

МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра інженерії, технології та професійної освіти



Загальна та неорганічна хімія

**Методичні рекомендації
для самостійної роботи
для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**спеціальності А4.15 -Середня освіта (Природничі науки)
С6 «Географія та регіональні студії»
Частина 1**

**Мукачево
2026**

УДК: 546:378.147.88(075.8)

*Розглянуто та рекомендовано до друку Науково-методичною радою
Мукачівського державного університету
Протокол №1 від «25» серпня 2026р*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інженерії,
технологій та професійної освіти
Протокол № 14 від «19» червня 2026р.*

Укладач

Джосія МОЛНАР-БАБІЛЯ – к.х.н., доцент, доцент кафедри готельно-ресторанної та музейної справи Мукачівського державного університету

Рецензент

Лариса УДВОРГЕЛІ – к.т.н., доцент, доцент кафедри готельно-ресторанної та музейної справи Мукачівського державного університету

Загальна та неорганічна хімія: Методичні рекомендації для самостійної роботи з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності А4.15-Середня освіта (Природничі науки), С6 «Географія та регіональні студії» Частина 1/
Укладач Джосія МОЛНАР-БАБІЛЯ– Мукачево: МДУ, 2026. 44с. –(1,4 д.а.)

Методичні вказівки містять основні теоретичні питання та рекомендовану літературу, необхідну для їх опрацювання, а також приклади виконання типових завдань та контрольні завдання для перевірки знань студентів з двох тем загальної хімії: загальні властивості металів та корозія металів і сплавів

Призначене для використання до виконання самостійної роботи з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності А4.15-Середня освіта (Природничі науки, С6 «Географія та регіональні студії».

ЗМІСТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	4
ПРОГРАМНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	5
СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ.....	7
1.1 Основні питання теми та рекомендована література.....	7
1.2 Приклади виконання типових завдань	7
Контрольні питання, вправи і задачі	25
2 КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	29
2.1 Основні питання теми та рекомендована література.....	29
2.2 Приклади виконання типових завдань	29
Контрольні питання, вправи і задачі	39
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	42
ЛІТЕРАТУРА	43
Додаток А Періодична система елементів	44
Додаток Б Розчинність деяких кислот, основ і солей у воді	46
Додаток В Взаємодія металів з деякими кислотами.....	47
Додаток Г Хімічні властивості металів	47
Додаток Д Стандартні електродні потенціали металів у водних розчинах.....	48
Додаток Є Групування металів за корозійною стійкістю у різних середовищах	48
Додаток Ж Десятибальна шкала корозійної стійкості металів	50

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Методичні рекомендації для самостійної роботи з дисципліни **«Загальна та неорганічна хімія»** розроблені відповідно до вимог Закону України «Про вищу освіту», Стандарту вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю **A4.15 «Середня освіта (Природничі науки)»**, предметною спеціальністю **С6 «Географія та регіональні студії»**, освітньо-професійної програми та навчального плану Мукачівського державного університету.

Самостійна робота є обов'язковою складовою освітнього процесу та спрямована на формування системи фундаментальних знань із загальної та неорганічної хімії, розвиток наукового мислення, здатності до аналізу природних явищ, використання хімічних знань у професійній діяльності майбутнього вчителя природничих наук, а також набуття навичок самостійного пошуку, опрацювання та критичного аналізу наукової інформації.

Метою методичних рекомендацій є надання здобувачам вищої освіти практичної допомоги в організації самостійної роботи, засвоєнні теоретичного матеріалу, виконанні індивідуальних завдань, підготовці до лабораторних і практичних занять, модульного контролю та підсумкового оцінювання.

Методичні рекомендації містять зміст самостійної роботи за темами дисципліни, рекомендації щодо опрацювання теоретичного матеріалу, перелік питань для самоконтролю, практичні та розрахункові завдання, тестові вправи, критерії оцінювання результатів навчання, а також список основної та додаткової літератури.

Виконання запропонованих завдань сприятиме формуванню у здобувачів освіти таких компетентностей:

- розуміння фундаментальних законів і закономірностей загальної та неорганічної хімії;
- здатності пояснювати будову, властивості та перетворення неорганічних речовин;
- уміння встановлювати взаємозв'язок між складом, будовою та властивостями речовин;
- навичок застосування сучасної хімічної номенклатури та символіки;
- здатності виконувати найпростіші хімічні розрахунки й аналізувати результати експериментальних досліджень;
- уміння використовувати хімічні знання для пояснення природних процесів, геохімічних явищ та екологічних проблем;
- готовності до використання сучасних інформаційних ресурсів під час навчальної та професійної діяльності.

Особлива увага приділяється розвитку професійних компетентностей майбутнього педагога, формуванню дослідницьких умінь, екологічного світогляду, академічної доброчесності та відповідального ставлення до організації власної навчальної діяльності.

Структура методичних рекомендацій забезпечує послідовне опрацювання навчального матеріалу відповідно до логіки викладання дисципліни. Для кожної теми визначено обсяг самостійної роботи, навчальні цілі, рекомендовані інформаційні джерела, перелік практичних завдань, питання для самоконтролю та критерії оцінювання.

Видання адресоване здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності **A4.15 «Середня освіта (Природничі науки)»**, **С6 «Географія та регіональні студії»**, які вивчають дисципліни «Загальна та неорганічна хімія», «Хімія з

основами геохімії». а також може бути корисним науково-педагогічним працівникам закладів вищої освіти під час організації самостійної роботи студентів з дисциплін хімічного циклу.

Методичні вказівки містять такі розділи:

- загальні властивості металів;
- корозія металів та сплавів.

Кожен розділ містить основні теоретичні питання та рекомендовану літературу, необхідну для їх опрацювання, а також приклади виконання типових завдань та контрольні питання, вправи і задачі для перевірки знань. Довідковий матеріал, необхідний в процесі виконання контрольних завдань, вправ і задач, винесено як додатки до методичних вказівок. Наведені відповіді до контрольних задач дозволяють студентам самостійно проконтролювати правильність їх розв'язування.

Використання цих методичних вказівок підвищить ефективність навчального процесу і дозволить студентам глибше оволодіти теоретичним матеріалом та закріпити його при виконанні завдань та розв'язуванні задач.

ПРОГРАМНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані практичні завдання в галузі середньої освіти, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, психології, теорії та методики навчання і характеризуються комплексністю таневизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти .

Загальні компетентності:

ЗК 6. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 10. Здатність проводити дослідження на сучасному науковому рівні.

ЗК 13. Здатність. до здійснення безпечної діяльності.

ЗК 14. Здатність реалізовувати стратегію сталого розвитку щодо екологізації суспільної свідомості та економіки з метою збалансованого соціально-економічного та екологічного розвитку суспільства

Фахові компетентності:

ФК 1. Здатність користуватися символікою і сучасною термінологією природничих наук.

ФК 2.Здатність розкривати загальну структуру природничих наук на основі взаємозв'язку біологічних, географічних, екологічних, фізичних та хімічних учень про сучасну природничо-наукову картину світу.

ФК 3. Здатність характеризувати досягнення природничих наук, що зробили визначальний вплив на наші уявлення про природу, на розвиток техніки і технологій, їх роль у суспільстві.

ФК 5. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження для визначення загальних властивостей матерії та явищ, будови, функцій, життєдіяльності, розмноження, класифікації, походження, поширення, об'єктів природи, законів і закономірностей розміщення і взаємодії компонентів природного середовища, інтерпретувати результати досліджень.

Результати навчання:

ПР 1. Знає термінологію природничих наук та сучасну номенклатуру

РН 3. Знає загальні закономірності перебігу природних явищ, закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи й надає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу.

РН 6. Знає властивості хімічних елементів, їх сполук, речовин та головні типи хімічних

реакцій, їх основні характеристики, а також основні термодинамічні та кінетичні закономірності й умови проходження хімічних реакцій.

РН 9. Володіє методикою проведення демонстраційного експерименту, застосовує його в освітньому процесі.

РН 14. Володіє іноземною мовою на рівні, необхідному для роботи з науково-методичною літературою, тлумачити термінологію іноземною мовою.

РН 18. Створює безбар'єрне, безпечне освітнє середовище. Забезпечує охорону життя і здоров'я учнів у освітньому процесі та позашкільній діяльності.

РН 20. Виокремлює, оцінює екологічні процеси та їх вплив на забезпечення сталого розвитку та раціонального природокористування.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		лек.	пр.	лаб.	Інд.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1 Загальна хімія.					
Тема 1. Вступ. Атомно-молекулярне вчення. Основні поняття і закони хімії	8	2	2		4
Тема 2. Періодичний закон та періодична система елементів . Будова атома і ядра	8	2	2		4
Тема 3. Основні класи неорганічних сполук. Оксиди, основи	10	2	2	2	4
Тема 4. Основні класи неорганічних сполук. Кислоти, амфотерні сполуки.	10	2	2	2	4
Тема 5. Основні класи неорганічних сполук. Солі.	10	2	2	2	4
Тема 6. Хімічний зв'язок, будова молекул та кристалів.	10	2	2	2	4
Тема 7. Окисно-відновні реакції	8	2	2		4
Тема 8. Хімічна кінетика	8	2	2		4
Тема 9. Розчини. Способи вираження складу розчинів.	10	2	2	2	4
Разом за змістовим модулем 1	82	18	18	10	36
Змістовий модуль 2. Неорганічна хімія					
Тема 10. Загальні властивості металів. металічний зв'язок. фізичні та хімічні властивості металів. Корозія. Захист металів від корозії	10	2	2	2	4
Тема 11. Основи хімічної термодинаміки	8	2	2		4
Тема 12. Колоїдна хімія. Дисперсні системи	8	2	2		4
Тема 13. Гідроген. Галогени	8	2	2		4
Тема 14. р-елементи періодичної системи..	8	2	2		4
Тема 15. s-елементи періодичної системи	8	2	2		4
Тема 16. d - та f - елементи періодичної системи	14	2	4		8
<i>Модульна контрольна робота</i>	4		2		2
Екзамен	30				30
Разом за змістовим модулем 2	98	14	18		64
Усього разом	180	32	36	12	100

1 ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

1.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Знаходження металів в природі. Основні методи добування.
2. Металічний зв'язок і кристалічна будова металів. Фізичні властивості металів.
3. Хімічні властивості металів (відношення до простих окиснювачів, води, розчинів кислот, лугів та солей).
4. Сплави. Тверді розчини. Евтектичні суміші. Інтерметалічні сполуки.
5. Легкі та важкі конструкційні метали. Застосування металів та їх сплавів.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 53–65; [2] – С. 365–461; [3] – С. 382–386, 402–413, 361–366, 419–425, 434–440, 446–455.

додаткова: [4] – С. 285–374; [5] – С. 86–148, 173–193; 523–721; [6] – С. 411–503.

1.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 1.1 Визначити, який з двох металів є хімічно активнішим. а) *Mg* і *Fe*
б) *Ag* і *Cd*

Хімічна активність металу визначається його положенням в ряду напруг металів:

Li K Cs Ba Sr Ca Na Mg Be Al Ti Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Cu Ag Hg Pt Au

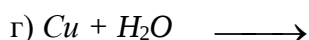
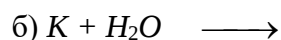
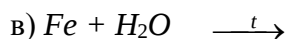
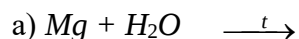
Хімічна активність металів зменшується



Для багатьох металів хімічна активність знижується через утворення на їх поверхні тонких захисних плівок.

- а) В парі металів *Mg* і *Fe* активнішим є магній. б) В парі металів *Ag* і *Cd* активнішим є кадмій.

Завдання 1.2 Закінчити рівняння реакцій металів з водою, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.

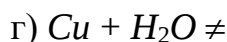
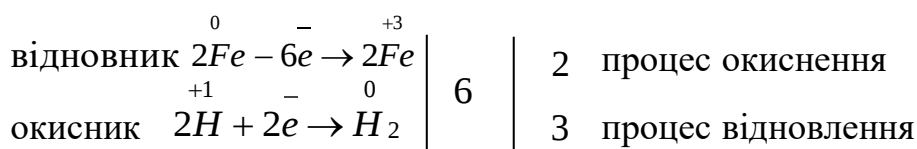
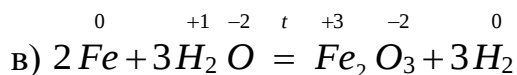
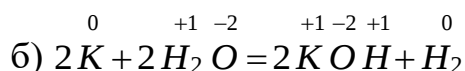
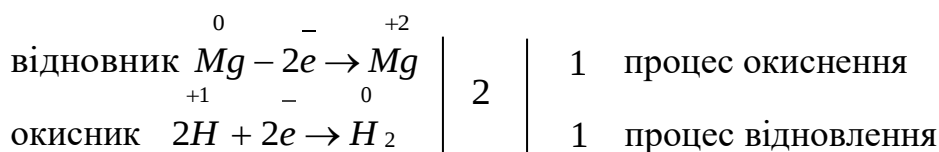
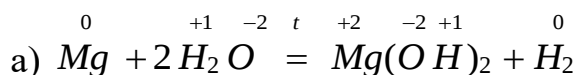


За звичайних умов з водою реагують найбільш активні метали – лужні, лужно-земельні, магній – при кипінні води:

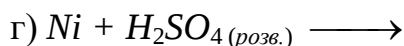


взаємодіють з водою за звичайних умов, магній - при кипінні води

Продуктами реакції є **гідроксид металу** та **водень**. З металами середньої активності вода реагує тільки при високій температурі (у пароподібному стані) з утворенням **оксиду металу** та **водню**. Малоактивні метали з водою не реагують.



Завдання 1.3 Закінчити рівняння реакцій металів з кислотами, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.



За характером дії кислоти умовно поділяють на дві групи:

– **неокиснювальні**, в яких окисником є йон гідрогену H^+ ;

– **окиснювальні**, в яких окисником є елемент-неметал, що входить до складу кислотного залишку.

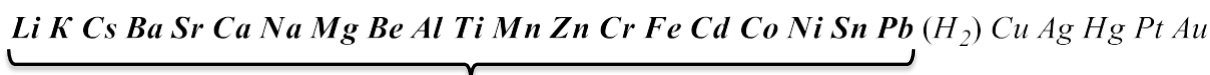
За вмістом кислоти у розчині вони бувають

- розведеними;
- концентрованими.

