

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

навчальної дисципліни «Хімія»
обов'язкових компонент освітньої-професійної програми першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти

173 Авіоніка
(Авіоніка)

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 № 2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 № 6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 № 2

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 12.12.2022 № 8

Розробник:

Доцент, кандидат хімічних наук, доцент, викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Козловська Т. Ф.

Рецензенти:

- 1. Завідувач кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, канд. хім. наук, доцент, професор Новохатько О. В.*
- 2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ канд. техн. наук, доцент, , викладач-методист, спеціаліст вищої категорії Волканін Є. Є.*

1. Структура навчальної дисципліни

1.1. Структура навчальної дисципліни

1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна форма навчання) не передбачено

1.3. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 3							
Тема № 1. Типи хімічних зв'язків, будова твердих тіл і рідин.	6	2	0	0	0	6	
Тема № 2. Перетворення хімічної енергії на електричну. Гальванічні та паливні елементи. Електрорушійна сила електрохімічних процесів.	8	2	0	2	0	8	Контрольна робота на 25 хв.
Тема № 3. Загальні властивості металів. Поняття про сплави чорних і кольорових металів.	10	2	0	0	0	10	
Тема № 4. Корозія металів як різновид електрохімічних процесів.	12	2	0	2	2	10	
Всього за семестр № 3:	120	8	0	4	2	106	залік

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема № 2. Перетворення хімічної енергії на електричну. Гальванічні та паливні елементи. Електрорушійна сила електрохімічних процесів.

Практичне заняття : Вивчення процесів перетворення хімічної енергії на електричну.

Навчальна мета заняття: Ознайомитись та вивчити принципи роботи гальванічного елемента. Розрахунки електрорушійної сили гальванічних елементів.

Кількість годин – 2 (заочна форма).

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

Навчальні питання:

1. Закономірності роботи гальванічного елемента.
2. Стандартний ряд електродних потенціалів.
3. Залежність швидкості реакції від параметрів хімічного процесу – температури, тиску, об'єму.

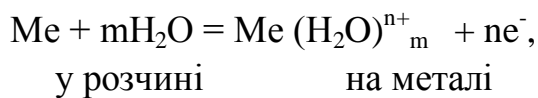
Література: 2 (с. 139–155), 5 (с. 117–130), 6 (с. 289–318).

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Опрацювати теоретичний матеріал необхідний для виконання практичної роботи:

Якщо металеву пластинку занурити у воду, то катіони металу на її поверхні гідратуються полярними молекулами води і переходять до рідини. При цьому електрони у надлишку, що залишаються в металі, заряджають його поверхневий шар негативно. Виникає електростатичне притягання між гідратованими катіонами, що перейшли до рідини, й поверхнею металу. У результаті цього в системі встановлюється рухлива рівновага:



де n – число електронів, що беруть участь у процесі. На межі метал – рідина виникає *подвійний електричний шар*, який характеризується певним стрибком потенціалу – *електродним потенціалом*. Абсолютні значення електродних потенціалів виміряти не вдається. Електродні потенціали залежать від низки факторів (природи металу, концентрації, температури й ін.). Тому звичайно визначають відносні електродні потенціали за визначених умов – так звані стандартні електродні потенціали (E^0).

Стандартним електродним потенціалом металу називають його електродний потенціал, що виникає при зануренні металу до розчину власного іона з концентрацією, яка дорівнює 1 моль/л, виміряний порівняно зі стандартним водневим електродом, потенціал якого при 25 °С умовно приймається рівним нулю ($E^0=0$; $\Delta G^0=0$).

Розташовуючи метали в ряд за зростанням їх стандартних електродних потенціалів (E^0), одержуємо так званий ряд напруг.

Положення того чи іншого металу в ряді напруг характеризує його відновну здатність, а також окисні властивості його іонів у водних розчинах за стандартних умов. Чим менше значення E^0 , тим сильніші відновні властивості має даний метал у вигляді простої речовини, і тим менші окисні властивості виявляють його іони, і навпаки. Електродні потенціали вимірюють приладами,

які називають гальванічними елементами. Окисно-відновна реакція, що характеризує роботу гальванічного елемента, перебігає в напрямку, у якому ЕРС елемента має додатне значення. У цьому випадку $\Delta G^0 < 0$, тому що $\Delta G^0 = -nFE^0$.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Опанувати приклади розв'язання задач відповідно до теми практичного заняття.

