VIA групи. Чому число електронів на валентному (n-1) d-підрівні відрізняється у Cr та Mo від W?
2. Напишіть іонні та молекулярні рівняння гідролізу  $\text{CrCl}_3$  та  $\text{Cr}_2\text{S}_3$ .
3. Поясніть, чому при змішуванні розчинів хром(III) сульфату та натрій сульфіді випадає осад  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Відповідь підтвердить відповідними іонними та молекулярними рівняннями реакцій.
4. У чому полягає відмінність електронних структур та властивостей елементів головної та побічної підгруп VIB групи періодичної системи?
5. Опишіть промисловий спосіб добування хрому. Наведіть області застосування хрому у народному господарстві.
6. Як змінюється хімічна природа оксидів та гідроксидів хрому у ряді  $\text{Cr}^{2+}$ – $\text{Cr}^{3+}$ – $\text{Cr}^{4+}$ ? Напишіть рівняння реакцій взаємодії хром(III) гідроксиду з кислотами та лугами у молекулярній та іонній формах.
7. Який ступінь окиснення та які координаційні числа характерні для хрому-комплексоутворювача? Наведіть приклади комплексних сполук хрому.

8. Які властивості мають сполуки Cr(II) та Cr(III) в окисно-відновних реакціях? В якому середовищі відбуваються ці процеси? Наведіть приклади.
9. Як добувають хром(III) оксид?
10. Напишіть рівняння реакцій добування: а) калій дихромату з хром(III) хлориду; б) калій дихромату з калій хромату; в) натрій хромату з хром(II) сульфату.
11. Чому при дії на розчин хромових галунів розчинів карбонату натрію та сульфиду амонію утворюються однакові осади? Відповідь обґрунтуйте рівняннями реакцій.
12. Допишіть рівняння реакцій і розставте коефіцієнти:
- а) реакції відбуваються при прожарюванні:
- $$\text{NaNO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t}$$
- $$\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{KOH} \xrightarrow{t}$$
- б) реакції відбуваються у розчині:
- $$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{PbO}_2 + \text{KOH} \rightarrow$$
- $$\text{CrCl}_3 + \text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{NaOH} \rightarrow$$
13. Як приготувати хромову суміш? На чому засновано її застосування?
14. Як добути: а) дихромат з хромату; б) хромат з дихромату; в) хроміт з хромату?
15. Як впливає реакція середовища на окиснення сполук хрому(III) та на відновлення хрому(VI)?
16. Розставте коефіцієнти та поясніть, які властивості виявляють хромат та дихромат калію в наступних реакціях:
- $$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \quad \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
- $$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \quad \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
- $$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SnCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \quad \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
17. Запропонуйте методику добування калій дихромату із хром(III) сульфату.
18. Назвіть речовини, які можна добути при дії на калій дихромат концентрованої хлоридної кислоти. Як впливає температура та концентрація кислоти на перебіг реакції?

19. Який ступінь окиснення є найбільш характерним для молібдену та вольфраму? Наведіть формули та назви сполук.
20. Яка з кислот сильніша – хромова або молібденова? Відповідь мотивуйте.
21. Які сполуки утворює молібденова кислота у реакціях з кислотами: сульфатною, нітратною? На які властивості молібденової кислоти вказують ці реакції?
22. Напишіть рівняння реакції добування натрій вольфрамату з мінералу вольфрамиту, що містить  $\text{FeWO}_4$ , при сплавленні його з содою у присутності кисню повітря.
23. Біологічна роль та використання у медицині і фармації елементів VI В групи.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Яка маса йоду виділиться при взаємодії калій йодиду з 0,25 л 0,1 н. розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  у кислому середовищі? Відповідь: 3,18 г.
2. Який об'єм 0,1 М розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  потрібний для окиснення 10 г KI у кислому середовищі? Відповідь: 100 мл.
3. На окиснення розчиненого  $\text{FeSO}_4$  у  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  витрачено 49,0 мл 0,1082 н. розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Скільки грамів  $\text{FeSO}_4$  містилося у розчині? Відповідь: 0,806 г.
4. Скільки грамів хром(III) оксиду і скільки літрів нітрогену (н.у.) утворюється при розкладанні амоній дихромату масою 27 г, що містить 7,41 % (мас.) домішок? Відповідь: 15 г і 22,4 л.
5. При сплавленні калій дихромату з надлишком сульфуру було добуто 50 г хром(III) оксиду. Знайдіть масу калій дихромату, яку було витрачено. Відповідь: 96,71 г.
6. Яка маса калій дихромату необхідна для добування 49,9 г хромокалієвих галунів при реакції відновлення його спиртом у сульфатнокислому середовищі? Відповідь: 14,7 г.
7. При сплавленні 6,7 г хром(III) оксиду з бертолетовою сіллю було добуто 11,5 г калій хромату. Визначте вихід (%) калій хромату. Відповідь: 67,25 %.

8. Яка маса хром(III) оксиду утворюється при взаємодії 0,2 моль хром(VI) оксиду з 4,48 л аміаку (н.у.) та подальшому прожарюванні продукту взаємодії? *Відповідь:* 15,2 г  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
9. Який об'єм розчину, що містить 14,7 г калій дихромату в 1 л, необхідний для окиснення 2 л 0,1 н розчину сірководню у присутності розбавленої сульфатної кислоти? *Відповідь:* 666,7 мл.
10. Скільки літрів (н.у.) газу утворюється при нагріванні 25,2 г амоній дихромату? *Відповідь:* 2,24 л  $\text{N}_2$ .
11. Який об'єм 20 %-ної хлоридної кислоти ( $\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$ ) необхідний для відновлення 2,94 г калій дихромату? *Відповідь:* 23,2 мл.
12. Розчин хромової кислоти додали до розчину калій йодиду. На відновлення виділеного йоду було витрачено 40,0 мл 0,1 н розчину калій тіосульфату. Скільки хромової кислоти містилося у розчині? *Відповідь:* 0,1573 г.
13. Яка маса молібден(VI) оксиду з масовою часткою домішок 4 % і яка маса кремнію необхідні для добування 1 кг молібдену? *Відповідь:* 1,57 кг, 0,44 кг.
14. Який об'єм водню (н.у.) необхідний для добування 92 кг вольфраму з вольфрам(VI) оксиду? Вихід продукту реакції 91 %. *Відповідь:* 36,9 м<sup>3</sup>.

## 5.4. ЕЛЕМЕНТИ VIII ГРУПИ

*Загальна характеристика d-елементів VIII групи. Манган. Можливі та характерні ступені окиснення мангану в сполуках. Хімічна активність мангану. Оксид та гідроксид мангану(II). Солі мангану(II) та їх гідроліз. Комплексні сполуки мангану(II). Оксид та гідроксид мангану(IV). Кисотно-основні та окисно-відновні властивості мангану(IV). Сполуки мангану(VI) манганати, диспропорціонування в розчині, Сполуки мангану(VII). Перманганати. Окисні властивості та їх залежність від рН розчину. Перманганатна кислота. Оксид мангану(VII). Застосування калій перманганату в фармацевтичному аналізі та медицині.*

**Основні терміни та поняття:** манган, комплексні сполуки мангану(II), оксид та гідроксид мангану(IV), сполуки мангану(VII), перманганати, застосування калій перманганату в фармацевтичному аналізі та медицині.

**Мета роботи.** Ознайомлення з хімічними властивостями мангану та його сполук. Встановлення залежності властивостей сполук мангану від ступеня його окиснення.

### Лабораторна робота

#### Дослід 1. Отримання та властивості гідроксиду мангану(II)

У пробірку внесіть 5-6 крапель 0,5 н розчину солі мангану(II) та декілька крапель 2 н розчину натрій гідроксиду до утворення осаду. Відмітьте його колір. Поділіть осад на три пробірки. У першу додайте 2-4 краплі 2 н розчину хлоридної кислоти, у другу – стільки ж 2 н розчину натрій гідроксиду. Осад третьої пробірки перемішайте скляною паличкою. Відмітьте, що відбувається з осадом в усіх трьох пробірках. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

#### Дослід 2. Гідроліз солей мангану(II)

На смужку універсального індикаторного паперу нанесіть 1 краплю 0,5 н розчину солі мангану(II). Визначте рН розчину. Складіть іонне та молекулярне рівняння реакції.

### **Дослід 3. Відновні властивості сполук мангану(II)**

У пробірку внесіть мікрошпатель плюмбум(IV) оксиду. Додайте 3-4 краплі концентрованої нітратної кислоти та 1 краплю 0,5 н розчину солі мангану(II). Вміст пробірки нагрійте. Відмітьте появу забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакції, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом. Це реакція якісного виявлення катіона мангану(II).

### **Дослід 4. Окисні властивості перманганат-іона**

До 3-4 крапель свіжоприготованого 0,5 н розчину ферум(II) сульфату, підкисленого 1-2 краплями 2 н розчину сульфатної кислоти, додайте по краплях 0,5 н розчин калій перманганату. Відмітьте зміну забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакції, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом. Обчисліть еквівалентну масу калій перманганату в даній реакції.