Ці чинники впливають на склад продуктів, що утворюються при взаємодії металів з кислотами.

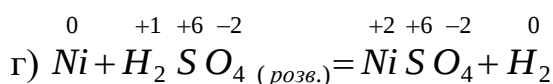
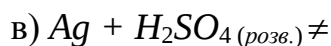
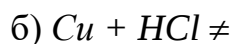
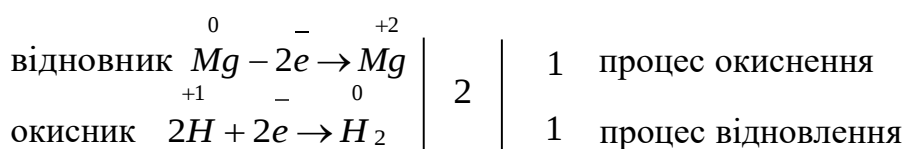
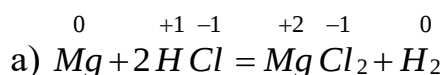
Неокиснювальні кислоти (розведена сульфатна H_2SO_4 , хлоридна HCl та інші) діють тільки на метали, що стоять в ряду напруг до водню:

Взаємодія неокиснювальних кислот (HCl , розведеної H_2SO_4) з металами

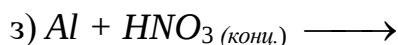
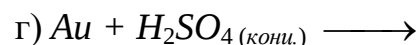
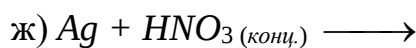
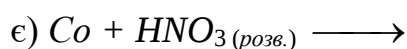
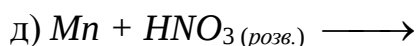


Взаємодіють з неокиснювальними кислотами

Продуктами реакції є **сіль** та **водень**.



Завдання 1.4 Закінчити рівняння реакцій з кислотами, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.



Особливості дії окиснювальних кислот (концентрованої сульфатної H_2SO_4 , нітратної HNO_3):

- окиснюють метал без виділення водню;
- мають пасивуючу дію, внаслідок якої на поверхні металу, схильного до пасивації (Al , Cr , Fe , Ti та ін.), з'являється захисна плівка, що зберігає метал від подальшого розчинення у кислоті, тому за звичайних температур реакція миттєво припиняється.

При розчиненні металів у таких кислотах утворюються **сіль, продукт відновлення кислоти та вода**. Продуктами відновлення концентрованої H_2SO_4 можуть бути сульфур (IV) оксид SO_2 , сірка S або сірководень H_2S :

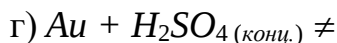
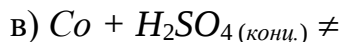
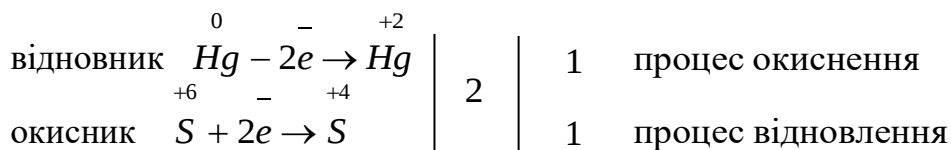
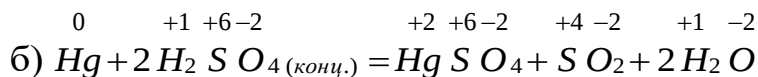
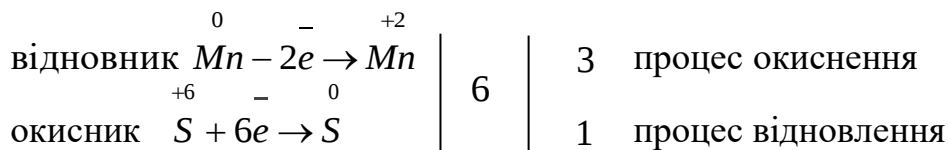
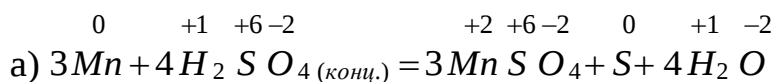
Взаємодія концентрованої H_2SO_4 з металами

$Li\ K\ Cs\ Ba\ Sr\ Ca\ Na\ Mg\ Be\ Al\ Ti\ Mn\ Zn\ Cr\ Fe\ Cd\ Co\ Ni\ Sn\ Pb\ (H_2)\ Cu\ Ag\ Hg\ Pt\ Au$

активні метали реагують
з виділенням H_2S або S

малоактивні метали реагують
з виділенням SO_2

Fe та Co – пасивуються (не розчиняються)



Продуктом відновлення концентрованої HNO_3 є нітроген (IV) оксид NO_2 :

Взаємодія концентрованої HNO_3 з металами

$Li\ K\ Cs\ Ba\ Sr\ Ca\ Na\ Mg\ Be\ Al\ Ti\ Mn\ Zn\ Cr\ Fe\ Cd\ Co\ Ni\ Sn\ Pb\ (H_2)\ Cu\ Ag\ Hg\ Pt\ Au$

метали реагують з виділенням NO_2

Al , Cr , Fe , Co та Ni – пасивуються (не розчиняються)

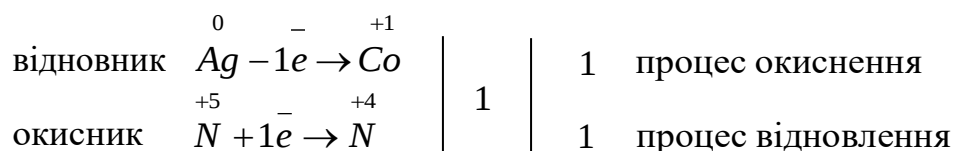
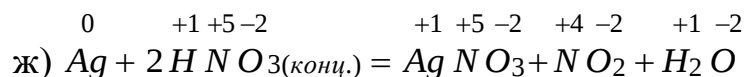
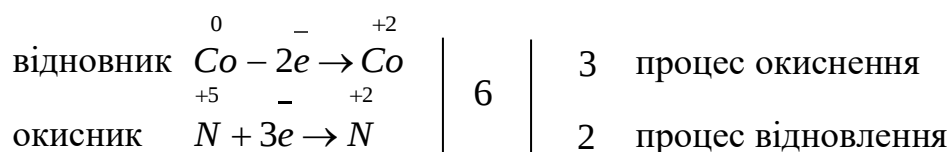
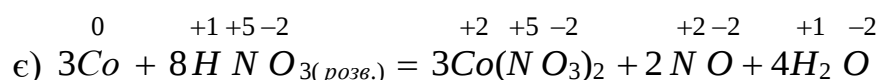
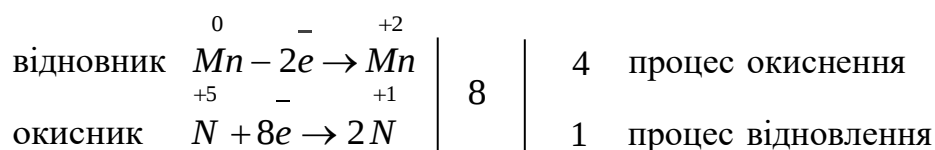
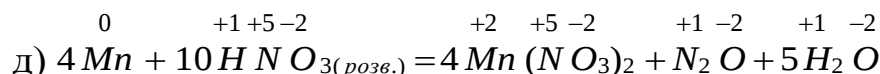
Продуктами відновлення розведеної HNO_3 можуть бути нітроген (II) оксид NO , нітроген (I) оксид N_2O , азот N_2 або амоній нітрат NH_4NO_3 :

Взаємодія розведеної HNO_3 з металами

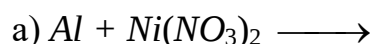
$Li\ K\ Cs\ Ba\ Sr\ Ca\ Na\ Mg\ Be\ Al\ Ti\ Mn\ Zn\ Cr\ Fe\ Cd\ Co\ Ni\ Sn\ Pb\ (H_2)\ Cu\ Ag\ Hg\ Pt\ Au$

активні метали реагують з виділенням
 N_2O, N_2 або NH_4NO_3

малоактивні метали реагують
з виділенням NO

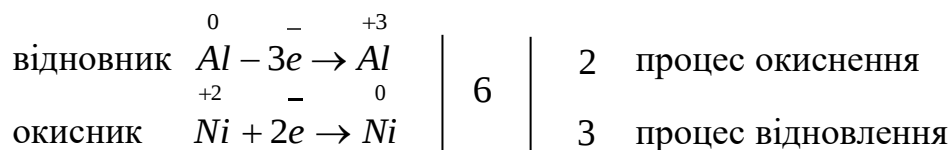
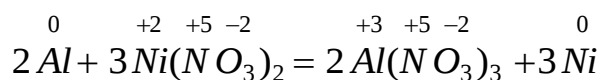


Завдання 1.5 Закінчити рівняння реакцій металів з солями, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.



Метал здатний витіснити **менш активний** метал з водного розчину його солі. Це стосується тільки тих металів, які розміщені в ряду напруг після натрію, так як активні метали ($Li, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na$) взаємодіють з водою з витісненням водню.

а) В парі металів *Al* і *Ni* активнішим є алюміній, тому він витісняє нікель з розчину нікель (II) нітрату:



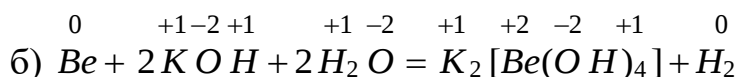
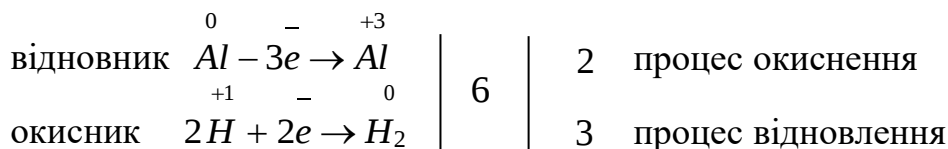
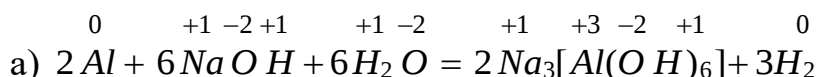
б) В парі металів *Cu* і *Mg* активнішим є магній, тому реакція між міддю і магній сульфатом не протікає:

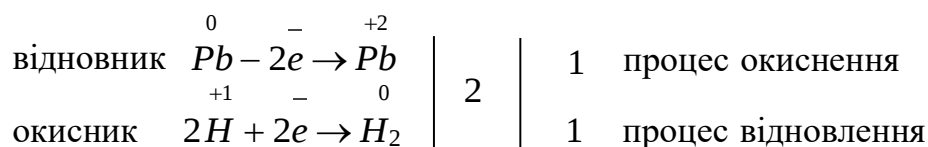
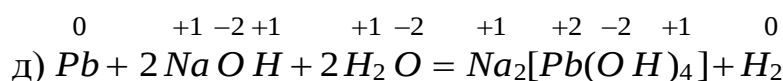
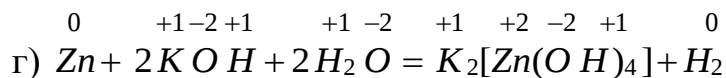
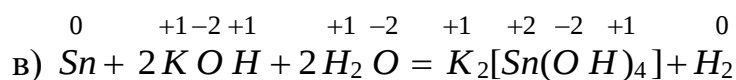


Завдання 1.6 Закінчити рівняння реакцій металів з лугами, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.

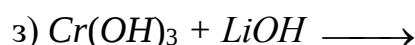
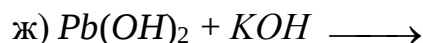
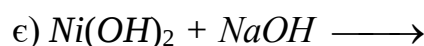
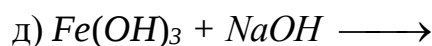


Деякі метали, оксиди та гідроксиди яких проявляють амфотерні властивості, за звичайних умов взаємодіють з водними розчинами лугів. До таких металів належать: ***Be*, *Al*, *Zn*, *Sn*, *Pb***. В результаті реакції утворюється **комплексна сполука металу** та **водень**.

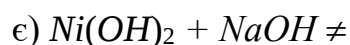
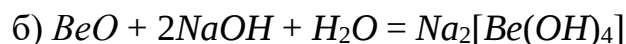
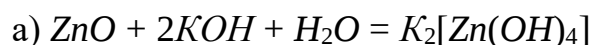




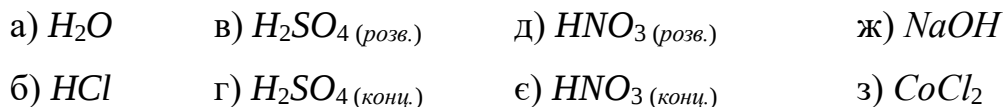
Завдання 1.7 Закінчити рівняння реакцій оксидів та гідроксидів металів з лугами та розставити коефіцієнти.



Оксиди та гідроксиди деяких металів проявляють амфотерні властивості – за звичайних умов взаємодіють з водними розчинами лугів. Це оксиди та гідроксиди *Be*, *Al*, *Zn*, *Sn* (II), *Pb* (II), *Cr* (III), *Fe* (III), *Au* (III). В результаті реакції утворюється **комплексна сполука металу**.



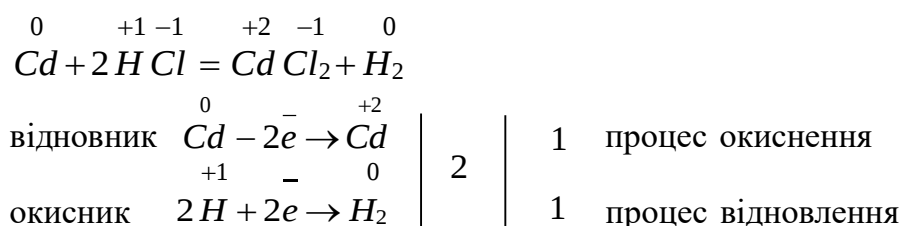
Завдання 1.8 Закінчити рівняння реакцій кадмію з наведеними нижче реагентами, визначити ступені окиснення атомів, скласти електронні рівняння, назвати окисник і відновник та розставити коефіцієнти.