Приклад 1. Стандартний електродний потенціал Ніколу більший, ніж Кобальту. Чи зміниться це співвідношення, якщо вимірити потенціал Ніколу в розчині його іонів з концентрацією 0,001 моль/л, а потенціали Кобальту – в розчині з концентрацією 0,1 моль/л?

Розв'язок. Електродний потенціал металу (E) залежить від концентрації його іонів у розчині. Ця залежність виражається рівнянням Нернста (н.у.):

$$E = E^0 + (0,059/n) \lg C,$$

де E^0 – стандартний електродний потенціал; n – число електронів, що беруть участь у процесі; C – концентрація гідратованих іонів металу в розчині, моль/л; E^0 для Ніколу і Кобальту відповідно рівні $-0,25$ і $-0,277$ В. Визначимо електродні потенціали цих металів за даними в умові концентраціями:

$$E(\text{Ni}) = -0,25 + (0,059/2) \lg 0,001 = -0,339 \text{ В},$$

$$E(\text{Co}) = -0,277 + (0,059/2) \lg 0,1 = -0,307 \text{ В}.$$

Таким чином, при концентрації, що змінилася, потенціал Кобальту став більшим від потенціалу Ніколу.

Приклад 2. Магнієву пластинку занурили в розчин солі Магнію. При цьому електродний потенціал системи дорівнює $-2,41$ В. Обчислити концентрацію іонів Магнію (у моль/л).

Розв'язок. Подібні задачі також розраховуються на основі рівняння Нернста (див. приклад 1):

$$-2,41 = -2,37 + 0,059/2 \cdot \lg C$$

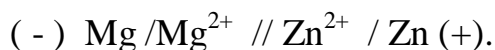
$$-0,04 = 0,0295 \cdot \lg C,$$

$$\lg C = -0,04/0,0295 = -1,3559$$

$$C(\text{Mg}^{2+}) = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Приклад 3. Складіть схему гальванічного елемента, у якому електродами є магнієва і цинкова пластинки, занурені в розчини їхніх іонів з активною концентрацією 1 моль/л. Який метал є анодом, який катодом? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, що відбувається в цьому гальванічному елементі, й обчисліть його ЕРС.

Розв'язок. Схема даного гальванічного елемента



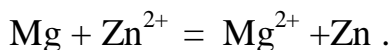
Вертикальна лінія позначає поверхню розділу між металом і розчином, а дві лінії – межу поділу двох рідких фаз – пористу перетинку (чи сполучну трубку, заповнену розчином електроліту). Магній має менший потенціал ($-2,37\text{В}$) і є анодом, на якому відбувається окислювальний процес:



Цинк, потенціал якого $-0,763 \text{ В}$, – катод, тобто електрод, на якому протікає відновлювальний процес:



Рівняння окислювально-відновної реакції, що характеризує роботу даного гальванічного елемента, можна одержати, склавши електронні рівняння анодного (1) і катодного (2) процесів:



Для визначення ЕРС гальванічного елемента від потенціалу катода варто відняти потенціал анода. Оскільки концентрація іонів у розчині дорівнює 1 моль/л , то ЕРС елемента дорівнює різниці стандартних потенціалів двох його електродів:

$$\text{ЕРС} = E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} - E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}}^{\circ} = -0,763 - (-2,37) = 1,607 \text{ В}.$$

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Для заліку практичної роботи дати відповідь на запитання в письмовій формі:

1. Що таке подвійний електричний шар? Як він утворюється?
2. Записати приклади розв'язання задач.
3. Як визначається анод і катод гальванічного елемента?
4. Від яких параметрів залежить зміна електродного потенціалу метала?
5. Навести математичний вираз рівняння Нернста.
6. Розв'язати задачу за вказівкою викладача з наведеного переліку.

Приклади задач.

1. У дві посудини з блакитним розчином мідного купоросу помістили: до першої – цинкову пластинку, а до другої – срібну. У якій посудині колір розчину поступово зникає? Чому? Складіть електронні й молекулярні рівняння відповідної реакції.

2. Збільшиться, зменшиться чи залишиться без зміни маса цинкової пластинки при взаємодії її з розчинами: а) CuSO_4 ; б) MgSO_4 ; в) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Чому? Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

3. При якій концентрації іонів Zn^{2+} (у моль/л) потенціал цинкового електрода буде на 0,015 В меншим від його стандартного електродного потенціалу?

4. Збільшиться, зменшиться чи залишиться без зміни маса кадмієвої пластинки при взаємодії її з розчинами: а) $AgNO_3$; б) $ZnSO_4$; в) $NiSO_4$? Чому? Складіть електронні та молекулярні рівняння відповідних реакцій.

5. Марганцевий електрод у розчині його солі має потенціал $-1,23$ В. Обчислити концентрацію іонів Mn^{2+} (у моль/л).

6. Потенціал срібного електрода в розчині $AgNO_3$ склав 95 % від значення його стандартного електродного потенціалу. Чому дорівнює концентрація іонів Ag^+ (у моль/л) ?

7. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС мідно-кадмієвого гальванічного елемента, у якому $[Cd^{2+}] = 0,1$ моль/л, а $[Cu^{2+}] = 0,01$ моль/л.

208. Складіть схеми двох гальванічних елементів, в одному з яких мідь була б катодом, а в іншому – анодом. Напишіть для кожного з цих елементів електронні рівняння реакцій, що відбуваються на катоді та на аноді. Обчислити стандартну ЕРС.

9. При якій концентрації іонів Cu^{2+} (моль/л) значення потенціалу мідного електрода стає рівним стандартному потенціалу водневого електрода?

10. Який гальванічний елемент називається концентраційним? Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, який складається зі срібних електродів, занурених: перший – у 0,01 н., а другий – у 0,1 н. розчини $AgNO_3$.

11. За яких умов буде працювати гальванічний елемент, електроди якого зроблені з того самого металу? Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, у якому один нікелевий електрод знаходиться в 0,001 М розчині, а інший, такий самий, електрод – у 0,01 М розчині нікол сульфату.

12. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що складається зі свинцевої та магнієвої пластин, занурених у розчини своїх солей з концентрацією $[Pb^{2+}] = [Mg^{2+}] = 0,01$ моль/л. Чи зміниться ЕРС цього елемента, якщо концентрацію кожного з іонів збільшити в однакове число разів?

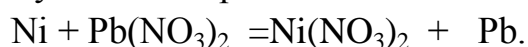
13. Складіть схеми двох гальванічних елементів, в одному з яких цинк є катодом, а в іншому – анодом. Напишіть для кожного з цих елементів електронні рівняння реакцій, що відбуваються на катоді й на аноді.

14. Залізна і срібна пластини з'єднані зовнішнім провідником і занурені в розчин сульфатної кислоти. Складіть схему даного гальванічного елемента і напишіть електронні рівняння процесів, що відбуваються на аноді й на катоді.

15. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що складається з пластин кадмію і магнію, занурених у розчини своїх солей з концентрацією $[Mg^{2+}] = [Cd^{2+}] = 1$ моль/л. Чи зміниться значення ЕРС, якщо концентрацію кожного з іонів знизити до 0,01 моль/л?

16. Складіть схему гальванічного елемента, що складається з пластин цинку і заліза, занурених у розчини їхніх солей. Напишіть електронні рівняння процесів, що протікають на аноді й на катоді. Якої концентрації треба було б взяти іонів Феруму (моль/л), щоб ЕРС елемента стала рівною нулю, якщо $[Zn^{2+}] = 0,001$ моль/л?

17. Складіть схему гальванічного елемента, в основу якого покладена реакція, що відбувається за рівнянням:



Напишіть рівняння анодного та катодного процесів. Обчисліть ЕРС цього елемента, якщо $[Ni^{2+}] = 0,01$ моль/л, $[Pb^{2+}] = 0,0001$ моль/л.

18. При якій концентрації іонів Cu^{2+} (моль/л) значення потенціалу мідного електрода стає рівним стандартному потенціалу водневого електрода?

19. При якій концентрації іонів Mn^{2+} (у моль/л) потенціал марганцевого електрода буде на 0,015 В меншим від його стандартного електродного потенціалу?

20. Складіть схему, напишіть електронні рівняння електродних процесів і обчисліть ЕРС гальванічного елемента, що складається зі свинцевої та магнієвої пластин, занурених у розчини своїх солей з концентрацією $[Pb^{2+}] = [Mg^{2+}] = 0,1$ моль/л. Чи зміниться ЕРС цього елемента, якщо концентрацію кожного з іонів збільшити в однакове число разів ?

Тема № 4. Корозія металів як різновид електрохімічних процесів.

Практичне заняття: Вивчення процесів руйнування покриттів під дією чинників навколишнього середовища.

Навчальна мета заняття: Ознайомитись та вивчити процеси корозії.

Кількість годин – 2 (заочна форма).

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

Навчальні питання:

1. Види корозії.
2. Залежність процесів корозії від положення металу в електрохімічному ряду напруги.

Література: 2 (с. 316–352), 5 (с. 433–487).

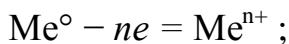
План проведення заняття:

- I. Порядок проведення вступу до заняття.

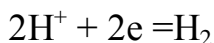
Опрацювати теоретичний матеріал необхідний для виконання практичної роботи:

Корозія – це процес руйнування металів у результаті їх хімічної чи електрохімічної взаємодії з навколишнім середовищем. При електрохімічній корозії на поверхні металу одночасно відбуваються два процеси:

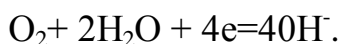
– анодний — окислювання металу



– катодний — відновлення іонів водню



або молекул кисню, розчиненого у воді,



Іони або молекули, що відновлюються на катоді, називаються деполяризаторами. При атмосферній корозії — корозії у вологому повітрі при кімнатній температурі – деполяризатором є кисень.

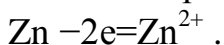
II. Порядок проведення основної частини заняття.

Опанувати приклади розв'язання задач відповідно до теми практичного заняття.

Приклад 1. Як відбувається корозія цинку, що знаходиться в контакті з кадмієм у нейтральному і кислому розчинах. Складіть електронні рівняння анодного й катодного процесів. Який склад продуктів корозії?

Розв'язок. Цинк має більш негативний потенціал ($-0,763 \text{ В}$), ніж кадмій ($-0,403 \text{ В}$), тому він є анодом, а кадмій – катодом.

Анодний процес:



Катодний процес:



Іони Zn^{2+} з гідроксильною групою утворюють нерозчинний гідроксид.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Для заліку практичної роботи дати відповідь на запитання в письмовій формі:

1. Що таке корозія? Види корозії і чинники її виникнення?
2. Записати приклади розв'язання задач.
3. Від яких параметрів залежить перебіг корозії?
4. Розв'язати задачу за вказівкою викладача з наведеного переліку.

Приклади задач.

1. Як відбувається атмосферна корозія лудженого й оцинкованого заліза при порушенні покриття? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

2. Купрум не витісняє водень з розведених кислот. Чому? Однак, якщо до мідної пластинки, зануреної в кислоту, доторкнутися цинковою, то на міді починається бурхливе виділення водню. Дайте цьому явищу пояснення, склавши електронні рівняння анодного і катодного процесів. Напишіть рівняння хімічної реакції, що відбувається.

3. Як відбувається атмосферна корозія лудженого заліза і лудженої міді при порушенні покриття? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

4. Якщо пластинку з чистого цинку занурити в розведену кислоту, то виділення водню, що починається, незабаром майже припиняється. Однак при дотику до цинку мідною паличкою на останній починається бурхливе виділення водню. Дайте цьому пояснення, склавши електронні рівняння анодного і катодного процесів. Напишіть рівняння хімічної реакції, що відбувається.

5. У чому сутність протекторного захисту металів від корозії? Наведіть приклад протекторного захисту заліза в електроліті, що містить розчинений кисень. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

6. Залізний виріб покрили нікелем. Яке це покриття — анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів корозії цього виробу при порушенні покриття у вологому повітрі й у хлороводневій (соляній) кислоті. Які продукти корозії утворюються в першому та в другому випадках?

7. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів з кисневою і водневою деполяризацією при корозії пари магній — нікель. Які продукти корозії утворюються в першому та в другому випадках?

8. У розчин хлороводневої (соляної) кислоти помістили цинкову пластинку і цинкову пластинку, частково покриту міддю. У якому випадку процес корозії цинку відбувається інтенсивніше? Відповідь обґрунтуйте, склавши електронні рівняння відповідних процесів.

9. Чому хімічно чисте залізо є більш стійким проти корозії, ніж технічне? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, які відбуваються при корозії технічного заліза у вологому повітрі та в кислому середовищі.

10. Яке покриття металу називається анодним, а яке — катодним? Назвіть кілька металів, що можуть слугувати для анодного і катодного покриття заліза. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів, що відбуваються при корозії заліза, покритого міддю, у вологому повітрі й у кислому середовищі.

11. Залізний виріб покрили кадмієм. Яке це покриття — анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів

корозії цього виробу при порушенні покриття у вологому повітрі й у хлороводневій (соляній) кислоті. Які продукти корозії утворюються в першому та в другому випадках?

12. Залізний виріб покрили свинцем. Яке це покриття — анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів корозії цього виробу при порушенні покриття у вологому повітрі й у хлороводневій (соляній) кислоті. Які продукти корозії утворюються в першому та в другому випадках?

13. Дві залізні пластинки, частково покриті одна оловом, друга міддю, знаходяться у вологому повітрі. На якій з цих пластинок швидше утвориться іржа? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів корозії цих пластинок. Який склад продуктів корозії заліза?

14. Який метал краще брати для протекторного захисту від корозії свинцевої оболонки кабелю: цинк, магній чи хром? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів атмосферної корозії. Який склад продуктів корозії?

15. Якщо занурити в розведену сульфатну кислоту пластинку з чистого заліза, то виділення на ній водню йде повільно і згодом майже припиняється. Однак, якщо цинковою паличкою доторкнутися до залізної пластинки, то на останній починається бурхливе виділення водню. Чому? Який метал при цьому розчиняється? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

16. Цинкову і залізну пластинки занурили в розчин купрум сульфату. Складіть електронні та іонно-молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються на кожній з цих пластинок. Які процеси будуть проходити на пластинках, якщо зовнішні кінці їх з'єднати провідником?

17. Як впливає рН середовища на швидкість корозії заліза і цинку? Чому? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів атмосферної корозії цих металів.

18. У розчин електроліту, що містить розчинений кисень, опустили цинкову пластинку і цинкову пластинку, частково покриту міддю. У якому випадку процес корозії цинку проходить інтенсивніше? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів.

19. Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів з кисневою і водневою деполяризацією при корозії пари алюміній — залізо. Які продукти корозії утворюються в першому та в другому випадках?

20. Як перебігає атмосферна корозія заліза, покритого шаром нікелю, якщо покриття порушене? Складіть електронні рівняння анодного і катодного процесів. Який склад продуктів корозії?

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна

1. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія : практикум. Київ : Либідь, 2003. 205 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28898> (дата звернення: 25.07.2023)
2. Кириченко В. І. Загальна хімія : навч. посібник. Київ : Вища школа, 2005. 635 с.
3. Басов В. П., Радіонов В. М. Хімія : навч. посібн. 4-те вид. Київ : Каравела, 2004. 302 с. URL: https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=174 (дата звернення: 16.11.2023)
4. Бочеров А. Д., Жикол О. А., Красовська М. В. Хімія : Довідник з прикладами розв'язання задач. Харків, 2011. 416 с.
5. Григор'єва В. В., Самійленко В.М., Сич А. М., Голуб О. А. Загальна хімія : підручник для студентів нехімічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Київ : Вища школа, 2009. 471 с.
6. Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В. М., Іванов С. В. Загальна та неорганічна хімія. Част. 1. Київ : Педагогічна преса, 2002. 418 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/16542> (дата звернення: 25.11.2023)
7. Степаненко О. М., Рейтер Л. Г., Ледовських В. М., Іванов С. В. Загальна та неорганічна хімія. Част. 2. Київ : Педагогічна преса, 2000. 783 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/16542> (дата звернення: 25.11.2023)

Додаткова

8. Панасенко О. І. та ін. Неорганічна хімія : підручник. Запоріжжя : Запорізький державний медичний університет, 2016. 462 с. URL: <https://ru.scribd.com/document/655105683/%D0%9D%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F-%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA> (дата звернення: 12.11.2023)
9. Андрійко О. О. Неорганічна хімія біогенних елементів. Київ : НТТУ«КПІ», 2013. 332 с.
10. Рейтер Л. Г., Степаненко О. М., Басов В. П. Теоретичні розділи загальної хімії. Київ : Каравела, 2012. 303 с.
11. Загальна та неорганічна хімія : підруч. для студентів вищ. навч. закл. / Є. Я. Левітін, А. М. Бризицька, Р. Г. Ключова; за заг. ред. Є.Я. Левітіна. 3-тє вид. Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2017. 512 с.
12. Гомонай В. І., Мільович С. С. Загальна та неорганічна хімія : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця, 2016. 448 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

13. Віртуальна читальня освітніх матеріалів для студентів, вчителів, учнів та батьків. URL : <https://subject.com.ua/>