

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ, МОЛОДІ Й СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

«Затверджую»
Директор АДІ ДВНЗ«ДонНТУ»
М.М. Чальцев
24.11.2011р.

Кафедра «Загальнонаукові дисципліни»

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ПО СПЕЦІАЛЬНИХ РОЗДІЛАХ КУРСУ ХІМІЇ
(ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 0601 – "БУДІВНИЦТВО Й АРХІТЕКТУРА")
(НАПРЯМОК ПІДГОТОВКИ 6.060101 – "БУДІВНИЦТВО")**

15/32-2011-13

ЗАТВЕРДЖЕНО:
учбово-методична
комісія факультету
"Автомобільні дороги"
Протокол № 9 від 18.05.11 г.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
кафедра
«Загальнонаукові дисципліни»
Протокол № 8 від 10.05.11 г.

УДК 541.1 (07)

Навчальний посібник та індивідуальний завдання по спеціальних розділах хімії галузь знань 0601 – "Будівництво й архітектура", напрямок підготовки 6.060101 – "Будівництво"[Електронний ресурс]/ сост.: Базаянц Г.В., Доненко В.Д.– електрон. дані. - Горлівка: ДВНЗ "ДонНТУ" АДІ, 2011. - 1 електрон. опт. диск (CD-R); 12 см. - Систем. вимоги: Pentium; 32 RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 2000. - Назва з титул. екрана.

Містить основні програмні питання й контрольні завдання по наступних спеціальних розділах хімії: окисно-відновні реакції, гальванічні елементи, електрохімічна корозія металів, електроліз, хімічні властивості металів. До кожного розділу дана коротка теорія й приклади розв'язку типових завдань.

Укладачі:

Базаянц Г.В., д.т.н., проф.,
Доненко В.Д.

Відповідальний за випуск:

Галіахметов А.М.,
зав.каф, к.ф. - м. н., доц.

Рецензент:

Піндус Б.І., к.т.н., доц.,
кафедра "Проектування
автомобільних доріг та
штучних споруд"

© Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2012

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| Тема 1. Окисно – відновні реакції..... | 5 |
| 1.1 Загальні відомості..... | 5 |
| 1.2 Приклади розв'язання типових задач..... | 6 |
| 1.3 Індивідуальні завдання з теми 1..... | 10 |
| Тема 2. Гальванічні елементи..... | 19 |
| 2.1 Загальні відомості..... | 19 |
| 2.2 Приклади розв'язання типових задач..... | 20 |
| 2.3 Індивідуальні завдання з теми 2..... | 23 |
| Тема 3. Електрохімічна корозія металів..... | 27 |
| 3.1 Загальні відомості..... | 27 |
| 3.2 Приклади розв'язання типових задач..... | 29 |
| 3.3 Індивідуальні завдання з теми 3..... | 31 |
| Тема 4. Хімічні властивості металів..... | 33 |
| 4.1 Загальні відомості..... | 33 |
| 4.2. Індивідуальні завдання з теми 4..... | 35 |
| Тема 5. Електроліз..... | 39 |
| 5.1 Загальні відомості..... | 39 |
| 5.2 Приклади розв'язання типових задач..... | 40 |
| 5.3 Індивідуальні завдання з теми 5..... | 42 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 44 |
| ДОДАТОК А. Варіанти контрольних завдань..... | 45 |
| ДОДАТОК Б. Стандартні електродні потенціали E_{298}^0 (ряд напруг металів)..... | 47 |
| ДОДАТОК В. Стандартні окисно - відновні потенціали деяких процесів в водних розчинах..... | 48 |
| ДОДАТОК Г. Іонний добуток води K_w при температурах от 0 до 100 ⁰ С..... | 49 |

ВСТУП

У процесі вивчення курсу хімії в другому семестрі студенти спеціальності 6.060101 виконують індивідуальні завдання по спеціальних розділах хімії. Організаційною основою виконання цих завдань є даний методичний посібник, конспекти лекцій і література, список якої наведений наприкінці тематичних завдань.

Робота студента над індивідуальними завданнями є частиною його самостійної навчальної роботи. Для якісного їхнього виконання рекомендується спочатку уважно вивчити теоретичний матеріал, використовуючи конспект лекцій, рекомендовану літературу й загальні відомості по темах справжнього методичного посібника. На наступному етапі доцільно використовувати наробітки, виконувані на практичних заняттях, а також ознайомитися із прикладами розв'язку типових завдань, викладених по кожній темі в справжньому посібнику.

Виконані індивідуальні завдання повинні бути акуратно оформлені в окремому зошиті з полями на кожній сторінці. На обкладинці необхідно вказати групу, прізвище й ім'я студента, номер варіанта. У тексті слід привести номери й назви тем, номери завдань і завдання до кожної з них, після чого дати їхнього розв'язку з усіма проміжними розрахунками й вказівкою розмірності отриманих величин.

Строк здачі й захисту виконаних завдань визначається графіком, розробленим кафедрою загальнонаукових дисциплін відповідно до навчального плану. При захисті роботи студент повинен показати знання основних закономірностей даного розділу хімії, пояснити й обґрунтувати розв'язок кожного завдання.

Номера варіантів визначає викладач практичних занять по хімії. Перелік завдань, що входять у заданий варіант, зазначений у додатку А. У додатках Б – Г наведені додаткові довідкові дані, необхідні для розв'язку завдань.

Тема 1. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

1.1 Загальні відомості

Окисно-відновними реакціями (скорочено – ОВР) називають такі, у ході яких деякі хімічні елементи змінюють ступінь окиснення.

Під *ступенем окиснення* хімічного елемента розуміють умовний заряд його атома в молекулі речовини в припущенні, що ця молекула складається тільки з іонів.

Причиною зміни ступені окиснення хімічних елементів у ході окисно-відновної реакції є передача електронів від одних атомів до інших. Якщо ці атоми входять до складу молекул різних речовин, то такі ОВР називаються *міжмолекулярними*. Бувають випадки, коли атоми, що віддають електрони, і атоми, що приймають ці електрони, входять до складу молекули той самої речовини, але належать різним хімічним елементам. Такі ОВР називаються *внутрішньомолекулярними*. Якщо ж передача електронів здійснюється між атомами, що входять до складу однієї й тієї ж молекули й приналежними тому самому хімічному елементу, то такі ОВР називають реакціями *диспропорціювання*.

Окисненням називається процес віддачі електронів атомом, молекулою або іоном. Оскільки електрон є носієм одиничного негативного заряду, те віддаючи електрони, атом, молекула або іон *підвищує* свій початковий заряд на стільки одиниць, скільки віддане електронів. Окисненню в ОВР зазнає відновник.

Відновленням називається процес приєднання електронів атомом, молекулою або іоном. Приєднуючи електрони, атом, молекула або іон *знижує* свій початковий заряд на стільки одиниць, скільки приєднане електронів. Відновленню в ОВР зазнає окиснювач.

Кількісною характеристикою сили окисно-відновного процесу є його *окисно-відновний потенціал* E . Чим вище значення E , тем сильніше окисна здатність речовини й тем слабкіше його відбудовні властивості. Чисельні значення E процесів за участю металів наведені в додатку Б (ряд напруг металів), а для інших процесів – у додатку В.

Хімічний елемент найвищою мірою окиснення в ОВР може бути *тільки окиснювачем*, тому що в цьому стані він може тільки приймати електрони, тобто тільки відновлюватися. Напроти, елемент у нижчому ступені окиснення може бути *тільки відновником*, тому що в цьому стані він може тільки віддавати електрони, тобто тільки окиснитися. Елемент у проміжному ступені окиснення може як приймати, так і віддавати електрони, тобто він може як відновлюватися, так і окиснитися. У цьому випадку говорять, що він проявляє *окисно-відновну подвійність*

Для протікання ОВР необхідне дотримання *двох умов*:

- наявність окиснювача й відновника;

- перевищення величини електродного потенціалу окиснювача над потенціалом відновника, тобто $E_{\text{ок-ча}} > E_{\text{в-ка}}$.

Ступінь окиснення атома хімічного елемента може бути як позитивною, так і негативною (целочисленною або дробовою), а також рівною нулю.

Ступінь окиснення атома будь-якого хімічного елемента в складі простої речовини рівна 0.

У складних речовинах, як правило, ступінь окиснення елемента не рівна 0. При цьому ступінь окиснення металу позитивна, а в неметалі вона може бути як позитивною, так і негативною.

Існують елементи, у яких ступінь окиснення в складних хімічних сполуках єдиний: -1 у фтору, +1 у лужних металів і срібла, +2 у металів II групи (крім ртуті), +3 в елементів III групи (крім талія).

Ступінь окиснення інших елементів, що входять до складу складних речовин, розраховується, виходячи з наступного правила:

- сума ступенів окиснення всіх атомів у складі молекули рівна 0, а в складі іона вона дорівнює заряду іона.

Максимальна величина ступеня окиснення атома елемента рівна + № групи (крім фтору й кисню), а мінімальна рівна 0 для металів і № групи мінус 8 – для неметалів.

1.2. Приклади розв'язання типових задач

Завдання 1. Визначити ступінь окиснення азоту в наступних молекулах або іонах: N_2 , KNO_3 , NH_4^+ , NO_2^- .

Розв'язок

У молекулі N_2 ступінь окиснення азоту рівна 0 як у будь-якій простій речовині.

Молекула KNO_3 складається з атомів трьох елементів: калію, азоту й кисню. З них ступінь окиснення калію +1, а кисню – -2. Позначивши невідомий ступінь окиснення азоту через x , одержуємо:

$$+1 + x + (-2) \cdot 3 = 0,$$

звідки $x = +5$.

В іоні NH_4^+ ступінь окиснення водню рівна +1. Позначивши ступінь окиснення азоту через x , одержуємо:

$$x + 1 \cdot 4 = +1,$$

звідки $x = -3$.

В іоні NO_2^- ступінь окиснення кисню рівна -2. Зробивши аналогічно попередньому, одержуємо:

$$x + (-2) \cdot 2 = -1,$$

звідки $x = +3$.

Завдання 2. Виходячи зі ступеня окиснення азоту в сполуках N_2 , KNO_3 , NH_4^+ , NO_2^- , визначити, які з них в ОВР можуть бути тільки окиснювачами, які – тільки відновниками, а які проявляють окисно-відновну подвійність.

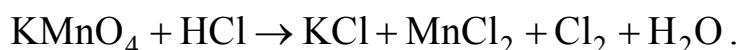
Розв'язок

Ступені окиснення азоту в заданих сполуках визначені в попередньому завданні.

У періодичній системі елемент N розташований в V групі й ставиться до неметалів. Тому його вищий ступінь окиснення +5 (плюс номер групи), а нижчий -3 (номер групи мінус 8).

Виходячи із цього, доходимо висновку, що речовина KNO_3 в ОВР може бути тільки окиснювачем, а NH_4^+ - тільки відновником. В інших речовинах азот перебуває в проміжних ступенях окиснення (N_2 й NO_2^-), тому ці речовини в ОВР проявляють окисно-відновну подвійність.

Завдання 3. Методом електронного балансу розставити коефіцієнти в заданій схемі реакції:



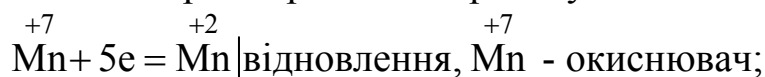
Указати, який процес є окисним, а який – відновним, яка речовина є окиснювачем, а яке – відновником у заданої ОВР. Написати рівняння в іонно-молекулярному виді.

Розв'язок

Визначивши ступеню окиснення марганцю й хлору до й після реакції, укажемо їх на схемі:



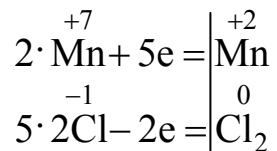
Складемо електронні рівняння процесу:





Отже, у заданій ОВР окиснювачем є речовина KMnO_4 , а відновник - HCl .

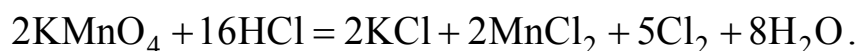
Для дотримання балансу відданих і прийнятих електронів виводимо коефіцієнти при окиснювачі й відновнику:



Після цього розставляємо коефіцієнти в ОВР у наступній послідовності:

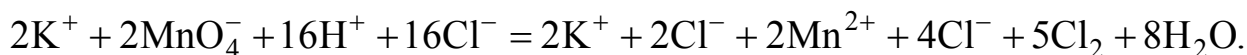
- в елементів, які змінили ступінь окиснення;
- у металів;
- у неметалів;
- у водню;
- у кисню.

Одержуємо рівняння ОВР:

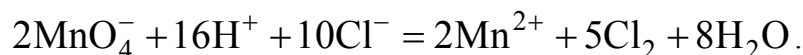


Перевіряємо баланс по кисню: у лівій і правій частинах рівняння реакції по 8 атомів кисню.

Напишемо рівняння в іонно-молекулярному виді. Для цього речовини, що є сильними електролітами, представимо у вигляді іонів:



Після скорочення однойменних іонів одержуємо:



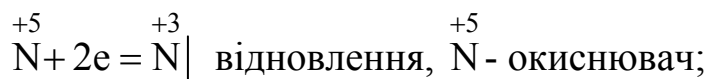
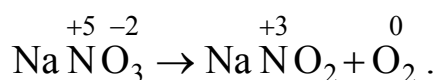
Завдання 4. Визначити тип окисно-відновної взаємодії в реакціях:

1. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
2. $\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{O}_2$;
3. $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.