### **Дослід 5. Вплив середовища на окисні властивості перманганат-іона**

У три пробірки внесіть по 3-5 крапель 0,5 н розчину калій перманганату та додайте: у першу – 2-3 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти, у другу – стільки ж води, у третю – 3-4 краплі 2 н розчину натрій гідроксиду. Потім у кожен пробірку додайте свіжоприготований 2 н розчин натрій сульфіту. Відмітьте явища, які відбуваються в кожній пробірці. Напишіть відповідні рівняння реакцій, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом. Користуючись значеннями стандартних електродних потенціалів напівреакцій (табл. 6 додатку), охарактеризуйте зміну окисних властивостей перманганат-іона залежно від рН середовища. Зверніть увагу на зміни, які відбуваються через деякий час у третій пробірці. Напишіть рівняння реакції диспропорціонування калій манганату в розчині.

### **Питання для самоконтролю**

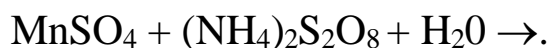
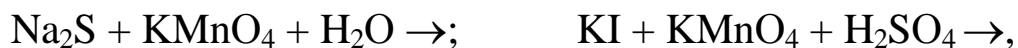
1. Укажіть зміну кислотно-основних властивостей у ряді:  $\text{MnO} - \text{Mn}_2\text{O}_3 - \text{MnO}_2 - \text{MnO}_3 - \text{Mn}_2\text{O}_7$ . Напишіть формули відповідних гідроксидів та назвіть їх за систематичною номенклатурою.
2. Напишіть формули іонів, які існують у водних розчинах мангану(II), мангану(IV) та мангану(VII). Дайте їм назви за систематичною номе-

нклатурою.

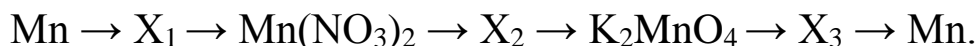
3. Користуючись рядом напруг металів, обґрунтуйте можливість перебігу реакцій:



4. Закінчіть рівняння реакцій, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:

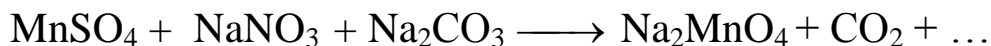


5. Напишіть рівняння реакцій, що відповідають такій послідовності перетворень:



6. Назвіть сполуки:  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ . Як змінюється характер дисоціації цих сполук у водних розчинах? Яка сіль сильніше гідролізується:  $\text{MnSO}_4$  чи  $\text{Mn}(\text{SO}_4)_2$ ? Чому?

7. Закінчіть рівняння реакцій:



Які властивості солей мангану підтверджуються у наведених рівняннях? Розрахуйте еквіваленти  $\text{Mn}^{2+}$  в цих реакціях.

8. Закінчіть рівняння реакцій та розставте коефіцієнти електронно-іонним методом:



На які властивості калій манганату вказують наведені реакції?

9. Як ступінь відновлення мангану(VI) залежить від середовища?
10. Запишіть рівняння реакції окиснення ферум(II) сульфату розчином калій перманганату у нейтральному та кислому середовищах.
11. Застосування калій перманганату в фармацевтичному аналізі та медицині.
12. Біологічне значення і використання у медичній практиці і фармації елементів VIIВ групи.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Оксиген, що виділився при розкладанні калій перманганату, повністю використали на перетворення манган(IV) оксиду на калій манганат у лужному середовищі. Визначте масу калій манганату, що утворився, якщо для його добування витратили 75 мл розчину (густина  $1,2 \text{ г/см}^3$ ) калій гідроксиду з масовою часткою КОН 22 %. *Відповідь:* 34,8 г  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ .
2. Яку масу манган(IV) оксиду необхідно взяти для добування 5 л хлору, виміряного при температурі  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  та тиску 100,8 кПа? *Відповідь:* 18 г.
3. Які об'єми 5 %-них розчинів манган(II) сульфату ( $\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$ ) та калій перманганату ( $\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$ ) необхідно змішати для добування 5 г манган(IV) оксиду? *Відповідь:* 98,1 мл; 69,2 мл.
4. Яку масу калій перманганату необхідно взяти, щоб добути 2,7 л кисню, виміряного при температурі  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  та тиску 100,8 кПа? *Відповідь:* 35,3 г.
5. Який об'єм (мл)  $\text{SO}_2$ , виміряного за нормальних умов, потрібно пропустити крізь 200 мл 0,1 н розчину калій перманганату, підкисленого сульфатною кислотою, для його повного знебарвлення? *Відповідь:* 0,224 л.
6. Розрахуйте масу калій перманганату та об'єм води, необхідні для приготування 75 мл 1 %-ного розчину з густиною 1,006 г/мл. *Відповідь:* 74,7 г.
7. На титрування у кислому середовищі розчину, що містить наважку 0,2 г ферум(II) сульфату, витрачено 11 мл 0,1 н розчину калій перманганату. Знайдіть мас. частку (%) домішок ферум(II) сульфату, що містяться в наважці. *Відповідь:* 16,4 %.
8. Обчисліть молярну, нормальну концентрації та титр розчину, в 250 мл якого міститься 3,95 г калій перманганату ( $E_m \text{ KMnO}_4 = 31,6 \text{ г/моль}$ ). *Відповідь:* 0,1 моль/л; 0,5 моль/л; 0,02 г/мл.
9. Обчисліть масу калій перманганату, яка необхідна для окиснення 4,56 г ферум(II) сульфату в кислому середовищі. *Відповідь:* 0,79 г.

## 5.5. ЕЛЕМЕНТИ ІВ ГРУПИ

*Загальна характеристика елементів підгрупи купруму. Хімічна активність простих речовини. Ступені окиснення, які виявляють купрум, аргентум та аурум в сполуках. Характерні коордінаційні числа купруму(I) та купруму(II), аргентуму(I), ауруму(I) та ауруму(III) у комплексних сполуках. Купрум. Купрум(I) оксид та гідроксид. Окисно-відновна двоїстість сполук купруму(I). Хлоридні та аміачні комплексні сполуки купруму(I). Оксид та гідроксид купруму(II). Гідроліз солей купруму(I) та купруму(II). Купрумвмісні ферменти. Безбарвні та забарвлені сполуки купруму, природа забарвлення. Аргентум. Аргентум(I) оксид та его властивості. Окисні властивості сполук аргентуму. Розчинність солей аргентуму у воді. Аміачні, тіосульфатні та ціанідні комплекси аргентуму, їх використання. Аурум. Окиснення ауруму киснем за наявності калій цаніду. Сполуки ауруму(I) та ауруму(III), їх окисні властивості. Комплексні сполуки ауруму(I) та ауруму(III). Біологічна роль сполук купруму, аргентуму та ауруму. Бактерицидна дія іонів аргентуму(I) та купруму(II). Використання сполук купруму, аргентуму та ауруму в медицині та фармацевтичному аналізі.*

**Основні терміни та поняття:** *купрум, аргентум аурум, біологічна роль сполук купруму, аргентуму та ауруму, бактерицидна дія іонів аргентуму(I) та купруму(II), використання сполук купруму, аргентуму та ауруму в медицині та фармацевтичному аналізі.*

**Мета роботи.** Добування та вивчення основних хімічних властивостей купруму, аргентуму та їх сполук. Дослідження комплексотворюючих властивостей іонів аргентуму(I) та купруму(II). Слід пам'ятати про цінність аргентуму та його сполук, тому в дослідах з солями аргентуму необхідно застосовувати мінімальні порції реактивів. Після завершення досліду всі залишки зливати до спеціального посуду (для подальшої регенерації) та здавати лаборанту.

### Лабораторна робота

#### Дослід 1. Відіовлення купруму з розчинів його солей

Внесіть у пробірку 5-6 крапель 0,2 н розчину купрум(II) сульфату та занурте туди гранулу цинку. Відмітьте утворення на поверхні ме-

талу червоного кольору. Напишіть рівняння реакції витіснення купруму з розчину його солі металічним цинком.

### **Дослід 2. Взаємодія купруму з розведеними розчинами кислот**

У три пробірки помістіть по шматочку мідного дроту та додайте в кожную з них по 5-6 крапель 2 н розчину кислот: у першу – хлоридну, у другу – сульфатну, у третю – нітратну. Відмітьте, в якій пробірці з'явилося синьо-блакитне забарвлення. Користуючись рядом напруг металів, поясніть відношення купруму до розведених розчинів хлоридної та сульфатної кислот. Напишіть рівняння реакції купруму з розведеною нітратною кислотою.

### **Дослід 3. Купрум(II) гідроксид та його властивості**

У три пробірки внесіть по 4-5 крапель 0,2 н розчину купрум(II) сульфату та додайте в кожную з них по краплях 0,2 н розчин натрій гідроксиду до випадіння осаду. Вміст першої пробірки нагрійте до кипіння. Відмітьте зміну кольору осаду. У другу пробірку додайте 5-6 крапель 2 н розчину сульфатної кислоти, у третю – 5-6 крапель 2 н розчину натрій гідроксиду та нагрійте. Відмітьте, що спостерігається. Напишіть відповідні іонні та молекулярні рівняння реакцій, враховуючи, що при розчиненні купрум(II) гідроксиду у кислотах утворюється аквакомплекс, а при розчиненні в лугах – гідроксокомплекс з координаційним числом купруму(II), яке дорівнює 4.