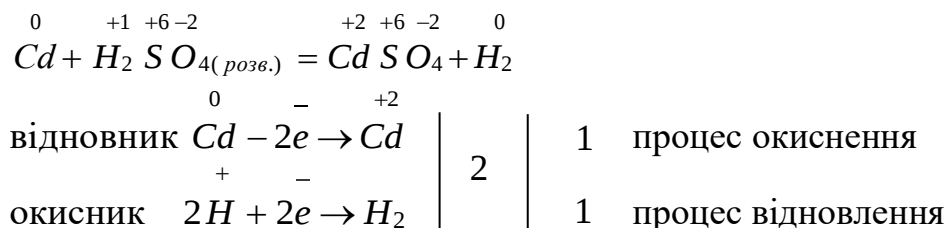
а) Кадмій – метал середньої активності, за звичайних умов з водою не реагує (див. приклад 1.2):



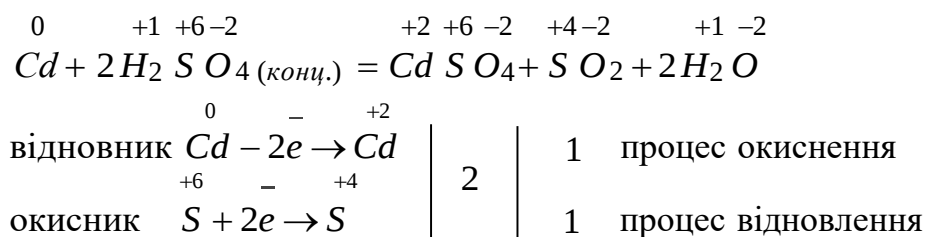
б) Кадмій у ряду напруг розміщений до водню, тому реагує з HCl (див. додаток В або приклад 1.3):



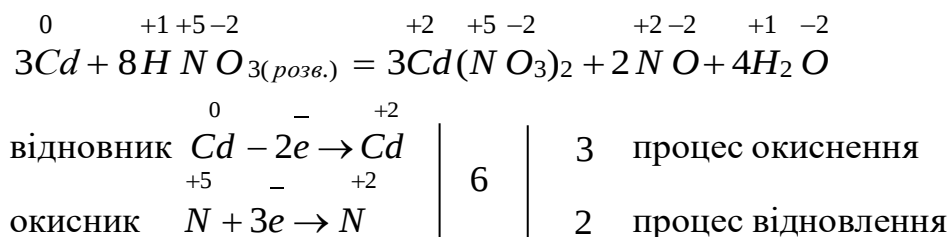
в) Кадмій в ряду напруг розміщений до водню, тому реагує з розведеною H_2SO_4 (див. додаток В або приклад 1.3):



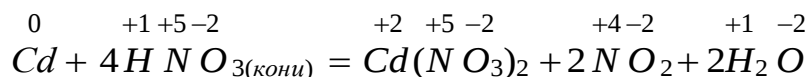
г) Кадмій у ряду напруг розміщений після хрому, реагує з концентрованою H_2SO_4 з виділенням SO_2 (див. додаток В або приклад 1.4):



д) Кадмій реагує з розведеною HNO_3 з виділенням NO (див. додаток В або приклад 1.4):



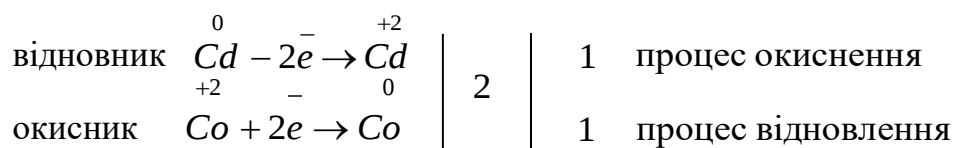
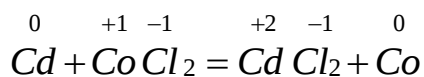
є) Кадмій реагує з концентрованою HNO_3 (див. додаток В або приклад 1.4):



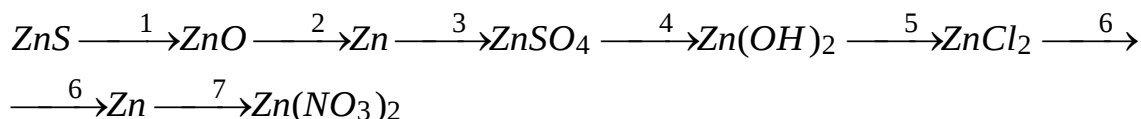
ж) Оксид і гідроксид кадмію не володіють амфотерними властивостями, тому кадмій у лугах не розчиняється (див. приклад 1.6):



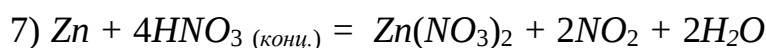
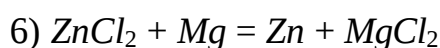
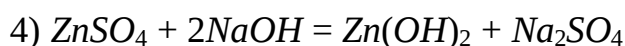
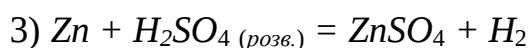
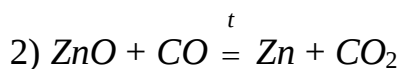
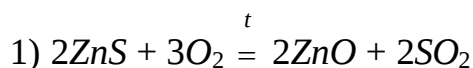
з) Кадмій розміщений у ряду напруг до кобальту, отже є більш активним ніж Co (див. приклад 1.1), а тому витісняє його з водного розчину солі (див. приклад 1.5):



Завдання 1.9 Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за схемою:



При складанні рівнянь реакцій можна скористатись додатком Г, в якому подані хімічні властивості металів.



Завдання 1.10 Який об'єм газу (за н. у.) виділиться при розчиненні 18,9 г технічного цинку (масова частка Zn становить 97,5%) в надлишку концентрованої HNO_3 ?

Дано:
 $m(Zn) = 18,9 \text{ г}$
 $\omega(Zn) = 97,5\%$

$V(\text{газу}) - ?$

1. Визначаємо масу цинку в технічному продукті з використанням формули:

$$\omega(\text{металу}) = \frac{m(\text{металу})}{m} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

де $\omega(\text{металу})$ – масова частка металу в технічному продукті, %;

$m(\text{металу})$ – маса металу, г;

m – маса технічного металу, г.

$$m(Zn) = \frac{\omega(Zn) \cdot m}{100} = \frac{97,5 \cdot 18,9}{100} = 18,4 \text{ г}$$

2. Визначаємо кількість речовини цинку ν , моль за формулою:

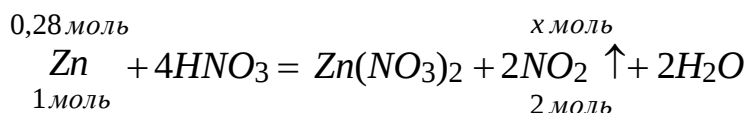
$$\nu = \frac{m}{M}, \quad (1.2)$$

де m – маса, г;

M – молярна маса, г/моль.

$$\nu(Zn) = \frac{18,4}{65} = 0,28 \text{ моль}$$

3. Визначаємо кількість речовини газу, що виділяється при взаємодії цинку з концентрованою HNO_3 :



$$0,28 \text{ моль } Zn - x \text{ моль } NO_2$$

$$1 \text{ моль } Zn - 2 \text{ моль } NO_2$$

$$x = \frac{0,28 \cdot 2}{1} = 0,56 \text{ моль}$$

4. Визначаємо об'єм газу (н. у.) V , л за формулою:

$$\nu = \frac{V}{V_\mu}, \quad (1.3)$$

де ν – кількість речовини газу, моль;

V_μ – молярний об'єм газу, за нормальних умов $V_\mu = 22,4 \text{ л/моль}$.

Тоді

$$V(NO_2) = \nu \cdot V_\mu = 0,56 \cdot 22,4 = 12,5 \text{ л}$$

Відповідь: при взаємодії цинку з концентрованою HNO_3 виділяється 12,5 л (н. у.) NO_2 .

Завдання 1.11 Який об'єм водню, виміряного за температури 292 K і тиску 95,5 кПа, виділиться під час взаємодії з натрій гідроксидом 5 г сплаву, який складається з 89% алюмінію, 7% цинку, 2% магнію, 2% міді?

Дано:
 $T = 292 \text{ K}$
 $P = 95,5 \text{ кПа}$
 $m(\text{сплаву}) = 5 \text{ г}$
 $\omega(\text{Al}) = 89\%$
 $\omega(\text{Zn}) = 7\%$
 $\omega(\text{Mg}) = 2\%$
 $\omega(\text{Cu}) = 2\%$

$V(\text{H}_2) = ?$

Тоді

З розчином NaOH реагують два компоненти сплаву – алюміній та цинк.

1. Визначаємо маси Al та Zn, що містяться у сплаві. Масову частку ω , % металу у сплаві обчислюють за формулою

$$\omega(\text{металу}) = \frac{m(\text{металу})}{m(\text{сплаву})} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

де $m(\text{металу})$ – маса металу, г;
 $m(\text{сплаву})$ – маса сплаву, г.

$$m(\text{Al}) = \frac{\omega(\text{Al}) \cdot m(\text{сплаву})}{100} = \frac{89 \cdot 5}{100} = 4,45 \text{ г}$$

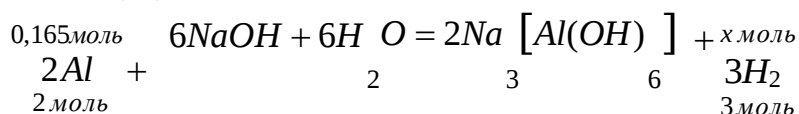
$$m(\text{Zn}) = \frac{\omega(\text{Zn}) \cdot m(\text{сплаву})}{100} = \frac{7 \cdot 5}{100} = 0,35 \text{ г}$$

2. Визначаємо кількість речовини металів за формулою (1.2):

$$\nu(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{4,45}{27} = 0,165 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{0,35}{65} = 0,005 \text{ моль}$$

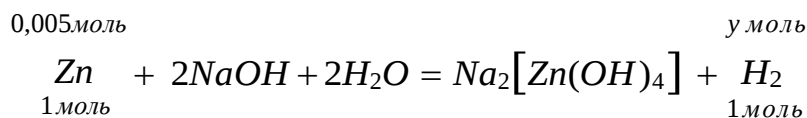
3. Визначаємо кількість речовини водню, що виділяється при взаємодії сплаву з розчином лугу.



$$0,165 \text{ моль Al} \quad - \quad x \text{ моль H}_2$$

$$2 \text{ моль Al} \quad - \quad 3 \text{ моль H}_2$$

$$x = \frac{0,165 \cdot 3}{2} = 0,495 \text{ моль}$$



$$0,005 \text{ моль Zn} \quad - \quad y \text{ моль H}_2$$

$$1 \text{ моль Zn} \quad - \quad 1 \text{ моль H}_2$$

$$y = \frac{0,005 \cdot 1}{1} = 0,005 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2) = x + y = 0,495 + 0,005 = 0,5 \text{ моль}$$

4. Залежність об'єму газу від кількості речовини цього газу, температури і тиску описує рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \quad (1.5)$$

де P – тиск газу, Па;

V – об'єм газу, м^3 ;

ν – кількість речовини газу, моль;

R – універсальна газова стала, $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$;

T – температура, К.

Визначаємо об'єм водню:

$$V = \frac{\nu \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 292}{95500} = 0,0127 \text{ м}^3 = 12,7 \text{ л}$$

Відповідь: при взаємодії сплаву з розчином лугу виділиться 12,7 л водню.

Завдання 1.12 Який об'єм водню (за н. у.) виділиться при розчиненні у розведених сульфатній кислоті 7,2 г металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 12 г/моль? Вкажіть метал і галузі його застосування.

Дано:

$$m(\text{металу}) = 7,2 \text{ г}$$

$$E(\text{металу}) = 12 \text{ г/моль}$$

$$V(H_2) = ?$$

1. Об'єм водню (н. у.), що виділяється при розчиненні металу у кислоті, визначаємо за законом еквівалентів:

$$\frac{m(\text{металу})}{E(\text{металу})} = \frac{V(\text{газу})}{V_E(\text{газу})}, \quad (1.6)$$

де $m(\text{металу})$ – маса металу, г;

$E(\text{металу})$ – молярна маса еквіваленту металу, г/моль;

$V(\text{газу})$ – об'єм газу, л;

$V_E(\text{газу})$ – молярний об'єм еквівалента газу; за нормальних умов молярний об'єм еквівалента водню $V_E(H_2) = 11,2 \text{ л/моль}$.

Тоді

$$V(H_2) = \frac{m(\text{металу}) \cdot V_E(H_2)}{E(\text{металу})} = \frac{7,2 \cdot 11,2}{12} = 6,72 \text{ л}$$

2. Визначаємо, який метал взаємодіяв з кислотою. Молярну масу еквівалента E , г/моль металу обчислюють за формулою:

$$E = \frac{M}{B}, \quad (1.7)$$

де M – молярна маса металу, г/моль;

B – валентність металу.

Припустимо, що метал одновалентний, тоді

$$M = E \cdot B = 12 \cdot 1 = 12 \text{ г/моль}$$

Метал з молярною масою 12 г/моль не існує (елемент з молярною масою 12 г/моль – вуглець (карбон) є неметалом). Якщо метал двовалентний, то

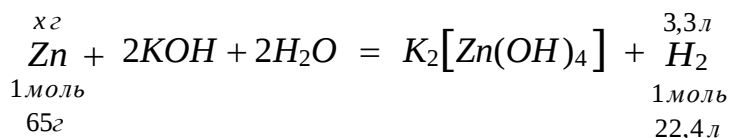
$$M = 12 \cdot 2 = 24 \text{ г/моль}$$

Елемент з молярною масою 24 г/моль – метал магній. Валентність магнію дорівнює 2, а його молярна маса еквіваленту, обчислена за формулою (1.7), співпадає з молярною масою еквіваленту невідомого металу за умовою задачі. Отже, шуканий метал – магній. Основна галузь використання магнію – виробництво магнієвих сплавів, що характеризуються малою густиною (1,5–1,8 г/см³), високою питомою міцністю, легко обробляються різанням, зварюються різними видами зварювання, паяються, склеюються. Магній також застосовують для легування сплавів на основі алюмінію, для металотермічного отримання низки металів (Ti, Zr, W та ін.), у складі освітлювальних та запалювальних сумішей.