Розв'язок

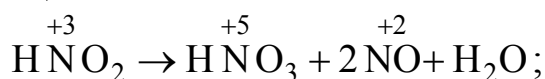
Реакція 1 розглянута в попередньому завданні, де показано, що окиснювачем у даної ОВР є марганець у ступені окиснення $+7$ (Mn^{+7}), а відновником – хлор у ступені окиснення -1 (Cl^{-1}). Тому що вони входять до складу різних речовин, те задана реакція 1 ставиться до типу *міжмолекулярної* взаємодії.

У реакції 2 укажемо ступеню окиснення тих елементів, у яких вона змінюється, і запишемо електронні рівняння:



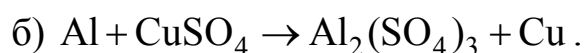
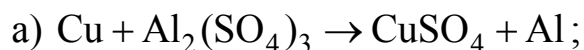
Видне, що й окиснювач, і відновник утримуються в молекулі той самої речовини. Такі реакції ставляться до типу *внутрішньомолекулярної* взаємодії.

У реакції 3:



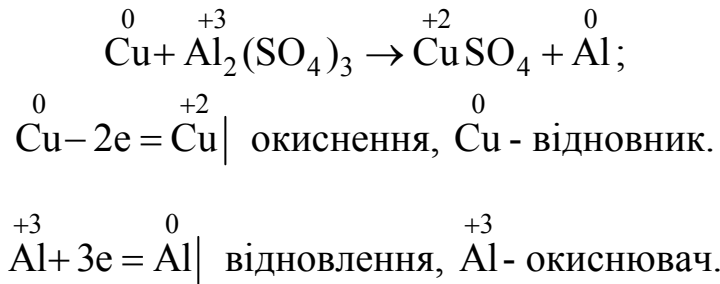
Таким чином, і окиснювачем, і відновником у даній реакції є азот у ступені окиснення $+3$. Це значить, що одні атоми азоту в ступені окиснення $+3$ віддають електрони, а інші атоми азоту тією самою мірою окиснення $+3$ їх приймають. Такого типу ОВР називаються реакціями *диспропорціювання*.

Завдання 5. Яка із двох реакцій – пряма (а) або зворотна (б) можлива й чому:



Розв'язок

Проаналізуємо окисно-відновний процес у прямої реакції (а):



Таким чином, окиснювачем у даній реакції є алюміній у ступені окиснення +3, а відновник – мідь у ступені окиснення 0.

Стандартні електродні потенціали цих процесів (додаток Б) рівні:

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,66\text{В}; \quad E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,34\text{В}.$$

Порівнюючи ці потенціали, одержуємо:

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 < E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0,$$

або

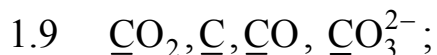
$$E_{\text{ок-ча}} < E_{\text{в-ка}}.$$

Тому що потенціал окиснювача нижче потенціалу відновника, реакція (а) неможлива. Отже, можливим є зворотний процес, тобто реакція (б).

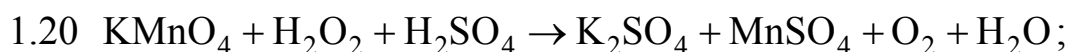
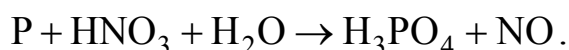
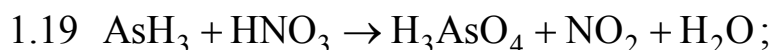
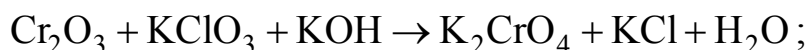
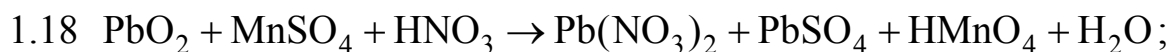
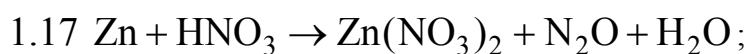
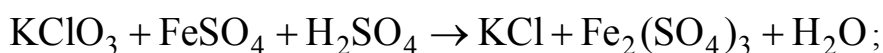
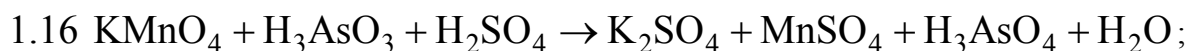
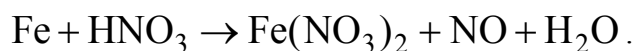
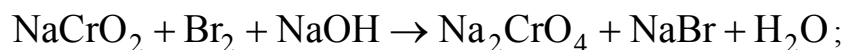
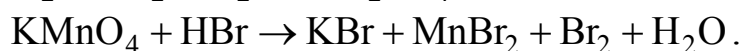
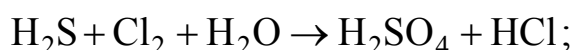
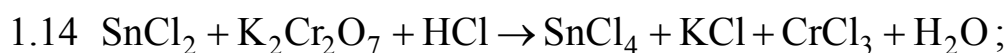
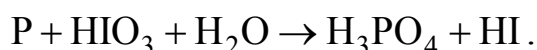
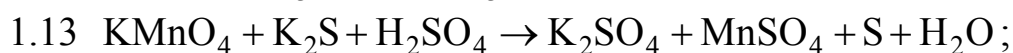
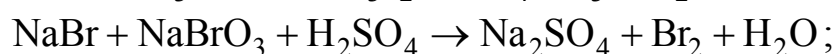
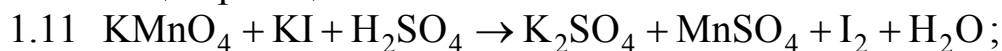
1.3. Індивідуальні завдання з теми 1

Завдання 1. Виходячи зі ступеня окиснення підкреслених елементів у зазначених речовинах, визначити, які з них можуть бути тільки окиснювачами, які – тільки відновниками, а які проявляють окисно-відновну подвійність.

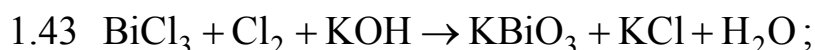
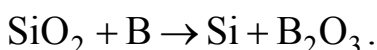
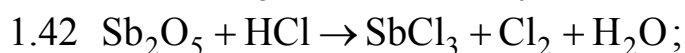
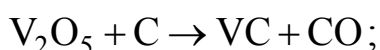
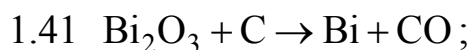
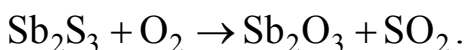
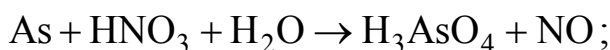
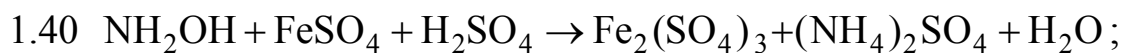
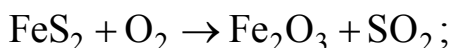
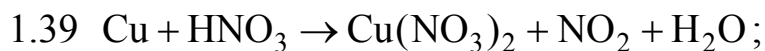
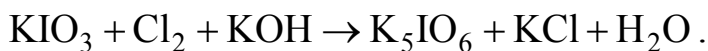
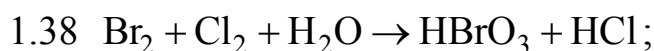
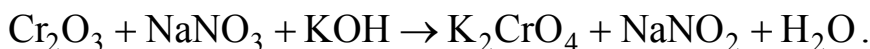
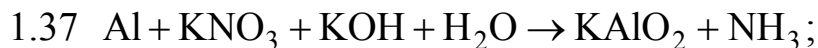
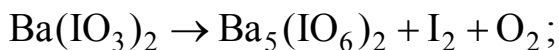
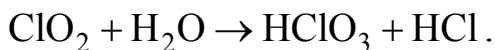
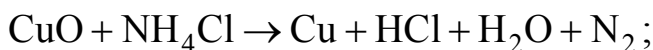
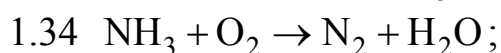
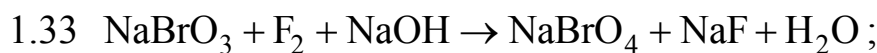
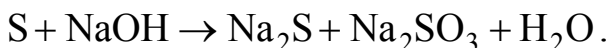
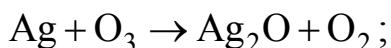
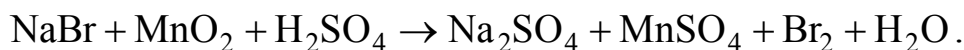
- 1.1 $\underline{\text{H}}\underline{\text{Cl}}, \underline{\text{Cl}}\underline{\text{O}}_3^-, \underline{\text{Cl}}\underline{\text{O}}_4^-, \underline{\text{Cl}}_2$;
- 1.2 $\underline{\text{P}}\underline{\text{H}}_3, \underline{\text{H}}_3\underline{\text{P}}\underline{\text{O}}_3, \underline{\text{P}}\underline{\text{O}}_4^{3-}, \underline{\text{P}}$;
- 1.3 $\underline{\text{N}}\underline{\text{H}}_3, \underline{\text{N}}\underline{\text{O}}_2^-, \underline{\text{N}}_2\underline{\text{O}}_5, \underline{\text{N}}_2$;
- 1.4 $\underline{\text{H}}_2\underline{\text{Se}}, \underline{\text{Se}}\underline{\text{O}}_4^{2-}, \underline{\text{Se}}\underline{\text{O}}_2, \underline{\text{Se}}$;
- 1.5 $\underline{\text{H}}_2, \underline{\text{H}}_2\underline{\text{O}}_2, \underline{\text{H}}^+, \text{Ca}\underline{\text{H}}_2$;
- 1.6 $\underline{\text{K}}\underline{\text{Br}}, \underline{\text{Br}}\underline{\text{O}}^-, \underline{\text{K}}\underline{\text{Br}}\underline{\text{O}}_4, \underline{\text{Br}}_2$;
- 1.7 $\underline{\text{Cr}}\underline{\text{O}}, \underline{\text{Cr}}(\underline{\text{O}}\underline{\text{H}})\underline{\text{Cl}}_2, \underline{\text{Cr}}\underline{\text{O}}_4^{2-}, \underline{\text{Cr}}$;



Завдання 2. Методом електронного балансу розставити коефіцієнти в рівняннях реакцій, що протікають по нижчеподаних схемах. Укажіть, які речовини є окиснювачами, а які – відновниками. Складіть іонно-молекулярні рівняння цих реакцій.



- $$\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O};$$
- $$\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$$
- 1.21 $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{S} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}.$
- 1.22 $\text{Co} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{MnCl}_2 + \text{KClO} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.23 $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{NaCrO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Na}_2\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{HCl}.$
- 1.24 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{HI};$
 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.25 $\text{P} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{K}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{S} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.26 $\text{KClO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.27 $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3;$
 $\text{Zn} + \text{NH}_4\text{VO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{VSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.28 $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{HClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl};$
 $\text{Zn} + \text{TiCl}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{TiCl}_3 + \text{H}_2.$
- 1.29 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO};$
 $\text{Re} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HReO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.30 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2;$
 $\text{ZnS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2;$
 $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2.$
- 1.31 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{I}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$



- $$\text{KOH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{KO}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O};$$
- $$\text{XeF}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeO}_3 + \text{Xe} + \text{O}_2 + \text{HF}.$$
- 1.44 $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO};$
 $\text{Sc} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Sc}(\text{NO}_3)_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{TiCl}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiOCl}_2 + \text{HCl}.$
- 1.45 $\text{V} + \text{KOH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{K}_3\text{VO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{HAsCl}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Zn} + \text{As}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_3\text{As} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.46 $\text{Sb} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HSbO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Bi} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Ta} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{TaF}_7] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.47 $\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Mo} + \text{NaNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{MoO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{Cr} + \text{CO}.$
- 1.48 $\text{Cr} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{CrF}_8] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{CO};$
 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{CO}_2.$
- 1.49 $\text{Zn} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2[\text{ZnCl}_4] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{TiO}_2 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{CO}.$
- 1.50 $\text{Tc} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HTcO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{NH}_4\text{ReO}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Re} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{MnSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.51 $\text{Mn}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{O}_2;$
 $\text{Fe} + \text{KClO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Ti} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2[\text{TiF}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.52 $\text{FeS} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{S};$
 $\text{FeCl}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{FeI}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl};$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.53 $\text{Na}_2\text{RuO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{RuO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{IrF}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ir}(\text{OH})_4 + \text{HF} + \text{O}_3;$
 $\text{RhF}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{RhF}_3 + \text{ClF}.$
- 1.54 $\text{Pt} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2[\text{PtCl}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{RuO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{RuO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O};$

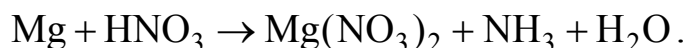
- $\text{CuFeS}_2 + \text{O}_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{FeSiO}_3 + \text{SO}_2.$
- 1.55 $\text{Au} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{HAuCl}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^-;$
 $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.56 $\text{AmO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{AmCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Au} + \text{O}_2 + \text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Au}(\text{CN})_2]^- + \text{OH}^-;$
 $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.57 $\text{UCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{U}(\text{OH})_2\text{Cl}_2 + \text{H}_2 + \text{HCl};$
 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CO}_2;$
 $\text{FeTiO}_3 + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{TiO}_2 + \text{CO}_2.$
- 1.58 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.59 $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{ZnS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2;$
 $\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CoCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.60 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH};$
 $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2.$
- 1.61 $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2;$
 $\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CO}_2 + \text{NaCl};$
 $\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.62 $\text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KHSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{V} + \text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{VO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.63 $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{V} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{VF}_7 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{TaCl}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{TaO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}.$
- 1.64 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2;$
 $\text{HAuCl}_4 + \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3 + \text{Au} + \text{HCl};$
 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{CO}_2.$

Завдання 3. Розв'язати задачі

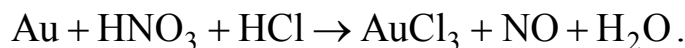
1.65 Яка маса солі KMnO_4 необхідна для окиснення 7,5г KNO_2 у реакції, що протікає за схемою:



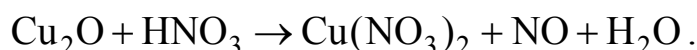
1.66 Який обсяг газу (у перерахуванні на н.у.) виділиться при розчиненні 12г Mg у реакції, що протікає за схемою:



1.67 Скільки грамів HNO_3 і HCl повинне бути в розчині, якщо потрібно розчинити 20г золота при протіканні реакції за схемою:



1.68 Яка маса речовини HNO_3 повинна бути в розчині при розчиненні 4г Cu_2O , якщо реакція протікає за схемою:



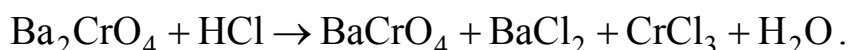
1.69 Який газ і в якому обсязі (у перерахуванні на н.у.) виділиться при розчиненні 3,2г міді в надлишку концентрованої азотної кислоти?