### **Дослід 4. Окисні властивості сполуки купруму(II)**

У пробірку внесіть 2-3 краплі 0,2 н розчину купрум(II) сульфату та 2-3 краплі 0,2 н розчину калій йодиду. Відмітьте утворення осаду купрум(I) йодиду та забарвлення вмісту пробірки в жовтий колір. Додайте у пробірку 1 краплю 1 %-ного розчину крохмалю та відмітьте появу синього забарвлення, яке свідчить про наявність у розчині йоду. Для встановлення кольору осаду  $\text{CuI}$  додайте в пробірку краплю 0,2 н розчину натрій сульфіту до зникнення синього забарвлення розчину. Відмітьте колір осаду. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

### **Дослід 5. Комплексні сполуки купруму(II)**

У пробірку внесіть 2-3 краплі 0,2 н розчину купрум(II) сульфату та додайте до нього по краплях 2 н розчин амоніаку. Спостерігайте утворення блакитного осаду купрум гідроксосульфату  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ .

Продовжуйте додавати розчин амоніаку до повного розчинення осаду основної солі та утворення відповідних амінокомплексів з координативним числом купруму(II), яке дорівнює 4. Напишіть відповідні рівняння реакцій.

#### **Дослід 6. Аргентум(I) нітрат**

Кілька кристалів аргентум(I) нітрату розчиніть у воді та визначте рН розчину. Які продукти утворюються при термічному розкладанні аргентум(I) нітрату? Напишіть рівняння реакції.

- Чи гідролізується аргентум(I) нітрат?
- До сильних чи слабких основ можна віднести аргентум(I) гідроксид?

#### **Дослід 7. Відновлення сполук аргентуму**

а) Добування срібного дзеркала. Пробірку, яка підлягає срібленню, ретельно промийте гарячим розчином хромової суміші, потім водопровідною водою, дистильованою водою та спиртом для її знежирення. До знежиреної пробірки налейте розчин  $\text{AgNO}_3$  та додайте по краплях розчин амоніаку, струшуючи пробірку після додавання кожної краплі, поки осад, що випав спочатку, не розчиниться (Слід уникати надлишку амоніаку). Потім до розчину додайте 10 %-ний розчин глюкози в об'ємі, рівному вмісту пробірки. Суміш добре перемішайте. Пробірку опустіть в стакан з водою, нагрітою до кипіння. Поясніть появу блискучого шару аргентуму на внутрішній поверхні пробірки. Вміст пробірки злийте до посудини для срібних залишків. Після закінчення дослідів шар срібла розчиніть у розбавленій нітратній кислоті (тяга). Розчин також злийте до посудини для срібних залишків.

б) Помістіть до пробірки трохи розчину аргентум нітрату та додайте 3-5 крапель 3 %-ного розчину гідроген пероксиду. Утворюється металеве срібло. Напишіть рівняння реакції. Яку роль відіграє глюкоза у реакції срібного дзеркала?

#### **Дослід 8. Добування комплексних сполук аргентуму(I)**

а) До трьох пробірок налейте по 3-4 краплі розчину  $\text{AgNO}_3$  та додайте по декілька крапель хлоридної кислоти. Спостерігайте виділення білого осаду. До однієї пробірки додайте водний розчин амоніаку,

до другої – розчин натрій сульфату, до третьої – розчин натрій тіосульфату. Спостерігайте розчинення осаду.

Розчин, добутий при розчиненні осаду у водному розчині амоніаку, розділіть на дві частини та випробуйте дію на цей розчин нітратної кислоти та розчину калій йодиду.

б) У двох пробірках добуďte аргентум(I) бромід та йодид. Випробуйте дію на них водного розчину амоніаку. Чи в обох пробірках відбувається розчинення осаду? Випробуйте дію на AgBr та AgI розчинів калій йодиду, натрій сульфату та натрій тіосульфату. Відзначте, що спостерігається.

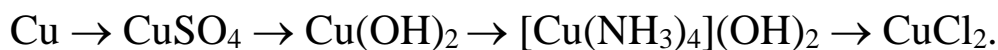
Складіть рівняння реакцій. Слід прийняти, що іони  $S_2O_3^{2-}$  та  $SO_3^{2-}$  монодентатні, а координаційне число іона  $Ag^+$  дорівнює 2.

### Питання для самоконтролю

1. Укажіть можливі та характерні ступені окиснення елементів ІВ групи. Наведіть приклади сполук, в яких реалізуються указані ступені окиснення.
2. Напішіть електронні формули атомів купруму, аргентуму та ауруму.
2. Напишіть рівняння реакцій, які перебігають при зануренні цинкової або залізної пластинки у розчин купрум(II) сульфату, мідної пластинки у розчин аргентум нітрату.
3. За допомогою рівнянь хімічних реакцій охарактеризуйте відношення купруму, аргентуму та ауруму до хлоридної та розведеної сульфатної кислот; до концентрованих розчинів сульфатної та нітратної кислот.
4. Напишіть рівняння реакцій розчинення купруму та ауруму у розчині калій ціаніду за наявності кисню повітря. Назвіть комплексні сполуки, що утворилися.
5. Напишіть рівняння реакцій розчинення ауруму в концентрованій селенатній кислоті та "царській воді" (суміш концентрованих нітратної та хлоридної кислот). Підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.
6. У розчинах комплексних солей  $[Ag(NH_3)_2]Cl$  та  $Na[Ag(CN)_2]$  під дією натрій сульфід утворюється чорний осад  $Ag_2S$ . Під дією калій йодиду

осад AgI утворюється тільки в розчині першої солі. Відповідь обґрунтуйте, порівнюючи константи нестійкості комплексних іонів та добуток розчинності аргентум сульфідіду та йодиду.

7. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



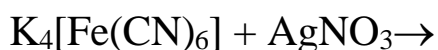
8. Є суміш порошоків аргентуму та ауруму. Запропонуйте хімічний спосіб розділення цих металів. Напишіть рівняння реакцій.

9. Напишіть рівняння реакцій добування  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}_3$ .

10. Поясніть поведінку солей  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CuCO}_3$  та  $\text{CuS}$  у воді.

11. Чому хлорид- та бромід-іони не можуть відновлювати іони  $\text{Cu}^{2+}$ ?

12. Підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



13. Біологічна роль сполук купруму, аргентуму та ауруму.

14. Бактерицидна дія іонів аргентуму(I) та купруму(II).

15. Використання сполук купруму, аргентуму та ауруму в медицині та фармацевтичному аналізі.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Скільки мілілітрів 30 %-ної нітратної кислоти ( $\rho = 1,184 \text{ г/см}^3$ ) потрібно взяти для розчинення 1 г купруму? *Відповідь:* 7,4 мл.

2. При взаємодії купруму з концентрованою сульфатною кислотою виділилося 37 мл газу (н.у.). Яка маса купруму розчинилася при цьому? *Відповідь:* 0,106 г.

3. Напишіть рівняння реакції розчинення ауруму в «царській воді». Яка маса ауруму розчинилася, якщо внаслідок реакції виділилося 28 г аурум(II) оксиду (н.у.)? *Відповідь:* 246,25 г.

4. Обчисліть, скільки ціаніду натрію треба взяти для добування саморідного ауруму з 10 т золотоносної породи, що містить 0,01 % Au за масою. *Відповідь:* 0,5 кг.

5. Обчисліть, який об'єм розчину  $\text{HNO}_3$  з еквівалентною концентрацією 2 моль/л буде потрібний для розчинення 20 г  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .  
*Відповідь:* 204 мл.
6. Скільки мілілітрів 10 %-ного розчину  $\text{NaOH}$  ( $\rho = 1,11 \text{ г/см}^3$ ) потрібно для осадження всього купрум(II) у вигляді  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  з 0,6458 г  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?  
*Відповідь:* 2,72 мл.
7. В розчин купрум(II) хлориду помістили цинкову пластинку масою 25 г. Після реакції маса пластинки зменшилася на 1,5 %. Скільки купрум(II) хлориду було у розчині?  
*Відповідь:* 50,6 г.
8. Визначте молярну концентрацію розчину  $\text{CuSO}_4$  за такими даними: розчин об'ємом 50 мл виділяє з  $\text{KI}$  вільний йод, на титрування якого витрачається розчин  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  об'ємом 25 мл молярної концентрації 0,1 моль/л.  
*Відповідь:* 0,05 моль/л.
9. Скільки літрів водню (н.у.) знадобиться для відновлення 20 кг купрум(I) оксиду?  
*Відповідь:* 5630 л.
10. Скільки мілілітрів 30 %-ної нітратної кислоти ( $\rho = 1,184 \text{ г/мл}$ ) потрібно для розчинення 1 г купрум(II) оксиду?  
*Відповідь:* 7,44 мл.
11. Обчисліть еквівалентну концентрацію розчину хлоридної кислоти, якщо у 40 мл розчину після додавання  $\text{AgNO}_3$  утворилося 0,574 г  $\text{AgCl}$ .  
*Відповідь:* 0,1 н.
12. Розрахуйте масу аргентуму, що виділиться при реакції 10 л 8 %-ного розчину ферум(II) сульфату ( $\rho = 1,078 \text{ г/мл}$ ) з аргентум нітратом.  
*Відповідь:* 612,8 г.