Відповідь: при взаємодії 7,2 г магнію з розведеною сульфатною кислотою виділяється 6,72 л (н. у.) водню.

Завдання 1.13 При дії розчину калій гідроксиду на 26,50 г латуні, що містить як легуючі елементи цинк та нікель, виділилось 3,3 л газу (н. у.), а при дії на таку ж масу сплаву хлоридної кислоти – 3,5 л газу (н. у.). Визначте масові частки (%) металів у сплаві.

Дано:	Латунь – сплав на основі міді, в якому основним легуючим компонентом є цинк. В розчині лугу розчиняється один компонент сплаву – цинк, а в розчині хлоридної кислоти розчиняються два компоненти сплаву – цинк та нікель.
$m(\text{латуні}) = 26,50 \text{ г}$	
$V_1(\text{газу}) = 3,3 \text{ л}$	
$V_2(\text{газу}) = 3,5 \text{ л}$	
$\omega(\text{Cu}) - ?$	
$\omega(\text{Zn}) - ?$	1. Визначаємо масу цинку, який міститься в сплаві, за об'ємом водню, що виділяється при взаємодії сплаву з розчином лугу:
$\omega(\text{Ni}) - ?$	

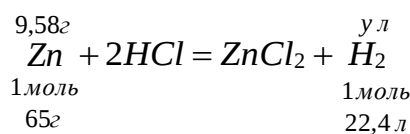


$$x \text{ г Zn} - 3,3 \text{ л H}_2$$

$$65 \text{ г Zn} - 22,4 \text{ л H}_2$$

$$x = \frac{3,3 \cdot 65}{22,4} = 9,58 \text{ г}$$

2. Визначаємо масу нікелю в сплаві. Для цього спочатку обчислюємо об'єм водню, який виділяється при взаємодії хлоридної кислоти з цинком.



$$9,58\text{ г Zn} - y\text{ л H}_2$$

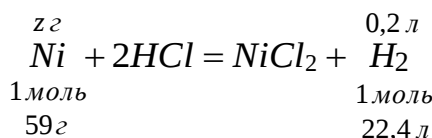
$$65\text{ г Zn} - 22,4\text{ л H}_2$$

$$y = \frac{9,58 \cdot 22,4}{65} = 3,3\text{ л}$$

Отже, при взаємодії нікелю з хлоридною кислотою виділяється

$$3,5 - 3,3 = 0,2\text{ л газу.}$$

Далі визначаємо масу нікелю



$$z\text{ г Ni} - 0,2\text{ л H}_2$$

$$59\text{ г Ni} - 22,4\text{ л H}_2$$

$$z = \frac{59 \cdot 0,2}{22,4} = 0,53\text{ г}$$

3. Визначаємо масу міді в сплаві:

$$m(\text{Cu}) = m(\text{латуні}) - m(\text{Zn}) - m(\text{Ni}) = 26,50 - 9,58 - 0,53 = 16,39\text{ г}$$

4. Масові частки металів у сплаві обчислюємо за формулою (1.4):

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{латуні})} \cdot 100\% = \frac{16,39}{26,50} \cdot 100\% = 62\%$$

$$\omega(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{m(\text{латуні})} \cdot 100\% = \frac{9,58}{26,50} \cdot 100\% = 36\%$$

$$\omega(\text{Ni}) = \frac{m(\text{Ni})}{m(\text{латуні})} \cdot 100\% = \frac{0,53}{26,50} \cdot 100\% = 2\%$$

Відповідь: масові частки міді, цинку та нікелю в латуні складають 62%, 36% і 2% відповідно.

Завдання 1.14 Вміст хром (III) оксиду у хромовій руді складає 50%. Визначте масу хрому, який можна одержати з 1 кг руди алюмотермічним методом.

Дано: $\omega(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 50\%$ $m(\text{руди}) = 1 \text{ кг}$ $m(\text{Cr}) = ?$	1. Масову частку ω, % сполуки у руді обчислюють за формулою $\omega(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{руди})} \cdot 100\%, \quad (1.8)$
--	---

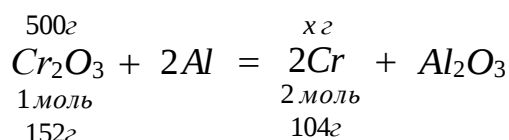
де $m(\text{сполуки})$ – маса сполуки, г;

$m(\text{руди})$ – маса руди, г.

Тоді маса Cr_2O_3 , що міститься у руді, дорівнює:

$$m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = \frac{\omega(\text{Cr}_2\text{O}_3) \cdot m(\text{руди})}{100} = \frac{50 \cdot 1}{100} = 0,5 \text{ кг} = 500 \text{ г}$$

2. Визначаємо масу хрому, одержаного алюмотермічним методом – відновленням руди алюмінієм при нагріванні:



$$500 \text{ г Cr}_2\text{O}_3 - x \text{ г Cr}$$

$$152 \text{ г Cr}_2\text{O}_3 - 104 \text{ г Cr}$$

$$x = \frac{500 \cdot 104}{152} = 342 \text{ г}$$

Відповідь: з 1 кг руди алюмотермічним методом можна одержати 342 г Cr.

Завдання 1.15 Цинкову пластинку на деякий час занурили в розчин хлоридної кислоти. Виділилось 0,896 л газу (н.у.), потім цю ж пластинку теж на деякий час занурили в розчин нікель (II) хлориду. Після цих двох реакцій маса пластинки зменшилась на 2,9 г. Обчисліть масу цинку, що прореагував в обох реакціях.

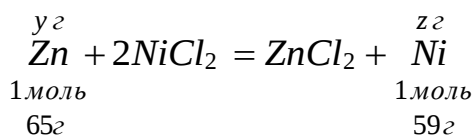
Дано: $V(\text{газу}) = 0,896 \text{ л}$ $\Delta m(\text{пластини}) = -2,9 \text{ г}$ $m(\text{Zn}) = ?$	1. Визначаємо масу цинку, що прореагував з хлоридною кислотою: $\begin{array}{c} x \text{ г} \\ 1 \text{ моль} \\ 65 \text{ г} \end{array} \text{Zn} + 2 \text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \begin{array}{c} 0,896 \text{ л} \\ 1 \text{ моль} \\ 22,4 \text{ л} \end{array} \text{H}_2$
---	---

$$x \text{ г Zn} - 0,896 \text{ л H}_2$$

$$65 \text{ г Zn} - 22,4 \text{ л H}_2$$

$$x = \frac{65 \cdot 0,896}{22,4} = 2,6 \text{ г}$$

2. При зануренні цинкової пластинки у розчин $NiCl_2$ цинк, як більш активний метал, витісняє нікель з розчину нікель (II) хлориду. Позначимо масу цинку, що розчинився, через y , а масу нікелю, що при цьому виділився на пластинці, – через z :



$$y \text{ г } Zn - z \text{ г } Ni$$

$$65 \text{ г } Zn - 59 \text{ г } Ni$$

$$z = \frac{y \cdot 59}{65} = 0,91y$$

3. Визначаємо масу цинку, що розчинився у другій реакції. Зміна маси цинкової пластинки після двох реакцій обумовлена розчиненням цинку в обох випадках та виділенням нікелю у другій реакції, тобто

$$\Delta m(\text{пластини}) = z - x - y$$

Тоді маємо,

$$-2,9 = z - 2,6 - y$$

$$-2,9 = 0,91y - 2,6 - y$$

$$y - 0,91y = 2,9 - 2,6$$

$$0,09y = 0,3$$

$$y = 3,3 \text{ г}$$

3. Визначаємо масу цинку, що прореагував в обох реакціях:

$$m(Zn) = x + y = 2,6 + 3,3 = 5,9 \text{ г}$$

Відповідь: цинк масою 5,9 г прореагував у реакціях з HCl та $NiCl_2$.

Завдання 1.16 Пластинку з кадмію масою 44,1 г помістили у розчин, що містить 8 г нітрату двовалентного металу. Після припинення реакції маса пластинки стала 46,4 г. Визначте, який метал осів на пластинці та його масу.

Дано:

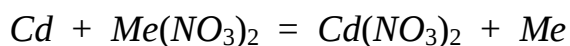
$$m(Me(NO_3)_2) = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{пластини}) = 44,1 \text{ г}$$

$$m_1(\text{пластини}) = 46,4 \text{ г}$$

$$m(Me) - ?$$

1. Зміна маси кадмієвої пластинки після реакцій обумовлена частковим розчиненням кадмію та виділенням на ній металу Me з розчину його солі:



Позначимо масу кадмію, що розчинився, через x , а масу металу Me , що при цьому виділився на пластинці, – через y . Тоді

$$\Delta m(\text{пластини}) = y - x$$

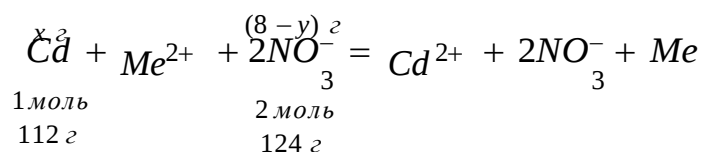
Оскільки

$$\Delta m(\text{пластини}) = m_1(\text{пластини}) - m(\text{пластини}) = 46,4 - 44,1 = 2,3 \text{ г}$$

маємо

$$2,3 = y - x$$

2. У розчині містилось 8 г $Me(NO_3)_2$, з яких маса металу складала y г, а маса нітрат-іонів – $(8 - y)$ г. За рівнянням реакції визначаємо масу металу Me , що осів на пластинці:



$$\begin{array}{rcl} x \text{ г } Cd & - & (8 - y) \text{ г } NO_3^- \\ 112 \text{ г } Cd & - & 124 \text{ г } NO_3^- \end{array}$$

$$124x = 112(8 - y)$$

Оскільки $x = y - 2,3$, маємо

$$124(y - 2,3) = 112(8 - y)$$

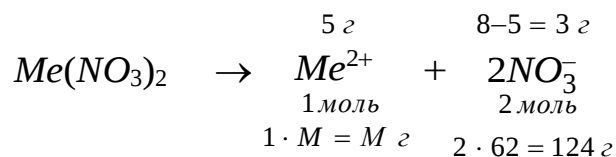
$$124y - 285,2 = 896 - 112y$$

$$124y + 112y = 896 + 285,2$$

$$236y = 1181,2$$

$$y = 5,0 \text{ г}$$

3. Визначаємо, який метал осів на кадмієвій пластинці (M – молярна маса металу, г/моль):



$$5 \text{ г } Me^{2+} - 3 \text{ г } NO_3^-$$

$$M \text{ г } Me^{2+} - 124 \text{ г } NO_3^-$$

$$M = \frac{5 \cdot 124}{3} = 207$$

Метал з молярною масою 207 г/моль – свинець ($Me = Pb$).

Відповідь: 5 г свинцю осіло на пластинці.

Завдання 1.17 Суміш заліза з оксидом феруму (II) масою 10 г відновили карбон (II) оксидом та отримали 8,9 г твердого залишку. Визначте масову частку заліза (%) у вихідній суміші.

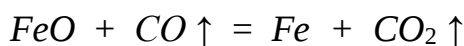
Дано:

$$m(\text{Fe} + \text{FeO}) = 10 \text{ г}$$

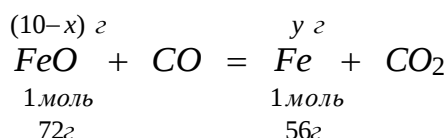
$$m(\text{твердого залишку}) = 8,9 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}) = ?$$

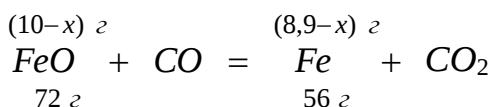
1. Визначаємо масу заліза, що містилось у вихідній суміші. При відновленні суміші металу та його оксиду карбон (II) оксидом протікає реакція:



Отже, твердий залишок – це залізо: те, що містилось у вихідній суміші та те, що утворилось при відновленні FeO карбон (II) оксидом. Позначимо масу заліза, що містилось у вихідній суміші, через x , а масу заліза, що утворилось – через y . Тоді маса FeO у вихідній суміші складає $(10 - x)$ г.



Оскільки за умовою задачі $x + y = 8,9$, маємо



$$(10 - x) \text{ г FeO} \quad - \quad (8,9 - x) \text{ г Fe}$$

$$72 \text{ г FeO} \quad - \quad 56 \text{ г Fe}$$

$$56(10 - x) = 72(8,9 - x)$$

$$560 - 56x = 640,8 - 72x$$

$$16x = 80,8$$

$$x = 5 \text{ г}$$

2. Визначаємо масову частку ω , % сполуки у суміші за формулою:

$$\omega(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})} \cdot 100\%, \quad (1.9)$$

де m (сполуки) – маса сполуки, г;

m (суміші) – маса суміші, г.

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{5}{10} \cdot 100\% = 50\%$$

Відповідь: у вихідній суміші містилось 50% заліза.

Контрольні питання, вправи і задачі

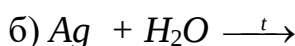
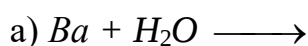
- 1.18 Де розташовані у періодичній системі хімічні елементи, які відносять до металів?
- 1.19 Які метали і чому трапляються у природі в самородному стані?
- 1.20 Які методи використовують для добування металів з руд?
- 1.21 Який зв'язок називають металічним? Які типи кристалічних ґраток характерні для металів?
- 1.22. Які загальні фізичні властивості відрізняють прості речовини – метали від неметалів?
- 1.23 Чим обумовлена висока електро- та теплопровідність металів? Чому металам властива пластична деформація?
- 1.24 Що покладено в основу розподілу металів на легкі та важкі? Наведіть приклади легких та важких металів.
- 1.25 На основі зонної теорії твердих тіл поясніть високу електро- та теплопровідність металів.
- 1.26 На які групи поділяються метали в залежності від їх поведінки в магнітному полі? Які метали здатні зберігати стан намагнічування?
- 1.27 Чому метали в хімічних реакціях є відновниками? Як змінюються відновні властивості металів у межах: головної підгрупи; періоду?
- 1.28 Як пов'язана активність металу з його положенням у ряду напруг?
- 1.29 Визначте, який з двох металів є хімічно активнішим.