1.70 Розрахувати обсяг хлору (у перерахуванні на н.у.) при впливі соляною кислотою на 25г біхромату калію при виході хлору, рівному 90% від теоретичного. Реакція протікає за схемою:



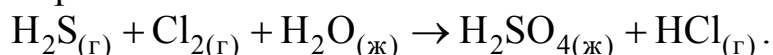
1.71 Скільки грамів розведеної азотної кислоти мінімально необхідно для розчинення 4г Ca ? Який газ і в якому обсязі виділиться при цьому в нормальних умовах?

1.72 Реакція протікає за схемою:



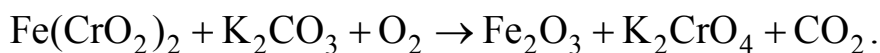
Розрахувати маси продуктів реакції при взаємодії вихідних речовин у кількості по 1 молю кожного.

1.73 Реакція протікає за схемою:



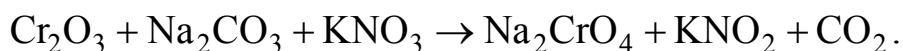
Скільки молів кожного із продуктів утворюється, якщо в реакцію вступають по 1 молю вихідних речовин?

1.74 Який обсяг кисню (у перерахуванні на н.у.) необхідний для окиснення 10г $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, якщо реакція протікає за схемою:



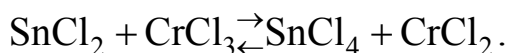
1.75 Надлишок якого газу й у якій кількості залишиться непрореагованим при взаємодії 34г H_2S і 44,8л Cl_2 у реакції, що протікає за схемою завдання 1.73.

1.76 Реакція протікає за схемою:



Розрахувати обсяг CO_2 (у перерахуванні на н.у.) при взаємодії 1 моля Cr_2O_3 з 2 молями Na_2CO_3 й 2 молями KNO_3 .

1.77 Визначити, чи піде в стандартних умовах реакція



1.78 Визначити склад продуктів при взаємодії 12г Mg з 49г 80% - вого розчину сірчаної кислоти.

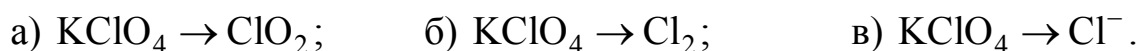
1.79 Розрахувати обсяг газу (у перерахуванні на н.у.) при розчиненні надлишку срібла в 200 мл 0,1М розчину азотної кислоти.

1.80 Визначити еквівалентну масу CuSO_4 в реакції, що протікає за схемою:

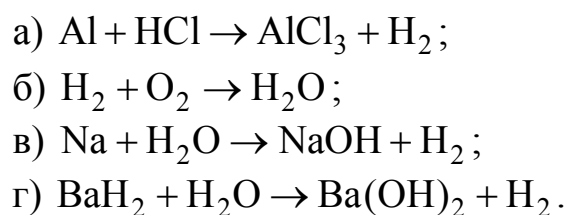


Методом електронного балансу розставити коефіцієнти.

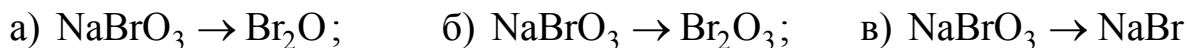
1.81 Розрахувати еквівалентні маси солі KClO_4 в кожному з наступних перетворень:



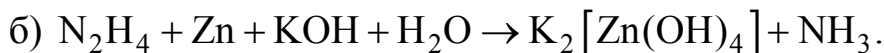
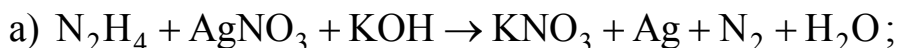
1.82 Визначити, у яких схемах реакцій водень служить окиснювачем, а в яких - відновником:



1.83 Розрахувати еквівалентну масу солі NaBrO_3 в кожному з наступних перетворень:

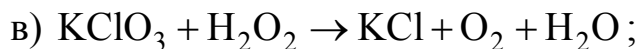
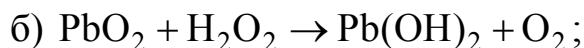
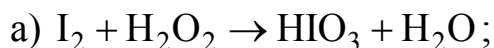


1.84 Указати, у яких схемах реакцій гідразин N_2H_4 є окиснювачем, а в яких – відновником:

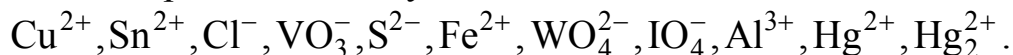


Розставити коефіцієнти в рівняннях цих реакцій.

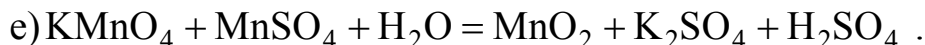
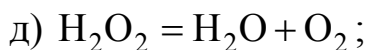
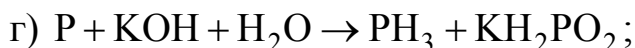
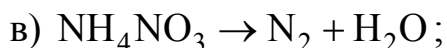
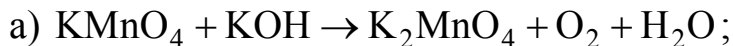
1.85 Визначити, у яких схемах реакцій H_2O_2 служить окиснювачем, а в яких – відновником:



1.86 Які з перерахованих іонів можуть служити відновником в окисно-відновних реакціях і чому:



1.87 Які з наведених схем реакцій ставляться до типу міжмолекулярного, а які – внутрішньомолекулярного окиснення - відновлення або до реакцій диспропорціювання:



Тема 2. ГАЛЬВАНИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

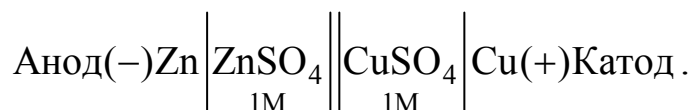
2.1 Загальні відомості

Гальванічними елементами (ГЕ) називають обладнання, що перетворюють хімічну енергію окисно-відновної реакції в електричну енергію.

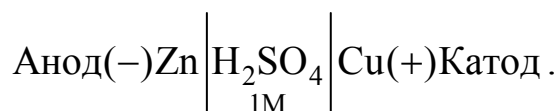
Найпростіший гальванічний елемент складається з ємності, розділеної на два обсяги напівпроникною перегородкою. У ємність уведено два електроди, виготовлені з різних металів і занурені у водяні розчини солей цих металів. Електрод, на якому відбувається процес окиснення, називається *анодом*. У ГЕ це – негативно заряджений електрод. Електрод, на якому протікає процес відновлення, називається *катодом*. Він заряджений позитивно. При цьому *катодом є той електрод, у якого стандартний потенціал вище:*

$$E_{кат}^0 > E_{ан}^0$$

Прикладом описаного типу ГЕ є елемент Даніеля-Якобі. Його схема:



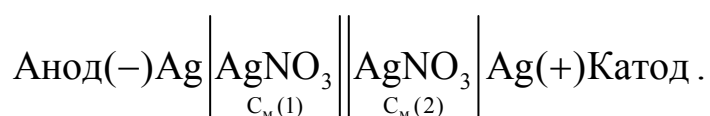
Існують елементи іншого типу. У них електроди, виготовлені з різних металів, поринають у ємність, заповнену розчином кислоти. Прикладом є елемент Вольта. Його схема:



У порівнянні з елементами Даніеля-Якобі ці обладнання більш прості у виготовленні й зручніше в експлуатації.

Є ще один тип гальванічних елементів, які називаються *концентраційними*. У них анод і катод виготовлені з того самого металу й занурені в розчини того самого електроліту – солі цього металу. Концентрації ж цих розчинів різні. При цьому катодом є той електрод, який занурений у розчин більш високої концентрації.

Схема цього типу ГЕ:



Величина електродного потенціалу залежить від температури, природи металу, з якого виготовлений електрод, і концентрації розчину, у який він занурений. Потенціал електрода розраховується по рівнянню *Нернста*:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg [Me^{n+}],$$

де E^0 - стандартний електродний потенціал металу, В;

n - число електронів (відданих або прийнятих одним атомом або іоном металу);

$[Me^{n+}]$ - концентрація іонів металу в розчині електроліту, моль/л.

Для елемента Вольта потенціал анода приймається рівним стандартному потенціалу металу, з якого виготовлений анод, а потенціал катода розраховується за формулою

$$E = 0,059 \cdot \lg [H^+],$$

де $[H^+]$ - концентрація іонів H^+ у розчині кислоти, моль/л.

Електрорушійна сила ГЕ дорівнює різниці потенціалів катода й анода:

$$EPC = E_{кат} - E_{ан}.$$

Для концентраційних елементів ЕРС розраховують по формулі:

$$EPC = \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_m(2)}{C_m(1)},$$

де $C_m(2)$ й $C_m(1)$ - молярні концентрації солі в розчинах катодного й анодного обсягів ГЕ.

2.2 Приклади розв'язання типових задач

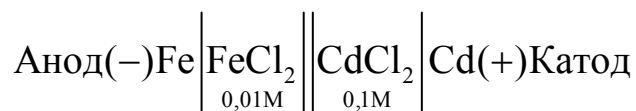
Завдання 1. Гальванічний елемент складається із залізного й кадмієвого електродів, занурених у розчини своїх солей з концентрацією іонів, моль/л: $[Fe^{2+}] = 0,01$, $[Cd^{2+}] = 0,1$. Скласти схему елемента, написати рівняння струмоутворюючих реакцій, вивести рівняння реакції, що протікає в цьому елементі, і розрахувати ЕРС.

Розв'язок

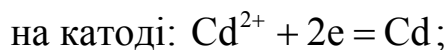
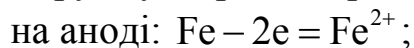
По додаткові Б визначимо стандартні електродні потенціали металів, з яких виготовлені електроди: $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44В$; $E_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,40В$.

Тому що $E_{Cd^{2+}/Cd}^0 > E_{Fe^{2+}/Fe}^0$, те Cd - катод, Fe - анод.

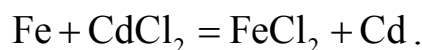
Схема гальванічного елемента:



Струмоутворюючі реакції:



Повне рівняння реакції, що протікає в елементі:



Визначимо електродні потенціали:

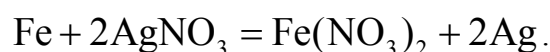
$$E_{\text{кат}} = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Cd}^{2+}] = -0,40 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,40 + 0,03 \cdot (-1) = -0,43\text{В};$$

$$E_{\text{ан}} = E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Fe}^{2+}] = -0,44 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = -0,44 + 0,03 \cdot (-2) = -0,50\text{В}.$$

Розрахуємо ЕРС:

$$E_{\text{РС}} = E_{\text{кат}} - E_{\text{ан}} = -0,43 - (-0,50) = 0,07\text{В}.$$

Завдання 2. У гальванічному елементі протікає реакція



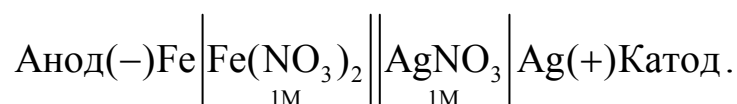
Скласти схему елемента, навести електронні рівняння електродних процесів, указати окиснювач і відновник, розрахувати ЕРС у стандартних умовах.

Розв'язок

З рівняння реакції видно, що електродами в заданому елементі є Fe й Ag. По додаткові Б визначаємо їх стандартні потенціали: $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44\text{В}$;
 $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,80\text{В}$.

Т.к. $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 > E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0$, те Ag - катод, Fe - анод.

Схема гальванічного елемента:



Електронні рівняння електродних процесів:

на аноді: $\text{Fe} - 2\text{e} = \text{Fe}^{2+}$ | окиснення, Fe - відновник;

на катоді: $\text{Ag}^+ + \text{e} = \text{Ag}$ | відновлення, Ag^+ - окиснювач.

Розрахуємо E_{PC} у стандартних умовах:

$$E_{PC} = E_{кат}^0 - E_{ан}^0 = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 - E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = 0,80 - (-0,44) = 1,24\text{В}.$$

Завдання 3. Потенціал марганцевого електрода в розчині солі MnCl_2 склав - 1,16В. Яка концентрація іонів Cl^- у цьому розчині?