## 5.6. ЕЛЕМЕНТИ ІІВ ГРУПИ

*Загальна характеристика елементів підгрупи цинку. Зміна хімічної активності простих речовин у ряді Zn – Cd – Hg. Ступені окиснення елементів у сполуках. Термічна стійкість оксидів та гідроксидів елементів. Найбільш характерні координаційні числа цинку, кадмію, ртуті(I) та ртуті(II). Цинк. Амфотерність цинку, його оксиду та гідроксиду. Комплексні сполуки цинку з амоніаком, водою та лугами. Гідроліз солей цинку. Цинковмісні ферменти. Кадмій. Властивості оксиду та гідроксиду кадмію. Комплексні сполуки кадмію з амоніаком, водою та ціанід-іонами. Гідроліз солей кадмію. Ртуть. Утворення зв'язку між атомами ртуті. Відношення ртуті до розведених та концентрованих розчинів кислот. Оксиди ртуті, їх отримання та властивості. Диспропорціонування сполук ртуті(I) та окисні властивості сполук ртуті(II). Нітрати та хлориди ртуті(I) та ртуті(II). Комплексні сполуки ртуті(I) та ртуті(II) з галогенід-іонами та амоніаком. Ртуть(II) амідохлорид. Гідроліз солей ртуті(I) та ртуті(II). Токсична дія сполук ртуті(II). Використання сполук цинку та ртуті у фармації та медицині.*

**Основні терміни та поняття:** *цинк, кадмій та ртуть, гідроліз солей підгрупи цинку, токсична дія сполук ртуті, використання сполук цинку та ртуті у фармації та медицині.*

**Мета роботи.** Добування, ознайомлення з хімічними властивостями цинку, кадмію, ртуті та їх сполук. Встановлення відмінностей відновних властивостей металів головної та побічної підгруп ІІВ групи.

Пари ртуті та всі його сполуки отруйні, тому при роботі з ним та його сполуками необхідно дотримуватися таких правил:

- Всі прилади та посуд, що містять ртуть, завжди слід ставити на емальовану підставку з високими бортами.
- Досліди з ртуттю необхідно вести під тягою на такій самій підставці.
- Краплі випадково розлитого ртуті необхідно негайно ж зібрати пілососом або чистою поверхнею цинкової жерсті, або

щіткою, ворсинки якої зроблені з тонкого мідного дроту. Зібраний ртуть перенести до спеціального посуду для забрудненого ртутью та залити водою.

- Всі залишки ртутью та розчинів, що містять сполуки ртутью, не виливати в раковину, а зливати до спеціальних склянок та здавати лаборантові.
- Після роботи з ртутью необхідно ретельно вимити руки з милом!

## Лабораторна робота

### Дослід 1. Відновні властивості цинку

У чотири пробірки внесіть по гранулі цинку та додайте в кожен по 8-10 крапель: у першу – води, у другу – 0,2 н розчину хлоридної кислоти, у третю – 0,2 н розчину нітратної кислоти, у четверту – 2 н розчину натрій гідроксиду. Вміст пробірок нагрійте до кипіння. Відмітьте, що відбувається в кожній пробірці. Напишіть рівняння реакцій, враховуючи, що в розчинах кислот катіон цинку існує у вигляді аква-, а в розчинах лугів – у вигляді гідроксокомплексів з координаційним числом 4. Продуктом відновлення розведеної нітратної кислоти цинком є нітроген(I) оксид.

### Дослід 2. Отримання та властивості гідроксидів цинку та кадмію

В одну пробірку внесіть 3-4 краплі 2 н розчину цинк хлориду, у другу – стільки ж 2 н розчину кадмій сульфату. У кожен пробірку додайте по краплях 0,5 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду. Потім вміст кожної пробірки поділіть на дві частини. Випробуйте відношення гідроксидів до 0,2 н розчинів хлоридної кислоти та натрій гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій в іонній та молекулярній формах.

### Дослід 3. Отримання оксидів ртутью(I) та ртутью(II)

У пробірку внесіть 2-3 краплі 2 н розчину ртутью(I) нітрату, у другу – стільки ж крапель 2 н розчину ртутью(II) нітрату. Додайте в кожен пробірку 2-3 краплі 2 н розчину натрій гідроксиду. Відмітьте колір утворених осадів. Напишіть відповідні рівняння реакцій.

#### **Дослід 4. Окисні властивості солей ртуті(II)**

У пробірку внесіть 2-3 краплі 2 н розчину ртуті(II) нітрату, потім додайте 3-4 краплі 0,5 н розчину станум(II) хлориду. Відмітьте утворення білого осаду ртуті(I) хлориду  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ . Поясніть, чому через 3-4 хвилини осад потемнів. Напишіть рівняння реакції утворення ртуті(I) хлориду та його диспропорціонування.

#### **Дослід 5. Гідроліз солей цинку та кадмію**

На смужку універсального індикаторного паперу нанесіть по краплі 0,2 н розчину солей цинку та кадмію. Визначте рН розчинів солей. Напишіть рівняння реакцій гідролізу в іонній та молекулярній формах.

#### **Дослід 6. Комплексні сполуки цинку, кадмію та ртуті(II)**

а) У першу пробірку внесіть 2-3 краплі 2 н розчину солі цинку, у другу – 2-3 краплі 2 н розчину солі кадмію. У кожну пробірку додайте по краплях 2 н розчин амоніаку до утворення осадів гідроксидів. Потім додайте в обидві пробірки концентрований розчин амоніаку до розчинення осадів. Напишіть рівняння реакцій в іонній та молекулярній формах, враховуючи, що координаційне число цинку дорівнює 4, а кадмію – 6.

б) У пробірку внесіть 2-3 краплі 2 н розчину ртуті(II) нітрату та додайте по краплях 0,5 н розчин калій йодид до утворення осаду ртуті(II) йодиду. Відмітьте колір осаду. Додайте надлишок розчину калій йодиду до розчинення осаду.

Напишіть рівняння реакцій отримання ртуті(II) йодиду та його розчинення з утворенням комплексної солі, враховуючи, що координаційне число ртуті(II) дорівнює 4.

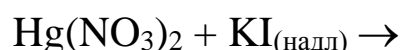
#### **Питання для самоконтролю**

1. Напишіть електронні формули цинку, кадмію, ртуті та іонів  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ; дайте порівняльну характеристику їх властивостей.
2. Як і чому змінюється енергія іонізації у ряді  $\text{Zn} - \text{Cd} - \text{Hg}$ ?
3. Напишіть рівняння реакцій взаємодії цинку, кадмію та купрум(II) з розведеною та концентрованою сульфатною кислотою. Підберіть коефіцієнти в рівняннях реакцій електронно-іонним методом.

4. Напишіть рівняння реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:



5. Напишіть рівняння реакцій:



6. З позиції методу ВЗ визначте гібридизацію атомних орбіталей комплексоутворювача та охарактеризуйте магнітні властивості комплексу  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$ . Укажіть геометричну форму комплексного іона.

7. Укажіть кислотність розчинів солей  $\text{ZnCl}_2$  та  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ . Відповідь підтвердіть відповідними рівняннями реакцій.

8. Який з гідроксидів –  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  або  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  – виявляє більш основні властивості? Чому?

9. Чи можуть взаємодіяти металевий цинк та кадмій з водним розчином амоніаку?

10. Як можна розчинити цинк гідроксид?

11. З якою метою при приготуванні розчину меркурій(II) нітрату додають нітратну кислоту? Відповідь підтвердіть відповідними рівняннями реакцій та мотивуйте на основі принципу Ле Шательє.

12. Що відбудеться при тривалому зберіганні водного розчину  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ ?

13. Токсична дія сполук меркурію(II).

14. Використання сполук цинку та меркурію у фармації та медицині.

### Задачі для самостійного розв'язання

1. Який об'єм повітря витрачається на добування цинку масою 260 кг з цинкової обманки масою 1 т? Чому дорівнює масова частка цинк сульфїду у руді? *Відповідь:* 640 м<sup>3</sup>, 38,8 %.

