

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії та екології
Кафедра неорганічної та фізичної хімії

Олександр Смітюх
Олег Марчук
Людмила Піскач

Хімія Неорганічна

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Методичні розробки лабораторних занять

Луцьк – 2025

УДК 546(072)

С 50

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 7 від 19 березня 2025 року)*

Рецензент:

Супрунович С.В. – канд. хім. наук, доцент; доцент кафедри органічної хімії та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки

С 50 Смітюх О.В., Марчук О.В., Піскач Л.В. Хімія Неорганічна. Змістовий модуль 3 / Смітюх Олександр Вікторович, Марчук Олег Васильович, Піскач Людмила Василівна. – Луцьк : ПП Іванюк В.П., 2025. – 50 с.

Методичні розробки призначені для самостійної підготовки до лабораторних занять з неорганічної хімії здобувачами освіти спеціальностей: 205 – Лісове господарство, 014.15 – Середня освіта (Природничні науки) та 181 – Харчові технології. Їх зміст і структура базуються на програмі навчальної дисципліни «Хімія неорганічна».

Методичні вказівки до курсу містять план лабораторного практикуму, основні правила роботи і техніки безпеки в хімічній лабораторії, інформацію про хімічний лабораторний посуд та обладнання, зміст лабораторних експериментів, які виконуються студентами, а також комплекс практичних завдань для контролю знань та приклади розв'язку.

УДК 546(072)

© Смітюх О.В., Марчук О.В., Піскач Л.В.
2025

© ВНУ імені Лесі Українки, 2025

Властивості s-елементів Періодичної системи	
Лабораторна робота № 8	
Властивості s -елементів	4
Властивості p-елементів Періодичної системи	
Лабораторна робота № 9	
Властивості p -елементів	13
Властивості d-елементів Періодичної системи	
Лабораторна робота № 7	
Властивості d -елементів	24
Рекомендована література	38
Додатки	40

Властивості s-елементів періодичної системи

Лабораторна робота № 8 Властивості s-елементів

Мета роботи. Ознайомитися з властивостями s-елементів I, II груп та їх сполуками.

Хід виконання роботи:

Властивості s-елементів I групи та їх сполук

Дослід 1 (демонстраційний). Добування і горіння водню

У пробірку помістити декілька шматочків цинку і долити 5-7 мл розведеної (1:1) хлоридної кислоти. Пробірку щільно закрити корком з капіляром і закріпити в лапці штатива. Відзначити бурхливе протікання реакції. Через 20-30 сек. після початку реакції можна перевірити водень, який виділяється, на чистоту.

Для цього надіти на капіляр суху пробірку, перевернуту догори дном. Через 30 сек. пробірку зняти з капіляра і закрити її отвір пальцем. Потім піднести пробірку до пальника, відкрити отвір і підпалити водень. Якщо в пробірці чистий водень, то він запалюється і горить блідо-блакитним полум'ям.



Якщо ж у пробірці ще є кисень повітря, то відбувається легкий вибух, що супроводжується різким свистом. Написати рівняння реакції одержання і горіння водню. Що є окисником в цьому процесі? Чому пробірку для збирання водню слід тримати догори дном? Чи можна одержати водень із хлоридної кислоти при заміні цинку на інший метал?

Дослід 2. Відновлення калій перманганату гідроген пероксидом

Внести у пробірку декілька крапель розчину калій перманганату, підкислити його декількома краплями розчину сульфатної кислоти і додати краплями розчин гідроген пероксиду. Відзначити знебарвлення розчину. Написати рівняння реакції, враховуючи, що утворюється сіль мангану(II) і вільний кисень.



Дослід 3. Взаємодія натрій пероксиду з водою

У пробірку внести шпателем невелику кількість порошку натрій пероксиду, додати 8–10 крапель дистильованої води і розмішати. Довести наявність лугу в отриманому розчині, додавши до нього одну краплю фенолфталеїну. Написати рівняння реакції взаємодії натрій пероксиду з водою.



Дослід 4. Відновні властивості натрій пероксиду

Внести у пробірку 4-5 крапель розчину калій перманганату, додати невелику кількість натрій пероксиду і перемішати. Відзначити виділення газу і появу бурого осаду. Написати рівняння реакції.



Дослід 5. Реакція середовища у розчинах натрій карбонату і гідрокарбонату

Внести у три пробірки по 6-7 крапель дистильованої води. У кожну з них додати таку ж кількість нейтрального розчину лакмусу. В одну пробірку внести декілька кристаликів натрій карбонату, в другу – натрій гідрокарбонату. Третю пробірку залишити для порівняння. Перемішати розчини. Порівняти забарвлення лакмусу в розчинах солей із його забарвленням у третій пробірці.



Яка реакція середовища в розчинах і чому? Написати іонні та молекулярні рівняння реакцій гідролізу. Чому відтінок забарвлення лакмусу в розчинах цих солей різний? Відповідь обґрунтувати.

Дослід 6. Добування літій карбонату

Внести у пробірку 4-5 крапель розчину літій хлориду і додати такий самий об'єм розчину натрій карбонату. Злегка підігріти пробірку на пальнику і спостерігати спочатку помутніння, а потім випадання дрібних кристалів літій карбонату. Записати рівняння реакції.

Дослід 7. Забарвлення полум'я іонами лужних металів (Демонстраційний)

Очищену платинову дротинку опустити у розчин калій хлориду і внести у полум'я пальника. Відмітити забарвлення полум'я. Дослід повторити з розчинами солей літію, натрію та купруму (II). Перед кожним дослідом дротинку слід промивати у концентрованій хлоридній кислоті і прожарювати у полум'ї пальника.



1



2

Властивості s-елементів II групи та їх сполук

Дослід 1. Взаємодія магнію з кислотами

У дві пробірки помістити невелику кількість магнієвого порошку. В одну пробірку додати декілька крапель 2 н. розчину хлоридної кислоти, а в іншу – таку ж кількість 2 н. розчину нітратної кислоти. Чи той самий газ виділяється? Чому? Написати рівняння реакцій.



Дослід 2. Добування магній гідроксиду та його властивості

У дві пробірки внести по 1 мл розчину солі магнію і в кожну з них додати по 2 мл розчину їдкого натру. В одну з пробірок додати розчин хлоридної кислоти до повного розчинення осаду. У другій пробірці розчинити осад у 2 н. розчині амоній хлориду. У якому випадку для розчинення осаду була потрібна більша кількість реактиву?



Написати рівняння реакцій: одержання магній гідроксиду і його розчинення в кислоті і в розчині солі амонію. Використовуючи добуток розчинності, пояснити розчинення магній гідроксиду в амоній хлориді і хлоридній кислоті. У якому реактиві розчинення відбувається легше? Чому? Чи розчиняється магній гідроксид при додаванні амоній сульфату? калій хлориду?

Дослід 3. Добування магній гідроксокарбонату

У пробірку до 2–3 крапель розчину солі магнію додати розчин Na_2CO_3 до утворення осаду магній гідроксокарбонату. Відмітити виділення газу. Випробувати відношення осаду основної солі магнію до хлоридної кислоти. Написати рівняння реакцій добування магній гідроксокарбонату і його розчинення в кислоті.



Дослід 4. Добування і властивості карбонатів лужноземельних металів

Добути осади кальцій, стронцію і барій карбонатів через взаємодію розчинів відповідних солей з розчином соди. Випробувати відношення одержаних карбонатів до хлоридної кислоти (кислоту додавати краплями). Написати рівняння відповідних реакцій. Відзначити розчинення карбонатів у кислоті.



Дослід 5. Забарвлення полум'я солями лужноземельних металів. (Демонстраційний)

Платинову дротинку внести у концентровану хлоридну кислоту, а потім прожарити у полум'ї пальника. Чиста дротинка не повинна забарвлювати полум'я. Очищену платинову дротинку внести в розчин солі Барію і знову внести в полум'я пальника. Відмітити забарвлення полум'я. Дослід повторити з розчинами солей Стронцію і Кальцію. Описати спостережені явища.



1



2

Питання для самопідготовки:

1. **Гідроген:** положення Гідрогену в Періодичній системі та специфічність його властивостей. Ізотопи Гідрогену.
2. Існування у природі. Добування водню в промисловості та в лабораторії. Застосування водню.
3. Фізичні та хімічні властивості водню.
4. Бінарні сполуки Гідрогену; вода; пероксигідроген.
5. **Елементи I групи (лужні метали):** електронна будова атомів і типи зв'язків у сполуках.
6. Поширення у природі, методи добування та фізичні властивості.
7. Взаємодія лужних металів з галогенами, сіркою, азотом.
8. Оксиди, пероксиди, надпероксиди й озоніди лужних металів.
9. Відношення лужних металів до води, кислот та основ.
10. Карбонати, гідрокарбонати та нітрати лужних металів. Їх історичні назви.
11. Біологічна функція лужних металів.
12. **Елементи II групи:** загальна характеристика, електронна будова атомів та типи зв'язків у сполуках.
13. Берилій: добування, фізичні властивості, застосування.
14. Хімічні властивості берилію.
15. Токсична дія сполук Берилію.
16. Магній: добування, фізичні властивості, застосування.

17. Хімічні властивості магнію.
18. Біологічна дія сполук Магнію.
19. **Підгрупа Кальцію (лужноземельні метали):** існування у природі, методи добування та фізичні властивості, застосування.
20. Взаємодія простих речовин з неметалами (галогени, вуглець, азот, водень), відношення до дії води, кислот і лугів.
21. Оксиди та гідроксиди лужноземельних металів. Вапняна та баритова вода.
22. Солі елементів підгрупи Кальцію.
23. Гідриди, нітриди, карбіди елементів підгрупи Кальцію.
24. Твердість води та способи її усунення.
25. Біологічна функція і токсикологічна дія сполук лужноземельних металів.

Задачі для самостійного розв'язування:

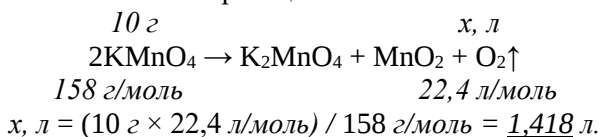
1. Скільки літрів водню виділиться внаслідок взаємодії 1,5 моль натрію з водою?
2. Який об'єм водню виділиться, якщо подіяти хлоридною кислотою на 229 г суміші мідних, магнієвих і алюмінієвих ошурок, якщо масове співвідношення металів у суміші дорівнює 1:1:2?
3. Скільки грамів 3,4 % -ного розчину H_2O_2 потрібно для окислення 100 мл 1 М розчину FeSO_4 у присутності H_2SO_4 ?
4. Який об'єм (л) 1 М розчину їдкого калію треба взяти, щоб 200 г купрум(II) сульфату перетворити в купрум(II) гідроксид?
5. Обчислити, скільки грамів їдкого натру можна добути в результаті взаємодії 21,2 г натрій карбонату з відповідною кількістю кальцій гідроксиду?
6. При прожарюванні 30 г кристалогідрату кальцій сульфату виділяється 6,28 г води. Подати відповідь, яка кількість молекул води входить до складу кристалогідрату.
7. При розчиненні в кислоті 5,00 г CaO , що містить домішки CaCO_3 , виділилося 140 мл газу, об'єм якого було виміряно за нормальних умов. Скільки процентів CaCO_3 (за масою) міститься у вихідній наважці?
8. До розчину, в якому міститься 20 г сульфатної кислоти, додали 18 г розчину їдкого натру. Яку реакцію має добутий розчин?