Розв'язок

По рівнянню Нернста потенціал марганцевого електрода в розчині його солі рівний

$$E = E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg [\text{Mn}^{2+}]. \quad (2.1)$$

По додаткові Б: $E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0 = -1,18\text{В}$.

За умовою завдання: $E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}} = -1,16\text{В}$

Тоді з рівняння (2.1) одержуємо:

$$\lg [\text{Mn}^{2+}] = \frac{(E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}} - E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0) \cdot 2}{0,059} = \frac{(-1,16 + 1,18) \cdot 2}{0,059} = 0,678;$$

$$[\text{Mn}^{2+}] = 10^{0,678} = 4,76 \text{ моль/л}.$$

Сіль MnCl_2 є сильним електролітом і дисоціює у воді по рівнянню



З рівняння видно, що якщо концентрація іонів Mn^{2+} рівна 4,76 моль/л, те концентрація розчину солі MnCl_2 теж рівна 4,76 моль/л, а концентрація іонів Cl^- удвічі вище концентрації іонів Mn^{2+} , що становить:

$$[\text{Cl}^-] = 2 \cdot [\text{Mn}^{2+}] = 2 \cdot 4,76 = 9,52 \text{ моль/л}.$$

2.3 Індивідуальні завдання з теми 2

Завдання 1. Гальванічний елемент складається з електродів А і Б, занурених у розчини своїх солей або в розчин H_2SO_4 з концентраціями іонів, зазначеними в табл. 2.1. Скласти схему ГЕ, написати рівняння

струмоутворюючих реакцій, вивести рівняння реакції, що протікає в цьому елементі, і розрахувати ЕРС.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до завдання 1

| № завдання | Матеріал електродів | | Концентрація іонів, моль/л, у розчинах електролітів |
|------------|---------------------|----|---|
| | А | Б | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2.1 | Mg | Ag | $[Mg^{2+}] = 0,01; [Ag^+] = 0,1$ |
| 2.2 | Hg | Al | $[Hg^{2+}] = 0,1; [Al^{3+}] = 0,1$ |
| 2.3 | Ti | Cu | $[H^+] = 2,0$ |
| 2.4 | Mn | Bi | $[Mn^{2+}] = 0,01; [Bi^{3+}] = 0,1$ |
| 2.5 | Pb | Zn | $[Pb^{2+}] = 0,1; [Zn^{2+}] = 10$ |
| 2.6 | Cr | Sn | $[Cr^{3+}] = 0,01; [Sn^{2+}] = 1$ |
| 2.7 | Ag | Cr | $[Ag^+] = 1; [Cr^{2+}] = 0,001$ |
| 2.8 | Fe | Co | $[Fe^{3+}] = 0,001; [Co^{2+}] = 0,1$ |
| 2.9 | Cd | Fe | $[Cd^{2+}] = 0,1; [Fe^{2+}] = 0,001$ |
| 2.10 | Pt | Al | $[H^+] = 0,05; [Al^{3+}] = 0,0001$ |
| 2.11 | Ag | Mg | $[Ag^+] = 1,0; [Mg^{2+}] = 0,001$ |
| 2.12 | Al | Cd | $[Al^{3+}] = 0,001; [Cd^{2+}] = 1$ |
| 2.13 | Fe | Mn | $[Fe^{3+}] = 0,01; [Mn^{2+}] = 0,1$ |
| 2.14 | Zn | Cr | $[Zn^{2+}] = 0,1; [Cr^{3+}] = 0,1$ |
| 2.15 | Ag | Zn | $[Ag^+] = 0,01; [Zn^{2+}] = 0,001$ |
| 2.16 | Bi | Cr | $[Bi^{3+}] = 0,01; [Cr^{2+}] = 1$ |
| 2.17 | Fe | Ag | $[Fe^{3+}] = 0,1; [Ag^+] = 10$ |
| 2.18 | Cd | Bi | $[Cd^{2+}] = 1; [Bi^{3+}] = 0,001$ |
| 2.19 | Co | Ag | $[Co^{2+}] = 0,1; [Ag^+] = 0,01$ |
| 2.20 | Sn | Cu | $[Sn^{2+}] = 1; [Cu^{2+}] = 1$ |
| 2.21 | Pb | Ag | $[Pb^{2+}] = 0,001; [Ag^+] = 1$ |
| 2.22 | Al | Ag | $[H^+] = 1,0$ |
| 2.23 | Hg | Al | $[Hg^{2+}] = 0,01; [Al^{3+}] = 0,001$ |
| 2.24 | Mo | Os | $[Mo^{3+}] = 0,1; [Os^{2+}] = 0,0001$ |
| 2.25 | Sc | Ni | $[Sc^{3+}] = 0,01; [Ni^{2+}] = 0,001$ |
| 2.26 | Ru | Pt | $[Ru^{3+}] = 0,001; [H^+] = 1$ |
| 2.27 | Be | V | $[Be^{2+}] = 0,0001; [V^{2+}] = 0,1$ |
| 2.28 | Cd | Mg | $[Cd^{2+}] = 0,1; [Mg^{2+}] = 0,001$ |
| 2.29 | Ag | Bi | $[Ag^+] = 1,0; [Bi^{3+}] = 0,0001$ |

Завдання 2. У гальванічному елементі протікає реакція, схема якої вказана в табл. 2.2. Скласти схему елемента, навести електронні рівняння електродних процесів, указати окиснювач і відновник, розрахувати ЕРС у стандартних умовах.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані до завдання 2

| № завдання | Схема реакції |
|------------|---|
| 1 | 2 |
| 2.30 | $\text{Mg} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Al}$ |
| 2.31 | $\text{Zn} + \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{Cr}$ |
| 2.32 | $\text{Al} + \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Mn}$ |
| 2.33 | $\text{Zn} + \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Fe}$ |
| 2.34 | $\text{Al} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu}$ |
| 2.35 | $\text{Mn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{H}_2$ |
| 2.36 | $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$ |
| 2.37 | $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ |
| 2.38 | $\text{Sc} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Sc}(\text{NO}_3)_3 + \text{Ag}$ |
| 2.39 | $\text{Be} + \text{BiCl}_3 \rightarrow \text{BeCl}_2 + \text{Bi}$ |
| 2.40 | $\text{La} + \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{LaCl}_3 + \text{Fe}$ |
| 2.41 | $\text{Nd} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{NdCl}_3 + \text{Cu}$ |
| 2.42 | $\text{Mn} + \text{Nb}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Nb}$ |
| 2.43 | $\text{Nb} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Nb}(\text{NO}_3)_3 + \text{Pb}$ |
| 2.44 | $\text{Zn} + \text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ga}$ |
| 2.45 | $\text{Cr} + \text{RhCl}_3 \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{Rh}$ |
| 2.46 | $\text{In} + \text{HCl} \rightarrow \text{InCl}_3 + \text{H}_2$ |
| 2.47 | $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4 + \text{H}_2$ |
| 2.48 | $\text{Ni} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{NiSO}_4 + \text{Cu}$ |
| 2.49 | $\text{Co} + \text{Ru}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ru}$ |
| 2.50 | $\text{Sc} + \text{HCl} \rightarrow \text{ScCl}_3 + \text{H}_2$ |
| 2.51 | $\text{Mo} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Mo}(\text{NO}_3)_3 + \text{Ag}$ |
| 2.52 | $\text{Mo} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Mo}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$ |
| 2.53 | $\text{Sn} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ag}$ |
| 2.54 | $\text{Bi} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu}$ |
| 2.55 | $\text{Re} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{ReCl}_3 + \text{Cu}$ |
| 2.56 | $\text{Sc} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sc}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$ |
| 2.57 | $\text{Sn} + \text{HCl} \rightarrow \text{SnCl}_2 + \text{H}_2$ |
| 2.58 | $\text{Fe} + \text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{Co}$ |

Завдання 3. Розв'язати завдання

2.59 В 20л води розчинили 302г солі MnSO_4 . Розрахувати потенціал марганцевого електрода в цьому розчині.

2.60 В 2л розчину втримується 48,8г солі FeCl_3 . Визначити потенціал залізного електрода в цьому розчині.

2.61 Обчислити потенціал мідного електрода в 0,005М розчині CuCl_2 .

2.62 Визначити потенціал водневого електрода в 0,0001М розчині HCl .

2.63 Потенціал водневого електрода в розчині H_2SO_4 склав 0,01В. Яка молярна концентрація іонів H^+ у цьому розчині.

2.64 При якій молярній концентрації іонів Ag^+ потенціал срібного електрода буде дорівнює стандартному потенціалу мідного електрода?

2.65 При якій молярній концентрації іонів Cu^{2+} потенціал мідного електрода складе 90% його стандартного потенціалу?

2.66 При якій нормальній концентрації іонів Zn^{2+} потенціал цинкового електрода буде на 0,015В менше його стандартного потенціалу?

2.67 Потенціал водневого електрода в розчині HCl склав 0,05В. Яка молярна концентрація іонів Cl^- у цьому розчині?

2.68 Потенціал магнезівового електрода в розчині солі $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ склав – 2,350В. Яка молярна концентрація іонів HCO_3^- у цьому розчині?

2.69 Потенціал вісмутівового електрода в розчині солі BiCl_3 склав 25% від стандартного потенціалу срібного електрода. Чому рівна концентрація іонів Cl^- у цьому розчині?

2.70 В 5л розчину сірчаної кислоти втримується 0,01 моля H_2SO_4 . Визначити потенціал водневого електрода в цьому розчині.

2.71 Концентрація іонів Cl^- у розчині солі FeCl_2 рівна 0,02 моль/л. Обчислити потенціал залізного електрода в цьому розчині.

2.72 Концентрація іонів NO_3^- у розчині солі $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ рівна 0,2 моль/л. Чому рівний потенціал свинцевового електрода в цьому розчині?

2.73 Потенціал алюмінієвового електрода в розчині солі AlBr_3 склав -1,650В. Визначити концентрацію іонів Br^- у цьому розчині.

2.74 Потенціал скандієвового електрода в розчині солі $\text{Sc}_2(\text{SO}_4)_3$ склав -2,10В. Яка концентрація іонів SO_4^{2-} у цьому розчині?

2.75 Концентрація іонів Cl^- у розчині солі CrCl_3 рівна 0,03 моль/л. Розрахувати потенціал хромового електрода в цьому розчині.

2.76 Концентрація іонів SO_4^{2-} у розчині солі FeSO_4 рівна 0,05 моль/л. Розрахувати потенціал залізного електрода в цьому розчині.

2.77 Потенціал кадмієвого електрода в розчині солі CdBr_2 становить $-0,408\text{В}$. Яка концентрація іонів Br^- у цьому розчині?

2.78 Розрахувати потенціал водневого електрода в $0,001\text{М}$ розчині кислоти HClO_4 .

2.79 Електрорушійна сила концентраційного гальванічного елемента зі срібними електродами рівна $0,062\text{В}$. Яке співвідношення концентрацій солей AgNO_3 катодного й анодного обсягів елемента?

2.80 У скільки раз концентрація іонів Al^{3+} у катодному обсязі концентраційного гальванічного елемента з алюмінієвими електродами вище концентрації тих же іонів у його анодному обсязі, якщо ЕРС елемента рівна $0,020\text{В}$?

2.81 Електрорушійна сила ГЕ з алюмінієвим і мідним електродами, зануреними в розчин H_2SO_4 , рівна $1,544\text{В}$. Яка концентрація H_2SO_4 в розчині?

2.82 Електрорушійна сила ГЕ із цинковим і срібним електродами, зануреними в розчин HCl , рівна $0,645\text{В}$. Яка концентрація HCl в розчині?

2.83 При якій молярній концентрації іонів Al^{3+} потенціал алюмінієвого електрода буде дорівнює стандартному потенціалу цирконію $E_{\text{Zr}^{4+}/\text{Zr}}^0$?

2.84 При якій молярній концентрації іонів Ni^{2+} потенціал нікелевого електрода буде вдвічі нижче стандартного потенціалу заліза $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0$?

2.85 Потенціал кобальтового електрода в розчині солі CoCl_2 виявився в 10 раз вище стандартного потенціалу натрію. Яка концентрація іонів Cl^- у розчині?

2.86 Розрахувати потенціал водневого електрода в $0,01\text{М}$ розчині кислоти HBrO_4 .

2.87 Потенціал залізного електрода в розчині солі $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ рівний $-0,430\text{В}$. Визначити молярну концентрацію іонів HCO_3^- у цьому розчині

Тема 3. ЕЛЕКТРОХІМІЧНА КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ

3.1 Загальні відомості

До електрохімічної корозії металів і сплавів відносять усі випадки їх корозії у воді й водних розчинах, у тому числі у вологій атмосфері й у ґрунті.

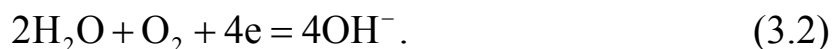
Якщо два різнорідні метали стикаються один з одним у воднім середовищі, то внаслідок відмінності значень їх електродних потенціалів виникає гальванічна пара, у якій метал з більш високим потенціалом виявляється катодом, а з більш низьким – анодом. Наявність електроліту (струмопровідної рідини) і електродів приводить до різкого посилення окисно-відновних процесів і, як наслідок, до інтенсифікації корозії. Такі процеси відносять до типу *контактної* корозії.

Контактна корозія може виявитися й у випадку, коли виріб, виготовлене з одного металу, має покриття з іншого металу й експлуатується у воді або у водному розчині електроліту. Доти, поки покриття не зруйноване, воно надійно охороняє метал виробу від контакту з рідиною. Однак при будь-яким локальним руйнуванні покриття (у вигляді тріщини або відколу до поверхні виробу) утворюється гальванічна пара, у якій електродами виявляються виріб і покриття, а електролітом – рідке середовище.

У всіх випадках анодним процесом є окиснення металу:



Катодний процес залежить від характеру середовища. Якщо це вода, що містить розчинений кисень, або лужне водне середовище, то протікає відновна реакція:



У кислому ж водному розчині, що містить розчинений кисень, відновна реакція має вигляд:



Електродний потенціал процесів (3.2) і (3.3) розраховується по формулі:

$$E = 1,23 - 0,059 \cdot pH . \quad (3.4)$$

Якщо ж вода або кислотний розчин не містять розчиненого кисню, то катодним процесом є реакція:



електродний потенціал якої розраховується по формулі:

$$E = -0,059 \cdot pH, \quad (3.6)$$

де pH - водневий показник, рівний негативному десятковому логарифму молярної концентрації іонів H^+ :

$$pH = -\lg[\text{H}^+]. \quad (3.7)$$

Іони H^+ утворюються у воді в результаті електролітичної дисоціації незначної частки її молекул:



Кількісною характеристикою цього процесу є *іонний добуток води*:

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]. \quad (3.9)$$

Величина K_w залежить від температури води. З підвищенням температури K_w зростає (додаток Г).

Оскільки в нейтральній воді концентрація іонів H^+ і OH^- завжди однакова (що видно з рівняння (3.8)), те величину концентрації іонів H^+ при заданій температурі t можна розрахувати по формулі:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_w}, \quad (3.10)$$

де K_w - іонний добуток води при температурі t .

Наприклад, при температурі 25°C концентрація іонів H^+ рівна:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1,00 \cdot 10^{-14}} = 10^{-7} \text{ моль/л},$$

а величина водневого показника води при цій температурі становить

$$pH = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-7} = 7.$$

Тому електродний потенціал процесу (3.2), розрахований по формулі (3.4), для нейтральної води при стандартній температурі рівний

$$E_1 = 1,23 - 0,059 \cdot 7 \approx 0,815 \text{ В}.$$

Це значить, що з водою, що містить розчинений кисень, при стандартній температурі хімічно взаємодіють ті метали, у яких стандартний електродний потенціал нижче 0,815В. З додатка Б видно, що це – усі метали від початку ряду напруг до Rh включно.

Процес відновлення окиснювача на катоді по реакції (3.5) називається *водневою деполяризацією*, а по реакції (3.2) – *кисневою деполяризацією*.

Вищеописані процеси електрохімічної корозії металів можливі й у випадку, якщо виріб експлуатується не тільки в рідкій середовищі, але й в атмосферних умовах. У цьому випадку при зниженні температури волога повітря може конденсуватися на поверхні виробу й проникати в зруйноване покриття, створюючи умови для роботи гальванічного елемента.

3.2 Приклади розв'язання типових задач

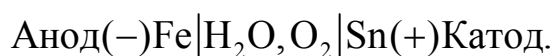
Завдання 1. Описати процес електрохімічної корозії при експлуатації сталевих виробів з олов'яним покриттям у вологій повітрі. Оцінити надійність цього покриття.

Розв'язок

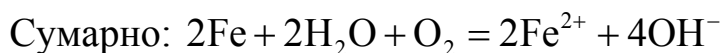
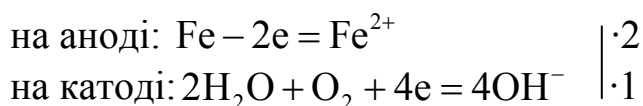
При локальній руйнуванні покриття утворюється гальванічна пара Fe – Sn, а електролітом буде вода, що містить розчинений кисень.

Визначимо, який із цих двох металів буде анодом, а який – катодом. По додатку Б їх стандартні електродні потенціали рівні: $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44V$; $E_{Sn^{2+}/Sn}^0 = -0,13V$. Оскільки потенціал Sn вище потенціалу Fe, то сталевий виріб буде анодом, а олов'яне покриття – катодом (покриття катодного типу).

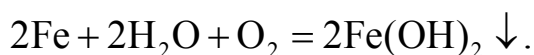
Схема гальванічного елемента:



Запишемо електронні рівняння електродних процесів, уведемо коефіцієнти, що забезпечують електронний баланс, і виведемо рівняння реакції, що протікає при роботі цього елемента:



Рівняння реакції в молекулярній формі:



З рівняння видно, що електрохімічної корозії зазнає виріб, що захищається. Отже, олов'яне покриття на сталевому виробі ненадійно.

Завдання 2. Сталева й цинкова деталі контактують між собою при їхній експлуатації в розчині HCl. Описати процес електрохімічної корозії.

Розв'язок

Стандартні електродні потенціали (додаток Б) заліза й цинку рівні: $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44V$; $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76V$. Оскільки $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 > E_{Zn^{2+}/Zn}^0$, те сталева деталь буде катодом, а цинкова - анодом.

Схема гальванічного елемента:

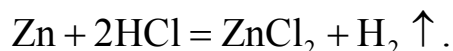


на аноді: $Zn - 2e = Zn^{2+}$;

на катоді: $2H^+ + 2e = H_2$.

Сумарно: $Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2$.

Рівняння реакції в молекулярній формі:



З рівняння видно, що електрохімічної корозії зазнає цинкова деталь.

Завдання 3. Позолочена мідна деталь експлуатується в кислотному розчині. Описати процес електрохімічної корозії у випадку локального руйнування покриття.

Розв'язок

Стандартні електродні потенціали (додаток Б) золота й міді рівні: $E_{Au^{3+}/Au}^0 = 1,50V$; $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,34V$. Оскільки $E_{Au^{3+}/Au}^0 > E_{Cu^{2+}/Cu}^0$, те золоте покриття буде катодом, а мідна деталь анодом.

Схема гальванічного елемента:

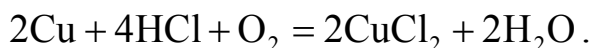


На аноді: $Cu - 2e = Cu^{2+}$ $\left. \begin{array}{l} \cdot 2 \\ \cdot 1 \end{array} \right\}$

На катоді: $4H^+ + O_2 + 4e = 2H_2O$

Сумарно: $2Cu + 4H^+ + O_2 = 2Cu^{2+} + 2H_2O$.

Рівняння реакції в молекулярному виді:



З рівняння видно, що електрохімічної корозії зазнає мідна деталь.

3.3 Індивідуальні завдання з теми 3

Вихідні дані наведено в таблиці 3.1.

Завдання 1 (для непарних номерів завдань). Виріб з металу А має захисне покриття з металу Б. Описати процес електрохімічної корозії у випадку локального руйнування покриття при експлуатації виробу в середовищі В, рН якої рівний Г, а температура Д.

Завдання 2 (для парних номерів завдань). Деталі, виготовлені з металів А и Б, контактують між собою в середовищі В, рН якої рівний Г, а температура Д. Описати процес електрохімічної корозії.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для завдань по темах 3 і 4

| № завдань по темам | | Метали | | Рідке середовище | рН | Температура |
|--------------------|------|--------|----|----------------------------------|----|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 4 | А | Б | В | Г | Д |
| 3.1 | 4.59 | Fe | Cd | H ₂ O | - | 50 |
| 3.2 | 4.60 | Pb | Hg | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.3 | 4.61 | Cu | Sn | H ₂ O, O ₂ | 2 | 25 |
| 3.4 | 4.62 | Bi | Mn | HCl | 3 | 25 |
| 3.5 | 4.63 | Fe | Al | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.6 | 4.64 | Hg | Al | H ₂ O, O ₂ | 12 | 25 |
| 3.7 | 4.65 | Ag | Cu | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.8 | 4.66 | Pb | Fe | H ₂ SO ₄ | 3 | 25 |
| 3.9 | 4.67 | Co | Ag | HCl | 4 | 25 |
| 3.10 | 4.68 | Cu | Mg | H ₂ O | - | 10 |
| 3.11 | 4.69 | Ag | Co | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.12 | 4.70 | Al | Ni | H ₂ O | - | 90 |
| 3.13 | 4.71 | Cu | Cd | H ₂ O, O ₂ | 13 | 25 |
| 3.14 | 4.72 | Al | Ti | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.15 | 4.73 | Cr | Cu | H ₂ SO ₄ | 5 | 25 |
| 3.16 | 4.74 | Zn | Ag | HCl | 5 | 25 |
| 3.17 | 4.75 | Ni | Pb | H ₂ O, O ₂ | 1 | 25 |
| 3.18 | 4.76 | Cu | Au | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.19 | 4.77 | Fe | Cu | H ₂ O, O ₂ | 10 | 25 |
| 3.20 | 4.78 | Sb | Ag | H ₂ O, O ₂ | 13 | 25 |
| 3.21 | 4.79 | Fe | Cd | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.22 | 4.80 | Cu | Mo | H ₂ O, O ₂ | 11 | 25 |
| 3.23 | 4.81 | Ti | Sn | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.24 | 4.82 | Cd | Co | H ₂ O | - | 10 |

Продовження таблиці 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|-------|----|----|----------------------------------|----|-----|
| 3.25 | 4.83 | Bi | Ni | H ₂ O, O ₂ | 13 | 25 |
| 3.26 | 4.84 | Pb | Eu | H ₂ O | - | 15 |
| 3.27 | 4.85 | Cr | Au | H ₂ SO ₄ | 4 | 25 |
| 3.28 | 4.86 | Sc | Cu | HCl | 6 | 25 |
| 3.29 | 4.87 | Cd | Fe | H ₂ O | - | 40 |
| 3.30 | 4.88 | Eu | Bi | H ₂ O | - | 30 |
| 3.31 | 4.89 | Fe | Pb | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.32 | 4.90 | Os | Sb | H ₂ O, O ₂ | 12 | 25 |
| 3.33 | 4.91 | Cu | Ag | H ₂ O, O ₂ | 2 | 25 |
| 3.34 | 4.92 | Sc | Co | H ₂ O | - | 80 |
| 3.35 | 4.93 | Cu | Al | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.36 | 4.94 | U | Zr | H ₂ O | - | 100 |
| 3.37 | 4.95 | Cu | Cd | HCl | 2 | 25 |
| 3.38 | 4.96 | Nb | Os | H ₂ O | - | 90 |
| 3.39 | 4.97 | Ge | Ag | H ₂ O, O ₂ | 12 | 25 |
| 3.40 | 4.98 | Pb | Ge | HCl | 2 | 25 |
| 3.41 | 4.99 | Cr | Al | HCl | 3 | 25 |
| 3.42 | 4.100 | Ag | Sn | H ₂ O, O ₂ | 4 | 25 |
| 3.43 | 4.101 | Cr | Sn | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.44 | 4.102 | Rh | In | H ₂ O | - | 70 |
| 3.45 | 4.103 | Sn | Ag | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.46 | 4.104 | Ni | Ir | H ₂ SO ₄ | 5 | 25 |
| 3.47 | 4.105 | Fe | Ni | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.48 | 4.106 | Pt | Mo | H ₂ O | - | 60 |
| 3.49 | 4.107 | Ti | Al | HCl | 1 | 25 |
| 3.50 | 4.108 | Bi | Zr | H ₂ O, O ₂ | 14 | 25 |
| 3.51 | 4.109 | Ag | Pb | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.52 | 4.110 | V | Nb | H ₂ O, O ₂ | 5 | 25 |
| 3.53 | 4.111 | Ag | Au | H ₂ O, O ₂ | 7 | 25 |
| 3.54 | 4.112 | Pd | Sb | H ₂ O, O ₂ | 3 | 25 |
| 3.55 | 4.113 | Er | Co | H ₂ O, O ₂ | 11 | 25 |
| 3.56 | 4.114 | Co | Sb | HCl | 0 | 25 |
| 3.57 | 4.115 | Ni | Ge | HCl | -1 | 25 |
| 3.58 | 4.116 | Al | Os | H ₂ O, O ₂ | 13 | 25 |

Тема 4. ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

4.1 Загальні відомості

У періодичній системі хімічних елементів металами є елементи I і II груп (крім водню), елементи III групи (крім бору); в IV групі – усі елементи, крім вуглецю й кремнію; в V групі – усі, крім азоту, фосфору й миш'яку; в VI групі – хром, молібден, вольфрам і полоній; в VII групі – марганець, технецій і реній; в VIII групі – усі, крім інертних газів.

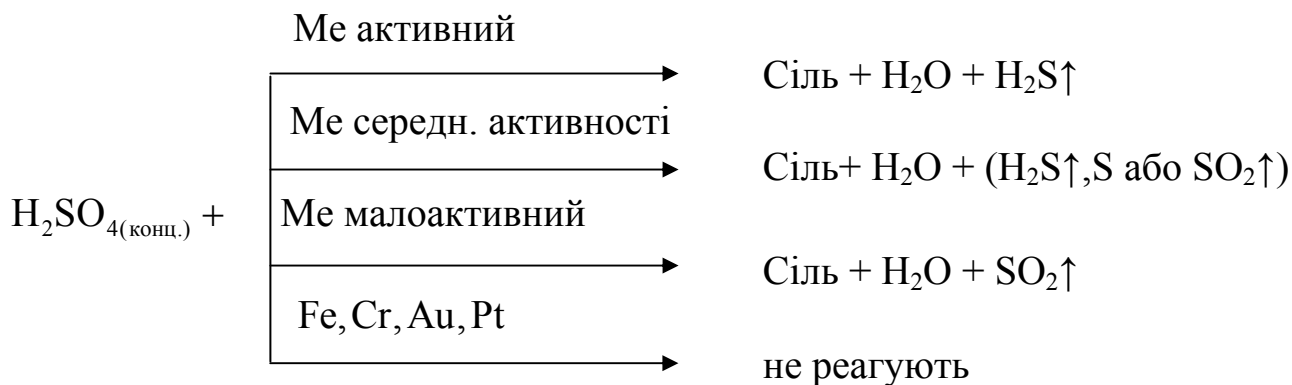
У вільному стані, тобто у вигляді простої речовини, метали мають нижчий ступінь окиснення, рівний нулю, і тому в окисно-відновних реакціях завжди є відновником. У ряді напруг металів їх відновна здатність тем вище, чим вони ближче до початку ряду.