2. Цинкова обманка містить 30 %  $\text{ZnS}$ . Скільки теоретично можна добути цинку та 92 %-ного розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з 1 т цієї руди? *Відповідь:* 201 кг  $\text{Zn}$ , 329,4 кг розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

3. Які маси технічного цинку, що містить 96 % Zn, та 27,5 %-ного розчину HCl мають бути витрачені на добування 1 т 45 %-ного розчину цинк хлориду? *Відповідь:* 224 кг, 878 кг.
4. Яку масу цинкового купоросу  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  можна добути при взаємодії цинку з 500 мл 20 %-ного розчину  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$ )? *Відповідь:* 333,9 г.
5. Який об'єм займе амоніак (н.у.), що може бути виділений з розчину, добутого шляхом взаємодії цинку масою 5,2 г з розчином нітратної кислоти, в якому масова частка  $HNO_3$  8 % ( $\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$ )? Обчисліть об'єм цього розчину та розчину NaOH з концентрацією 2 моль/л, витраченого на виділення  $NH_3$ . *Відповідь:* 0,448 л, 151,4 та 10,0 мл.
6. Скільки мілілітрів 20 %-ного за масою розчину нітратної кислоти із густиною 1,14 г/мл потрібно для повного розчинення 5 г металевого меркурію? *Відповідь:* 27,5 мл.
7. Масова частка цинку в зміїній отруті, яка використовується як лікарський засіб, становить 0,5 %. Яка маса цинку міститься в 1 краплі (30 мг) цієї отрути? *Відповідь:* 0,15 мг.

## 5.7. ЕЛЕМЕНТИ VIII В ГРУПИ

*Загальна характеристика d-елементів VIII В групи сімейства феруму та платинових металів. Хімічна активність елементів VIII В групи. Ферум. Пентакарбоніл феруму. Оксиди та гідроксиди феруму(II) та феруму(III). Кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Комплексні сполуки феруму(II) та феруму(III) з ціанід- та тіоціанат-іонами. Сполуки феруму(VI) та їх окисна активність. Кобальт. Ступені окиснення кобальту в сполуках. Оксиди та гідроксиди, солей кобальту(II) та (III), їх окисно-відновні властивості. Комплексні сполуки кобальту(0), (II) та (III). Найбільш характерні координаційні числа кобальту(II) та кобальту(III). Нікель. Оксиди, гідроксиди та солі нікелю(II). Їх окисно-відновні властивості. Комплексні сполуки нікелю(II). Сплави на основі нікелю, їх використання. Біологічна роль феруму, кобальту та нікелю. Використання їх сполук у медицині та фармації.*

**Основні терміни та поняття:** *ферум, кобальт, нікель, біологічна роль феруму, кобальту та нікелю, використання їх сполук у медицині та фармації.*

**Мета роботи.** Вивчення хімічних властивостей феруму, кобальту, нікелю та їх сполук. Визначення стійкості цих сполук залежно від ступеня окиснення металу.

### Лабораторна робота

**Дослід I. Реакції якісного визначення іонів феруму(II) та феруму(III)**

а) До 2-4 крапель 0,5 н свіжоприготованого розчину ферум(II) сульфату додайте 2-3 краплі 0,5 н розчину калій гексаціаноферату(III). Відмітьте колір осаду. Складіть молекулярне та іонне рівняння реакції.

б) У пробірку внесіть 3-4 краплі 0,5 н розчину солі феруму(III) та додайте 2-3 краплі 0,5 н розчину калій гексаціаноферату(II). Відмітьте колір осаду. Складіть молекулярне та іонне рівняння реакції.

в) Внесіть у пробірку 1-2 краплі 0,5 н розчину ферум(III) хлориду та I краплю 0,01 н розчину калій роданіду (KSCN). Відмітьте забарв-

лення розчину, що утворився. Напишіть молекулярне та іонне рівняння реакції.

### **Дослід 2. Ферум(II) гідроксид та його властивості**

У три пробірки внесіть по 5-7 крапель свіжоприготованого 0,5 н розчину ферум(II) сульфату та додайте декілька крапель 2 н розчину натрій гідроксиду до утворення зеленуватого осаду. До вмісту першої пробірки додайте розчин хлоридної кислоти, другої – 0,5 н розчин натрій гідроксиду. Охарактеризуйте кислотно-основні властивості ферум(II) гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій в молекулярній та іонній формах. Вміст третьої пробірки перемішайте скляною паличкою та залишіть на повітрі до зміни кольору осаду. Поясніть, що спостерігається. Складіть рівняння реакції окиснення ферум(II) гідроксиду киснем повітря у водному середовищі, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.

### **Дослід 3. Відновні властивості сполук феруму(II)**

а) Внесіть у пробірку 4-5 крапель 0,5 н розчину калій дихромату, 1-2 краплі 2 н розчину сульфатної кислоти та по краплях додайте 0,5 н розчин свіжоприготованого розчину ферум(II) сульфату до зміни забарвлення з оранжевого на зелене. Напишіть рівняння реакції, підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.

б) У дві пробірки внесіть по 4-5 крапель свіжоприготованого 0,5 н розчину ферум(II) сульфату. В одну додайте по 4-5 крапель 2 н розчину сульфатної кислоти та розчину гідроген пероксиду масовою часткою 3 %. Потім в обидві пробірки додайте по 1 краплі 0,01 н розчину калій роданіду. Відмітьте, в якій з пробірок міститься іон  $\text{Fe}^{3+}$ . Зробіть висновок про відновну здатність сполук феруму(II).

### **Дослід 4. Отримання ферум(III) гідроксиду та дослідження його властивостей**

У дві пробірки внесіть по 5-7 крапель 0,5 н розчину ферум(III) хлориду та додайте по краплях 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду. Відмітьте колір осаду та дослідіть його розчинність у 2 н розчинах кислоти та лугу. Напишіть рівняння реакцій взаємодії ферум(III) хлориду з розчином лугу та розчинення ферум(III) гідроксиду

у кислоті з утворенням аквакомплексів феруму(III) з координаційним числом 6.

### **Дослід 5. Окисні властивості сполук феруму(III)**

а) У пробірку з 5-7 краплями 0,5 н розчину ферум(III) хлориду внесіть 4-5 крапель сірководневої води. Відмітьте появу осаду сульфур.

б) У пробірку з 4-5 краплями 0,5 н розчину ферум(III) хлориду додайте 1-2 краплі 0,5 н розчину калій йодиду. Визначте за забарвленням розчину сполуку, що утворилася. Зробіть висновок про окисну здатність сполук феруму(III). Напишіть рівняння реакції.

### **Дослід 6. Гідроліз солей феруму(II) та феруму(III)**

а) На дві смужки універсального індикаторного паперу нанесіть по 1 краплі 0,5 н розчинів ферум(II) сульфату та ферум(III) хлориду. Визначте рН розчинів. Напишіть іонне та молекулярне рівняння реакцій гідролізу. Поясніть, чому катіон феруму(III) гідролізується краще, ніж катіон феруму(II).

б) У пробірку внесіть 5-7 крапель 0,5 н розчину ферум(III) хлориду та по краплях додайте 0,5 н розчин натрій карбонату. Відмітьте утворення осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , та виділення газу. Напишіть іонне та молекулярне рівняння реакції.

### **Дослід 7. Отримання та дослідження властивостей кобальт(II) та нікель(II) гідроксидів**

а) У дві пробірки внесіть по 5-7 крапель 0,5 н розчину кобальт(II) сульфату та додайте по краплях 2 н розчин натрій гідроксиду до утворення осаду. Спочатку випадає осад основної солі кобальту  $(\text{CoOH})_2\text{SO}_4$  синього кольору. При додаванні надлишку розчину натрій гідроксиду колір змінюється на рожевий внаслідок утворення кобальт(II) гідроксиду. В одну пробірку додайте 2 н розчин хлоридної кислоти до розчинення осаду. У другу пробірку додайте 2-3 краплі розчину гідроген пероксиду з масовою часткою 3 %. Відмітьте зміну кольору осаду. Зробіть висновок про кислотно-основні та окисно-відновні властивості кобальт(II) гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій.

б) Внесіть у три пробірки по 5-7 крапель 0,5 н розчину нікель(II) сульфату та додайте по краплях 2 н розчин натрій гідроксиду до утво-

рення осаду. Відмітьте колір осаду. Потім в одну пробірку додайте декілька крапель 2 н розчину хлоридної кислоти до розчинення осаду. У другу – 2-3 краплі розчину гідроген пероксиду з масовою часткою 3 %. у третю – 1 краплю бромної води. Зробіть висновок про кислотно-основні та окисно-відновні властивості нікель(II) гідроксиду. Напишіть рівняння реакцій. Порівняйте відновні властивості кобальт(II) та нікель(II) гідроксидів.

### **Дослід 8. Комплексні сполуки кобальту(II)**

До 3-4 крапель 0,5 н розчину солі кобальту(II) додайте по краплях розчин амоніаку з масовою часткою 25 % до випадіння рожевого осаду кобальт(II) гідроксиду та його подальшого розчинення внаслідок утворення комплексної сполуки з координаційним числом кобальту(II), яке дорівнює 6. Відмітьте забарвлення розчину. Напишіть рівняння реакцій.

### **Питання для самоконтролю**

1. Укажіть, як змінюються відновні властивості сполук у ряді: Fe – Co – Ni?
2. Напишіть іонне та молекулярне рівняння гідролізу  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
3. При взаємодії розчинів натрій карбонату та ферум(III) нітрату в осад випадає ферум(III) гідроксид. Поясніть це явище та наведіть відповідні іонне та молекулярне рівняння реакції.
4. Складіть рівняння реакцій отримання калій ферату при взаємодії ферум(III) хлориду з бромом у лужному середовищі. Підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом.
5. Біологічна роль феруму, кобальту та нікелю. Використання їх сполук у медицині та фармації.
6. Напишіть рівняння окисно-відновних реакцій та підберіть коефіцієнти електронно-іонним методом:  
$$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$$
$$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
$$\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$$
7. Для комплексних іонів  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  та  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  визначте тип гібридації АО комплексоутворювача, геометричну конфігурацію комплексів та їх магнітні властивості.