а) *Cr* і *Al*

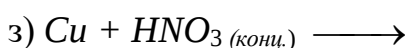
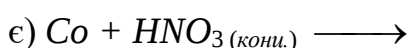
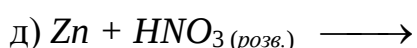
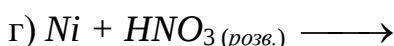
б) *Sn* і *Au*

Відповідь: а) алюміній; б) олово.

- 1.30 Запишіть рівняння реакцій металів з водою, визначте ступені окиснення атомів, складіть електронні рівняння, назвіть окисник і відновник та розставте коефіцієнти.



- 1.31 Запишіть рівняння реакцій металів з кислотами, визначте ступені окиснення атомів, складіть електронні рівняння, назвіть окисник і відновник та розставте коефіцієнти.



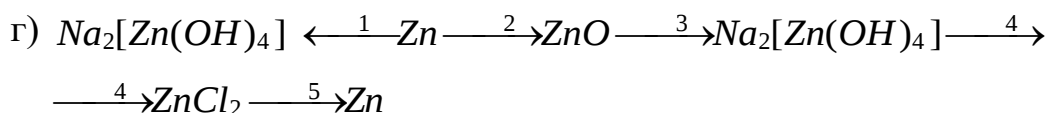
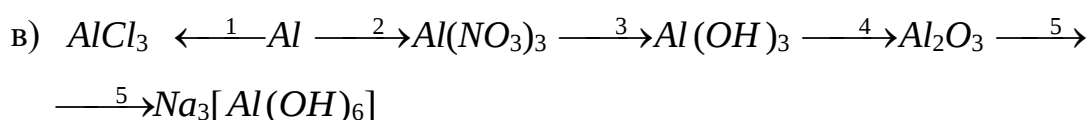
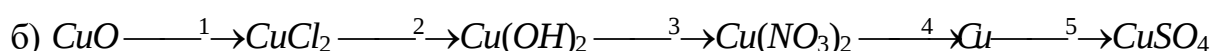
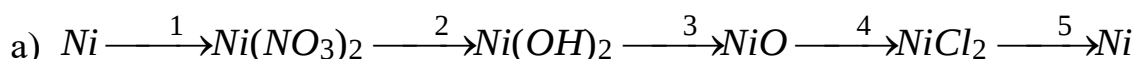
1.32 Запишіть рівняння реакцій металів з солями, визначте ступені окиснення атомів, складіть електронні рівняння, назвіть окисник і відновник та розставте коефіцієнти.



1.33 Запишіть рівняння реакцій металів з лугами, визначте ступені окиснення атомів, складіть електронні рівняння, назвіть окисник і відновник та розставте коефіцієнти.



1.34 Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення за такими схемами:



1.35 Охарактеризуйте хімічні властивості металів. Для цього заповніть таблицю, зазначивши при цьому знаком «+» реакції, які відбуваються, а знаком «-» реакції як не протікають. Для реакцій, які позначені знаком «+» запишіть рівняння реакцій, визначте ступені окиснення атомів, складіть електронні рівняння, назвіть окисник і відновник та розставте коефіцієнти.

Метал	Реагент							
	HCl (розв.)	H_2SO_4 (розв.)	H_2SO_4 (конц.)	HNO_3 (розв.)	HNO_3 (конц.)	$NaOH$	$Pb(NO_3)_2$	$CuSO_4$
Cr								
Mg								
Co								
Ni								
Fe								
Be								
Ag								
Al								
Mn								
Zn								
Hg								
Cu								-

- 1.36 Чому свинець практично не розчиняється в розбавлених хлоридній і сульфатній кислотах, хоча розміщений в ряду напруг до водню?
- 1.37 За якої умови мідь і срібло, які розміщені в ряду напруг після водню, здатні розчинятися в неокиснювальних кислотах? Наведіть рівняння відповідних реакцій.
- 1.38 Чому вироби з міді та її сплавів на повітрі поступово набувають зеленуватого відтінку? Наведіть рівняння відповідної реакції.
- 1.39 Золото належить до благородних металів. Чому? Які відомі способи його розчинення? Наведіть рівняння відповідних реакцій.
- 1.40 Зразок латуні обробили концентрованою нітратною кислотою. До отриманого розчину додали надлишок лугу. Запишіть рівняння реакцій, які при цьому відбуваються.
- 1.41 Зразок магнеліну обробили розведеною нітратною кислотою. До отриманого розчину додали надлишок лугу. Запишіть рівняння реакцій, які при цьому відбуваються.
- 1.42 Які бінарні сполуки утворюють метали з неметалами? Наведіть приклади таких сполук.
- 1.43 Які сполуки називають інтерметалідами? Який тип хімічного зв'язку характерний для них?
- 1.44 Чому в техніці використовують переважно сплави металів, а не самі чисті метали?
- 1.45 Який процес називають легуванням? З якою метою його здійснюють?
- 1.46 Що відбувається при охолодженні суміші розплавлених металів?
- 1.47 Які бувають сплави за призначенням?
- 1.48. Які сплави утворює залізо з вуглецем?
- 1.49 Які сплави міді використовують на практиці?
- 1.50 Сплави якого металу називають амальгамами? Чому ртуть зберігають в сталевих балонах?
- 1.51 Сплав нейзильбер містить 65% міді, 20% цинку, решта – нікель. Визначте маси металів, що містяться в 300 г сплаву.
Відповідь: 195 г Cu, 60 г Zn, 45 г Ni.
- 1.52 Яку масу титану слід унести в розплав сталі масою 500 кг, щоб масова частка титану становила 0,12%?
Відповідь: 0,6 кг.
- 1.53 Який об'єм газу (за н.у.) виділиться при розчиненні 9,6 г технічного алюмінію (масова частка Al становить 97,95%) в надлишку NaOH?
Відповідь: 11,7 л H₂.

1.54 Який об'єм водню H_2 , виміряного за температури 298 K і тиску $100,7\text{ кПа}$, виділиться під час взаємодії з водою 10 г сплаву, який складається з 30% калію і 70% натрію?

Відповідь: $4,7\text{ л}$.

1.55 Який об'єм водню (за н. у.) виділиться при розчиненні у хлоридній кислоті 18 г металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 9 г/моль . Вкажіть метал і галузі його застосування.

Відповідь: $22,4\text{ л}$, метал Al .

1.56 На зразок сплаву міді з алюмінієм масою 1 г подіяли надлишком розчину лугу. Залишок промили і розчинили в концентрованій нітратній кислоті, розчин випарили, осад прожарили. Одержано $0,4\text{ г}$ нового залишку. Визначте масові частки міді та алюмінію в сплаві.

Відповідь: $32\% Cu$, $68\% Al$.

1.57 Сплав дюралюміній містить Al , Mg та Cu . Під час дії на 7 г такого сплаву розчином натрій гідроксиду виділилось $8,4\text{ л}$ газу (н. у.), а під час дії на таку ж масу сплаву хлоридної кислоти (взятої у надлишку) виділилось $8,5\text{ л}$ газу. Визначте масову частку (%) міді у сплаві.

Відповідь: $32\% Cu$.

1.58 Залізну пластинку на деякий час занурили в розчин сульфатної кислоти. Виділилось 224 мл газу (н. у.), потім цю ж пластинку занурили в розчин купрум (II) сульфату. Після цих двох реакцій маса пластинки збільшилась на $0,48\text{ г}$. Обчисліть масу заліза, що прореагувало в обох реакціях.

Відповідь: $7,84\text{ г Fe}$.

1.59 Залізну пластинку, маса якої становить 20 г , помістили в розчин сульфату невідомого двохвалентного металу (маса розчину дорівнює 160 г , масова частка солі – 20%). Після припинення реакції маса пластинки стала $21,6\text{ г}$. Визначте, який метал осів на пластинці та його масу.

Відповідь: $12,8\text{ г Cu}$.

1.60 Маса твердого залишку, який отримали після відновлення воднем $28,48\text{ г}$ суміші заліза та ферум (III) оксиду, стала $21,28\text{ г}$. Визначте масову частку заліза (%) у вихідній суміші.

Відповідь: $15,7\% Fe$.

1.61 Вміст цинк сульфід у руді складає $11,64\%$. Визначте масу цинку, який можна одержати з 10 кг руди карботермічним методом.

Відповідь: 780 г Zn .

2 КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

2.1 Основні питання теми та рекомендована література

1. Корозія металів та сплавів. Класифікація корозійних процесів.
2. Хімічна корозія. Чинники, що впливають на швидкість хімічної корозії.
3. Електрохімічна корозія. Чинники, що впливають на швидкість електрохімічної корозії.
4. Класифікація методів захисту металів та сплавів від корозії. Використання сплавів, стійких до корозії. Захисні покриття. Електрохімічні методи (анодний, катодний, протекторний). Зміна властивостей корозійного середовища. Інгібітори корозії.

Література для підготовки теоретичного матеріалу

основна: [1] – С. 77–86; [2] – С. 500–514; [3] – С. 397–402.

додаткова: [4] – С. 374–388; [7] – С. 289–314.

2.2 Приклади виконання типових завдань

Завдання 2.1 Вказати, який різновид корозії (хімічна чи електрохімічна) спостерігається при контакті таких фаз:

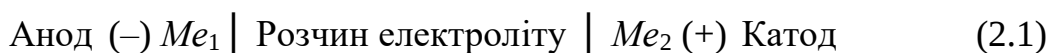
- а) Zn – сухе повітря;
- б) Fe – вологе повітря;
- в) Ni – розчин сульфатної кислоти.

Залежно від механізму корозійного процесу, який визначається типом корозійного середовища, розрізняють хімічну та електрохімічну корозію. Хімічна корозія відбувається при контакті металу з неелектролітами (неводними органічними середовищами, наприклад, нафтою і нафтопродуктами) або з сухими газами та їх сумішами. Електрохімічна корозія виникає при контакті металу з розчинами електролітів. В умовах природного середовища найпоширенішим типом корозії є електрохімічна корозія, оскільки в реальних умовах метали значно частіше контактують саме з електропровідними середовищами (розчинами солей, кислот, лугів, розчинами газів у воді, зокрема, морською та ґрунтовою водою, повітряною вологою, сконденсованою на поверхні металу).

Сухе повітря є неелектролітом. При контакті металу з вологим повітрям на його поверхні конденсується вода, в якій розчиняються гази, що містяться у повітрі – утворюється розчин електроліту. Електролітом також є розчин сульфатної кислоти. Таким чином, а) при контакті цинку з сухим повітрям корозія протікає за хімічним механізмом, за якого електрони безпосередньо переходять від металу до окисника; б) при контакті заліза з вологим повітрям спостерігається електрохімічна корозія; в) при контакті нікелю з розчином кислоти корозія також відбувається електрохімічна корозія, за якої метал та окисник безпосередньо не контактують, процеси окиснення та відновлення просторово розділені – на поверхні металу функціонують мікрогальванічні елементи.

Завдання 2.2 Який метал кородує, якщо контактують: а) залізо з алюмінієм в розчині хлоридної кислоти; б) цинк з нікелем в атмосфері вологого повітря; в) цинк з алюмінієм в розчині хлоридної кислоти, що насичений киснем? Скласти схеми корозійних мікрогальванічних елементів, що при цьому утворюються, визначити продукти корозії.

При контакті металів з різними електродними потенціалами в електропровідному середовищі протікає електрохімічна корозія – виникають мікрогальванічні елементи, причому, чим більша різниця між стандартними електродними потенціалами контактуючих металів, тим інтенсивніше кородує більш активний метал, який є анодом такого елемента. Схематично мікрогальванічні елементи, які утворюються під час електрохімічної корозії, зображають так:



Під час електрохімічної корозії одночасно відбуваються два процеси:

– анодний процес: $\text{Me}^0 - n\bar{e} \rightarrow \text{Me}^{n+}$ (окиснення металу);

– катодний процес: відновлення окисників (компонентів середовища).

Найчастіше окисниками у природних умовах є кисень O_2 (нейтральне, лужне середовище) або йони гідрогену H^+ (кисле середовище). Корозія з участю йонів H^+ називається корозією з виділенням водню (корозією з водневою деполяризацією):



Корозія з участю кисню називається корозією з поглинанням кисню (корозією з кисневою деполяризацією):



В кислому середовищі за наявності кисню процес також протікає з поглинанням кисню:

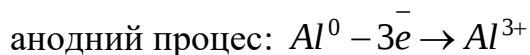


Таким чином, сутність електрохімічної корозії полягає у анодному розчиненні металу на тих ділянках, яким відповідає більш від'ємне значення електродного потенціалу, і катодному відновленні окисника із навколишнього середовища на тих ділянках, де електродний потенціал більш додатній, завдяки чому самі катодні ділянки зберігають свою цілісність.

а) З додатка Д виписуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0,44 \text{ В}; E^0_{Al^{3+}/Al} = -1,66 \text{ В}.$$

Оскільки $E^0_{Al^{3+}/Al} < E^0_{Fe^{2+}/Fe}$, анодом мікрогальванічного елемента, що утворюється, є алюміній. Записуємо схему мікрогальванічного елемента та рівняння анодного і катодного процесів:

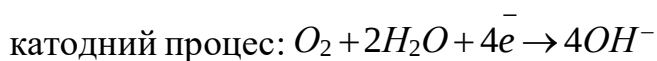
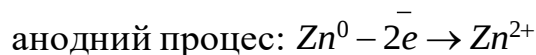
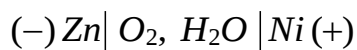


Таким чином, при контакті алюмінію і заліза кородує алюміній. Продукт корозії – сіль $AlCl_3$.

б) З додатка Д виписуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76 \text{ В}; E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0,25 \text{ В}.$$

Оскільки $E^0_{Zn^{2+}/Zn} < E^0_{Ni^{2+}/Ni}$, анодом мікрогальванічного елемента, що утворюється, є цинк. Записуємо схему мікрогальванічного елемента та рівняння анодного і катодного процесів:

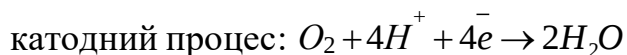
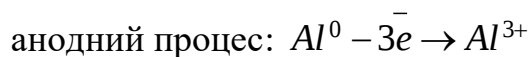
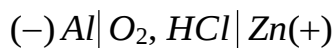


Отже, при контакті цинку з нікелем кородує цинк. Продукт корозії – гідроксид $Zn(OH)_2$.

в) З додатка Д виписуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76 \text{ В}; E_{Al^{3+}/Al}^0 = -1,66 \text{ В}.$$

Оскільки $E_{Al^{3+}/Al}^0 < E_{Zn^{2+}/Zn}^0$, анодом мікрогальванічного елемента, що утворюється, є алюміній. Записуємо схему мікрогальванічного елемента та рівняння анодного і катодного процесів:

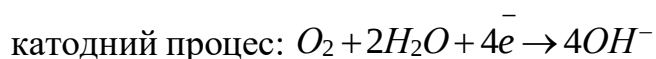
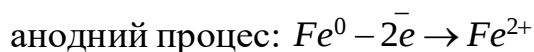


Таким чином, при контакті цинку з алюмінієм кородує алюміній. Продукт корозії – сіль $AlCl_3$.

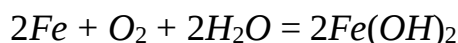
Завдання 2.3 Записати рівняння реакцій, що протікають при атмосферній корозії заліза у чистому повітрі.

Атмосферна корозія – корозія металу, який перебуває в середовищі вологого повітря. Атмосферна корозія є різновидом електрохімічної корозії. Катодний процес полягає у відновленні окисника – кисню повітря, який дифундує до поверхні металу крізь плівку води, що конденсується з атмосфери. У чистій атмосфері продуктами анодної реакції металів є малорозчинні гідроксиди. Такі гідроксиди можуть формувати щільну захисну плівку, що запобігає подальшій корозії.

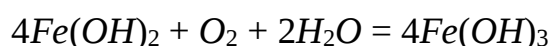
Анодний та катодний процес атмосферної корозії заліза можна подати такими схемами:



Сумарне рівняння:



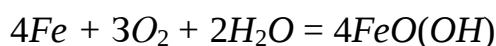
$Fe(OH)_2$, що утворюється, легко окиснюється киснем повітря:



$Fe(OH)_3$ частково відщеплює воду, при цьому утворюється речовина, яка за складом відповідає бурій іржі:



Таким чином, сумарне рівняння корозії заліза в атмосферних умовах можна записати так:



Завдання 2.4 Розглянути термодинамічну можливість електрохімічної корозії міді за стандартних умов:

- а) у кислому середовищі за відсутності кисню;
- б) в нейтральному середовищі за наявності кисню;
- в) у кислому середовищі за наявності кисню.

Записати рівняння катодного та анодного процесів.

Термодинамічну можливість корозії металу визначає різниця потенціалів металу і окисника – метал кородує, якщо його потенціал менший за потенціал відновлення окисника. Тому:

– метали, потенціал яких менший $-0,41\text{ В}$, можуть кородувати у воді, що не містить кисню ($E_{\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2, \text{OH}^-}^0 = -0,41\text{ В}$).

– метали, що розміщені в ряді напруг до водню, можуть кородувати в кислому середовищі навіть за відсутності кисню ($E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0\text{ В}$);

– метали, потенціал яких менший $0,82\text{ В}$, можуть кородувати в нейтральному середовищі в присутності кисню ($E_{\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-}^0 = +0,82\text{ В}$);

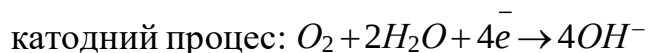
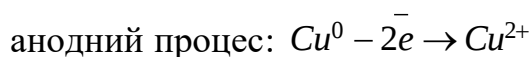
– метали, потенціал яких менший $1,23\text{ В}$, можуть кородувати в кислому середовищі в присутності кисню ($E_{\text{O}_2, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}}^0 = +1,23\text{ В}$).

Тобто, термодинамічна стійкість металу тим вища, чим більше значення його стандартного електродного потенціалу. Залежно від значення $E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0$ розрізняють п'ять груп металів (додаток Є).

З додатка Д виписуємо значення стандартного електродного потенціалу міді $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34\text{ В}$ та порівнюємо зі значенням електродного потенціалу окисника у відповідному середовищі.

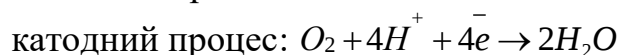
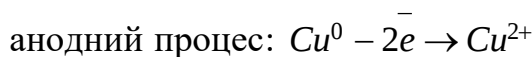
а) Оскільки $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 > E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0$, мідь не кородує в кислому середовищі за відсутності кисню.

б) Оскільки $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 < E_{\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-}^0$, мідь кородує в нейтральному середовищі в присутності кисню:



в) Оскільки $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 < E_{\text{O}_2, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}}^0$, мідь кородує в кислому середовищі

в присутності кисню:



Завдання 2.5 Цинкову пластинку масою 35,6500 г з площею поверхні 0,0054 м² витримали впродовж 10 діб у морській воді. Після видалення продуктів корозії маса пластинки склала 35,5956 г. Густина цинку дорівнює 7,13 г/см³. Визначити масовий та глибинний показники корозії та оцінити корозійну стійкість цинку у морській воді.

Дано:	Для кількісної оцінки швидкості корозії використовують масовий K , г/(м ² ·год) та глибинний Π , мм/рік показники корозії:
$m_0 = 35,6500 \text{ г}$	
$m_1 = 35,5956 \text{ г}$	
$S = 0,0054 \text{ м}^2$	
$t = 10 \text{ діб}$	
$\rho = 7,13 \text{ г/см}^3$	
$K - ?$	
$\Pi - ?$	

$$K = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot t}, \quad (2.5)$$

де m_0 – початкова маса зразку металу, г;
 m_1 – маса зразку металу після корозії, г;

S – площа поверхні зразку металу, м²;
 t – час корозії, год;

$$\Pi = \frac{h}{t}, \quad (2.6)$$

де h – товщина шару металу, що прокородував, мм;
 t – час корозії, рік.

Між цими двома показниками існує простий взаємозв'язок:

$$\Pi = \frac{8,76 \cdot K}{\rho}, \quad (2.7)$$

де ρ – густина металу, г/см³.

Корозійну стійкість металів і сплавів оцінюють за десятибальною шкалою на основі значень глибинного показника корозії (додаток Ж).

Масовий показник корозії цинку у морській воді обчислюють за формулою (2.5), а глибинний – за формулою (2.7):

$$K = \frac{35,6500 - 35,5956}{0,0054 \cdot 10 \cdot 24} = 0,042 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$$

$$\Pi = \frac{8,76 \cdot 0,042}{7,13} = 0,052 \text{ мм/рік}$$

За десятибальною шкалою корозійної стійкості металів (додаток Ж) цинк відповідає 5 балам і відноситься до стійких металів.

Відповідь: масовий показник корозії цинку у морській воді складає 0,042 г/(м²·год), глибинний – 0,052 мм/рік.

Завдання 2.6 Визначити глибинний показник корозії і оцінити корозійну стійкість кадмію при атмосферній корозії у повітрі промислового району, якщо кадмієва пластинка розмірами $50 \times 30 \times 2$ мм, густиною $8,65 \text{ г/см}^3$ після трьох років окиснення та зняття продуктів корозії мала масу $25,5398 \text{ г}$.

Дано:

$$a \times b \times c = 50 \times 30 \times 2 \text{ мм}$$

$$m_1 = 25,5398 \text{ г}$$

$$t = 3 \text{ роки}$$

$$\rho = 8,65 \text{ г/см}^3$$

$\Pi - ?$

1. Визначаємо площу поверхні $S, \text{ см}^2$ та об'єм $V, \text{ см}^3$ пластинки:

$$S = 2(a \cdot b + b \cdot c + a \cdot c), \quad (2.8)$$

$$V = a \cdot b \cdot c, \quad (2.9)$$

де a, b, c – довжини сторін прямокутного паралелепіпеда, см.

$$S = 2(5 \cdot 3 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2) = 33,2 \text{ см}^2$$

$$V = 5 \cdot 3 \cdot 0,2 = 3,0 \text{ см}^3$$

2. Визначаємо масу пластинки $m_0, \text{ г}$ до початку корозії:

$$m_0 = V \cdot \rho, \quad (2.10)$$

де V – об'єм пластинки, см^3 ;

ρ – густина металу, г/см^3 .

$$m_0 = 3,0 \cdot 8,65 = 25,9500 \text{ г}$$

3. Визначаємо товщину шару металу, що прокородував, $h, \text{ мм}$:

$$h = \frac{(m_0 - m_1) \cdot 10}{S \cdot \rho} \quad (2.11)$$

де m_0 – початкова маса зразку металу, г;

m_1 – маса зразку металу після корозії, г;

S – площа поверхні зразку металу, см^2 ;

ρ – густина металу, г/см^3 .

$$h = \frac{(25,9500 - 25,5398) \cdot 10}{33,2 \cdot 8,65} = 0,014 \text{ мм}$$

3. Обчислюємо значення глибинного показника корозії за формулою (2.6):

$$\Pi = \frac{0,014}{3} = 0,0047 \text{ мм/рік}$$

За десятибальною шкалою корозійної стійкості (додаток Ж) металів кадмій відповідає 2 балам і відноситься до дуже стійких металів.

Відповідь: глибинний показник корозії кадмію у атмосфері промислового району складає $0,0047 \text{ мм/рік}$.

Завдання 2.7 Під час електрохімічної корозії з кисневою деполяризацією виробу зі сталі загальною площею $0,218 \text{ м}^2$ впродовж $1,5 \text{ год}$ поглинулось 14 мл (н. у.) кисню. Визначити масу металу, що прокородував, анодну густину струму корозії та масовий показник корозії.

Дано:

$$S = 0,218 \text{ м}^2$$

$$t = 1,5 \text{ год}$$

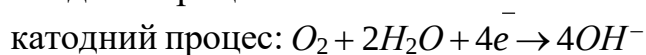
$$V(\text{O}_2) = 14 \text{ мл}$$

$$m - ?$$

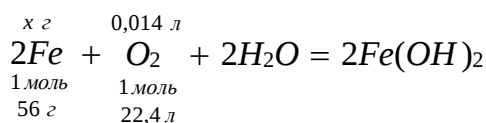
$$i_A - ?$$

$$K - ?$$

1. Електродні процеси корозії виробу зі сталі можна подати такими схемами:



За сумарним рівнянням визначаємо масу заліза, що прокородувало (окислилось, розчинилось):



$$x \text{ г Fe} \quad - \quad 0,014 \text{ л O}_2$$

$$56 \text{ г Fe} \quad - \quad 22,4 \text{ л O}_2$$

$$x = \frac{56 \cdot 0,014}{22,4} = 0,035 \text{ г}$$

2. За формулою (2.5) визначаємо масовий показник корозії:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot t} = \frac{0,035}{0,218 \cdot 1,5} = 0,107 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

3. Анодна густина корозійного струму i_A , $\text{А}/\text{м}^2$ пов'язана з масовим показником корозії K , $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ співвідношенням:

$$i_A = \frac{K \cdot n \cdot F}{M}, \quad (2.12)$$

де n – кількість електронів, що беруть участь в електродній реакції (заряд йонів металу);

F – число Фарадея, $26,8 \text{ А} \cdot \text{год}/\text{моль}$;

M – молярна маса металу, $\text{г}/\text{моль}$.

$$i_A = \frac{0,107 \cdot 2 \cdot 26,8}{56} = 0,1 \text{ А}/\text{м}^2$$

Відповідь: розчинилось $0,035 \text{ г}$ заліза; масовий показник корозії дорівнює $0,107 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; анодна густина струму корозії складає $0,1 \text{ А}/\text{м}^2$.

Завдання 2.8 Стальна конструкція загальною площею 100 м^2 , що експлуатується в кислому середовищі, кородує зі швидкістю $0,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Якої сили струм потрібно подавати на конструкцію при її катодному захисті, щоб повністю зупинити корозію?

Дано:

$$S = 100 \text{ м}^2$$

$$K = 0,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

$$I - ?$$

1. За формулою (2.5) визначаємо зменшення маси сталюї конструкції за 1 год:

$$\Delta m = K \cdot S \cdot t = 0,2 \cdot 100 \cdot 1 = 20 \text{ г}$$

2. Для визначення сили струму корозії застосовують закон Фарадея:

$$m = \frac{M}{n \cdot F} \cdot I \cdot \tau, \quad (2.13)$$

де m – маса металу, г;

M – молярна маса металу, г/моль;

n – кількість електронів, що беруть участь в електродній реакції (заряд йонів металу);

F – число Фарадея, 96487 Кл/моль;

τ – час, с;

I – сила струму, А.

Зменшення маси сталюї конструкції відбувається за рахунок розчинення заліза $\text{Fe}^0 - 2e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, отже

$$I = \frac{m \cdot n \cdot F}{M \cdot \tau} = \frac{20 \cdot 2 \cdot 96487}{56 \cdot 3600} = 19 \text{ А}$$

Відповідь: через конструкцію потрібно пропускати струм силою 19 А.

Завдання 2.9 Який метал (цинк чи мідь) використовують для катодного покриття з метою захисту від корозії сталюго виробу? Який метал буде кородувати у розчині сульфатної кислоти у разі пошкодження такого покриття? Скласти схему корозійного мікрогальванічного елемента, що при цьому утворюються, визначити продукт корозії.

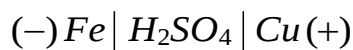
З додатка Д виписуємо значення стандартних електродних потенціалів металів:

$$E^0_{\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}} = -0,44 \text{ В}; \quad E^0_{\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}} = -0,76 \text{ В}; \quad E^0_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}} = +0,34 \text{ В}.$$

Метал, який використовують для катодного покриття, обов'язково повинен бути менш активним, ніж той метал, з якого виготовлений виріб, що захищають від корозії.