9. Розчинність калій біхромату у воді становить 12,3 г (20°C) та 73,0 г (80°C) на 100 г води. Скільки осаду випаде при охолодженні 300 г насиченого розчину цієї солі від 80 до 20°C?
10. При взаємодії хлоридної кислоти з сумішшю магнію і магній карбонату виділилося 11,2 л газу (н.у.). Після спалювання газу і конденсації водяних парів об'єм газу зменшився до 4,48 л (у.н.). Визначити масову частку магній карбонату в суміші.
11. При кип'ятінні розчину калій гідрокарбонату (втратами води знехтувати) отримали розчин калій карбонату з масовою часткою 3,49 %. Якою була початкова концентрація калій гідрокарбонату?
12. Скільки кілограмів 30%-ного розчину калій хлориду слід узяти, щоб добути за допомогою електролізу 50 кг їдкового калію?
13. Маса чистих натрій хлориду та йодиду дорівнює 0,4 г. Розчин цієї суміші з розчином аргентум(I) нітрату дає осад, маса якого 0,8981 г. Знайти початковий склад суміші.
14. При прожарюванні 51,8 г безводної солі невідомого металу (II) виділилася вода і карбон(IV) оксид. Після пропускання оксиду над розжареним вугіллям об'єм газу збільшився на 4,48 л. Визначити невідомий метал.
15. При обробці суміші калій гідроксиду і калій гідрокарбонату надлишком розчину хлоридної кислоти утворилося 59,6 г калій хлориду і виділилося 4,48 л газу (н.у.). Обчислити процентний склад суміші.

Приклади розв'язування типових задач

Приклад 1. Скільки літрів кисню виділиться внаслідок розкладу 10 г калій перманганату.

Розв'язок. Оскільки відбувається хімічна взаємодія, то необхідним є написання хімічної реакції.



Приклад 2. При прожарюванні 50 г кристалогідрату купрум сульфату виділяється 18 г води. Подати відповідь, яка кількість молекул води входить до складу кристалогідрату.

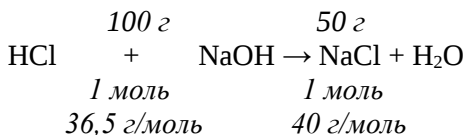
Розв'язок. Оскільки кристалогідрат внаслідок прожарювання втратив воду, то за допомогою хімічного рівняння можна встановити кількість води в цьому кристалогідраті:

$$\begin{array}{rcl}
 50 \text{ г} & & 18 \text{ г} \\
 \text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} & \rightarrow & \text{CuSO}_4 + x\text{H}_2\text{O} \\
 (160 + 18x) \text{ г/моль} & & 18x \text{ г/моль} \\
 50 \text{ г} \times 18x \text{ г/моль} = (160 + 18x) \text{ г/моль} \times 18 \text{ г} & & \\
 50x = 160 + 18x & & \\
 50x - 18x = 160 & & \\
 32x = 160 & & \\
 x = 5 & &
 \end{array}$$

Істинна формула кристалогідрату: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Приклад 3. До розчину, в якому міститься 100 г хлоридної кислоти, додали 50 г розчину їдкого натру. Яку реакцію має добутий розчин?

Розв'язок. При додаванні до хлоридної кислоти розчину їдкого натру відбувається нейтралізація кислого середовища. Необхідно з'ясувати, чи достатньо їдкого натру для процесу нейтралізації.



Згідно з рівнянням реакції, повна реакція відбувається при співвідношення 1:1 (за кількістю речовини). Отже, розрахуємо практичні кількості речовин:

$$n(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M(\text{HCl}) = 100 \text{ г} / 36,5 \text{ г/моль} = 2,74 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / M(\text{NaOH}) = 50 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 1,25 \text{ моль.}$$

Оскільки, розчину їдкого натру недостатньо для нейтралізації, то середовище буде кислим.

Приклад 4. Розчинність калій біхромату у воді становить 12,3 г (20°C) та 73,0 г (80°C) на 100 г води. Скільки осаду випаде при охолодженні 500 г насиченого розчину цієї солі від 80 до 20°C?

Розв'язок. Запишемо схематичний процес кристалізації:

20°C

12,3 г ($K_2Cr_2O_7$) - 100 г (H_2O) = 112,3 г (розчин)

x_2 г ($K_2Cr_2O_7$) - y_2 г (H_2O) = 500 г (розчин)

x_2 г ($K_2Cr_2O_7$) = 12,3 г $\times$ 500 г / 112,3 г = 54,8 г

y_2 г (H_2O) = 500 г (розчин) - 54,8 г ($K_2Cr_2O_7$) = 445,2 г.

80°C

73 г ($K_2Cr_2O_7$) - 100 г (H_2O) = 173 г (розчин)

x_1 г ($K_2Cr_2O_7$) - y_1 г (H_2O) = 500 г (розчин)

x_1 г ($K_2Cr_2O_7$) = 73 г $\times$ 500 г / 173 г = 210 г

y_1 г (H_2O) = 500 г (розчин) - 210 г ($K_2Cr_2O_7$) = 290 г.

Для того, щоб з'ясувати скільки осаду випаде при охолодженні 500 г насиченого розчину цієї солі від 80 до 20°C, потрібно знайти різницю розчиненого калій біхромату за температури 80 °C і 20 °C:

$$\Delta m = x_1 \text{ г } (K_2Cr_2O_7) - x_2 \text{ г } (K_2Cr_2O_7) = 210 \text{ г} - 54,8 \text{ г} = \underline{155,2 \text{ г}}.$$

Властивості *p*-елементів періодичної системи

Лабораторна робота № 9 Властивості *p*-елементів

Мета роботи. Ознайомитися з властивостями *p*-елементів III-VII груп та їх сполуками.

Хід виконання роботи:

Властивості *p* -елементів III групи та їх сполук

Дослід 1. Отримання малорозчинних боратів

У три пробірки внести по 3-4 краплі насиченого розчину $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ і додати по декілька крапель розчинів: у першу – аргентум(I) нітрату, у другу – купрум(II) сульфату, у третю – алюміній сульфату. Відмітити кольори осадів, що випали.

Написати рівняння реакцій, враховуючи, що у всіх реакціях бере участь вода і утворюється борна кислота, а також, що у першій пробірці випадає осад аргентум(I) метаборату, у другій – основна сіль купруму CuOHBO_2 – купрум(II) гідроксометаборат, у третій – алюміній гідроксид. Чому в останніх двох пробірках не утворились середні солі – купрум(II) борат і алюміній борат? Відповідь пояснити написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Взаємодія алюмінію з кислотами

У три пробірки внести по 5-6 крапель 2 н розчинів кислот: хлоридної, сульфатної, нітратної. У кожную пробірку опустити по маленькому шматочку алюмінію. Чи скрізь протікає реакція на холоді? Нагріти пробірки. Що спостерігається? Написати рівняння реакцій.



Який газ виділяється при взаємодії алюмінію з розбавленою нітратною кислотою? З розбавленими хлоридною та сульфатною кислотами? Проробити дослід аналогічний попередньому, взявши замість розбавлених кислот концентровані. Як протікають реакції на

холоді? З якою кислотою алюміній не взаємодіє? Чому? Нагріти пробірки. Як впливає нагрівання на протікання реакцій?

Описати спостережені явища. Відповісти на питання. Написати рівняння реакцій, враховуючи, що при нагріванні нітратна кислота відновлюється в основному до нітроген(IV) оксиду, а сульфатна кислота – до сульфур(IV) оксиду на холоді і частково до вільної сірки при нагріванні. Чи впливає зміна концентрації хлоридної кислоти на характер її взаємодії з алюмінієм?

Дослід 3. Вплив хлорид-іона на корозію алюмінію

Іон хлору є сильним активатором корозії. Його присутність у розчині сприяє руйнуванню захисної плівки алюміній оксиду, внаслідок чого корозія підсилюється.

У дві пробірки помістити по шматочку алюмінію і додати в одну з них 7-8 крапель купрум(II) сульфату, а в другу – стільки ж розчину купрум(II) хлориду.

Відмітити різний результат в обох випадках: в той час як у першій пробірці алюміній залишається майже без змін, то в другій він швидко вкривається нальотом міді. Написати відповідні рівняння реакцій.



Властивості p-елементів IV групи та їх сполук

Дослід 1. Добування і властивості карбонатів лужноземельних металів

У двох пробірках добути кальцій і барій карбонати взаємодією 3-4 крапель солі відповідного металу з 3-4 краплями розчину натрій карбонату. Дати розчинам відстоятись і, зливши більшу частину рідини, додати до осадів по одній краплі розчину ацетатної кислоти. Що спостерігається?

Відзначити випадання осадів, їх забарвлення і розчинення в ацетатній кислоті, що супроводжується виділенням газу. Написати рівняння всіх реакцій.



Дослід 2. Добування малорозчинних силікатів

У чотири пробірки внести по 3-5 крапель розчинів солей: у першу – кальцій хлориду, в другу – кобальт(II) сульфату, в третю – плюмбум(II) нітрату, а в четверту – купрум(II) сульфату. Додати у кожную пробірку розчину натрій силікату. Відмітити забарвлення осадів. Написати рівняння реакцій.

Дослід 3. Добування важкорозчинних солей Плюмбуму (II)

В чотири пробірки окремо внести по 2-4 краплі 2 н. розчинів сульфатної та хлоридної кислот, розчину калій іодиду і калій хромату. В кожную пробірку додати по 2-3 краплі розчину солі плюмбуму. Відзначити випадання осадів та їх кольори. Осад плюмбум хлориду дослідити на розчинність при нагріванні до кипіння і при охолодженні холодною водою.

Осад плюмбум іодиду відокремити від розчину, додати 5-6 мл розчину ацетатної кислоти, нагріти до кипіння і охолодити. Струшуючи пробірку, стежити за рухом кристаликів, що при цьому утворюються. Записати спостереження і рівняння всіх реакцій, які проходять.



Властивості р-елементів V групи та їх сполук

Дослід 1 (демонстраційний). Добування NO і NO₂

У пробірку помістити мідні ошурки і долити розведеної нітратної кислоти (1:3) так, щоб вона покрила ошурки повністю.

Пробірку похило закріпити у штативі, закрити пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої підвести під отвір іншої пробірки, заповненої водою і зануреної отвором у воду в кристалізаторі.



Якщо реакція іде недостатньо енергійно – злегка підігріти реакційну суміш на полум'ї пальника. Заповнити пробірку газом, що виділяється, приблизно на $\frac{3}{4}$ її об'єму (в пробірці повинна залишатися вода), закрити її під водою пальцем, вийняти з води і

перевернути вниз дном. Відкрити на 1-2 сек. отвір пробірки і спостерігати побуріння безбарвного газу (пробірку тримати на білому фоні).

Закрити пробірку пальцем, струснути її декілька разів до повного поглинання водою отриманого бурого газу. Знову відкрити пробірку і спостерігати побуріння вдруге і його розчинення в воді при струшуванні. Отриманий розчин перевірити лакмусовим або універсальним індикаторним папірцем. Відзначити зміну забарвлення і зробити висновок про реакцію середовища в розчині. Записати рівняння реакцій.

Дослід 2. Осадження ферум(III) і алюміній фосфатів

У дві пробірки внести по 3-4 краплі розчинів солей: у першу – ферум(III) хлориду, в другу – алюміній сульфату. Додати в кожен з пробірок по 2-3 краплі розчинів натрій ацетату і натрій гідрофосфату. Відмітити кольори осадів, що утворилися. Написати рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах.



Дослід 3. Відновні властивості сполук стибію(III) та бісмуту(III)

У дві пробірки налити по 2–3 краплі калій перманганату і 2 н. розчину хлоридної кислоти. В одну з пробірок додати 3–5 крапель розчину стибій(III) хлориду, в іншу – стільки ж розчину бісмут(III) нітрату. Відзначити знебарвлення розчину в першій пробірці. Чи проходить така ж реакція в іншому випадку?



Написати рівняння реакції окиснення стибій(III) хлориду до $\text{H}[\text{SbCl}_6]$. Відзначити різну відновну здатність іонів Sb^{3+} і Bi^{3+} . З таблиці електродних потенціалів виписати відповідні числові значення. Чи підтверджують ці дані практичні спостереження?

Дослід 1 (демонстраційний). Добування кисню

Наповнити пробірку кристалічним калій перманганатом на $\frac{1}{5}$ її об'єму, закріпити похило в штативі і закрити ватою і корком з газовідвідною трубкою.

Приготувати невелику колбу зі щільним корком. Відкритий кінець газовідвідної трубки ввести в колбу, підігріти пробірку з калій перманганатом. Перевірити наявність кисню тліючою скіпкою. Записати рівняння реакції одержання кисню.



Дослід 2. Отримання малорозчинних сульфідів

У дві пробірки внести окремо по 3-4 краплі манган(II) сульфату і плюмбум(II) нітрату. До кожного розчину додати по 3-4 краплі розчину натрій сульфіді. Спостерігати випадання осадів сульфідів мангану та плюмбуму. До отриманих осадів додати по 3-4 краплі 2 н розчину нітратної кислоти.



Який сульфід розчинився? Чи можливе його утворення в кислому середовищі?

У дві інші пробірки з розчинами тих самих солей мангану та плюмбуму додати по 3-4 краплі сірководневої води. В якому випадку утворення осадів не спостерігається? Чому?

Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння реакцій добування сульфідів мангану та плюмбуму. Вказати їх забарвлення. Записати рівняння реакції розчинення MnS у кислоті. Користуючись значеннями ДР_{MnS} і ДР_{PbS} , а також правилом добутку розчинності, пояснити: а) різні результати дії H_2S та Na_2S на сіль мангану; б) утворення осаду PbS в обох випадках. Утворення чорного осаду PbS може служити реакцією виявлення іона Pb^{2+} .

Дослід 3. Дія сульфатної кислоти на метали

У дві пробірки внести по 5-8 крапель розчину розведеної сульфатної кислоти і по 2-3 гранули металів: у першу – цинку, в другу – міді. Якщо реакція проходить повільно, то слід підігріти пробірки на невеликому полум'ї пальника.



1



2



3

В якому випадку реакція не відбувається? Чому? Написати рівняння реакцій, що протікають. Який елемент у цих реакціях є відновником?

У дві пробірки внести по 2-3 мл концентрованої сульфатної кислоти і додати в одну з них 2-3 шматочки міді, а в іншу – 2-3 гранули цинку. Пробірки трохи підігріти на невеликому полум'ї пальника. Спостерігати виділення газів в обох пробірках. До отворів пробірок по черзі піднести вологий індикаторний папірець і папірець, змочений розчином плюмбум(II) ацетату.

Записати спостереження. Які гази виділяється? Написати рівняння реакцій, що проходять, і вказати, який елемент у молекулі сульфатної кислоти є окисником. Написати можливі рівняння реакцій взаємодії концентрованої сульфатної кислоти з цинком із утворенням: а) сірчистого газу; б) сірки; в) сірководню?

Властивості *p*-елементів VII групи та їх сполук

Дослід 1 (демонстраційний). Добування хлору і хлорної води

В колбу місткістю 200-250 мл, що закріплена в штативі, внести 8-10 г калій перманганату. Колбу закрити корком з газовідвідною трубкою і ділильною лійкою, в яку налити концентровану хлоридну кислоту. Відкрити кран ділильної лійки і спостерігати бурхливий початок реакції.

Кінець газовідвідної трубки опустити на дно підставленої сухої пробірки і спостерігати її заповнення жовто-зеленим газом. Дослід проводити **під тягою!!!** Написати рівняння реакції, враховуючи, що калій перманганат переходить у манган(II) хлорид. Вказати окисник і відновник.



Кінець газовідвідної трубки опустити на дно циліндра об'ємом 100 мл, заповненого дистильованою водою, і пропускати хлор, що виділяється, протягом 8-10 хвилин. Відзначити зміну забарвлення води. Написати рівняння реакції.

Дослід 2. Характерні реакції на галогенід-іони

Утворення осадів AgCl , AgBr і AgI є характерною реакцією на галогенід-іони. Отримати вказані речовини за допомогою реакції обміну.

Необхідні розчини солей брати в кількості 4-5 крапель. До отриманих осадів додати розчину амоніаку. Чи спостерігається їх розчинення? Написати в молекулярній та іонній формі рівняння реакцій, відзначити кольори добутих осадів і результат дії на них розчину амоніаку.



Питання для самопідготовки:

1. **Елементи III групи:** Бор, Алюміній, підгрупа Галію; електронна будова атомів, загальна характеристика елементів, їх властивості.
2. Отримання і властивості простих речовин.
3. Найважливіші сполуки та їх застосування.
4. **Елементи IV групи:** Карбон, Силіцій, підгрупа Германію; електронна будова атомів, загальна характеристика елементів, закономірності зміни властивостей.
5. Отримання і властивості простих речовин.
6. Найважливіші сполуки та їх застосування. Термічний розклад карбонатів.

7. **Елементи V групи:** Нітроген, Фосфор, елементи підгрупи Арсену: електронна будова атомів і загальна характеристика елементів, їх властивості.
8. Знаходження в природі, одержання та властивості простих речовин.
9. Найважливіші сполуки та їх застосування. Термічний розклад нітратів.
10. Азотні та фосфорні добрива.
11. Біологічна функція елементів підгрупи арсену і токсична дія їх сполук.
12. **Елементи VI групи (халькогени):** Оксиген, елементи підгрупи Сульфуру: Сульфур, Селен, Телур, Полоній: загальна характеристика елементів; електронна будова атомів, елементи типові і повні електронні аналоги; закономірна зміна властивостей.
13. Оксиген. Будова атома і молекули O_2 .
14. Поширеність, природні сполуки, одержання, окиснювальна активність, застосування кисню.
15. Озон: утворення і будова молекули з позицій методу ВЗ, отримання, окислювальна активність, застосування.
16. Пероксодіоксиген: будова молекули, властивості, одержання, застосування. Пероксиди, надпероксид, озоніди. Застосування.
17. Найважливіші сполуки елементів підгрупи Сульфуру та їх застосування.
18. Біологічні функції та токсичність халькогенів.
19. **Елементи VII групи (галогени):** електронна будова атомів, загальна характеристика елементів, їх властивості.
20. Отримання і властивості простих речовин.
21. Найважливіші сполуки та їх застосування.
22. Біологічні функції та токсичність галогенів.
23. **Елементи VIII групи: (благородні (інертні) гази):** загальна характеристика.
24. Хімічні сполуки благородних газів.
25. Застосування та токсикологія інертних газів.

Задачі для самостійного розв'язування:

1. Яка кількість борної кислоти можна одержати з 20 г аморфного бору при окисленні його 50 мл 65 %-ного розчину нітратної кислоти ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,4 \text{ г/мл}$), якщо вона відновлюється до NO?
2. Скільки вийде $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$, якщо до 12 г H_3BO_3 додати 200 мл 0,1 н розчину NaOH?
3. Якою була маса $\text{Al}(\text{OH})_3$, якщо для його розчинення було потрібно 0,2 л розчину нітратної кислоти ($\omega_{\text{р-ну}} = 30 \%$, $\rho_{\text{р-ну}} = 1180 \text{ кг/м}^3$)? Який мінімальний об'єм 2,5 н розчину КОН необхідно витратити для розчинення цієї кількості алюміній гідроксиду?
4. Яку масу питної соди треба розчинити в 200 мл води для приготуванні 2%-ного розчину, що застосовується при полоскання горла?
5. Який об'єм ацетилену можна отримати з кальцій карбиду, добутого при взаємодії коксу з 62 т негашеного вапна, що містить 80 % кальцій оксиду?
6. Скільки кілограмів кремнію та який об'єм 32%-ного розчину NaOH ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,35 \text{ г/см}^3$) будуть потрібні для добування 15 м^3 водню, виміряного при 17°C та 98,64 кПа?
7. Скільки мілілітрів 28%-ного розчину NaOH ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,31 \text{ г/см}^3$) буде потрібно для розчинення кремнію, що утворився при прожарюванні 6 г магнію з 6 г SiO_2 ?
8. Який об'єм водню, виміряного при 27°C та тиску 101325 Па, потрібний для відновлення германій(IV) оксиду масою 1 г?
9. Який об'єм 2 н розчину NaOH потрібно додати до 200 г 5%-ного розчину SnCl_2 , щоб перевести його повністю в тетрагідросокомплекс?
10. До 5 г сурику додали 20 мл 60%-ного розчину HNO_3 ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,37 \text{ г/см}^3$), розчин з осадом нагріли, а потім розбавили водою до 2 л. Визначити масу осаду та нормальну концентрацію солі у розчині.
11. Змішані 30 г амоній хлориду та 45 г кальцій гідроксиду. Який об'єм амоніаку виділиться при цьому (н.у.)?
12. Який об'єм (мл) 0,2 н розчину калій нітриту необхідний для відновлення у кислому середовищі 50 мл 0,15 н розчину калій перманганату?

13. При прожарюванні суміші цинк та магній нітратів масою 0,575 г було отримано залишок масою 0,180 г. Визначити масу кожного нітрату у суміші.
14. Знайдіть масу фосфору, яку можна добути з 1,2 кг кальцій фосфату, якщо вихід становить 70 %. Обчислити маси вугілля та піску, необхідні для цього.
15. Який об'єм (мл) 60%-ного розчину нітратної кислоти ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,4 \text{ г/см}^3$) необхідний для окиснення 5 г арсен(III) сульфіді, якщо нітратна кислота відновлюється до NO?
16. Знайти масу (кг) стибієвого блиску, що містить 75 % стибій сульфіді, необхідну для добування 250 кг стибію.
17. Який об'єм (мл) бромі ($\rho_{\text{р-ну}} = 3,1 \text{ г/см}^3$) необхідний для окиснення у лужному середовищі 2,3 г бісмут(III) оксиду?
18. Розрахувати еквівалентну концентрацію сірководневої кислоти, якщо при пропусканні сульфур(IV) оксиду через її розчин об'ємом 1 л виділився сульфур масою 3 г.
19. Знайти об'ємну частку (%) озону в повітрі, якщо при пропусканні 100 мл повітря через розчин KJ виділилось 0,267 г іоду.
20. Обчислити молярну концентрацію сульфатної кислоти (з точністю до цілих) в розчині масою 150 г з масовою часткою H_2SO_4 20 % ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,139 \text{ г/мл}$).
21. Який об'єм (л) сірководню потрібно розчинити в 2 л води, щоб одержати 0,01 Н розчин (н.у.)?
22. Скільки мл розчину 10%-ного аргентум(I) нітрату потрібно для реакції обміну з 1 мл 10%-ного розчину HBr ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,06 \text{ г/мл}$)?
23. При розчиненні в 50 мл 25%-ного NaOH ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,28 \text{ г/мл}$) всього сульфур диоксиду, отриманого при спалюванні 8,96 л сірководню, одержано розчин солі. Який її склад та масова частка в розчині?
24. 10 г суміші магнію і магній оксиду обробили надлишком хлоридної кислоти. В результаті цього виділилося 4,48 л газу (н.у.). Визначити процентний склад суміші (за масою).
25. Скільки літрів водню виділиться, якщо подіяти хлоридною кислотою на 229 г суміші мідних, магнієвих і алюмінієвих ошурок, якщо масове співвідношення металів у суміші дорівнює 1:1:2?

26. Після взаємодії суміші 5 л водню і 4,48 л хлору (н.у.) продукт реакції розчинили в 85,4 мл води. Обчислити масову частку речовини в одержаному розчині.
27. Обчислити нормальність розчину HCl , якщо 40 мл його після додавання надлишку AgNO_3 утворили 0,574 г AgCl .
28. Яка маса (г) йоду виділиться в сірчанокиислому розчині при взаємодії надлишку розчину KI із 150 мл 6%-ного розчину KMnO_4 ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,04$ г/мл)?
29. 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.). Обчислити масову частку (%) кожного фториду в суміші.
30. Газова суміш «Trimix 10/50», яка використовується під час плавання під водою на великій глибині, містить 10 % кисню, 50 % гелію та 40 % азоту. Балон для дайвінгу містить 300 л (н.у.) такої суміші під великим тиском. Обчислити масу суміші газів, що міститься в балоні та густину за повітрям газової суміші, що міститься в балоні.

Властивості *d*-елементів періодичної системи

Лабораторна робота № 10 Властивості *d*-елементів

Мета роботи. Ознайомитися з властивостями *d* - та *f* -елементів III-VIII груп та їх сполуками.

Хід виконання роботи:

Властивості *d*-елементів VIII групи та їх сполук

Дослід 1. Дія на солі феруму(III) калій роданіду

Помістити в пробірку 5–6 крапель розчину ферум(III) хлориду і додати одну краплю розчину калій роданіду. Відзначити зміну кольору розчину. Перенести 1 краплю одержаного розчину в іншу пробірку і додати 8-10 крапель води. Записати рівняння реакції з утворенням $\text{Fe}(\text{SCN})_3$. Чим пояснюється світліше забарвлення при розведенні?



Дослід 2. Дія на солі феруму(III) калій гексаціаноферрату(II)

Внести в пробірку 2-3 краплі розчину ферум(III) хлориду і додати 1 краплю розчину калій гексаціаноферрату(II) (жовтої кров'яної солі $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$). Що спостерігається? Відзначити колір осаду, що утворився (берлінська лазур). Вказати хімічну назву і формулу одержаної речовини.



Дослід 3. Окисні властивості феруму(III)

В дві пробірки окремо внести по 3–4 краплі розчину ферум(III) хлориду і додати в одну з них 1–2 краплі розчину калій іодиду, а в іншу – декілька кристаликів натрій сульфїту.

В який колір і чому забарвлюється розчин у першій пробірці? В другій пробірці спочатку з'являється буро–червоне забарвлення внаслідок утворення малостійкого ферум(III) сульфїту, яке зникає при нагріванні.



Переконатися у відновленні феруму до ступеня окиснення +2 за допомогою якісної реакції з калій гексаціаноферратом(III) (червоною кров'яною сіллю) $K_3[Fe(CN)_6]$. Відзначити колір осаду, що утворився (турнбулева синь). Вказати хімічну назву і формулу одержаної речовини.

Написати рівняння реакцій, враховуючи, що при окисленні натрій сульфїту ферум(III) хлоридом у реакції бере участь вода.

Властивості *d*-елементів VII групи та їх сполук

Дослід 1. Манган(II) гідроксид і його властивості

У дві пробірки внести по 3-4 краплі розчину солі мангану(II) і по 2-3 краплі 2 н розчину лугу. Який колір отриманого осаду манган(II) гідроксиду?

Розмішати осад в одній пробірці (чи додати H_2O_2) і відмітити його побуріння внаслідок окиснення Mn(II) до Mn(IV). У другу пробірку з осадом манган(II) гідроксиду додати 2-3 краплі 2 н сульфатної кислоти. Що спостерігається? Які властивості характерні для манган(II) гідроксиду?



Написати рівняння реакцій: добування манган(II) гідроксиду і його окиснення киснем повітря в $MnO(OH)_2$; взаємодії манган(II) гідроксиду з сульфатною кислотою.

Дослід 2. Відновлення мангану(VII) манганом(II)

Налити в пробірку 1 мл розчину манган сульфату і додати декілька крапель розчину калій перманганату. Що спостерігається? Перевірити реакцію середовища у пробірці індикаторним папірцем. Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 3. Розклад KMnO_4 при нагріванні (демонстраційний)

Помістити декілька кристаликів калій перманганату у пробірку, закріпити її в штативі горизонтально і нагрівати на невеликому полум'ї пальника до повного розкладу речовини. Після охолодження пробірки до сухого залишку додати 5-6 крапель води.



Відмітити забарвлення отриманого розчину. Яка речовина перебуває в осаді? Яка в розчині? Написати рівняння реакції розкладу калій перманганату. Вказати окисник і відновник.

Властивості d -елементів VI групи та їх сполук

Дослід 1. Одержання і властивості хром(III) гідроксиду

Добути у двох пробірках малорозчинний хром(III) гідроксид через взаємодію 3-4 крапель розчину солі хрому(III) з двома краплями 2 н. розчину лугу. Випробувати відношення хром гідроксиду до кислоти і до надлишку лугу, для чого додати в одну пробірку краплями 2 н. розчин сульфатної кислоти, а в другу – 2 н. розчин лугу до розчинення осаду.



Написати рівняння реакцій: а) добування хром(III) гідроксиду; б) взаємодії хром(III) гідроксиду з кислотою та з лугом, враховуючи, що в другому випадку утворюється комплексний аніон $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$. Як називається відповідна калієва сіль? При підкисленні розчину відбувається поступове заміщення гідроксидних лігандів у гідросокомплексі хрому(III) на молекули води з утворенням аквакомплексу. При цьому координаційне число комплексоутворювача не змінюється. Зробити висновок про кислотно-основний характер хром(III) гідроксиду.

Дослід 2. Паралельний гідроліз хром(III) сульфату і натрій карбонату

До 2-3 крапель розчину хром(III) сульфату додати краплями розчин натрій карбонату до утворення осаду $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Зафіксувати виділення газу.

Чому не утворюється хром(III) карбонат?
Який газ виділяється? Написати молекулярне та іонне рівняння реакції. Яка форма гідролізу хром(III)сульфату мала місце в цій реакції?



Дослід 3. Одержання малорозчинних хроматів

У три пробірки з розчином калій хромату додати по 2-3 краплі розчинів: в першу – барій хлориду, в другу – плюмбум(II) нітрату, в третю – аргентум(I) нітрату. Відзначити кольори осадів, що утворилися.

Написати в молекулярній та іонній формах рівняння реакцій.



Властивості *d*-елементів V групи та їх сполук

Дослід 1. Отримання малорозчинних ванадатів

У чотири пробірки внести по 3-4 краплі розчину натрій метаванадату і додати по 3 краплі розчинів: у першу – барій хлориду, у другу – купрум(II) сульфату, в третю – аргентум нітрату, в четверту – плюмбум(II) нітрату. Спостерігати випадання осадів і відмітити їх забарвлення.

Написати молекулярні та іонні рівняння реакцій, враховуючи, що для барію і плюмбуму отримують солі метаванадатної кислоти, а для аргентуму – солі ортованадатної кислоти H_3VO_4 . Для купруму в залежності від рН розчину можуть бути солі метаванадатної кислоти (осад синьо-зеленого кольору) або ортованадатної кислоти (осад жовто-зеленого кольору).

Дослід 2. Окиснювальні властивості ванадатів

До 1 мл підкисленого розчину натрій ванадату додати 1-2 краплі розчину калій іодиду. Спостерігайте за виділенням вільного іоду. Напишіть рівняння реакції, враховуючи, що ванадій (V) відновлюється до ванадію (III).

Дослід 3. Утворення сполук ванадію (IV), ванадію (III), ванадію (II)

Налийте у пробірку 5-6 мл розчину натрій ванадату, додайте концентрованої хлоридної кислоти і шматочок цинку.

Спостерігайте за перебігом реакції і зміною забарвлення розчину внаслідок послідовного відновлення ванадію до сполук ванадію з нижчими ступенями окиснення: ванадій(IV) – синє забарвлення, ванадію(III) – зелене забарвлення, ванадію(II) – фіолетове забарвлення.



Який висновок можна зробити на основі проведених дослідів? Напишіть рівняння реакцій.

Властивості d-елементів IV групи та їх сполук

Дослід 1. Властивості сполук титану(III)

В три пробірки внести по 3-4 краплі розчину солі титану(III). В першу пробірку додайте краплинами розчину калій перманганату. Що спостерігається? У дві інших пробірки додайте розчину натрій гідроксиду.

Спостерігайте за утворенням темно-коричневого осаду титан(III) гідроксиду. Осад на повітрі досить швидко окислюється. В одну пробірку долийте розчину сульфатної кислоти, а в другу – надлишок лугу. Який висновок можна зробити про хімічний характер титан(III) гідроксиду? Напишіть рівняння реакцій.



Дослід 2. Добування і властивості цирконій(IV) гідроксиду

До 1 мл розчину цирконію нітрату додати розчин натрій гідроксиду. Спостерігайте за утворенням білого драглистого осаду цирконій(IV) гідроксиду. Розділіть осад з розчином у дві пробірки і долийте в одну з них сульфатної кислоти, а в другу надлишок лугу. Спостерігайте за розчиненням осаду в кислоті. Напишіть рівняння реакцій.

Дослід 3. Добування цирконій(IV) ортофосфату

Налити у пробірку 1 мл розчину цирконію нітрату і добре підкислити хлоридною кислотою, а потім додайте розчин натрій гідрофосфату. Спостерігайте за утворенням білого осаду цирконій(IV) ортофосфату. Напишіть рівняння реакцій.

Властивості d-елементів III групи та їх сполук

Дослід 1. Взаємодія солі лантану з лугом

Помістити у пробірку 3-4 краплі солі лантан(III) нітрату і осадити лантан(III) гідроксид рівним об'ємом розчину лугу.

Розділити отриману речовину на дві пробірки. Додати в одну з них надлишок лугу. Чи розчиняється отриманий осад лантан(III) гідроксиду? У другу пробірку додати розчин нітратної кислоти. Який характер лантан(III) гідроксиду? Записати рівняння реакцій.



Дослід 2. Добування малорозчинних солей лантану

У три пробірки помістити по 3-4 краплі розчину лантан(III) нітрату. У першу пробірку додати 2-3 краплі розчину натрій ортофосфату, у другу – стільки ж 1 н розчину оксалатної кислоти, в третю – 1-2 краплі розчину натрій флуориду. Записати рівняння реакцій.

Властивості *d*-елементів II групи та їх сполук

Дослід 1. Розчинення цинку в кислотах і лугах.

Налити у пробірку декілька крапель 2 н розчину сульфатної кислоти, внести гранулу цинку і злегка підігріти. Те ж саме проробити з концентрованою сульфатною кислотою і за запахом визначити виділення сульфур диоксиду. Таким самим способом перевірити розчинність цинку в 2 н розчині хлоридної кислоти і в 2 н розчині лугу.



1



2

Описати спостережені явища. Чому розбавлена і концентрована сульфатна кислота по різному реагує з цинком? Який атом і в якому ступені окиснення є окисником в одному і в іншому випадку?

Дослід 2. Добування цинк сульфіді і кадмій сульфіді

У дві пробірки, в одній з яких міститься декілька крапель розчину солі цинку, а в іншій – солі кадмію, додати по 2-3 краплі розчину натрій сульфіді. Відмітити забарвлення осадів і додати в кожен пробірку по одній краплі 2 н розчину хлоридної кислоти. Який з сульфідів є більш розчинним у хлоридній кислоті?



Користуючись правилом добутку розчинності, пояснити різну розчинність сульфідів цинку і кадмію у кислоті. Написати рівняння реакцій.

Дослід 3. Взаємодія меркурій(II) нітрату з надлишком калій іодиду

Помістити у пробірку 1-2 краплі розчину меркурій(II) нітрату і осадити меркурій(II) іодид, додавши 2 краплі розчину калій іодиду. Додати надлишок розчину калій іодиду. Що відбулося з розчином? Що можна сказати про розчинність комплексної сполуки $\text{HgI}_2 \cdot 2\text{KI}$?



Написати координаційну формулу цієї сполуки, враховуючи, що іон меркурію Hg^{2+} має координаційне число 4. До отриманого розчину додати 2 краплі розчину аргентум нітрату. Яка розчинність отриманої комплексної сполуки? Відповісти на питання, назвати обидві комплексні солі, написати рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах. Написати вирази констант нестійкості отриманого комплексного аніона.

Властивості d-елементів I групи та їх сполук

Дослід 1. Взаємодія міді з розбавленими і концентрованими кислотами

У три пробірки помістити по шматочку міді і додати по 5-6 крапель 2 н розчинів кислот: у першу – хлоридної, в другу – сульфатної, в третю – нітратної. Чи забарвився розчин у пробірках у синьо-голубий колір, характерний для іона Cu^{2+} ?

Проробити аналогічний дослід з концентрованими кислотами без нагрівання і при обережному нагріванні. З якими кислотами взаємодіє мідь?

При написанні рівняння реакції взаємодії міді з розбавленою нітратною кислотою вважати, що нітратна кислота відновлюється до NO . Чому мідь не взаємодіє з хлоридною кислотою і розбавленою сульфатною? Написати рівняння реакцій взаємодії міді з концентрованими кислотами, вважаючи, що концентрована нітратна кислота відновлюється міддю до нітроген (IV) оксиду, а сульфатна – до сульфур(IV) оксиду.



1



2

Дослід 2. Взаємодія купрум (II) оксиду з кислотами

У дві пробірки внести невелику кількість купрум(II) оксиду і додати по 5-6 крапель 2 н розчинів кислот: в одну – хлоридної, в другу – сульфатної. Спостерігати в обох випадках появу забарвлення розчину. Присутністю яких іонів воно зумовлене? Написати рівняння реакцій.



Дослід 3. Характерні реакції на іони галогенів

Утворення осадів AgCl , AgBr і AgI є характерною реакцією на галоген-аніони.

Отримати вказані осади реакцією обміну. Необхідні розчини брати в кількості 4-5 крапель. Розділити отримані осади на дві пробірки. В одну пробірку з осадом додати 2-3 краплі розчину нітратної кислоти, в другу – розчину аміаку. Чи спостерігається їх розчинення?



Написати рівняння реакцій у молекулярній та іонній формах, зазначити кольори отриманих осадів і результат дії на них нітратної кислоти та аміаку.

Питання для самопідготовки:

1. Існування у природі, методи добування та фізичні властивості елементів підгрупи Цинку та Купруму.
2. Електронна будова атомів та основні ступені окиснення елементів підгрупи Цинку та Купруму.
3. Хімічні властивості простих речовин підгрупи Цинку та Купруму.
4. Оксиди та гідроксиди елементів підгрупи Цинку.

5. Комплексні сполуки елементів підгрупи Цинку.
6. Оксиди та гідроксиди елементів підгрупи Купруму.
7. Комплексні сполуки елементів I-V підгрупи.
8. Існування у природі, методи добування та фізичні властивості елементів підгрупи Хрому та Феруму.
9. Електронна будова атомів та основні ступені окиснення елементів підгрупи Хрому.
10. Хімічні властивості простих речовин.
11. Сполуки елементів підгрупи Хрому зі ступенями окиснення +6 та +3.
12. Вплив рН-середовища на окисну дію біхромат – іона.
13. Особливості електронної будови атомів та основні ступені окиснення.
14. Взаємодія елементів тріади Феруму з неметалами, кислотами, лугами.
15. Біологічна функція і токсична дія сполук елементів родини Феруму та Хрому.

Задачі та вправи для самостійного розв'язування:

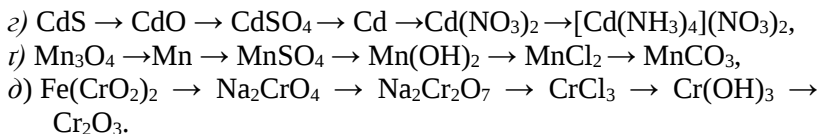
1. Охарактеризувати властивості елемента та його сполук за планом:
1) електронна формула; 2) період; 3) група; 4) підгрупа;
5) родина; 6) вищий ступінь окиснення; 7) формула вищого оксиду та його кислотно-основні властивості; 8) формула відповідної кислоти чи гідроксиду. (Кожен пункт відповіді пояснити): Мо (Молібден), Mn (Манган), Fe (Ферум), Ti (Титан), Hf (Гафній), Ni (Нікол), Zn (Цинк), Co (Кобальт), Cu (Купрум) Pd (Паладій), Eu (Європій).
2. Класифікація біогенних елементів за функціональною роллю, за вмістом у організмі та за важливістю в усіх живих системах.
3. Визначити ступінь окиснення Хрому, Молібдену і Вольфраму в таких сполуках:
а) Cr_2O_3 , BaCrO_4 , CaCr_2O_7 ;
б) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, $\text{Na}_2\text{W}_4\text{O}_{13}$;
в) WS_2 , WO_3 , MoS_2 , PbMoO_4 .
4. Написати в молекулярній та іонній формах рівняння реакцій взаємодії хром(III) гідроксиду: а) з розчином сульфатної кислоти; б) з розчином їдкого калію.

5. Написати якісні реакції виявлення Fe^{3+} з калій або амоній роданідом та калій гексаціанофератом(II).
6. Записати рівняння реакцій взаємодії золота та платини з «царською горілкою (пекельною сумішшю)».
7. Скільки хлорид-йонів вступає в реакцію з AgNO_3 в сполуках:
 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}]\text{Cl}_3$,
 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$?
8. Формули сполук: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$,
 $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NH}_3)(\text{NO}_2)_5]$, $(\text{NH}_4)_2[\text{Pt}(\text{OH})_2\text{Cl}_4]$, $[\text{Co}(\text{NO}_2)\text{Cl}(\text{NH}_3)_3]$.
 Вибрати іон-комплексоутворювач, вкажіть формулу ліганда, іони зовнішньої та внутрішньої координаційної сфери та їх заряди.
9. Які катіони з калій гексаціанофератом(III) утворюють синій осад, а які червоно-бурий?

Феруму(II).	Цинку.
Феруму(III).	Ніколу(II).
Купруму(II).	Кадмію.

 Записати рівняння реакцій.
10. Котра з наведених координаційних сполук є найстійкішою:
 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$; $K_{\text{нест}} = 9,3 \cdot 10^{-8}$; $[\text{HgCl}_4]^{2-}$; $K_{\text{нест}} = 6 \cdot 10^{-17}$;
 $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$; $K_{\text{нест}} = 3,5 \cdot 10^{-14}$; $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; $K_{\text{нест}} = 4,8 \cdot 10^{-8}$;
 $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$; $K_{\text{нест}} = 8,0 \cdot 10^{-22}$; $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$; $K_{\text{нест}} = 1,4 \cdot 10^{-17}$;
 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; $K_{\text{нест}} = 2,1 \cdot 10^{-12}$; $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; $K_{\text{нест}} = 4,56 \cdot 10^{-14}$;
 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$; $K_{\text{нест}} = 1,0 \cdot 10^{-42}$? $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; $K_{\text{нест}} = 2,5 \cdot 10^{-7}$.
 Пояснити чому.
11. Який об'єм газу за 27°C і 102 кПа утвориться при обробці 44,58 г лантан(III) гідриду надлишковою кількістю води?
12. Добутки розчинності скандій, ітрій та лантан гідроксидів за певної дорівнюють відповідно $2 \cdot 10^{-30}$, $3 \cdot 10^{-25}$ і $1 \cdot 10^{-10}$. Обчислити молярні концентрації гідроксидів у насичених водних розчинах і поясніть збільшення розчинності у низці $\text{Sc}(\text{OH})_3 - \text{Y}(\text{OH})_3 - \text{La}(\text{OH})_3$.
13. При повному відновленні воднем 14,4 г металу(II) оксиду утворилось 11,2 г цього металу. Оксид якого металу піддали відновленню?

14. Обчислити кількість ферум(II) хлориду, який утворився внаслідок взаємодії 28 г заліза з надлишком хлоридної кислоти, якщо масова частка практичного виходу солі становить 95 %.
15. Який об'єм 0,2 М розчину $K_2Cr_2O_7$ (мл) потрібно для окиснення в сірчанокиислому розчині 50 мл 4 %-ного розчину H_2SO_3 ($\rho_{р-ну} = 1,02$ г/мл)?
16. У гальванічному елементі протікає хімічна реакція: $Mg + NiSO_4 = MgSO_4 + Ni$. Написати схему гальванічного елемента і рівняння електродних реакцій.
17. Який процентний склад суміші із заліза і магнію, якщо 4 г цієї суміші витискають із хлоридної кислоти 2,24 л водню?
18. Який об'єм кисню (л) потрібен, щоб 3,6 г ферум(II) гідроксиду окислити в ферум(III) гідроксид?
19. Зразок залізного сплаву масою 5 г розчинили в надлишку хлоридної кислоти. Нерозчинний залишок (вуглець) становив 0,2 г. Якого типу цей сплав: сталь чи чавун?
20. Скільки процентів вуглецю міститься в сталі, якщо внаслідок спалювання в струмені кисню її зразка масою 4 г утворилось 0,22 г карбон(IV) оксиду?
21. Залізну пластинку масою 10 г занурили в розчин, що містить 4 г мідного купоросу. Обчислити, яку масу матиме пластинка після того, як залізо витіснить всю мідь.
22. Для відновлення 152 г хром(II) оксиду алюмотермічним способом взяли 50 г алюмінію. Обчислити, скільки утворилося хрому. Яку з речовин взято в надлишку?
23. При відпалі 100 г піриту одержали газ, котрий спочатку ретельно очистили від домішок, а потім використали для повної нейтралізації 400 мл 25 %-ного розчину натрій гідроксиду ($\rho_{р-ну} = 1,28$ г/мл). Визначити процентний вміст домішок у піриті.
24. При відпалі 80 г технічного піриту виділився оксид сірки, при взаємодії якого з надлишком сірководню утворилося 96 г сірки. Визначити процентний вміст домішок.
25. Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:
 - а) $CaWO_4 \rightarrow Na_2WO_4 \rightarrow H_2WO_4 \rightarrow WO_3 \rightarrow W$,
 - б) $KMnO_4 \rightarrow MnO_2 \rightarrow MnSO_4 \rightarrow Mn(OH)_2 \rightarrow MnCl_2 \rightarrow MnCO_3$,
 - в) $MoS_2 \rightarrow MoO_3 \rightarrow Mo \rightarrow K_2MoO_4 \rightarrow H_2MoS_4$,

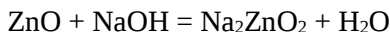
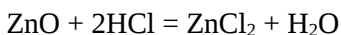


Приклади розв'язування типових задач

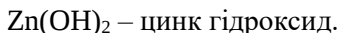
Приклад 1. Охарактеризувати властивості елемента цинк та його сполук за планом:

Розв'язок. 1) електронна формула: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. 2) період: 4. 3) група: II. 4) підгрупа: IIб. 5) родина: d-метали. 6) вищий ступінь окиснення: II.

7) формула вищого оксиду та його кислотно-основні властивості:
 ZnO .

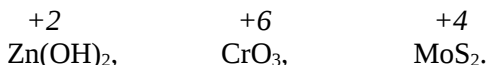


8) формула відповідної кислоти чи гідроксиду:



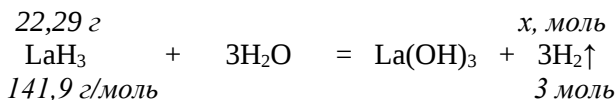
Приклад 2. Визначити ступінь окиснення Цинку, Хрому і Молібдену в таких сполуках:

Розв'язок.



Приклад 3. Який об'єм газу за 27°C і 102 кПа утвориться при обробці 22,29 г лантан(III) гідриду надлишковою кількістю води?

Розв'язок.



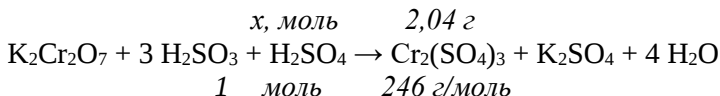
$$x = 22,29 \text{ г} \times 3 \text{ моль} / 141,9 \text{ г/моль} = 0,471 \text{ моль}$$

$$PV = nRT$$

$$V = nRT / P = (0,471 \text{ моль} \times 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \times 300 \text{ К}) / 102\,000 \text{ Па} \\ = 0,0115 \text{ м}^3 = 11,5 \text{ л.} \\ [\text{Дж/Па} = \text{Н} \cdot \text{м} / \text{Н} \cdot \text{м}^{-2}]$$

Приклад 4. Який об'єм 0,5 М розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (мл) потрібно для окиснення в сірчаноокислому розчині 50 мл 4 %-ного розчину H_2SO_3 ($\rho_{\text{р-ну}} = 1,02 \text{ г/мл}$)?

Розв'язок.



1. Знаходимо масу H_2SO_3 , яка вступає у взаємодію:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_3) = V \times \rho_{\text{р-ну}} \times w = 50 \text{ мл} \times 1,02 \text{ г/мл} \times 0,04 = 2,04 \text{ г}$$

2. За рівнянням реакції розрахуємо, яка кількість моль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ взаємодіє:

$$x = 1 \text{ моль} \times 2,04 \text{ г} / 246 \text{ г/моль} = 0,0083 \text{ моль.}$$

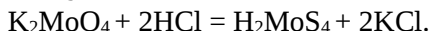
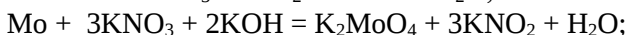
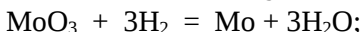
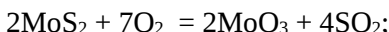
3. Знайдемо об'єм 0,5 М розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (мл):

$$C_M = n / V \rightarrow$$

$$V = n / C_M = 0,0083 \text{ моль} / 0,5 \text{ М} = 0,0166 \text{ л} = \underline{16,6 \text{ мл.}}$$

Приклад 5. Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення: $\text{MoS}_2 \rightarrow \text{MoO}_3 \rightarrow \text{Mo} \rightarrow \text{K}_2\text{MoO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{MoS}_4$

Розв'язок.



Рекомендована література

1.1. Основна література

1. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закл. К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. 480 с.
2. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закладів: у 2-ох ч. Ч. I. К.: Пед. преса, 2002. 520 с.
3. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закладів: у 2-ох ч. – Ч. II. К.: Пед. преса, 2000. 784 с.
4. Котур Б.Я. Хімія. Практикум: Навч. посібник. Л.: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. 237 с.
5. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Львів: Центр Європи, 2006. 854 с.
6. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. 544 с.
7. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія: підручник для вузів. Львів, Вид. БаК., 2009. 996 с.
8. Толмачова В.С., Ковтун О.Ю., Гордієнко О.В., Василенко С.В. Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук: Навчально-методичний посібник для вчителів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів. Тернопіль: Наукова книга – Богдан, 2008. 176 с.
9. Іващенко І.А., Марушко Л.П., Кадикало Е.М. Методичні вказівки до вивчення курсу «Хімія». Луцьк: Вежа, 2009. 75 с.
10. Іващенко І.А., Марушко Л.П., Кадикало Е.М. Методичні вказівки до вивчення курсу «Хімія» (частина 2). Луцьк: ПП Іванюк В.П. 2013. 45 с.
11. Іващенко І.А., Марушко Л.П. Методичні вказівки до вивчення навчальної дисципліни «Хімія» для студ. біол. ф-ту. Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2019. 83 с.
12. Сливка Н.Ю., Кадикало Е.М. Органічна хімія: метод. вказівки до лабораторного практикуму. Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2019. 60 с.

13. Кадикало Е.М. Хімія органічна: Метод. вказівки до вивчення навчальної дисципліни для студ. спеціальності 014 Середня освіта (Природничі науки). Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2020. 45 с.

1.2. Допоміжна література

1. Сиса Л.В., Сомов В.М. Неорганічна хімія в розрахункових задачах для комп’ютерного контролю знань. Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2006.
2. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія: Навч. посібник. К.: Вища школа, 1992. 503 с.
3. Кононський О.І. Органічна хімія. Практикум: Навч. посіб. К.: Вища шк., 2002. 247 с.
4. Смітюх О.В., Марчук О.В., Піскач Л.В. Хімія: методичні розробки лабораторних занять для здобувачів освіти першого курсу хімічних та нехімічних спеціальностей. Луцьк : ПП Іванюк В.П., 2024. 148 с. <http://surl.li/rxdlsz>

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Деякі одиниці міжнародної системи (СІ)

<i>Величина</i>	<i>Одиниця</i>	
	<i>Назва</i>	<i>Позначення</i>
<i>Основні одиниці</i>		
Довжина	Метр	М
Маса	Кілограм	кг
Час	Секунда	с
Сила струму	Ампер	А
Температура	Кельвін	К
Кількість речовини	Моль	моль
<i>Похідні одиниці</i>		
Об'єм	Метр кубічний	м ³
Густина	Кілограм на метр кубічний	кг/м ³
Сила, вага	Ньютон	Н
Тиск	Паскаль	Па
Енергія	Джоуль	Дж
Робота		
Кількість теплоти		
Потужність	Ватт	Вт
Кількість електрики	Кулон	Кл
Електрична напруга	Вольт	В
Електричний потенціал		
Електрорушійна сила		

Таблиця 2

Співвідношення між деякими несистематичними одиницями і одиницями СІ

<i>Величина</i>	<i>Одиниця</i>	<i>Еквівалент в СІ</i>
Довжина	Мікрон чи мікрометр (мкм)	10 ⁻⁶ м
	Ангстрем (А)	10 ⁻¹⁰ м

<i>Величина</i>	<i>Одиниця</i>	<i>Еквівалент в СІ</i>
Маса	Карат (кар)	$2 \cdot 10^{-4}$ кг
	Грам (г)	10^{-3} кг
	Тонна (т)	10^3 кг
Тиск	Атмосфера фізична (атм)	$1,01325 \cdot 10^5$ Па
	Міліметр ртутного стовпчика (мм.рт.ст.)	133,322 Па
Температура	Градуси Цельсія (0°C)	273 К
Об'єм	Літр (л) = Дециметр кубічний (дм^3)	10^{-3} м^3
Енергія, робота, кількість теплоти	Електронвольт (еВ)	$1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж
	Калорія (кал)	4,1868 Дж
	Кілокалорія (ккал)	4186,8 Дж
Дипольний момент	Дебай (D)	$3,34 \cdot 10^{-30}$ Кл·м

Таблиця 3

Значення деяких фундаментальних фізичних сталих

<i>Стала</i>	<i>Позначення</i>	<i>Числове значення</i>
Швидкість світла у вакуумі	<i>c</i>	$2,9979246 \cdot 10^8$ м/с
Стала Планка	<i>h</i>	$6,62618 \cdot 10^{-31}$ Дж·с
Елементарний електричний заряд	<i>e</i>	$1,602189 \cdot 10^{-19}$ Кл
Стала Авогадро	<i>N</i>	$6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Стала Фарадея	<i>F</i>	96 484,6 Кл/моль 26,8 А·год/моль
Універсальна газова стала	<i>R</i>	8,3144 Дж/(моль·К) 0,0821 л·атм/(моль·К) 62 360 мм рт. ст.·мл/(моль·К)
Нормальні умови	<i>н.у.: T₀, P₀</i>	273 К, 101 325 Па
Молярний об'єм газу при н. у.	<i>V₀</i>	22,4 л

<i>Стала</i>	<i>Позначення</i>	<i>Числове значення</i>
Атомна одиниця маси	<i>a.о.м.</i>	$1,66054 \cdot 10^{-27}$ кг
Маса спокою електрона	<i>m_e</i>	$9,10939 \cdot 10^{-31}$ кг
Маса спокою протона	<i>m_p</i>	$1,67262 \cdot 10^{-27}$ кг
Маса спокою нейтрона	<i>m_n</i>	$1,67493 \cdot 10^{-27}$ кг

Таблиця 4

Назви найважливіших кислот

<i>Формули кислот</i>	<i>Назви</i>	
	<i>кислот</i>	<i>аніонів їх солей</i>
HAIO ₂	метаалюмінієва	метаалюмінат
HAsO ₂	метаарсенітна	метаарсеніт
H ₃ AsO ₃	ортоарсенітна	ортоарсеніт
HAsO ₃	метаарсенатна	метаарсенат
H ₃ AsO ₄	ортоарсенатна	ортоарсенат
HBO ₂	метаборна	метаборат
H ₃ BO ₃	ортоборна	ортоборат
H ₂ B ₄ O ₇	тетраборна	тетраборат
HBr	бромідна	бромід
HBrO	гіпобромідна	гіпобромідна
HBrO ₃	броматна	броматна
HCOOH	мурашина (етанова)	форміат
CH ₃ COOH	оцтова	ацетат
HCN	ціанідна (синильна)	ціаніди
H ₂ CO ₃	карбонатна	карбонат
H ₂ C ₂ O ₄	оксалатна (щавелева)	оксалат
HCl	хлоридна	хлорид
HClO	гіпохлоритна	гіпохлорит
HClO ₂	хлоритна	хлорит
HClO ₃	хлоратна кислота	Хлорат
HClO ₄	перхлоратна	перхлорат
HCrO ₂	метахромітна	Метахроміт
H ₂ CrO ₄	хроматна	хромат
H ₂ Cr ₂ O ₇	дихроматна	дихромат
HI	йодидна	йодид
HIО	гіпойодитна	гіпойодит

Формули кислот	Назви	
	кислот	аніонів їх солей
HIO_3	йодатна	йодат
HIO_4	перйодатна	перйодати
HMnO_4	перманганатна	перманганат
H_2MnO_4	манганатна	манганати
H_2MoO_4	молібдатна	молібдати
HN_3	азидна (гідроген азид)	азид
HNO_2	нітритна	нітрит
HNO_3	нітратна	нітрат
HPO_3	метафосфорна	метафосфат
H_3PO_4	ортофосфатна	ортофосфат
$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	дифосфатна (пірофосфатна)	дифосфат (пірофосфат)
H_3PO_3	фосфітна	фосфіт
H_3PO_2	гіпофосфітна	Гіпофосфіт
H_2S	сульфідна	сульфід
HSCN	тіоціанатна	роданід
H_2SO_3	сульфітна	сульфіт
H_2SO_4	сульфатна	сульфат
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	тіосульфатна	тіосульфат
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	дисульфатна (піросульфатна)	дисульфат (піросульфат)
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$	надсульфатна (пероксосульфатна)	надсульфат (пероксосульфат)
H_2Se	селенідна	селенід
H_2SeO_3	селенітна	селеніт
H_2SeO_4	селенатна	селенат
H_2SiO_3	силікатна	силікат
H_2VO_3	ванадатна	ванадат
H_2WO_4	вольфраматна	вольфрамат

Таблиця 5

Термодинамічні константи деяких речовин за температури
298 К (25 °С) (стандартні ентальпії ΔH_{298}^0 ,
абсолютні ентропії S_{298}^0 і енергії Гіббса ΔG_{298}^0)

Речовина	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(К·моль)	ΔG_{298}^0 , кДж/моль
Al ₂ O ₃	-1676,0	50,9	-1582,0
С (графіт)	0	5,7	0
CCl ₄ (г)	-135,4	214,4	-64,6
CH ₄ (г)	-74,9	186,2	-50,3
C ₂ H ₂ (г)	226,8	200,8	209,2
C ₂ H ₄ (г)	52,3	219,4	68,1
C ₂ H ₆ (г)	-89,7	229,5	-32,9
C ₆ H ₆ (р)	82,9	269,2	129,7
C ₂ H ₅ OH (р)	-277,6	160,7	-174,8
C ₆ H ₁₂ O ₆ (глюкоза)	-1273,0	—	-919,5
CO (г)	-110,5	197,5	-137,1
CO ₂ (г)	-393,5	213,7	-394,4
COCl ₂ (г)	-223,0	289,2	-309,2
CaCO ₃ (т)	-1207,0	88,7	-1127,7
CaF ₂ (т)	-1214,6	68,9	-1161,9
CaN ₂ (т)	-431,8	105	-368,6
CaO (т)	-635,5	39,7	-604,2
Ca(OH) ₂ (т)	-986,6	76,1	-896,8
Cl ₂ (г)	0	222,9	0
Cl ₂ O (г)	76,6	266,2	94,2
ClO ₂ (г)	105,0	257,0	122,3
Cl ₂ O ₇ (р)	251,0	—	—
Cr ₂ O ₃ (т)	-1440,6	81,2	-1050,0
CuO (т)	-162,0	42,6	-129,9
FeO (т)	-264,8	60,8	-244,3
Fe ₂ O ₃ (т)	-822,2	87,4	-740,3
Fe ₃ O ₄ (т)	-1117,1	146,2	-1014,2
H ₂ (г)	0	130,5	0

<i>Речовина</i>	ΔH_{298}° , кДж/моль	S_{298}° , Дж/(К·моль)	ΔG_{298}° , кДж/моль
HBr (р)	–36,3	198,6	–53,3
HCN (г)	135,0	113,1	125,5
HCl (г)	–92,3	186,8	–95,2
HF (г)	–270,7	178,7	–272,8
HI (г)	26,6	206,5	1,8
HN ₃ (г)	294,0	328,0	238,8
H ₂ O (г)	–241,8	188,7	–228,6
H ₂ O (р)	–285,8	70,1	–237,3
H ₂ S (г)	–21,0	205,7	–33,8
KCl (т)	–435,9	82,6	–405,0
KClO ₃ (т)	–391,2	143,0	–289,9
MgCl ₂ (т)	–641,1	89,9	–591,6
Mg ₃ N ₂ (т)	–461,1	87,9	–400,9
MgO (т)	–601,8	26,9	–569,6
N ₂ (г)	0	191,5	0
NH ₃ (г)	–46,2	192,6	–16,7
NH ₄ NO ₂ (т)	–256	–	–
NH ₄ NO ₃ (т)	–365,4	151	–183,8
N ₂ O (г)	82,0	219,9	104,1
NO (г)	90,3	210,6	86,6
N ₂ O ₃ (г)	83,3	307,0	140,5
NO ₂ (г)	33,5	240,2	51,5
N ₂ O ₄ (г)	9,6	303,8	98,4
N ₂ O ₅ (г)	–42,7	178	114,1
NiO (т)	–239,7	38,0	–211,6
O ₂ (г)	0	205,0	0
OF ₂ (г)	25,1	247,0	42,5
P ₂ O ₃ (т)	–820	173,5	–
P ₂ O ₅ (т)	–1492	114,5	–1348,8
PbO (т)	–219,3	66,1	–189,1
PbO ₂ (т)	–276,6	74,9	–218,3
SO ₂ (г)	–296,9	248,1	–300,2
SO ₃ (г)	–395,8	256,7	–371,2
SiCl ₄ (р)	–687,8	239,7	–

<i>Речовина</i>	ΔH_{298}° , кДж/моль	S_{298}° , Дж/(К·моль)	ΔG_{298}° , кДж/моль
SiH ₄ (г)	34,7	204,6	57,2
SiO ₂ (кварц)	-910,9	41,8	-856,7
SnO (т)	-286,0	56,5	-256,9
SnO ₂ (т)	-580,8	52,3	-519,3
Ti (т)	0	30,6	0
TiCl ₄ (р)	-804,2	252,4	-737,4
TiO ₂ (т)	-943,9	50,3	-888,6
WO ₃ (т)	-842,7	75,9	-763,9
ZnO (т)	-350,6	43,6	-320,7

Таблиця 6

Константи нестійкості деяких комплексних іонів у водних розчинах за температури 298 К

<i>Схема дисоціації комплексного іона</i>	<i>Константа нестійкості</i>
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$9,3 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{NO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1,1 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,1 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$5,9 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$2,8 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$7,8 \cdot 10^{-18}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \leftrightarrow \text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \leftrightarrow \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$	$3,1 \cdot 10^{-33}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,1 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-} \leftrightarrow \text{Cu}^+ + 4\text{CN}^-$	$5,0 \cdot 10^{-31}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-24}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-31}$
$[\text{Fe}(\text{NCS})_4]^- \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 4\text{NCS}^-$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$1,9 \cdot 10^{-9}$
$[\text{HgCl}_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$8,5 \cdot 10^{-16}$
$[\text{HgBr}_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$
$[\text{HgI}_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$1,5 \cdot 10^{-30}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$4,0 \cdot 10^{-42}$

<i>Схема дисоціації комплексного іона</i>	<i>Константа нестійкості</i>
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,0 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$	$7,1 \cdot 10^{-16}$

Таблиця 7

Константи дисоціації деяких слабких електролітів у водних розчинах за температури 298 К

<i>Електроліт</i>	<i>K</i>		
	<i>K₁</i>	<i>K₂</i>	<i>K₃</i>
Гідрогеназид HN_3	$2,6 \cdot 10^{-5}$		
Нітритна кислота HNO_2	$4 \cdot 10^{-4}$		
Амоній гідроксид NH_4OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
Ортоборна кислота HBO_3	$5,8 \cdot 10^{-10}$		
Гіпобромідна кислота HBrO	$2,1 \cdot 10^{-9}$		
Гідроген пероксид H_2O_2	$2,6 \cdot 10^{-12}$		
Силікатна кислота H_2SiO_3	$2,2 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	
Мурашина (метанова) кислота HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$		
Селенітна кислота H_2SeO_3	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-8}$	
Селенідна кислота H_2Se	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-11}$	
Сульфатна кислота H_2SO_4		$1,2 \cdot 10^{-2}$	
Сульфитна кислота H_2SO_3	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
Сульфідна кислота H_2S	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-18}$	
Телуритна кислота H_2TeO_3	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-8}$	
Телуридна кислота H_2Te	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-11}$	
Карбонатна кислота H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	
Оцтова (етанова) кислота CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
Гіпохлоритна кислота HClO	$5,0 \cdot 10^{-8}$		
Хлороцтова (хлоретанова) кислота CH_2ClCOOH	$1,4 \cdot 10^{-3}$		
Ортофосфатна кислота H_3PO_4	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-13}$
Фторидна кислота HF	$6,6 \cdot 10^{-4}$		

<i>Електроліт</i>	<i>K</i>		
	<i>K₁</i>	<i>K₂</i>	<i>K₃</i>
Ціанідна (синильна) кислота HCN	$7,9 \cdot 10^{-10}$		
Шавелева (оксалатна) кислота H ₂ C ₂ O ₄	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	

Таблиця 8

**Добутки розчинності деяких малорозчинних електролітів
за температури 298 К**

<i>Електроліт</i>	<i>ДР</i>	<i>Електроліт</i>	<i>ДР</i>
AgBr	$6 \cdot 10^{-13}$	Cu(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-20}$
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	CuS	$6 \cdot 10^{-36}$
Ag ₂ CrO ₄	$4 \cdot 10^{-12}$	Fe(OH) ₂	$1 \cdot 10^{-15}$
AgI	$1,1 \cdot 10^{-16}$	Fe(OH) ₃	$3,8 \cdot 10^{-38}$
Ag ₂ S	$6 \cdot 10^{-50}$	FeS	$5 \cdot 10^{-18}$
Ag ₂ SO ₄	$2 \cdot 10^{-5}$	HgS	$1,6 \cdot 10^{-52}$
Al(OH) ₃	$5,7 \cdot 10^{-32}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
BaCO ₃	$5 \cdot 10^{-9}$	PbBr ₂	$9,1 \cdot 10^{-8}$
BaCrO ₄	$1,6 \cdot 10^{-10}$	PbCl ₂	$2 \cdot 10^{-5}$
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	PbCrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-14}$
CaCO ₃	$5 \cdot 10^{-9}$	PbI ₂	$8,0 \cdot 10^{-9}$
CaC ₂ O ₄	$2 \cdot 10^{-9}$	PbS	$1 \cdot 10^{-27}$
CaF ₂	$4 \cdot 10^{-11}$	PbSO ₄	$1,6 \cdot 10^{-8}$
CaSO ₄	$1,3 \cdot 10^{-4}$	SrSO ₄	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$1 \cdot 10^{-29}$	Zn(OH) ₂	$1 \cdot 10^{-17}$
Cd(OH) ₂	$2 \cdot 10^{-14}$	ZnS	$1,6 \cdot 10^{-24}$
CdS	$7,9 \cdot 10^{-27}$	Zn CO ₃	$1,5 \cdot 10^{-11}$

Таблиця 9

**Стандартні електродні потенціали φ^0 , (В) у водних розчинах
за температури 25 °С**

<i>Елемент</i>	<i>Електродний процес</i>	<i>φ^0, В</i>
Ag	$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + e^- = \text{Ag} + 2\text{CN}^-$	-0,29
	$\text{Ag}^+ + e^- = \text{Ag}$	0,80
Al	$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^-$	-2,35

<i>Элемент</i>	<i>Электродный процесс</i>	<i>$\varphi^0, В$</i>
	$Al^{3+} + 3e^- = Al$	-1,66
Au	$[Au(CN)_2]^- + e^- = Au^{3+} + 2CN^-$	-0,61
	$Au^{3+} + 3e^- = Au$	1,50
	$Au^+ + e^- = Au$	1,69
Ba	$Ba^{2+} + 2e^- = Ba$	-2,90
Bi	$Bi^{3+} + 3e^- = Bi$	0,21
Br	$Br_2(p) + 2e^- = 2Br^-$	1,07
	$HBrO + H^+ + 2e^- = Br^- + H_2O$	1,34
Ca	$Ca^{2+} + 2e^- = Ca$	-2,84
Cd	$Cd^{2+} + 2e^- = Cd$	-0,40
Cl	$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$	1,96
	$HClO + H^+ + 2e^- = Cl^- + H_2O$	1,49
Co	$Co^{2+} + 2e^- = Co$	-0,28
	$Co^{3+} + 3e^- = Co$	1,81
Cr	$Cr^{3+} + 3e^- = Cr$	-0,74
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e^- = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = Cr^{3+} + 7OH^-$	1,33
	$Cr^{3+} + e^- = Cr^{2+}$	-0,41
Cu	$[Cu(CN)_2]^- + e^- = Cu^{2+} + 2CN^-$	-0,43
	$Cu^{2+} + e^- = Cu^+$	0,15
	$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	0,34
	$Cu^+ + e^- = Cu$	0,52
F	$F^{2+} + 2e^- = 2F^-$	2,87
Fe	$Fe^{2+} + 2e^- = Fe$	-0,44
	$Fe^{3+} + 3e^- = Fe$	-0,04
	$[Fe(CN)_6]^- + e^- = [Fe(CN)_6]^{4-}$	0,36
	$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$	0,77
H	$H_2 + 2e^- = 2H^-$	-2,25
	$2H^+ + 2e^- = H_2$	0,000
Hg	$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg$	0,79
	$Hg^{2+} + 2e^- = Hg$	0,85
	$2Hg^{2+} + 2e^- = Hg_2^{2+}$	0,92
I	$I_2(r) + 2e^- = 2I^-$	0,54
	$IO_3^- + 12H^+ + 10e^- = I_2(r) + 6H_2O$	1,19
	$2HIO + 2H^+ + 2e^- = I_2(r) + 2H_2O$	1,45

<i>Елемент</i>	<i>Електродний процес</i>	<i>$\varphi^0, В$</i>
K	$K^+ + e^- = K$	-2,92
Li	$Li^+ + e^- = Li$	-3,04
Mg	$Mg^{2+} + 2e^- = Mg$	-2,36
Mn	$MnO_4^- + e^- = MnO_4^{2-}$	0,56
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,51
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,24
Na	$Na^+ + e^- = Na$	-2,71
Ni	$Ni^{2+} + 2e^- = Ni$	-0,25
O	$O_2 + H_2O + 4e^- = 4OH^-$	0,40
	$O_2 + 2H^+ + 2e^- = H_2O_2$	0,68
	$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$	1,23
	$2H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$	1,78
P	$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e^- = H_3PO_3 + H_2O$	-0,28
Pb	$Pb^{2+} + 2e^- = Pb$	-0,13
	$Pb^{4+} + 2e^- = Pb^{2+}$	1,69
Pt	$Pt^{2+} + 2e^- = Pt$	1,19
S	$S + 2H^+ + 2e^- = H_2S$	0,17
	$S_2O_8^{2-} + 2e^- = 4SO_4^{2-}$	2,01
	$SO_{2(r)} + 2H^+ + 4e^- = S + H_2O$	0,45
	$SO_4^{2-} + H^+_{(KOHIL)} + 2e^- = SO_{2(r)} + H_2O$	0,16
	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e^- = SO_3^{2-} + OH^-$	-0,93
Se	$Se + 2H^+ + 2e^- = H_2Se$	-0,40
Sn	$Sn^{2+} + 2e^- = Sn$	-0,14
	$Sn^{4+} + 2e^- = Sn^{2+}$	0,15
Te	$Te + 2H^+ + 2e^- = H_2Te$	-0,72
Zn	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e^- = Zn + 4OH^-$	-1,22
	$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$	-0,76

Навчально-методичне видання

Смітюх Олександр Вікторович

Піскач Людмила Василівна

Марчук Олег Васильович

**Хімія Неорганічна
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3**

Методичні розробки лабораторних занять

Друкується в авторській редакції

Верстка О.В. Смітюх

Підписано до друку 27.09.2024. Формат 60x84 1/16

Ум. друк. арк. 2,00. Зам. № xxx. Тираж 50

Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний

Друк ПП Іванюк В. П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63

Свідоцтво Держкомінформу

ВЛН № 31 від 04.02.2004 р.