8. Складіть рівняння окисно-відновних реакцій, визначте окисник та відновник:
- $$\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow; \quad \text{HCl} + \text{K}_2\text{FeO}_4 \rightarrow;$$
- $$\text{FeCl}_2 + \text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow; \quad \text{Na}_2\text{S} + \text{FeCl}_3 \rightarrow;$$
- $$\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow.$$
9. Допишіть рівняння реакції та підберіть коефіцієнти:
- $$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH (сплавлення)} \rightarrow$$
- Чому дорівнює молярна маса еквіваленту феруму у цій реакції?
10. Складіть рівняння реакцій розчинення осадів:
- $$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HCN} \rightarrow, \quad \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCN} \rightarrow.$$
11. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення:
- $$\text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$$
- $$\text{Co} \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CoSO}_4$$
- $$\text{Ni} \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NiCl}_2$$

### Задачі для самостійного розв'язання

- Скільки феруму за масою має вступити до реакції з розбавленим розчином  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , щоб водню, який виділився, вистачило на відновлення  $\text{CuO}$ , добутого термічним розкладанням 94 г  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ?  
*Відповідь:* 28 г.
- Для відновлення  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до металевого феруму було потрібно 6,72 л (н.у.)  $\text{CO}$ . Газ, що утворився внаслідок реакції, поглинули розчином, що містить 22,2 г  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Визначте склад та масу солі, що утворилася, а також початкову масу  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .  
*Відповідь:* 30 г  $\text{CaCO}_3$ , 16 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- Речовини, що залишилися після прожарювання суміші алюмінію з  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  без доступу повітря, розчинили у лузі. Виділилося 6,72 л газу. При розчиненні такої ж маси цих речовин в  $\text{HCl}$  виділилося 26,88 л газу. Визначте кількісний склад початкової суміші  $\text{Al}$  та  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .  
*Відповідь:* 27 г  $\text{Al}$  та 69,6 г  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

4. Який об'єм повітря при температурі 18 °С та тиску 100 кПа потрібний для окиснення 4,6 г ферум(II) гідроксиду у ферум(III) гідроксид? *Відповідь:* 1,47 л.
5. Скільки мілілітрів розчину  $\text{FeCl}_3$  з еквівалентною концентрацією 0,1 моль/л потрібно, щоб виділити з розчину KI 0,04774 г йоду? *Відповідь:* 3,76 мл.
6. Напишіть рівняння реакції взаємодії ферум(II) сульфату з аргентум нітратом. Розрахуйте масу аргентума, яка виділиться, якщо в реакції бере участь 10 л розчину ферум(II) сульфату ( $\rho = 1,078 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою 8 %. *Відповідь:* 612,8 г.
7. Який об'єм хлору (27 °С та 96,5 кПа) необхідний для окиснення 2,79 г нікель(II) гідроксиду у лужному середовищі? *Відповідь:* 0,388 л.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алешин В. А., Дунаева К. М., Жиров А. И. и др. Практикум по неорганической химии: Уч. пособие для студентов высш. учеб. завед. под ред. Ю. Д. Третьякова – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.
2. Ахметов Н. С., Азизова М. К., Бадыгина Л. И. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии. – М.: Высш. шк., 2002. – 368 с.
3. Бабич Л. В., Балезин С. А., Гликина Ф. Б. Практикум по неорганической химии. – М.: Просвещение, 1991 – 320 с.
4. Бабков А. В., Попков В. А., Пузаков С. А., Трофимова Л. И. Практикум по общей химии. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. – М.: Высш школа, 2001. – 237 с.
5. Беляев Н. Н., Барсуков И. И., Беззубец Э. А., Дьяченко Е. К., Иозеп Л. И. и др. Основы количественных расчетов в химии. Сборник задач и упражнений по общей химии. – СПб.: Изд-во СПХФА, 2005. – 140 с.
6. Бурбан А. Ф., Брик М. Т., Забава Л. К. Окисно-відновні реакції. Навчально-методичний посібник. – Тернопіль: Мандрівець, 2011. – 48 с.
7. Вакулюк П. В., Забава Л. К., Бабич Н. М., Бурбан А. Ф. Загальна хімія. Навч.-метод. посіб. для студ. ф-тів природи, спец, ун-тів. – К. : НаУКМА, 2015. – 268 с.
8. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интеграл-Пресс, 2005. – 240 с.
9. Гольбрайх З. Е. Практикум по неорганической химии. – М.: Высш .шк, 1986. – 350 с
10. Гомонай В. І. Загальна та неорганічна хімія: підручник / Гомонай В. І, Мільович С. С. – Вінниця: Нова Книга, 2016. – 448 с.
11. Григор'єва В. В., Самійленко В. М., Сич А. М., Голуб О. А. Загальна хімія. Підручник . – К.: «Вища школа», 2009. – 471 с.
12. Жак О. В., Каличак Я. М. Загальна хімія: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 368 с.

13. Калібабчук В. О., Чекман І. С., Галинська В. І. Медична хімія: підручник. – К.; ВСВ «Медицина», 2018. – 336 с.
14. Курмакова І. М., Самойленко П. В., Бондар О. С., Грузнова С. В. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії. Навчальний посібник. – Чернігів: НУЧК, 2018. 165 с.
15. Левітін Є. Я. Бризицька А. М., Ключова Р. Г. Загальна та неорганічна хімія – Харків : Прапор, Видавництво НФАУ, 2000. – 464 с.
16. Левітін Є. Я., Бризицька А. М., Ключова Р. Г. Практикум з загальної та неорганічної хімії – Харків: Нова книга, 2003. – 112 с.
17. Неорганічна хімія: лабораторний практикум з хімії елементів: навчально-методичний посібник для студентів I курсу хімічного факультету / уклад.: Ракитська Т. Л., Кокшарова Т. В., Сохраненко Г. П., Курандо С. В. та ін. – Одеса: Астропринт, 2008. – 136 с.
18. Общая и неорганическая химия для медиков и фармацевтов: учебник и практикум для вузов / под. общ. ред. В. В. Негребецкого, И. Ю. Белавина, В. П. Сергеевой – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 357 с.
19. Практикум по неорганической химии: Учеб.пособие для студ. высш. учеб.зведений / В. А. Алешин, К. М. Дунаева, А. И. Жиров и др.; Под ред. Ю. Д. Третьякова– М.: Издательский дом «Академия» 2004 – 384 с.
20. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія. – Київ – Ірпінь: Перун, 1998. – 480 с.
21. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія. Практикум. – Київ: Либідь, 2003. – 208 с.
22. Романцева Л. М., Лещинская З. Л., Суханова В. А. Сборник задач и упражнений по общей химии. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
23. Слободяник М. С., Улько Н. В., Бойко К. М., Самойленко В. М. Загальна та неорганічна хімія: Практикум. – К.: Либідь, 2004. – 336 с .
24. Слободнюк Р. Є. Розрахункові задачі з хімії: методика і практика: Навчальний посібник Дніпро: Вид-во «Стандарт-Сервіс» 2017. 99 с.
25. Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В. М., Іванов С. В.

Загальна та неорганічна хімія (у 2-х ч.). Ч.2. Київ: Педагогічна преса, 2002. 520 с.

26. Ершов Ю. А., Попов В. А., Берлянд А. С. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов – М.: Высш школа, 2003. – 560 с.
27. Шиян Н. І. Методика розв'язування задач з хімії : навчально-методичний посібник. Полтава, 2018. 232 с.