Хімічна активність металу залежить від середовища, у якому відбувається їхня взаємодія з іншими речовинами. Якщо реакція протікає в газовій середовищі, то критерієм активності металу є енергія іонізації. При цьому чим нижче величина енергії іонізації, тем активніше метал. За цим критерієм самим активним металом є францій. Якщо ж реакція протікає в рідкій середовищі, то критерієм хімічної активності металу є електродний потенціал. По цьому показникові самим активним є літій, що розташований в ряді напруг першим.

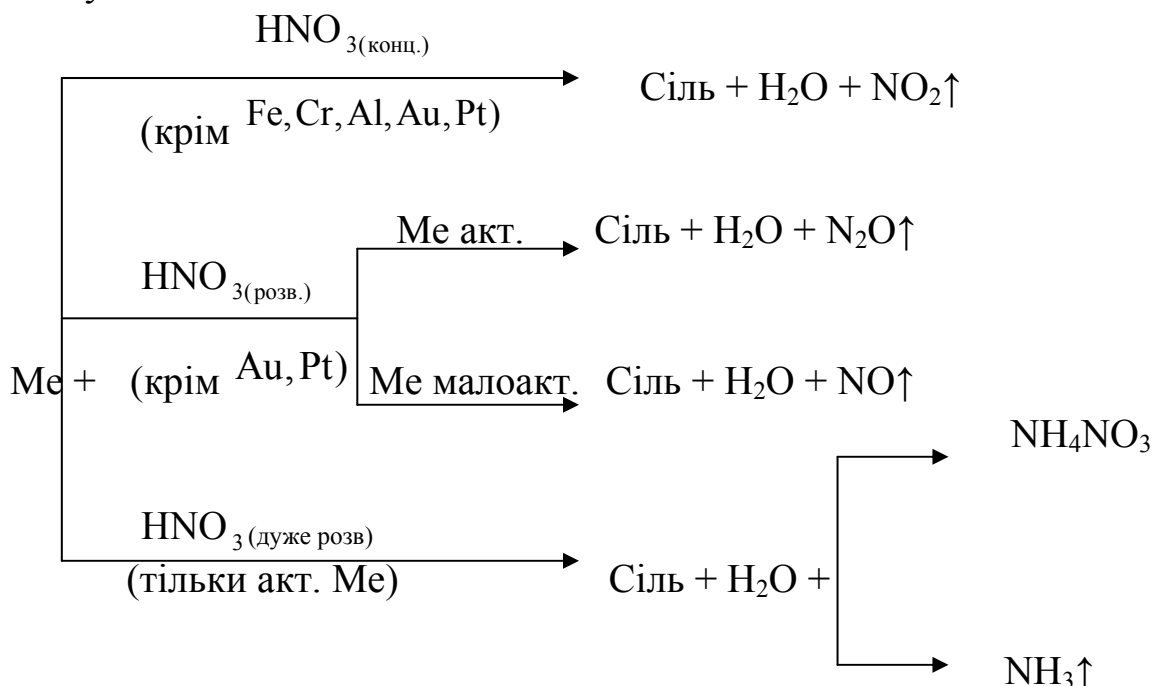
Якщо метал взаємодіє з розчинами азотної кислоти або з концентрованою сірчаною кислотою, то для порівняльної хімічної активності можна користуватися наступною умовною класифікацією металів:

- активні (від Li до Ti (II) у ряді напруг);
- середньої активності (від V до Mo);
- малоактивні (від Sn до кінця ряду).

Склад продуктів реакції металу з HNO_3 і H_2SO_4 залежить від багатьох факторів: концентрації розчину, температури й від активності металу. При взаємодії металу з концентрованою H_2SO_4 для визначення можливих продуктів реакції можна скористатися схемою:



При взаємодії металу з азотною кислотою (концентрованої або розведеної) для визначення можливих продуктів реакції рекомендується наступна схема



З розведеної H_2SO_4 й з безкисневими кислотами (HCl, H_2S, HCN й ін.) взаємодіють ті метали, у яких електродний потенціал не перевищує потенціалу водневого електрода. Таким чином, умовою протікання реакції металу з такими кислотами є співвідношення:

$$E_{Me} < E_{2H^+/H_2} \quad (4.1)$$

Продуктами їх взаємодії є сіль і газоподібний водень.

Умовою протікання хімічної реакції металу з водою є співвідношення:

$$E_{Me} < -0,059 \cdot pH \quad (4.2)$$

Для нейтральної води при $25^\circ C$ величина водневого показника рівна 7. Тому умовою протікання хімічної взаємодії металу з водою при $25^\circ C$ є співвідношення:

$$E_{Me} < -0,41 \text{ В.} \quad (4.3)$$

При інших температурах треба по додаткові Г визначити величину іонного добутку води й по формулі (3.7) розрахувати рН.

З водяними розчинами лугів взаємодіють ті метали, нижчі гідроксиди яких є амфотерними. Такими металами є: Al, Zn, Be, Sn, Pb. Реакція протікає у дві стадії. Спочатку метал взаємодіє з водою, утворюючи гідроксид і газоподібний водень. На другій стадії гідроксид металу вступає в реакцію з лугом. Продуктом цієї взаємодії є комплексне з'єднання – сіль.

З розчинами солей реагують ті метали, стандартний електродний потенціал яких нижче потенціалу металу, що утворює сіль. Інакше кажучи, більш активні метали витісняють менш активні з розчинів їх солей.

4.2 Індивідуальні завдання з теми 4

Завдання 1. Дописати рівняння тих реакцій, які можливі. Написати їхні електронні й іонно-молекулярні рівняння.

| | | | | |
|------|----|-------------------------------------|----|-------------------------------------|
| 4.1 | а) | $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Be + NaOH + H_2O \rightarrow$ |
| | б) | $Ag + H_2SO_{4(розв.)} \rightarrow$ | г) | $Fe + CuBr_2 \rightarrow$ |
| 4.2 | а) | $Zn + HNO_{3(розв.)} \rightarrow$ | в) | $Cu + H_2SO_{4(розв.)} \rightarrow$ |
| | б) | $Au + HNO_{3(розв.)} \rightarrow$ | г) | $Ca + H_2O \rightarrow$ |
| 4.3 | а) | $Ag + HNO_{3(розв.)} \rightarrow$ | в) | $Ag + Cu(NO_3)_2 \rightarrow$ |
| | б) | $Ag + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | г) | $Mo + H_2O \rightarrow$ |
| 4.4 | а) | $Cu + HNO_{3(розв.)} \rightarrow$ | в) | $Al + NaOH + H_2O \rightarrow$ |
| | б) | $Ag + HCl \rightarrow$ | г) | $Co + SnCl_2 \rightarrow$ |
| 4.5 | а) | $Mg + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Cu + H_2S \rightarrow$ |
| | б) | $Ga + H_2O \rightarrow$ | г) | $Hg + CuCl_2 \rightarrow$ |
| 4.6 | а) | $Al + HNO_{3(розв.)} \rightarrow$ | в) | $Mo + H_2SO_{4(розв.)} \rightarrow$ |
| | б) | $Cr + HNO_{3(конц.)} \rightarrow$ | г) | $Cu + AgNO_3 \rightarrow$ |
| 4.7 | а) | $Ag + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Cu + HBr \rightarrow$ |
| | б) | $Fe + HNO_{3(конц.)} \rightarrow$ | г) | $Al + Ni(NO_3)_2 \rightarrow$ |
| 4.8 | а) | $Hg + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Ni + CdCl_2$ |
| | б) | $Re + HCl \rightarrow$ | г) | $Al + H_2O \rightarrow$ |
| 4.9 | а) | $Cu + HNO_{3(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Al + H_2SO_{4(розв.)} \rightarrow$ |
| | б) | $Fe + HBr \rightarrow$ | г) | $Zn + AlCl_3 \rightarrow$ |
| 4.10 | а) | $Al + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow$ | в) | $Sc + H_2O \rightarrow$ |
| | б) | $Al + HNO_{3(конц.)} \rightarrow$ | г) | $Sn + KOH + H_2O \rightarrow$ |

| | | | | |
|------|----|---|----|---|
| 4.11 | а) | $\text{Pb} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Zn} + \text{MgCl}_2 \rightarrow$ | Г) | $\text{Bi} + \text{HCl} \rightarrow$ |
| 4.12 | а) | $\text{Ca} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Pb} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.13 | а) | $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Fe} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Hg} + \text{HCl} \rightarrow$ | Г) | $\text{Zn} + \text{CrCl}_3 \rightarrow$ |
| 4.14 | а) | $\text{Ba} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Ni} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Ni} + \text{HCl} \rightarrow$ | Г) | $\text{Pb} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$ |
| 4.15 | а) | $\text{Fe} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Pb} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Au} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{In} + \text{CuBr}_2 \rightarrow$ |
| 4.16 | а) | $\text{Ag} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{V} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Bi} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.17 | а) | $\text{Mn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{In} + \text{NiCl}_2 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{In} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.18 | а) | $\text{Ba} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Cr} + \text{FeSO}_4 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Ag} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | Г) | $\text{Cd} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.19 | а) | $\text{Zn} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Mg} + \text{AlCl}_3 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Ge} + \text{HCl} \rightarrow$ |
| 4.20 | а) | $\text{Bi} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Cu} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.21 | а) | $\text{Ni} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Ni} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Ni} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Ni} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.22 | а) | $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Cu} + \text{FeCl}_2 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.23 | а) | $\text{Hg} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Hg} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Bi} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$ |
| 4.24 | а) | $\text{Bi} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Mn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Sc} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Sn} + \text{ZnCl}_2 \rightarrow$ |
| 4.25 | а) | $\text{Mo} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Sb} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Be} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Cu} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$ |
| 4.26 | а) | $\text{Zn} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Mo} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.27 | а) | $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{In} + \text{CuI}_2 \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{Cd} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.28 | а) | $\text{Os} + \text{HNO}_3(\text{розв.}) \rightarrow$ | В) | $\text{In} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Co} + \text{HBr} \rightarrow$ | Г) | $\text{Ba} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| 4.29 | а) | $\text{In} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ | В) | $\text{Hg} + \text{HCl} \rightarrow$ |
| | б) | $\text{Fe} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ | Г) | $\text{V} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |

Завдання 2. Використовуючи рівняння реакції, розв'язати наступні завдання

4.30 У розведеній азотній кислоті розчинили 20,719г свинцю. Розрахувати обсяг газу, що виділився, при н.у.

4.31 У концентрованій сірчаній кислоті розчинили 243г магнію. Розрахувати обсяг газу, що виділився, при н.у.

4.32 У розведеному розчині КОН розчинили 100г технічного цинку, що містить 10% домішок. Розрахувати масу солі, що утворилася.

4.33 У деякому обсязі розведеної азотної кислоти втримується 100г речовини HNO_3 . Яка маса солі $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ утворюється при розчиненні в цій кислоті надлишку ртуті?

4.34 200г технічної міді, що містить 10% домішок, розчинили в надлишку розведеної азотної кислоти. Визначити обсяг газу, що виділився, при н.у.

4.35 Концентрована азотна кислота містить 200г речовини HNO_3 . Який обсяг газу при н.у. виділиться при розчиненні надлишку магнію?

4.36 400г кальцію розчинили в надлишку концентрованої сірчаної кислоти. Розрахувати обсяг газу, що виділився, при н.у.

4.37 Яка маса міді прореагує з розведеною азотною кислотою, що містить 100г речовини HNO_3 ?

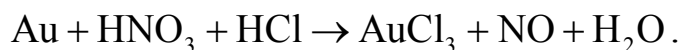
4.38 1кг технічного цинку, що містить 15% домішок, розчинили в соляній кислоті. Розрахувати обсяг газу при температурі 270°C .

4.39 Яку масу ртуті розчинили в розведеній азотній кислоті, якщо при цьому виділилося 60г газу?

4.40 Яку масу міді розчинили в концентрованій сірчаній кислоті, якщо при цьому виділилося 32г газу?

4.41 При розчиненні алюмінію в розведеній сірчаній кислоті виділилося 50л газу при н.у. Яка маса розчиненого металу?

4.42 Скільки грамів соляний і азотної кислот повинне бути в них суміші для розчинення 5г золота, якщо реакція протікає за схемою:



4.43 Який обсяг газу виділиться при розчиненні 100г алюмінію в надлишку розведеної азотної кислоти при температурі 300 K?

4.44 Яку масу срібла розчинили в концентрованій сірчаній кислоті, якщо при цьому виділилося 33,6л газу при н.у?

4.45 При розчиненні ртуті в концентрованій азотній кислоті виділилося 23г газу. Яку масу ртуті розчинили?

4.46 При розчиненні цинку у розчині NaOH виділилося 44,8л газу при н.у. Скільки грамів цинку розчинили?

4.47 Яку масу срібла розчинили в розведеній азотній кислоті, якщо при цьому виділилося 15г газу?

4.48 У деякому обсязі концентрованої сірчаної кислоти втримується 49г речовини H_2SO_4 . Яку масу срібла в ній можна розчинити?

4.49 Яку мінімальну масу речовини HNO_3 повинна містити розведена азотна кислота для повного розчинення 32г міді?

4.50 Реакція протікає за схемою:



Скільки грамів вісмуту розчиниться в 2л 0,1М кислоти?

4.51 При розчиненні кальцію в надлишку концентрованої сірчаної кислоти при н.у. виділилося 11,2л газу. Яка була маса кальцію?

4.52 У розведеному розчині лугу втримується 20г речовини NaOH . Яку максимальну масу олова можна розчинити в цій рідині?

4.53 При розчиненні срібла в надлишку розведеної азотної кислоти при н.у. виділилося 33,6л газу. Скільки грамів срібла розчинилося?

4.54 Який обсяг газу виділиться при розчиненні 100,3г ртуті в надлишку розведеної азотної кислоти?

4.55 Яка маса солі утворюється при розчиненні 10г кальцію в надлишку концентрованої азотної кислоти?

4.56 При розчиненні алюмінію в надлишку концентрованої сірчаної кислоти утворювалося 112л газу при н.у. Яка маса алюмінію була розчинена?

4.57 Яка маса ртуті прореагує з розведеною азотною кислотою, що містить 0,8 моля речовини HNO_3 ?

4.58 Скільки грамів марганцю можна розчинити в 200г 10% - ний сірчаної кислоти?

Завдання 3. За даними табл. 3.1 визначити, чи можливо хімічна взаємодія металів А и Б (роздільно друг від друга) з рідким середовищем В при значенні рН, рівному Г або розрахованому для температури Д.

5.1 Загальні відомості

Електролізом називається сукупність процесів, що відбуваються при пропусканні постійного електричного струму через електрохімічну систему, що складається із двох електродів і розчину або розплаву електроліту.

При електролізі хімічна реакція здійснюється за рахунок енергії електричного струму, який подається в систему ззовні. Електрод, на якому відбувається процес *окиснення*, називається *анодом*, а на якому відбувається процес *відновлення* – *катодом*. *При електролізі катод заряджений негативно, а анод – позитивно.*

При електролізі *розплаву* електроліту позитивно заряджені іони (катіони) переміщуються до негативно зарядженого електроду (катода). При зіткненні з поверхнею катода вони приєднують електрони й відновлюються. Негативно заряджені іони (аніони) електроліту переміщуються до позитивно зарядженого електроду (анода). При зіткненні з ним вони віддають електрони (окисняться). Підсумовування цих двох напівреакцій дає повну окисну - відновну реакцію, що протікає при електролізі.

Процес електролізу *розчину* електроліту трохи складніше, чим розплаву, оскільки в розчині є мінімум два компоненти - розчинник і розчинена речовина. Тому *при електролізі розчину на катоді можуть відновлюватися як катіони розчиненого речовини, так і молекули й катіони розчинника. Аналогічно цьому, на аноді можуть окиснитися як аніони розчиненого речовини, так і молекули й аніони розчинника.* Крім того, якщо анод виготовлений з активного металу, те можливо також і його окиснення.

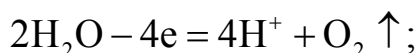
Аналогічно цьому, при електролізі розплаву декількох електролітів (наприклад, двох солей) на катоді можуть відновлюватися їхні катіони, а на аноді – окиснитися їхні аніони.

У всіх випадках можливого протікання двох або більш конкуруючих процесів на катоді буде здійснюватися той з них, у якого електродний потенціал вище, а на аноді – той, у якого потенціал нижче.

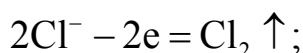
При цьому байдуже, з якого матеріалу виготовлений катод, але дуже важливий матеріал анода. Із цього погляду розрізняють *активні* (розчинні) і *інертні* (нерозчинні) *анооди*. Інертними є платинові, золоті й графітові аноди. Усі інші ставляться до типу активних.

Для швидкого й надійного прогнозування процесів, що протікають при електролізі розчинів електролітів, рекомендується використовувати наступні правила:

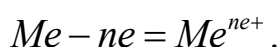
- при електролізі розчинів сульфатів, нітратів, фосфатів і перхлоратів або відповідних кислот *на інертному аноді* відбувається окиснення молекул води:



- при електролізі розчинів хлоридів або соляної кислоти *на інертному аноді* відбувається окиснення іонів хлору:



при використанні *активних анодів* окисним процесом є розчинення металу анода:



Кількісні розрахунки процесу електролізу виконуються на основі *закону Фарадея*: маса електроліту, що перетворюється при електролізі, а також маси речовин, що утворюються на електродах, пропорційні кількості електрики, що пройшла крізь розчин або розплав електроліту, і еквівалентним масам відповідних речовин.

Розрахункова формула закону Фарадея має вигляд:

$$m = \frac{I \cdot t \cdot m_e}{F}, \text{ г},$$

де I - сила струму, А; t - тривалість електролізу, сек; m_e - еквівалентна маса речовини, г/моль; $F = 96485$ Кл/моль – стала Фарадея.

Якщо в результаті електролізу утворюються гази (кисень, водень, хлор і ін.), то їх обсяги розраховуються по формулі:

$$V = \frac{I \cdot t \cdot V_e}{F}, \text{ л}$$

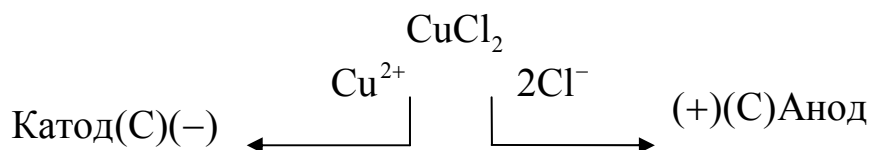
де V_e - еквівалентний обсяг даного газу, рівний 11,2 л/моль для H_2 і Cl_2 й 5,6 л/моль – для O_2 .

5.2 Приклади розв'язання типових задач

Завдання 1. Описати процес електролізу розплаву CuCl_2 в електролізері із графітовими електродами. Указати продукти на аноді й катоді.

Розв'язок

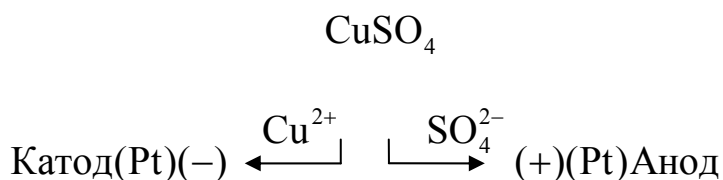
Схема електролізу:

На катоді: $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$.На аноді: $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$.Сумарно: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$, або в молекулярному виді:Продукти реакції: Cu - на катоді; Cl_2 - на аноді.

Завдання 2. Вивести рівняння реакції, що протікає при електролізі розчину CuSO_4 в електролізері з інертними електродами. Розрахувати обсяг газу, що виділився, якщо електроліз проводили протягом 10 годин при силі струму 1,5 А.

Розв'язок

Схема електролізу :



На катоді можливі два процеси:

- 1) $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$; $E_1 = 0,337\text{В}$.
- 2) $2\text{H}_2\text{O} + 2e = 2\text{OH}^- + \text{H}_2$; $E_2 = -0,8\text{В}$.

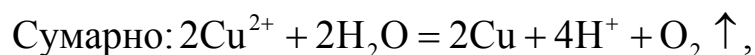
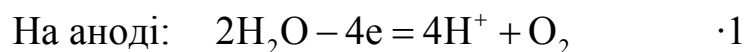
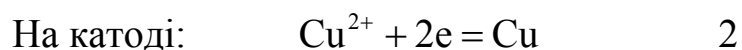
Тому що $E_1 > E_2$, те піде процес 1).

На аноді можливі два процеси:

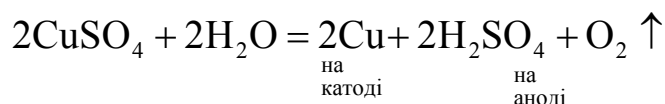
- 1) $2\text{SO}_4^{2-} - 2e = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$; $E_3 = 2,01\text{В}$.
- 2) $2\text{H}_2\text{O} - 4e = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$; $E_4 = 1,23\text{В}$.

Тому що $E_4 < E_3$, те піде процес 4).

У підсумку одержуємо наступні електродні напівреакції:



або в молекулярному виді:



За законом Фарадея обсяг кисню, що виділився складе:

$$V = \frac{I \cdot t \cdot V_e}{F} = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 3600 \cdot 5,6}{96500} = 3,1 \text{ л},$$

де $I = 1,5 \text{ А}$ – сила струму; $t = 10 \cdot 3600 \text{ сек}$ – тривалість електролізу; $V_e = 5,6 \text{ л/моль}$ – еквівалентний обсяг кисню; $F = 96500 \text{ Кл/моль}$ – стала Фарадея (округлене).

5.3 Індивідуальні завдання з теми 5

Вихідні дані зазначено в таблиці 5.1

Завдання 1. Описати процес електролізу розплаву речовини А в електролізері з інертними електродами.

Завдання 2. Вивести рівняння реакції, що протікає при електролізі розчину речовини Б у електролізері з електродами з матеріалу В. Розрахувати масу рідких або твердих і обсяг газоподібних продуктів, якщо тривалість електролізу становить Г годин при силі струму Д Амперів.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до завдань по темі 5

| Номер завдань | А | Б | В | Г | Д |
|---------------|-------------------|-----------------------------------|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5.1 | BeI ₂ | NiCl ₂ | C | 11 | 7 |
| 5.2 | CdF ₂ | Pb(NO ₃) ₂ | Au | 3 | 9 |
| 5.3 | SrCl ₂ | K ₂ SO ₄ | Pt | 12 | 6 |
| 5.4 | AlBr ₃ | CuSO ₄ | Ag | 4 | 8 |
| 5.7 | CoBr ₂ | Ca(NO ₃) ₂ | Al | 14 | 4 |
| 5.8 | FeCl ₂ | Na ₃ PO ₄ | Zn | 6 | 4 |
| 5.9 | SbF ₃ | K ₃ PO ₄ | Pt | 15 | 3 |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|-------------------|---|----|----|----|
| 5.10 | NiCl ₂ | H ₂ O | Au | 7 | 6 |
| 5.11 | CoCl ₂ | NaOH | Pt | 16 | 1 |
| 5.12 | FeI ₂ | CoSO ₄ | C | 8 | 2 |
| 5.13 | CuF ₂ | K ₂ SO ₄ | Cu | 17 | 5 |
| 5.14 | ZnBr ₂ | NaCl | Ag | 9 | 1 |
| 5.15 | MnCl ₂ | CuI ₂ | C | 18 | 3 |
| 5.16 | SnBr ₂ | Cr ₂ (SO ₄) ₃ | Pt | 10 | 10 |
| 5.17 | NiF ₂ | SnCl ₂ | C | 19 | 2 |
| 5.18 | CdBr ₂ | AgNO ₃ | Pt | 2 | 9 |
| 5.19 | ZnCl ₂ | AlBr ₃ | Au | 20 | 1 |
| 5.20 | CuBr ₂ | Cr(ClO ₄) ₃ | Zn | 5 | 8 |
| 5.21 | CoCl ₂ | Cr(ClO ₄) ₃ | Pt | 3 | 10 |
| 5.22 | SbBr ₃ | ZnCl ₂ | C | 6 | 7 |
| 5.23 | CrCl ₃ | KBr | Au | 7 | 9 |
| 5.24 | NiI ₂ | BiCl ₃ | Pt | 4 | 6 |
| 5.25 | MnI ₂ | NaBr | Au | 8 | 8 |
| 5.26 | NaCl | Cu(NO ₃) ₂ | Ni | 9 | 5 |
| 5.27 | BiCl ₃ | Li ₃ PO ₄ | Pt | 12 | 2 |
| 5.28 | MoF ₃ | Pb(NO ₃) ₂ | Au | 10 | 5 |
| 5.29 | CaI ₂ | BeCl ₂ | Au | 11 | 3 |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка – М.: Химия, 1998. – 704с.
2. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии/ Н.Л. Глинка – М.: Химия, 1998. – 264с.
3. Кириченко В.І. Загальна хімія / В.І. Кириченко. – К.: Вища школа, 2005. – 639с.
4. Сегеда А.С. Збірник завдань і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз/ А.С Сегеда, Р.Л. Галаган. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 429с.

ДОДАТОК А

Варіанти контрольних завдань

Таблиця А. 1 – Номера завдань по варіантах

| № вари- анта | Номера завдань | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 1.1 | 1.11 | 2.1 | 2.59 | 3.1 | 3.28 | 4.1 | 4.30 | 4.116 | 5.1 |
| 2 | 1.2 | 1.12 | 2.2 | 2.60 | 3.2 | 3.29 | 4.2 | 4.31 | 4.115 | 5.2 |
| 3 | 1.3 | 1.13 | 2.3 | 2.61 | 3.3 | 3.30 | 4.3 | 4.32 | 4.114 | 5.3 |
| 4 | 1.4 | 1.14 | 2.4 | 2.62 | 3.4 | 3.31 | 4.4 | 4.33 | 4.113 | 5.4 |
| 5 | 1.5 | 1.15 | 2.5 | 2.63 | 3.5 | 3.32 | 4.5 | 4.34 | 4.112 | 5.5 |
| 6 | 1.6 | 1.16 | 2.6 | 2.64 | 3.6 | 3.33 | 4.6 | 4.35 | 4.111 | 5.6 |
| 7 | 1.7 | 1.17 | 2.7 | 2.65 | 3.7 | 3.34 | 4.7 | 4.36 | 4.110 | 5.7 |
| 8 | 1.8 | 1.18 | 2.8 | 2.66 | 3.8 | 3.35 | 4.8 | 4.37 | 4.109 | 5.8 |
| 9 | 1.9 | 1.19 | 2.9 | 2.67 | 3.9 | 3.36 | 4.9 | 4.38 | 4.108 | 5.9 |
| 10 | 1.10 | 1.20 | 2.10 | 2.68 | 3.10 | 3.37 | 4.10 | 4.39 | 4.107 | 5.10 |
| 11 | 1.87 | 1.21 | 2.11 | 2.69 | 3.11 | 3.38 | 4.11 | 4.40 | 4.106 | 5.11 |
| 12 | 1.86 | 1.22 | 2.12 | 2.70 | 3.12 | 3.39 | 4.12 | 4.41 | 4.105 | 5.12 |
| 13 | 1.85 | 1.23 | 2.13 | 2.71 | 3.13 | 3.40 | 4.13 | 4.42 | 4.104 | 5.13 |
| 14 | 1.84 | 1.24 | 2.14 | 2.72 | 3.14 | 3.41 | 4.14 | 4.43 | 4.103 | 5.14 |
| 15 | 1.83 | 1.25 | 2.15 | 2.73 | 3.15 | 3.42 | 4.15 | 4.44 | 4.102 | 5.15 |
| 16 | 1.82 | 1.26 | 2.16 | 2.74 | 3.16 | 3.43 | 4.16 | 4.45 | 4.101 | 5.16 |
| 17 | 1.81 | 1.27 | 2.17 | 2.75 | 3.17 | 3.44 | 4.17 | 4.46 | 4.100 | 5.17 |
| 18 | 1.80 | 1.29 | 2.18 | 2.76 | 3.18 | 3.45 | 4.18 | 4.47 | 4.99 | 5.18 |
| 19 | 1.79 | 1.30 | 2.19 | 2.77 | 3.19 | 3.46 | 4.19 | 4.48 | 4.98 | 5.19 |
| 20 | 1.78 | 1.31 | 2.20 | 2.78 | 3.20 | 3.47 | 4.20 | 4.49 | 4.97 | 5.20 |
| 21 | 1.77 | 1.32 | 2.21 | 2.79 | 3.21 | 3.48 | 4.21 | 4.50 | 4.96 | 5.21 |
| 22 | 1.76 | 1.33 | 2.22 | 2.80 | 3.22 | 3.49 | 4.22 | 4.51 | 4.95 | 5.22 |
| 23 | 1.75 | 1.34 | 2.23 | 2.81 | 3.23 | 3.50 | 4.23 | 4.52 | 4.94 | 5.23 |
| 24 | 1.74 | 1.35 | 2.24 | 2.82 | 3.24 | 3.51 | 4.24 | 4.53 | 4.93 | 5.24 |
| 25 | 1.73 | 1.36 | 2.25 | 2.83 | 3.25 | 3.52 | 4.25 | 4.54 | 4.92 | 5.25 |
| 26 | 1.72 | 1.37 | 2.26 | 2.84 | 3.26 | 3.53 | 4.26 | 4.55 | 4.90 | 5.26 |
| 27 | 1.71 | 1.38 | 2.27 | 2.85 | 3.27 | 3.54 | 4.27 | 4.56 | 4.89 | 5.27 |
| 28 | 1.70 | 1.39 | 2.28 | 2.86 | 3.28 | 3.55 | 4.28 | 4.57 | 4.88 | 5.28 |
| 29 | 1.69 | 1.40 | 2.29 | 2.87 | 3.29 | 3.56 | 4.29 | 4.58 | 4.59 | 5.29 |
| 30 | 1.68 | 1.41 | 2.30 | 2.59 | 3.30 | 3.57 | 4.28 | 4.57 | 4.60 | 5.28 |
| 31 | 1.67 | 1.42 | 2.31 | 2.60 | 3.31 | 3.58 | 4.27 | 4.56 | 4.61 | 5.27 |
| 32 | 1.66 | 1.43 | 2.32 | 2.61 | 3.32 | 3.1 | 4.26 | 4.55 | 4.62 | 5.26 |
| 33 | 1.65 | 1.44 | 2.33 | 2.62 | 3.33 | 3.2 | 4.25 | 4.54 | 4.63 | 5.25 |

Продовження таблиці А1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 34 | 1.1 | 1.45 | 2.34 | 2.63 | 3.34 | 3.3 | 4.24 | 4.53 | 4.64 | 5.24 |
| 35 | 1.2 | 1.46 | 2.35 | 2.64 | 3.35 | 3.4 | 4.23 | 4.52 | 4.65 | 5.23 |
| 36 | 1.3 | 1.47 | 2.36 | 2.65 | 3.36 | 3.5 | 4.22 | 4.51 | 4.66 | 5.22 |
| 37 | 1.4 | 1.49 | 2.37 | 2.66 | 3.37 | 3.6 | 4.21 | 4.50 | 4.67 | 5.21 |
| 38 | 1.5 | 1.50 | 2.38 | 2.67 | 3.38 | 3.7 | 4.20 | 4.49 | 4.68 | 5.20 |
| 39 | 1.6 | 1.51 | 2.39 | 2.68 | 3.39 | 3.8 | 4.19 | 4.48 | 4.69 | 5.19 |
| 40 | 1.7 | 1.52 | 2.40 | 2.69 | 3.40 | 3.9 | 4.18 | 4.47 | 4.70 | 5.18 |
| 41 | 1.8 | 1.53 | 2.41 | 2.70 | 3.41 | 3.10 | 4.17 | 4.46 | 4.71 | 5.17 |
| 42 | 1.9 | 1.54 | 2.42 | 2.71 | 3.42 | 3.11 | 4.16 | 4.45 | 4.72 | 5.16 |
| 43 | 1.10 | 1.55 | 2.43 | 2.72 | 3.43 | 3.12 | 4.15 | 4.44 | 4.73 | 5.15 |
| 44 | 1.87 | 1.56 | 2.44 | 2.73 | 3.44 | 3.13 | 4.14 | 4.43 | 4.74 | 5.14 |
| 45 | 1.74 | 1.15 | 2.45 | 2.74 | 3.45 | 3.14 | 4.13 | 4.42 | 4.75 | 5.13 |
| 46 | 1.73 | 1.16 | 2.46 | 2.75 | 3.46 | 3.15 | 4.12 | 4.41 | 4.76 | 5.12 |
| 47 | 1.86 | 1.57 | 2.47 | 2.76 | 3.47 | 3.16 | 4.11 | 4.40 | 4.77 | 5.11 |
| 48 | 1.85 | 1.58 | 2.48 | 2.77 | 3.48 | 3.17 | 4.10 | 4.39 | 4.78 | 5.10 |
| 49 | 1.84 | 1.59 | 2.49 | 2.78 | 3.49 | 3.18 | 4.9 | 4.38 | 4.79 | 5.9 |
| 50 | 1.83 | 1.60 | 2.50 | 2.79 | 3.50 | 3.19 | 4.8 | 4.37 | 4.80 | 5.8 |
| 51 | 1.82 | 1.61 | 2.51 | 2.80 | 3.51 | 3.20 | 4.7 | 4.36 | 4.81 | 5.7 |
| 52 | 1.81 | 1.62 | 2.52 | 2.81 | 3.52 | 3.21 | 4.6 | 4.35 | 4.82 | 5.6 |
| 53 | 1.80 | 1.63 | 2.53 | 2.82 | 3.53 | 3.22 | 4.5 | 4.34 | 4.83 | 5.5 |
| 54 | 1.79 | 1.64 | 2.54 | 2.83 | 3.54 | 3.23 | 4.4 | 4.33 | 4.84 | 5.4 |
| 55 | 1.78 | 1.11 | 2.55 | 2.84 | 3.55 | 3.24 | 4.3 | 4.32 | 4.85 | 5.3 |
| 56 | 1.77 | 1.12 | 2.56 | 2.85 | 3.56 | 3.25 | 4.2 | 4.31 | 4.86 | 5.2 |
| 57 | 1.76 | 1.13 | 2.57 | 2.86 | 3.57 | 3.26 | 4.1 | 4.30 | 4.87 | 5.1 |
| 58 | 1.75 | 1.14 | 2.58 | 2.87 | 3.58 | 3.27 | 4.9 | 4.58 | 4.88 | 5.29 |

ДОДАТОК Б

Стандартні електродні потенціали E_{298}^0
(ряд напруг металів)

Таблиця Б.1 – Значення потенціалів

| Метал | E_{298}^0 , В | Метал | E_{298}^0 , В | Метал | E_{298}^0 , В |
|----------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| Li ⁺ /Li | -3,045 | Hf ⁴⁺ /Hf | -1,70 | 2H ⁺ /H ² | 0,000 |
| Rb ⁺ /Rb | -2,925 | Al ³⁺ /Al | -1,662 | Ge ²⁺ /Ge | 0,010 |
| K ⁺ /K | -2,925 | Zr ⁴⁺ /Zr | -1,63 | Sn ⁴⁺ /Sn ²⁺ | 0,15 |
| Cs ⁺ /Cs | -2,923 | Ti ²⁺ /Ti | -1,628 | Bi ³⁺ /Bi | 0,215 |
| Ra ²⁺ /Ra | -2,916 | V ²⁺ /V | -1,186 | Sb ³⁺ /Sb | 0,240 |
| Ba ²⁺ /Ba | -2,906 | Mn ²⁺ /Mn | -1,18 | As ³⁺ /As | 0,30 |
| Sr ²⁺ /Sr | -2,890 | Nb ³⁺ /Nb | -1,10 | Re ³⁺ /Re | 0,30 |
| Ca ²⁺ /Ca | -2,866 | Cr ²⁺ /Cr | -0,913 | Cu ²⁺ /Cu | 0,337 |
| Na ⁺ /Na | -2,714 | Zn ²⁺ /Zn | -0,763 | Ru ³⁺ /Ru | 0,450 |
| La ³⁺ /La | -2,522 | Cr ³⁺ /Cr | -0,744 | Cu ⁺ /Cu | 0,521 |
| Ce ³⁺ /Ce | -2,480 | Ga ³⁺ /Ga | -0,53 | Po ³⁺ /Po | 0,560 |
| Nd ³⁺ /Nd | -2,440 | Fe ²⁺ /Fe | -0,440 | Po ²⁺ /Po | 0,650 |
| Sm ³⁺ /Sm | -2,410 | Eu ³⁺ /Eu | -0,43 | Os ²⁺ /Os | 0,700 |
| Gd ³⁺ /Gd | -2,400 | Cr ³⁺ /Cr ²⁺ | -0,41 | Tl ³⁺ /Tl | 0,710 |
| Y ³⁺ /Y | -2,370 | Cd ²⁺ /Cd | -0,403 | Hg ₂ ²⁺ /2Hg | 0,789 |
| Mg ²⁺ /Mg | -2,363 | Ti ³⁺ /Ti | -0,368 | Ag ⁺ /Ag | 0,799 |
| Lu ³⁺ /Lu | -2,35 | In ³⁺ /In | -0,342 | Rh ³⁺ /Rh | 0,80 |
| Er ³⁺ /Er | -2,30 | Tl ⁺ /Tl | -0,336 | Hg ²⁺ /Hg | 0,854 |
| Sc ³⁺ /Sc | -2,08 | Co ²⁺ /Co | -0,277 | Pd ²⁺ /Pd | 0,987 |
| Pu ³⁺ /Pu | -2,07 | Ni ²⁺ /Ni | -0,250 | Ir ³⁺ /Ir | 1,00 |
| Th ⁴⁺ /Th | -1,90 | Mo ³⁺ /Mo | -0,20 | Pt ²⁺ /Pt | 1,20 |
| Np ³⁺ /Np | -1,86 | Sn ²⁺ /Sn | -0,136 | Au ³⁺ /Au | 1,498 |
| Be ²⁺ /Be | -1,847 | Pb ²⁺ /Pb | -0,126 | Au ⁺ /Au | 1,691 |
| U ³⁺ /U | -1,80 | Fe ³⁺ /Fe | -0,036 | | |

ДОДАТОК В

Стандартні окисно-відновні потенціали
деяких процесів у водяних розчинахТаблиця В.1 – Значення потенціалів E_{298}^0 , В

| Процес | E_{298}^0 , В |
|--|-----------------|
| $2\text{Br}^- - 2e = \text{Br}_2$ | 1,09 |
| $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$ | 1,36 |
| $2\text{F}^- - 2e = \text{F}_2$ | 2,87 |
| $2\text{I}^- - 2e = \text{I}_2$ | 0,54 |
| $4\text{OH}^- - 4e = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ | 0,40 |
| $2\text{H}_2\text{O} - 4e = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$ | 1,23 |
| $2\text{OH}^- + \text{H}_2 - 2e = 2\text{H}_2\text{O}$ | -0,80 |
| $2\text{SO}_4^{2-} - 2e = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ | 2,01 |

ДОДАТОК Г

Іонний добуток води K_w при температурах від 0 до 1000°CТаблиця Г.1 – Значення K_w

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

ЕЛЕКТРОННЕ УЧБОВО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Базаянц Георгій Вартанович
Доненко Вікторія Дмитрівна

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
І ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ПО СПЕЦІАЛЬНИХ РОЗДІЛАХ КУРСУ ХІМІЇ
(ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 0601 – "БУДІВНИЦТВО Й АРХІТЕКТУРА")
(НАПРЯМОК ПІДГОТОВКИ 6.060101 – "БУДІВНИЦТВО")**

Підписане до випуску 24.11.11. Гарнітура Times New.
Умов. друк. аркуш. 5,31 Заявка № 453

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51
E-mail: drukfn@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідчення про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007г.