Оскільки $E^0_{\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}} < E^0_{\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}}$, то цинк не можна використовувати для катодного покриття сталюго виробу, а мідь – можна, тому що $E^0_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}} > E^0_{\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}}$.

При пошкодженні мідного покриття на сталюму виробі утворюються корозійні мікрогальванічні елементи (див. приклад 2.2):



Таким чином, при пошкодженні мідного покриття на сталюму виробі кородує залізо. Продукт корозії – сіль $FeSO_4$. Катодне покриття захищає основний метал від корозії лише до появи пошкоджень.

Завдання 2.10 Який метал (літій, цинк, кобальт чи магній) можна використовувати для протекторного захисту від корозії сталюго виробу?

Протекторний захист здійснюється приєднанням до металевго виробу листа, виготовленого з більш активного металу. Такий метал називають протектором. З додатка Д виписуємо значення стандартних електродних потенціалів металів і враховуємо, що сталь – це сплав на основі заліза:

$$\begin{aligned} E_{Fe^{2+}/Fe}^0 &= -0,44 \text{ В}, & E_{Zn^{2+}/Zn}^0 &= -0,76 \text{ В}, & E_{Co^{2+}/Co}^0 &= -0,28 \text{ В}, \\ E_{Li^+/Li}^0 &= -3,05 \text{ В}, & E_{Mg^{2+}/Mg}^0 &= -2,36 \text{ В}. \end{aligned}$$

Для протекторного захисту від корозії можна використовувати тільки ті метали, які є більш активними, ніж метал, з якого виготовлений виріб. При цьому необхідно, щоб різниця між значеннями стандартних електродних потенціалів металів була якомога меншою. Оскільки кобальт є менш активним металом, ніж залізо, то він не може бути протектором в даному випадку ($E_{Co^{2+}/Co}^0 > E_{Fe^{2+}/Fe}^0$).

Літій, магній і цинк є більш активними металами, ніж залізо, оскільки $E_{Li^+/Li}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$, $E_{Mg^{2+}/Mg}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$ і $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 < E_{Fe^{2+}/Fe}^0$. Але метали, які в ряду напруг розміщені до магнію, є дуже активними, інтенсивно реагують з водою, тому не використовуються як протектори. Тому літій не може бути протектором.

Знаходимо різницю між стандартними електродними потенціалами заліза і магнію та заліза і цинку:

$$\begin{aligned} E_{Fe^{2+}/Fe}^0 - E_{Mg^{2+}/Mg}^0 &= -0,44 \text{ В} - (-2,36 \text{ В}) = 1,92 \text{ В} \\ E_{Fe^{2+}/Fe}^0 - E_{Zn^{2+}/Zn}^0 &= -0,44 \text{ В} - (-0,76 \text{ В}) = 0,32 \text{ В} \end{aligned}$$

Магній і цинк можна використовувати як протектори виробів зі сталі. Але з врахуванням різниці електродних потенціалів більш ефективними є цинкові протектори.

Відповідь: магній та цинк, з яких більш ефективним є цинк.

Контрольні питання, вправи і задачі

- 2.11 Який процес називається корозією? Як класифікують корозійні процеси за умовами експлуатації та видом корозійного середовища?
- 2.12 Назвіть різновиди корозії за характером руйнування металу.
- 2.13 Який вид корозії – суцільна чи місцева – більш небезпечний і чому?
- 2.14 Чим обумовлена розтріскуюча корозія сплавів?
- 2.15 Як класифікують корозійні процеси за механізмом процесу? Від чого він залежить?
- 2.16 До якого типу корозії за механізмом процесу відноситься: а) корозія металів у атмосфері сухих агресивних газів; б) атмосферна корозія металів; в) морська корозія металів?
- 2.17 Вкажіть, який різновид корозії (хімічна чи електрохімічна) спостерігається при контакті таких фаз:
а) Al – розчин натрій хлориду; б) Fe – нафтопродукти;
в) Mn – розчин хлоридної кислоти.
Відповідь обґрунтуйте.
- 2.18 Назвіть чинники, що впливають на швидкість хімічної корозії. Поясніть, як суцільність оксидної плівки на поверхні металу впливає на інтенсивність його корозії.
- 2.19 Який тип корозії і чому руйнує значну кількість металевих конструкцій та виробів?
- 2.20 Що є першопричиною електрохімічної корозії?
- 2.21 Назвіть особливості корозійних мікрогальванічних елементів, що утворюються під час електрохімічної корозії.
- 2.22 Які два процеси одночасно протікають під час електрохімічної корозії? Назвіть найбільш поширені окисники та наведіть реакції, що відбуваються за їх участю під час корозії.
- 2.23 Яке корозійне середовище (кисле, нейтральне в присутності кисню чи кисле в присутності кисню) є найбільш агресивним і чому?
- 2.24 Поясніть, чи буде протікати корозія при контакті мідного і срібного дрітків у розчині хлоридної кислоти? Який з металів буде кородувати, якщо розчин хлоридної кислоти наситити киснем? Відповідь підтвердіть схемою мікрогальванічного елементу, рівняннями анодної та катодної реакцій.
- 2.25 Який стан металів називають пасивним?
- 2.26 Чому залізо досить швидко кородує на повітрі, тоді як більш активний алюміній – значно повільніше?
- 2.27 Чому швидкість корозії металів, що містять домішки, вища за швидкість корозії чистих металів?
- 2.28 Чому для з'єднання різних деталей потрібно використовувати кріплення з того ж металу, що і деталі?
- 2.29 Запишіть рівняння реакцій, що протікають при морській корозії магнію.
- 2.30 Запишіть схему корозійного мікрогальванічного елементу, що утворюється при

контакті мідного і алюмінієвого дротів у розчині сульфатної кислоти, та рівняння анодної та катодної реакцій, що при цьому протікають.

- 2.31** Деталь виготовлена зі сплаву, до складу якого входить магній і манган. Який із компонентів сплаву буде руйнуватися при електрохімічній корозії? Відповідь підтвердіть схемами мікрогальванічних елементів, рівняннями анодних та катодних реакцій: а) в розчині хлоридної кислоти; б) в розчині хлоридної кислоти, насиченому киснем.
- 2.32** У контакті з яким металом – алюмінієм чи кобальтом – залізо не буде кородувати у розчині сульфатної кислоти? Відповідь підтвердіть схемами мікрогальванічних елементів, які утворюються в обох випадках, та рівняннями анодних та катодних реакцій, що при цьому протікають.
- 2.33** Поясніть, чому корозія у морській воді протікає інтенсивніше, ніж у річковій.
- 2.34** Як впливає підвищення температури на швидкість електрохімічної корозії?
- 2.35** Розгляньте термодинамічну можливість електрохімічної корозії нікелю за стандартних умов: а) у воді за відсутності кисню; б) у воді за наявності кисню; в) у кислому середовищі за відсутності кисню. Запишіть рівняння катодного та анодного процесів.
- 2.36** Глибинний показник корозії нікелю складає $0,037 \text{ мм/рік}$. Визначте масовий показник корозії, якщо густина нікелю дорівнює $8,9 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $0,038 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$.
- 2.37** Магній кородує у морській воді зі швидкістю $0,06 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$. Визначте глибинний показник корозії та оцініть корозійну стійкість магнію у морській воді, якщо густина магнію складає $1,74 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $0,30 \text{ мм/рік}$.
- 2.38** В умовах атмосферної корозії шар міді зменшився на $0,0042 \text{ мм}$ впродовж місяця. Визначте масовий показник корозії міді, якщо густина міді дорівнює $8,96 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $0,0051 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$.
- 2.39** Цинкову пластинку масою $22,2812 \text{ г}$ з площею поверхні $0,0029 \text{ м}^2$ витримали впродовж 150 год на повітрі при високій температурі. Після видалення продуктів корозії маса пластинки склала $22,1993 \text{ г}$. Густина цинку дорівнює $7,13 \text{ г/см}^3$. Визначте масовий та глибинний показники корозії та оцініть корозійну стійкість цинку на повітрі при високій температурі.
Відповідь: $0,188 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$, $0,23 \text{ мм/рік}$.
- 2.40** Кадмій у контакті з сріблом знаходиться у кислому середовищі. Скільки грамів металу розчинилось, якщо впродовж 1 год виділилось 100 мл (н. у.) водню? Визначте силу струму корозії зазначеної гальванопари.
Відповідь: $0,5 \text{ г}$; $0,24 \text{ А}$.
- 2.41** Визначте глибинний показник корозії та оцініть корозійну стійкість алюмінію в розчині сульфатної кислоти, якщо маса алюмінієвої пластини розміром $50 \times 25 \times 2 \text{ мм}$ після 8 діб мала масу $5,9108 \text{ г}$. Густина алюмінію дорівнює $2,7 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $5,04 \text{ мм/рік}$.
- 2.42** Визначте масовий та глибинний показники корозії заліза, якщо анодна густина струму корозії складає $0,02 \text{ А/м}^2$. Густина заліза дорівнює $7,87 \text{ г/см}^3$.
Відповідь: $0,021 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}$; $0,023 \text{ мм/рік}$.

- 2.43** Які металеві покриття називають анодними, а які – катодними? Наведіть приклади анодного та катодного покриття на залізі.
- 2.44** З якою метою консервні банки покривають шаром олова, а відра – шаром цинку? Складіть рівняння катодних і анодних процесів, які будуть відбуватися в нейтральному середовищі при порушенні цілісності покриття.
- 2.45** Для захисту заліза від корозії використовують покриття його тонким шаром хрому. Запишіть схему мікрогальванічного елемента, який утворюється при пошкодженні даного покриття у розчині сульфатної кислоти, рівняння анодної та катодної реакцій, що при цьому протікають.
- 2.46** Залізний виріб покрили кадмієм. Яке це покриття – анодне чи катодне? Чому? Запишіть схеми мікрогальванічних корозійних елементів, що утворюються при пошкодженні покриття а) у вологому повітрі; б) у розчині хлоридної кислоти, в) у розчині хлоридної кислоти, насиченому киснем. Наведіть рівняння анодних та катодних реакцій, що при цьому протікають, та продукти корозії.
- 2.47** Як відбувається атмосферна корозія луженого заліза (білої бляхи) та луженої міді при пошкодженні покриття? Запишіть схеми мікрогальванічних елементів та рівняння анодних і катодних процесів для обох випадків, вкажіть продукти корозії.
- 2.48** Яке покриття (анодне чи катодне) і чому більш ефективно захищає металеві вироби від корозії?
- 2.49** Поясніть, як здійснюють катодний захист металів від корозії та наведіть приклади його використання.
- 2.50** Підводна частина сталюї конструкції загальною площею 1000 м^2 кородує у морській воді зі швидкістю $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ з/(м}^2 \cdot \text{год)}$. Якої сили струм потрібно подавати на конструкцію при її катодному захисті, щоб повністю зупинити корозію?
- Відповідь: 0,4 А.*
- 2.51** Маса залізної конструкції у морській воді зменшується на 10 кг щороку. Якої сили струм потрібно подавати на конструкцію при її катодному захисті, щоб повністю зупинити корозію?
- Відповідь: 0,79 А.*
- 2.52** Який метод захисту металів називають протекторним? Наведіть приклади його застосування у техніці.
- 2.53** Який із запропонованих металів (кальцій, срібло, алюміній) можна використовувати для протекторного захисту від корозії виробу зі сталі? Відповідь обґрунтуйте.
- 2.53.** Запишіть схему гальванічного елемента, рівняння анодної та катодної реакцій, що протікають при корозії сталюих трубопроводів у морській воді при використанні магнієвих протекторів.
- 2.54** Для яких металів застосовують анодний захист? Як його здійснюють на практиці?
- 2.55** Як називають речовини, додавання яких до корозійного середовища зменшує швидкість корозії? Наведіть приклади таких речовин.

Критерії оцінювання самостійної роботи

Контроль і облік поточної успішності на аудиторних заняттях самостійної (індивідуальної) роботи здійснюється шляхом виставлення в журналі обліку роботи викладача оцінок за чотирибальною (національною) шкалою.

Самостійна робота студентів, яка передбачена в темі поряд з аудиторною, оцінюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті, в межах модульної роботи та підсумкового контролю

Критерії оцінювання самостійної роботи(ІРС) є:

«**Відмінно**» - студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і виконує роботу, вільно використовує набуті теоретичні знання при виконанні самостійної роботи, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, критично підходить до інформації з різних джерел, структура роботи чітка; є вміння виокремити головне; зроблено якісний порівняльний аналіз з особистим досвідом.

«**Добре**» - студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його в самостійній роботі; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі в самостійній роботі; структура зрозуміла, але не завжди логічна; порівняння з досвідом/сучасністю подано поверхово.

«**Задовільно**» - студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але в роботі плутає поняття, завдання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; виявляє неточності у знаннях при виконанні роботи, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із сучасним станом речей;

«**Незадовільно**» - студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не відображає в роботі передбачені програмою результати, висновки в роботі не сформовані з опорою на теоретичні знання, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, не демонструє критичний підхід в оцінці інформації.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи є:

«**Відмінно**» - ставиться за правильне виконання всіх завдань;

«**Добре**» - ставиться за виконання 75 % від усіх завдань;

«**Задовільно**» - ставиться, якщо правильно виконано більше 60% від запропонованих завдань;

«**Незадовільно**» - ставиться, якщо завдань виконано менше за 60 % від запропонованих завдань.

ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Гомонай В.І., Мільович С.С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2016. 448 с.
2. Гапон Ю. К. Загальна та неорганічна хімія : конспект лекцій. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. 201 с.
3. Кириченко В.І. Загальна хімія : навчальний посібник / В.І. Кириченко. – К.: Вища школа, 2005. – 639 с..
4. Основи загальної хімії / В.С. Телегуз, О.І. Бодак, О. Заречнюк, В. Кінжибало. – Львів: вид. "Світ", 2000. – 424с.
5. Дмитрів Г.С., Павлюк В.В. Загальна та неорганічна хімія. Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 300 с
6. Авраменко Н.Л. Хімія : навч. посібник. Ірпінь : Університет державної фіскальної служби України, 2020. 274 с
7. Хімія: Конспект лекцій з дисципліни: Частина І для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування», 014 Середня освіта (Природничі науки) Мукачево / Укладач Монар-Бабіля Д.І. - Мукачево: МДУ, 2022 . – 42 с. 1,95 д.а
8. Хімія: Конспект лекцій з дисципліни: Частина 2 для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування», 014 Середня освіта (Природничі науки) Мукачево / Укладач Монар-Бабіля Д.І. - Мукачево: МДУ, 2022 . – 48 с. 1,95 д.а.
9. Хімія: Тестові завдання з дисципліни для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування», 014 Середня освіта (Природничі науки) Мукачево / Укладач Молнар-Бабіля Д.І. - Мукачево: МДУ, 2022. – 70 с., 1,97 д.а.

Додаткова:

10. Євсєєва, М. В. Електрохімічні процеси Теорія та практикум : навчальний посібник / М. В. Євсєєва, А. П. Ранський, О. А. Гордієнко. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 111 с.
11. Корчинський, Г. А. Хімія : підручник / Г. А. Корчинський. – Вінниця : Поділля, 2002. – 525 с.
12. Загальна та неорганічна хімія : підручник : в 2 ч. / О. М. Степаненко, Л. Г. Рейтер, В. М. Ледовських, С. І. Іванов – Київ : Пед. преса, 2000. – Ч. 2 – 784 с.
13. Загальна та біонеорганічна хімія / О. Г. Карнаухов, Д. О. Мельничук, К. О.

Чоботько, В. А. Копілевич. – Київ : Фенікс, 2001. – 578 с.

14. Загальна хімія : навчальний посібник / В. І. Булавін, Т. В. Шкільнікова, М. В. Ведь та ін. ; під заг. ред. В. І. Булавіна. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 376 с.

Додаток А

Періодична система елементів

Період	Ряд	Г Р У П П И																											
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII													
1	1	H 1 Гідроген 1,0079 водень												He 2 Гелій 4,0026		Символ елемента Порядковий номер Li Літій 3 6,941 Назва елемента Атомна маса													
2	2	Li 3 Літій 6,941		Be 4 Берилій 9,012		B 5 Бор 10,81		C 6 Карбон 12,011 вуглець		N 7 Нітроген 14,007 азот		O 8 Оксиген 15,999 кисень		F 9 Флуор 18,998 фтор								Ne 10 Неон 20,179							
3	3	Na 11 Натрій 22,990		Mg 12 Магній 24,305		Al 13 Алюміній 26,981		Si 14 Силіцій 28,086		P 15 Фосфор 30,973		S 16 Сульфур 32,06 сірка		Cl 17 Хлор 35,453								Ar 18 Аргон 39,948							
4	4	K 19 Калій 39,098		Ca 20 Кальцій 40,08		21 Sc 44,956 Скандій		22 Ti 47,90 Титан		23 V 50,941 Ванадій		24 Cr 51,996 Хром		25 Mn 54,938 Манган				26 Fe 55,847 Ферум залізо		27 Co 58,933 Кобальт		28 Ni 58,70 Нікель							
	5	29 Cu 63,546 Купрум мідь		30 Zn 65,39 Цинк		31 Ga 69,72 Галій		32 Ge 72,59 Германій		33 As 74,921 Арсен		34 Se 78,96 Селен		35 Br 79,904 Бром		36 Kr 83,30 Криптон													
5	6	Rb 37 Рубідій 85,468		Sr 38 Стронцій 87,62		39 Y 88,906 Ітрій		40 Zr 91,22 Цирконій		41 Nb 92,906 Ніобій		42 Mo 95,94 Молібден		43 Tc [99] Технецій				44 Ru 101,07 Рутеній		45 Rh 102,905 Родій		46 Pd 106,4 Паладій							
	7	47 Ag 107,87 Аргентум срібло		48 Cd 112,41 Кадмій		49 In 114,82 Індій		50 Sn 118,71 Станум олово		51 Sb 121,75 Стибій		52 Te 127,60 Телур		53 I 126,904 Йод		54 Xe 131,30 Ксенон													
6	8	Cs 55 Цезій 132,91		56 Ba 137,33 Барій		57 *La 138,905 Лантан		72 Hf 178,49 Гафній		73 Ta 180,948 Тантал		74 W 183,85 Вольфрам		75 Re 186,207 Реній				76 Os 190,2 Осмій		77 Ir 192,22 Іридій		78 Pt 195,09 Платина							
	9	79 Au 196,97 Аурум золото		80 Hg 200,59 Меркурій ртуть		81 Tl 204,37 Талій		82 Pb 207,2 Плумбум свинець		83 Bi 208,980 Бісмут		84 Po [209] Полоній		85 At [210] Астат		86 Rn [222] Радон													
7	10	Fr 87 Францій 223]		Ra 88 Радій 226,025		89 **Ac [227] Актиній		104 Rf [261] Резерфордій		105 Db [262] Дубній		106 Sg [263] Сиборгій		107 Bh [262] Борій				108 Hs [262] Гасій		109 Mt [266] Майтнерій		110 Ds [271] Дармштад тій							
	11	111 Rg [272] Рентгеній		112 Cn [285] Коперницьй		113 Nh [284] Ніхоній		114 Fl [289] Флеровій		115 Mc [288] Московій		116 Lv [292] Ліверморій		117 Ts [295] Теннессин		118 Og [294] Оганесон													
Висі оксиди		R_2O		RO		R_2O_3		RO_2		R_2O_5		RO_3		R_2O_7		RO_4													
Леткі водневі сполуки								RH_4		RH_3		H_2R		HR															
* Лантаноїди		58 Ce 140,12 Церій		59 Pr 140,906 Празеодим		60 Nd 144,24 Неодим		61 Pm 147 Прометій		62 Sm 150,4 Самарій		63 Eu 151,96 Європій		64 Gd 157,25 Гадоліній		65 Tb 158,925 Тербій		66 Dy 162,50 Диспрозій		67 Ho 164,93 Гольмій		68 Er 167,26 Ербій		69 Tm 168,93 Тулій		70 Yb 173,04 Ітербій		71 Lu 174,97 Лютецій	
** Актиноїди		90 Th 232,038 Торій		91 Pa [231] Протактиній		92 U 238,029 Уран		93 Np [237] Нептуній		94 Pu [244] Плутоній		95 Am [243] Америцій		96 Cm [247] Кюрій		97 Bk [247] Берклій		98 Cf [251] Каліфорній		99 Es [252] Ейнштейній		100 Fm [257] Фермій		101 Md [258] Менделевій		102 No [259] Нобелій		103 Lr [260] Лоуренсій	

Додаток Б

Розчинність деяких кислот, основ і солей у воді

Катіони	Аніони											
	OH^-	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}	SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NO_3^-	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	SiO_3^{2-}
H^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	н
NH_4^+	р	р	р	р	р	—	р	р	р	р	р	—
Na^+, K^+	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Mg^{2+}	н	м	р	р	р	—	н	р	р	н	н	н
Ca^{2+}	м	н	р	р	р	—	н	м	р	н	н	н
Ba^{2+}	р	м	р	р	р	р	н	н	р	н	н	н
Al^{3+}	н	м	р	р	р	—	—	р	р	н	—	н
Cr^{3+}	н	м	р	р	н	н	—	р	р	н	—	н
Zn^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Mn^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Co^{2+}, Ni^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{2+}	н	м	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Fe^{3+}	н	м	р	р	—	—	—	р	р	н	—	н
Cd^{2+}	н	р	р	р	р	н	н	р	р	н	н	н
Hg^{2+}	—	р	р	м	н	н	н	р	р	н	—	—
Cu^{2+}	н	р	р	р	—	н	н	р	р	н	н	н
Ag^+	—	р	н	н	н	н	н	м	р	н	н	н
Sn^{2+}	н	р	р	р	м	н	—	р	—	н	—	—
Pb^{2+}	н	н	м	м	н	н	н	н	р	н	н	н
р – розчинна, м – малорозчинна, н – нерозчинна речовина, — речовина не існує або розкладається водою												

Додаток В

Взаємодія металів з деякими кислотами

Li K Cs Ba Sr Ca Na Mg Be Al Ti Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Cu Ag Hg Pt Au

Кислота	Окисник	Продукти відновлення	Метали, що вступають в реакцію
<i>HCl (розв.)</i>	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2
<i>HCl (конц.)</i>	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2
<i>H₂SO₄ (розв.)</i>	H^+	H_2	Всі метали, що стоять лівіше H_2
<i>H₂SO₄ (конц.)</i>	S^{+6}	SO_2	Малоактивні метали від <i>Ni</i> до <i>Pt</i> (<i>Fe</i> , <i>Cr</i> , <i>Ni</i> – пасивуються)
	S^{+6}	<i>S</i> або H_2S	Активні метали до <i>Cr</i>
<i>HNO₃ (розв.)</i>	N^{+5}	NO	Малоактивні метали від <i>Cr</i> до <i>Pt</i>
	N^{+5}	N_2O , N_2 або NH_4NO_3	Активні метали до <i>Cr</i>
<i>HNO₃ (конц.)</i>	N^{+5}	NO_2	Всі метали, крім <i>Au</i> і <i>Pt</i> (<i>Al</i> , <i>Fe</i> , <i>Cr</i> , <i>Ni</i> , <i>Co</i> – пасивуються)

Додаток Г

Хімічні властивості металів

Хімічні властивості	Li	K	Cs	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Be	Al	Ti	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Ag	Hg	Pt	Au	
	← Відновна здатність металів у вільному стані зростає																										
Взаємодія з киснем	швидко окиснюються за звичайних умов							повільно окиснюються за звичайних умов або при нагріванні															—				
Взаємодія з водою	за звичайних умов з утворенням лугу і виділенням H ₂ (Mg – при нагріванні)								при нагріванні витискують H ₂ з утворенням оксидів металів											—							
Взаємодія з неокиснювальними кислотами	витискують H ₂ із розчинів неокиснювальних кислот																				не реагують з розчинами неокиснювальних кислот						
Взаємодія з окиснювальними кислотами	див. додаток В																										
Взаємодія з розчинами солей	взаємодіють з водою							метал, який стоїть ліворуч, витискує метал, розташований праворуч, з розчинів солей																			
Взаємодія оксидів з водою	реагують з H ₂ O з утворенням лугів							оксиди не реагують з водою, їм відповідають нерозчинні гідроксиди																			
	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Ti ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	(H ₂)	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺	
	→ Окиснювальна здатність йонів металів зростає																										

Додаток Д

Стандартні електродні потенціали металів у водних розчинах

Рівняння електродного процесу	E° , В
$Li^{+} + \bar{e} \rightarrow Li$	– 3,05
$K^{+} + \bar{e} \rightarrow K$	– 2,93
$Ba^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ba$	– 2,91
$Ca^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ca$	– 2,87
$Na^{+} + \bar{e} \rightarrow Na$	– 2,71
$Mg^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Mg$	– 2,36
$Al^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Al$	– 1,66
$Ti^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ti$	– 1,63
$Mn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Mn$	– 1,18
$Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Zn$	– 0,76
$Cr^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Cr$	– 0,74
$Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Fe$	– 0,44
$Cd^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cd$	– 0,40
$Co^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Co$	– 0,28
$Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni$	– 0,25
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Sn$	– 0,14
$Pb^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Pb$	– 0,13
$2H^{+} + 2\bar{e} \rightarrow H_2$	0
$Sb^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Sb$	+ 0,20
$Bi^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Bi$	+ 0,22
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$	+ 0,34
$Ag^{+} + \bar{e} \rightarrow Ag$	+ 0,80
$Hg^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Hg$	+ 0,85
$Pt^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Pt$	+ 1,19
$Au^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Au$	+ 1,50

Додаток Є

Групування металів за корозійною стійкістю у різних середовищах

Група металів	E° , В	Метали	Характеристика
Метали низької термодинамічної стабільності	$< -0,41$	<i>Na, K, Li, Be, Al, Zn</i> та інші	Можуть кородувати навіть в нейтральному середовищі, що не містить кисню
Метали термодинамічно нестабільні	$-0,41 \dots 0,00$	<i>Cd, Ni, Co, Pb</i> та інші	Стійкі в нейтральному середовищі за відсутності кисню; в кислому середовищі кородують навіть за відсутності кисню
Метали проміжної термодинамічної стабільності	$0,00 \dots +0,82$	<i>Cu, Ag, Bi</i> та інші	Стійкі в нейтральному, слабколужному та кислому середовищах за відсутності кисню
Метали високої термодинамічної стабільності	$+0,82 \dots +1,23$	<i>Pt, Pd</i> та інші	Стійкі в нейтральному та лужному середовищах за наявності кисню; можуть кородувати в кислому середовищі за наявності кисню
Метали повної термодинамічної стабільності	$> +1,23$	<i>Au, Ir</i>	Стійкі в кислому середовищі навіть за наявності кисню; можуть кородувати за наявності комплексоутворювачів та інших окисників

Додаток Ж

Десятибальна шкала корозійної стійкості металів

Група стійкості	Глибинний показник швидкості корозії, <i>мм/рік</i>	Бал
I Цілковито стійкі	менш 0,001	1
II Дуже стійкі	від 0,001 до 0,005	2
	від 0,005 до 0,01	3
III Стійкі	від 0,01 до 0,05	4
	від 0,05 до 0,1	5
IV Знижено-стійкі	від 0,1 до 0,5	6
	від 0,5 до 1,0	7
V Малостійкі	від 1,0 до 5,0	8
	від 5,0 до 10,0	9
VI Нестійкі	понад 10,0	10

Навчально-методичне видання

Д.І.Молнар-Бабіля

Загальна та неорганічна хімія

Методичні рекомендації

для самостійної роботи

для здобувачів

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

спеціальності А4.15 -Середня освіта (Природничі науки)

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі МДУ 89600 м. Мукачєво

вул. Ужгородська, 26

Тел. 2-11-09

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру виконавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції

Серія ДК № 6984 від 20.11.2019