# ДОДАТОК

### Класи неорганічних речовин

| Назва класу |                        |           | Представники класу                    |                              |
|-------------|------------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|
|             |                        |           | Молекулярна формула                   | Назва                        |
| Оксиди      | солетворні             | основні   | $\text{Na}_2\text{O}$                 | натрій оксид                 |
|             |                        | кислотні  | $\text{SO}_3$                         | сульфур(VI) оксид            |
|             |                        | амфотерні | $\text{Al}_2\text{O}_3$               | алюміній оксид               |
|             | несолетворні           |           | $\text{CO}$                           | карбон(II) оксид             |
| Основи      | розчинні у воді (луги) |           | $\text{KOH}$                          | калій гідроксид              |
|             | нерозчинні у воді      |           | $\text{Cu}(\text{OH})_2$              | купрум(II) гідроксид         |
|             | амфотерні              |           | $\text{Zn}(\text{OH})_2$              | цинк гідроксид               |
|             | однокислотні           |           | $\text{LiOH}$                         | літій гідроксид              |
|             | багатоокислотні        |           | $\text{Cr}(\text{OH})_3$              | хром(III) гідроксид          |
| Кислоти     | оксигеновмісні         |           | $\text{H}_2\text{SO}_4$               | сульфатна кислота            |
|             | безоксигенові          |           | $\text{H}_2\text{S}$                  | сульфідна кислота            |
|             | одноосновні            |           | $\text{HCl}$                          | хлоридна кислота             |
|             | багатоосновні          |           | $\text{H}_2\text{SO}_3$               | сульфітна кислота            |
|             | сильні                 |           | $\text{HNO}_3$                        | нітратна кислота             |
|             | слабкі                 |           | $\text{H}_2\text{CO}_3$               | карбонатна кислота           |
|             | середньої сили         |           | $\text{H}_3\text{PO}_4$               | ортофосфатна кислота         |
| Солі        | середні (нормальні)    |           | $\text{Na}_2\text{SiO}_3$             | натрій силікат               |
|             | кислі                  |           | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$           | кальцій гідрогенкарбонат     |
|             | основні                |           | $\text{BaOHCl}$                       | барій гідроксохлорид         |
|             | подвійні               |           | $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$           | калій-алюміній сульфат       |
|             | комплексні             |           | $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ | натрій гексагідроксоалюмінат |

### Кислоти

| №  | Формула                         | Назва                                  | Йон                              | Кислотний залишок      |
|----|---------------------------------|--|----------------------------------|------------------------|
| 1  | HF                              | Флуоридна<br>(Фтороводнева, плавікова) | F <sup>-</sup>                   | Флуорид                |
| 2  | HCl                             | Хлоридна<br>(соляна, хлороводнева)     | Cl <sup>-</sup>                  | Хлорид                 |
| 3  | HBr                             | Бромідна<br>(Бромоводнева)             | Br <sup>-</sup>                  | Бромід                 |
| 4  | HI                              | Йодидна<br>(Йодоводнева)               | I <sup>-</sup>                   | Йодид                  |
| 5  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | Сульфатна<br>(Сірчана)                 | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | Сульфат                |
| 6  | H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>  | Сульфітна<br>(Сірчиста)                | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | Сульфіт                |
| 7  | H <sub>2</sub> S                | Сульфідна<br>(Сірководнева)            | S <sup>2-</sup>                  | Сульфід                |
| 8  | HNO <sub>3</sub>                | Нітратна<br>(Азотна)                   | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | Нітрат                 |
| 9  | HNO <sub>2</sub>                | Нітритна<br>(Азотиста)                 | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>     | Нітрит                 |
| 10 | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  | Ортофосфатна                           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | Ортофосфат             |
| 11 | HPO <sub>3</sub>                | Метафосфатна                           | PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | Метофосфат             |
| 12 | H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>  | Фосфітна                               | HPO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | Фосфіт                 |
| 13 | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | Карбонатна<br>(Вугільна)               | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | Карбонат               |
| 14 | H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | Силікатна<br>(Кремнієва)               | SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | Силікат                |
| 15 | HCN                             | Ціанідна<br>(Синільна)                 | CN <sup>-</sup>                  | Ціанід                 |
| 16 | HSCN                            | Тіоціанатна<br>(Роданідна)             | SCN <sup>-</sup>                 | Тіоціанат<br>(Роданід) |
| 17 | CH <sub>3</sub> COOH            | Ацетатна<br>(Оцтова)                   | CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> | Ацетат                 |
| 18 | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>  | Ортоборатна                            | BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>    | Ортоборат              |
| 19 | HClO                            | Гіпохлоритна<br>(Хлорнуватиста)        | ClO <sup>-</sup>                 | Гіпохлорит             |
| 20 | HClO <sub>2</sub>               | Хлоритна<br>(Хлориста)                 | ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>    | Хлорит                 |
| 21 | HClO <sub>3</sub>               | Хлоратна<br>(Хлорнувата)               | ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | Хлорат                 |
| 22 | HClO <sub>4</sub>               | Перхлоратна<br>(Хлорна)                | ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>    | Перхлорат              |

**Відносні молекулярні маси деяких неорганічних речовин**

|   | H <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <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> | Mn <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Cu <sup>2+</sup> | Ag <sup>+</sup> | Pb <sup>2+</sup> |
|---|----------------|------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| O <sup>2-</sup>                             | -              | -                            | 62              | 94             | 153              | 56               | 40               | 102              | 152              | 72               | 160              | 71               | 81               | 80               | 232             | 223              |
| OH <sup>-</sup>                             | 18             | 35                           | 40              | 56             | 171              | 74               | 58               | 78               | 103              | 90               | 107              | 89               | 99               | 98               | 125             | 241              |
| Cl <sup>-</sup>                             | 36,5           | 53,5                         | 58,5            | 74,5           | 208              | 111              | 95               | 133,5            | 158,5            | 127              | 162,5            | 126              | 136              | 135              | 143,5           | 278              |
| Br <sup>-</sup>                             | 81             | 98                           | 103             | 119            | 297              | 200              | 184              | 267              | 292              | 216              | 296              | 215              | 225              | 224              | 188             | 367              |
| I <sup>-</sup>                              | 128            | 145                          | 150             | 166            | 391              | 294              | 278              | 408              | 433              | 310              | 437              | 309              | 319              | 318              | 235             | 461              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | 63             | 80                           | 85              | 101            | 261              | 164              | 148              | 213              | 238              | 180              | 242              | 179              | 189              | 188              | 170             | 331              |
| S <sup>2-</sup>                             | 34             | 68                           | 78              | 110            | 169              | 72               | 56               | 150              | 200              | 88               | 208              | 87               | 97               | 96               | 248             | 239              |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | 82             | 116                          | 126             | 158            | 217              | 120              | 104              | 294              | 344              | 136              | 352              | 135              | 145              | 144              | 294             | 287              |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | 98             | 132                          | 142             | 174            | 233              | 136              | 120              | 342              | 392              | 152              | 400              | 151              | 161              | 160              | 312             | 303              |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | 62             | 96                           | 106             | 138            | 197              | 100              | 84               | 234              | 284              | 116              | 292              | 115              | 125              | 124              | 276             | 267              |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | 62             | 79                           | 84              | 100            | 259              | 162              | 146              | 210              | 235              | 178              | 239              | 177              | 187              | 186              | 169             | 329              |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>              | 78             | 112                          | 122             | 154            | 213              | 116              | 100              | 282              | 332              | 132              | 340              | 131              | 141              | 140              | 292             | 283              |
| H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 98             | 115                          | 120             | 136            | 331              | 234              | 218              | 316              | 343              | 250              | 347              | 249              | 259              | 258              | 205             | 101              |
| HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>              | 98             | 132                          | 142             | 174            | 233              | 136              | 120              | 342              | 392              | 152              | 400              | 151              | 161              | 160              | 312             | 303              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>               | 98             | 149                          | 164             | 212            | 601              | 310              | 262              | 122              | 147              | 358              | 151              | 355              | 385              | 382              | 419             | 811              |

Розчинність кислот, солей та основ у воді ( при температурі 20-25 °С)

| АНИОНИ                           | 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> |   |
| OH <sup>-</sup>                  | Р              | Р              | Р               | Р                            | Р                | М                | М                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | -               | -                | Н                | Н                | Н                | Н |
| Cl <sup>-</sup>                  | Р              | Р              | Р               | Р                            | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Н               | Р                | Р                | Р                | М                | Р |
| Br <sup>-</sup>                  | Р              | Р              | Р               | Р                            | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Н               | М                | Р                | Р                | М                | Р |
| I <sup>-</sup>                   | Р              | Р              | Р               | Р                            | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | -                | Р                | Р                | Р                | Н               | Н                | -                | Н                | Н                | М |
| S <sup>2-</sup>                  | Р              | Р              | Р               | Р                            | Р                | -                | -                | -                | -                | Н                | -                | Н                | Н                | Н                | Н               | Н                | Н                | Н                | Н                | Н |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | Р              | Р              | Р               | Р                            | М                | Н                | Н                | -                | -                | Н                | -                | Н                | Н                | Н                | Н               | Н                | Н                | Н                | Н                | - |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | Р              | Р              | Р               | Р                            | Н                | М                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | Р                | М               | Р                | Р                | Р                | Н                | Р |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | Р              | Р              | Р               | Р                            | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н               | Н                | Н                | Н                | Н                | Н |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | Р              | Р              | Р               | Р                            | Н                | Н                | Н                | -                | -                | Н                | -                | Н                | Н                | Н                | Н               | Н                | -                | Н                | Н                | - |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | Н              | Р              | Р               | -                            | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | Н                | 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                | 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                | Р |

**ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ**

| Код | ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ                           |  |                                 |   |   |   |  |  |                                  |  | Порядковий номер                | Символ                                | Назва елемента систематично    |  |
|-----|---|--|---------------------------------|---|---|---|--|--|----------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|
|     | I   | II                                       | III                             | IV  | V                                       | VI                                      | VII  | VIII                                   |                                  |  |                                 |                                       |                                |  |
| 1   | <b>H</b><br>1,0079<br>Водень<br>Гідроген  |  |                                 |   |   |   |  |  |                                  |  |                                 | <b>He</b><br>4,0028<br>Гелій          |                                |  |
| 2   | <b>Li</b><br>6,941<br>Літій               | <b>Be</b><br>9,01218<br>Берилій          | <b>B</b><br>10,811<br>Бор       | <b>C</b><br>12,01<br>Вуглець<br>Карбон          | <b>N</b><br>14,007<br>Азот<br>Нітроген  | <b>O</b><br>15,999<br>Кисень<br>Окисень | <b>F</b><br>18,998<br>Фтор<br>Флуор        | <b>Ne</b><br>20,179<br>Неон            | <b>Ar</b><br>39,948<br>Аргон     | <b>Fe</b><br>55,847<br>Залізо<br>Ферум | <b>Co</b><br>58,933<br>Кобальт  | <b>Ni</b><br>58,69<br>Нікель<br>Нікол |                                |  |
| 3   | <b>Na</b><br>22,990<br>Натрій             | <b>Mg</b><br>24,305<br>Магній            | <b>Al</b><br>26,982<br>Алюміній | <b>Si</b><br>28,085<br>Кремій<br>Силіцій        | <b>P</b><br>30,974<br>Фосфор            | <b>S</b><br>32,066<br>Сірка<br>Сульфур  | <b>Cl</b><br>35,453<br>Хлор                | <b>Ar</b><br>39,948<br>Аргон           | <b>Kr</b><br>83,80<br>Криптон    | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній         | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій    | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій        |                                |  |
| 4   | <b>K</b><br>39,098<br>Калій               | <b>Ca</b><br>40,078<br>Кальцій           | <b>Sc</b><br>44,956<br>Скандій  | <b>Ti</b><br>47,88<br>Титан                     | <b>V</b><br>50,942<br>Ванадій           | <b>Cr</b><br>51,996<br>Хром             | <b>Mn</b><br>54,938<br>Марганець<br>Манган | <b>Fe</b><br>55,847<br>Залізо<br>Ферум | <b>Co</b><br>58,933<br>Кобальт   | <b>Ni</b><br>58,69<br>Нікель<br>Нікол  |                                 |                                       |                                |  |
| 5   | <b>Cu</b><br>63,546<br>Мідь<br>Купрум     | <b>Zn</b><br>65,38<br>Цинк               | <b>Ga</b><br>69,723<br>Галій    | <b>Ge</b><br>72,59<br>Германій                  | <b>As</b><br>74,922<br>Миш'як<br>Арсен  | <b>Se</b><br>78,96<br>Селен             | <b>Br</b><br>79,904<br>Бром                | <b>Kr</b><br>83,80<br>Криптон          | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній   | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій           | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій  |                                       |                                |  |
| 6   | <b>Rb</b><br>85,468<br>Рубідій            | <b>Sr</b><br>87,62<br>Стронцій           | <b>Y</b><br>88,906<br>Ітрій     | <b>Zr</b><br>91,224<br>Цирконій                 | <b>Nb</b><br>92,906<br>Ніобій           | <b>Mo</b><br>95,94<br>Молібден          | <b>Tc</b><br>98,906<br>Технецій            | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній         | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій     | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій         |                                 |                                       |                                |  |
| 7   | <b>Ag</b><br>107,87<br>Срібло<br>Аргентум | <b>Cd</b><br>112,41<br>Кадмій            | <b>In</b><br>114,82<br>Індій    | <b>Sn</b><br>118,71<br>Олово, чини<br>Станум    | <b>Sb</b><br>121,75<br>Сурма<br>Стібій  | <b>Te</b><br>127,60<br>Телур            | <b>I</b><br>126,90<br>Йод                  | <b>Xe</b><br>131,29<br>Ксенон          | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній   | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій           | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій  |                                       |                                |  |
| 8   | <b>Cs</b><br>132,91<br>Цезій              | <b>Ba</b><br>137,33<br>Барій             | <b>La</b><br>138,91<br>Лантан   | <b>Hf</b><br>178,49<br>Гафній                   | <b>Ta</b><br>180,95<br>Тантал           | <b>W</b><br>183,85<br>Вольфрам          | <b>Re</b><br>186,21<br>Реній               | <b>Os</b><br>190,2<br>Осміє            | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній   | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій           | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій  |                                       |                                |  |
| 9   | <b>Au</b><br>196,97<br>Золото<br>Аурум    | <b>Hg</b><br>200,59<br>Ртуть<br>Меркурій | <b>Tl</b><br>204,38<br>Талій    | <b>Pb</b><br>207,2<br>Свинець, оливо<br>Плюмбум | <b>Bi</b><br>208,98<br>Вісмут<br>Бісмут | <b>Po</b><br>(209)<br>Полоній           | <b>At</b><br>(210)<br>Астат                | <b>Rn</b><br>(222)<br>Радон            | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній   | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій           | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій  |                                       |                                |  |
| 10  | <b>Fr</b><br>(223)<br>Францій             | <b>Ra</b><br>226,02<br>Радій             | <b>Ac</b><br>227,03<br>Актиній  | <b>Rf</b><br>(261)<br>Резерфордій               | <b>Db</b><br>(262)<br>Дубній            | <b>Sg</b><br>(263)<br>Сиборгій          | <b>Bh</b><br>(262)<br>Борій                | <b>Hs</b><br>(265)<br>Гасій            | <b>Ru</b><br>101,07<br>Рутеній   | <b>Rh</b><br>106,42<br>Родій           | <b>Pd</b><br>106,42<br>Паладій  |                                       |                                |  |
|     | <b>RO</b>                                 | <b>RO</b>                                | <b>RO<sub>3</sub></b>           | <b>RO<sub>2</sub></b>                           | <b>RO<sub>3</sub></b>                   | <b>RO<sub>3</sub></b>                   | <b>RO<sub>2</sub></b>                      | <b>RO<sub>2</sub></b>                  | <b>RO<sub>2</sub></b>            | <b>RO<sub>2</sub></b>                  | <b>RO<sub>2</sub></b>           |                                       |                                |  |
|     | <b>R<sub>2</sub>O</b>                     | <b>RO</b>                                | <b>RO<sub>3</sub></b>           | <b>RH<sub>4</sub></b>                           | <b>RH<sub>3</sub></b>                   | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>       | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>          | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>      | <b>RO<sub>2</sub></b>            | <b>RO<sub>2</sub></b>                  | <b>RO<sub>2</sub></b>           |                                       |                                |  |
|     | <b>R<sub>2</sub>O</b>                     | <b>RO</b>                                | <b>RO<sub>3</sub></b>           | <b>RH<sub>4</sub></b>                           | <b>RH<sub>3</sub></b>                   | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>       | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>          | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>      | <b>RO<sub>2</sub></b>            | <b>RO<sub>2</sub></b>                  | <b>RO<sub>2</sub></b>           |                                       |                                |  |
|     | <b>R<sub>2</sub>O</b>                     | <b>RO</b>                                | <b>RO<sub>3</sub></b>           | <b>RH<sub>4</sub></b>                           | <b>RH<sub>3</sub></b>                   | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>       | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>          | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>      | <b>RO<sub>2</sub></b>            | <b>RO<sub>2</sub></b>                  | <b>RO<sub>2</sub></b>           |                                       |                                |  |
| *   | <b>Ce</b><br>140,12<br>Церій              | <b>Pr</b><br>140,91<br>Прасодим          | <b>Nd</b><br>144,24<br>Неодим   | <b>Sm</b><br>151,96<br>Самарій                  | <b>Eu</b><br>157,25<br>Європій          | <b>Gd</b><br>158,93<br>Гадоліній        | <b>Dy</b><br>162,5<br>Диспрозій            | <b>Ho</b><br>164,93<br>Гольмій         | <b>Er</b><br>167,26<br>Ербій     | <b>Tm</b><br>168,93<br>Тулій           | <b>Yb</b><br>173,04<br>Ітербій  | <b>Lu</b><br>174,97<br>Лютецій        |                                |  |
| **  | <b>Th</b><br>232,04<br>Торій              | <b>Pa</b><br>231<br>Протактиній          | <b>U</b><br>238,03<br>Уран      | <b>Pu</b><br>(243)<br>Плутоній                  | <b>Am</b><br>(243)<br>Америцій          | <b>Cm</b><br>(247)<br>Кюрий             | <b>Bk</b><br>(247)<br>Бекетвій             | <b>Cf</b><br>(251)<br>Каліфорній       | <b>Es</b><br>(254)<br>Ейнштейній | <b>Fm</b><br>(257)<br>Фермій           | <b>Md</b><br>(258)<br>Менделєєв | <b>No</b><br>(259)<br>Нобелій         | <b>Lr</b><br>(260)<br>Лоренсій |  |

*Навчальне видання*

**Кіосе** Тетяна Олександрівна  
**Раскола** Людмила Анатоліївна

## **НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

**ПРАКТИКУМ**

до лабораторних робіт  
для студентів I курсу факультету хімії та фармації

*В авторській редакції*

Підп. до друку 12.11.2022. Формат 60x84/16.  
Ум.-друк. арк. 6,36. Наклад 16 пр.  
Зам. № 2521.

Видавець і виготовлювач  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.  
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна  
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua