

Лабораторна робота 8

ОКИСНО-ВІДНОВНІ ПРОЦЕСИ

Завдання для домашньої підготовки

Процеси окислення та відновлення. Окисники та відновники. Послідовність складання окислювально-відновних реакцій, їх класифікація. Урівнювання окисно-відновних реакцій методом електронного балансу (метод Некрасова). Вплив середовища на перебіг окисно-відновних реакцій.

Електродний потенціал, його утворення, вимірювання електродних потенціалів. Стандартні електродні потенціали. Таблиця окисно-відновних потенціалів. Напрямок перебігу окисно-відновних реакцій. Залежність електродних потенціалів від температури та концентрації. Формула Нернста. Ряд напруг металів. Типи електродів.

Гальванічний елемент, його електрохімічна схема. Процеси, що відбуваються на електродах при роботі гальванічного елемента. Електрорушійна сила гальванічного елемента.

Поняття про електроліз. Умови, необхідні для проведення електролізу. Анодне окиснення та катодне відновлення. Електроліз з нерозчинним та розчинним анодами. Закони електролізу. Послідовність розряду іонів на катоді та аноді. Закони Фарадея. Використання електролізу (отримання та очищення металів, захисні покриття).

Корозія металів. Класифікація корозійних процесів за механізмом корозії. Хімічна і електрохімічна корозія. Причини, що сприяють корозії. Електродні процеси у корозійних гальванічних елементів. Методи захисту металів від корозії: легування металів; захисні покриття (неметалічні, металічні); електрохімічні методи захисту (протекторний, зовнішнього потенціалу); зміна агресивності корозійного середовища (введення інгібіторів, зменшення концентрації агресивних компонентів).

Запитання та задачі

1. У наведених рівняннях реакцій визначте окисник та відновник, розставте коефіцієнти методом електронного балансу, вкажіть її тип. За значеннями окисно-відновних потенціалів визначте напрямок самочинного перебігу останньої з наведених реакцій.

Варіант	Завдання
1	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{O}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeCl}_3 + \text{KI} = \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl}$
2	$\text{I}_2 + \text{KOH} = \text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CuSO}_4 + \text{Al} = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu}$
3	$\text{HNO}_2 = \text{NO} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ni} + \text{HCl} = \text{NiCl}_2 + \text{H}_2$
4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{HCl} = \text{CrCl}_3 + \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe} + \text{MnSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Mn}$
5	$\text{Cr} + \text{O}_2 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

	$\text{Br}_2 + \text{SnBr}_2 = \text{SnBr}_4$
6	$\text{Cl}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCl}_2 + \text{Ba}(\text{ClO})_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CdSO}_4 + \text{Ag} = \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{Cd}$
7	$\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$ $\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = \text{FeCl}_3$
8	$\text{Al} + \text{HNO}_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HI} + \text{S} = \text{H}_2\text{S} + \text{I}_2$
9	$\text{Zn} + \text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu} + \text{FeCl}_3 = \text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$
10	$\text{N}_2\text{H}_4 = \text{NH}_3 + \text{N}_2$ $\text{Cu} + \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{KMnO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeSO}_4 = \text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
12	$\text{CuSO}_4 + \text{KI} = \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2 + \text{Sn} = \text{SnSO}_4$
13	$\text{KClO}_3 = \text{KClO}_4 + \text{KCl}$ $\text{Zn} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{ZnSO}_4 + \text{FeSO}_4$
14	$\text{KClO}_3 = \text{KCl} + \text{O}_2$ $\text{Fe} + \text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{MnO}_2 + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SnCl}_4 + \text{FeCl}_2 = \text{FeCl}_3 + \text{SnCl}_2$
16	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2$
17	$\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{FeSO}_4 + \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{NaI} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
18	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} = \text{Cl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cr}$
19	$\text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2 + \text{FeSO}_4 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$
20	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Bi} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$
21	$\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Zn}$
22	$\text{KIO} = \text{KIO}_3 + \text{KI}$ $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Al} = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{Hg}$
23	$\text{KI} + \text{Cl}_2 = \text{KCl} + \text{I}_2$ $\text{Al} + \text{HNO}_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CoSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ag} + \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 = \text{AgNO}_3 + \text{Ni}$
25	$\text{NH}_3 + \text{Br}_2 = \text{HBr} + \text{N}_2$ $\text{O}_3 + \text{KI} + \text{HCl} = \text{O}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
26	$\text{NO}_2 + \text{KOH} = \text{KNO}_3 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SnSO}_4 = \text{Sn}(\text{SO}_4)_2 + \text{FeSO}_4$
27	$\text{ClO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}(\text{ClO}_2)_2 + \text{Ba}(\text{ClO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$

	$\text{Al} + \text{HCl} = \text{AlCl}_3 + \text{H}_2$
28	$\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$ $\text{Fe} + \text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
29	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Al} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{Pb}$
30	$\text{Ni} + \text{HNO}_3 = \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu} + \text{CoSO}_4 = \text{Co} + \text{CuSO}_4$

2. Складіть схему, запишіть рівняння електродних процесів та струмоутворюючої реакції, розрахуйте ЕРС гальванічного елемента, який складається з двох металічних пластин, занурених у розчини їх солей із зазначеною в умові концентрацією іонів металів. Розрахуйте стандартну ЕРС такого гальванічного елемента.

Варіант	Завдання	Варіант	Завдання
1	$C(\text{Fe}^{2+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,01$ моль/л	16	$C(\text{Al}^{3+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 10^{-4}$ моль/л
2	$C(\text{Al}^{3+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Cr}^{3+}) = 10^{-3}$ моль/л	17	$C(\text{Cr}^{3+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л
3	$C(\text{Mg}^{2+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Ni}^{2+}) = 10^{-4}$ моль/л	18	$C(\text{Ag}^+) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Cd}^{2+}) = 1$ моль/л
4	$C(\text{Ag}^+) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Mn}^{2+}) = 0,1$ моль/л	19	$C(\text{Cu}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Sn}^{2+}) = 1$ моль/л
5	$C(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 0,1$ моль/л	20	$C(\text{Mg}^{2+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-3}$ моль/л
6	$C(\text{Cr}^{3+}) = 10^{-3}$ моль/л; $C(\text{Cd}^{2+}) = 10^{-4}$ моль/л	21	$C(\text{Cu}^{2+}) = 10^{-3}$ моль/л; $C(\text{Al}^{3+}) = 0,1$ моль/л
7	$C(\text{Sn}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Pb}^{2+}) = 1$ моль/л	22	$C(\text{Fe}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 1$ моль/л
8	$C(\text{Mg}^{2+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Al}^{3+}) = 0,1$ моль/л	23	$C(\text{Mn}^{2+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 10^{-4}$ моль/л
9	$C(\text{Zn}^{2+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 10^{-3}$ моль/л	24	$C(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Cr}^{3+}) = 0,1$ моль/л
10	$C(\text{Mg}^{2+}) = 10^{-3}$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л	25	$C(\text{Cu}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 1$ моль/л
11	$C(\text{Cr}^{3+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Fe}^{2+}) = 0,1$ моль/л	26	$C(\text{Fe}^{2+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Sn}^{2+}) = 0,1$ моль/л
12	$C(\text{Bi}^{3+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л	27	$C(\text{Bi}^{3+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Al}^{3+}) = 0,1$ моль/л
13	$C(\text{Mn}^{2+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Cr}^{3+}) = 10^{-4}$ моль/л	28	$C(\text{Bi}^{2+}) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л
14	$C(\text{Ag}^+) = 0,01$ моль/л; $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1$ моль/л	29	$C(\text{Fe}^{2+}) = 1$ моль/л; $C(\text{Mn}^{2+}) = 0,1$ моль/л
15	$C(\text{Zn}^{2+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Fe}^{2+}) = 0,01$ моль/л	30	$C(\text{Bi}^{3+}) = 0,1$ моль/л; $C(\text{Ag}^+) = 0,01$ моль/л

3. Складіть рівняння електродних процесів, що відбуваються при електролізі водного розчину сполуки з заданими в умові електродами:

Варіант	Завдання
1	AgNO_3 , електроди а) платинові; б) срібні
2	AlCl_3 , електроди а) графітові; б) алюмінієві
3	Li_2SO_4 , електроди платинові; KOH , електроди графітові
4	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) графітові; б) магнієві
5	CuSO_4 , електроди а) платинові; б) мідні
6	ZnSO_4 , електроди а) графітові; б) цинкові
7	FeI_2 , електроди а) платинові; б) залізні
8	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, електроди а) графітові; б) хромові
9	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) платинові; б) кадмієві
10	CoSO_4 , електроди а) платинові; б) кобальтові
11	NiCl_2 , електроди а) графітові; б) нікелеві
12	SnCl_2 , електроди а) графітові; б) олов'яні
13	FeCl_2 , електроди а) платинові; б) залізні
14	$\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) графітові; б) олов'яні
15	CrBr_3 , електроди а) платинові; б) хромові
16	AlBr_3 , електроди а) графітові; б) алюмінієві
17	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) платинові; б) свинцеві
18	CuCl_2 , електроди а) графітові; б) мідні
19	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) платинові; б) нікелеві
20	ZnCl_2 , електроди а) платинові; б) цинкові
21	FeSO_4 , електроди а) графітові; б) залізні
22	CoCl_2 , електроди а) графітові; б) кобальтові
23	NaBr , електроди а) платинові; б) алюмінієві
24	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, електроди а) графітові; б) алюмінієві
25	SnSO_4 , електроди а) платинові; б) олов'яні
26	NaOH , електроди графітові; H_2SO_4 , електроди платинові
27	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, електроди а) графітові; б) хромові
28	K_2SO_4 , електроди платинові; K_2S , електроди графітові
29	CdSO_4 , електроди а) платинові; б) кадмієві
30	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, електроди а) графітові; б) цинкові

Експериментальна частина

1. Мідно-цинковий гальванічний елемент

Налийте у скляний стакан 50 мл розчину сульфату міді ($C(\text{CuSO}_4) = 1$ моль/л) і занурте в нього мідну пластинку, у керамічний стакан – стільки ж розчину сульфату цинку ($C(\text{ZnSO}_4) = 1$ моль/л) і помістіть у нього цинкову пластинку. Керамічний стакан обережно опустіть у скляний. Виміряйте вольтметром різницю потенціалів та порівняйте її з теоретичною ЕРС.

Складіть електрохімічну схему гальванічного елемента та наведіть рівняння реакцій, що відбуваються на електродах при його роботі.

2. Електроліз водного розчину йодиду калію

Налийте в електролізер розчин йодиду калію, додайте 2-3 краплі фенолфталеїну. Занурте у розчин електроди з вуглецю та підключіть їх до джерела постійного струму. Поясніть, чому змінюється забарвлення розчину біля електродів. Складіть рівняння реакцій, що відбуваються на електродах.

3. Електроліз водного розчину сульфату міді

а) Налийте в скляний стакан розчин сульфату міді і опустіть у нього графітові електроди. Підключіть їх до джерела сталого струму. Простежте за змінами, що відбуваються на електродах. Запишіть рівняння реакцій, які пояснюють ці зміни.

б) Поміняйте полюси електродів. Підключіть до того ж джерела струму. Простежте за зміною стану електродів. Складіть рівняння реакцій, що відбуваються на електродах у цьому випадку.

Додаток А

Стандартні потенціали металічних електродів

Метал	Електродна реакція	ϕ°, B	Метал	Електродна реакція	ϕ°, B
Li	$Li^{+} + e \rightleftharpoons Li$	-3,05	Cd	$Cd^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cd$	-0,40
K	$K^{+} + e \rightleftharpoons K$	-2,92	Co	$Co^{2+} + 2e \rightleftharpoons Co$	-0,28
Ba	$Ba^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ba$	-2,91	Ni	$Ni^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ni$	-0,25
Ca	$Ca^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ca$	-2,87	Sn	$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn$	-0,14
Na	$Na^{+} + e \rightleftharpoons Na$	-2,71	Pb	$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb$	-0,13
Mg	$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg$	-2,27	Fe	$Fe^{3+} + 3e \rightleftharpoons Fe$	-0,04
Be	$Be^{2+} + 2e \rightleftharpoons Be$	-1,85	H_2	$2H^{+} + 2e \rightleftharpoons H_2$	0,0
Al	$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al$	-1,66	Cu	$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu$	+0,34
Ti	$Ti^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ti$	-1,63	Ag	$Ag^{+} + e \rightleftharpoons Ag$	+0,80
Mn	$Mn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mn$	-1,18	Hg	$Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg$	+0,85
Zn	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0,76	Pt	$Pt^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pt$	+1,19
Cr	$Cr^{3+} + 3e \rightleftharpoons Cr$	-0,71	Au	$Au^{3+} + 3e \rightleftharpoons Au$	+1,42
Fe	$Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe$	-0,44			

Додаток В

Стандартні окисно-відновні потенціали

Електродна реакція	ϕ°, B
Окиснена форма + e \rightleftharpoons відновлена форма	
$MnO_4^{-} + 8H^{+} + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51
$MnO_4^{-} + 2H_2O + 3e \rightleftharpoons MnO_2 + 4OH^{-}$	+0,60
$MnO_4^{-} + e \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	+0,56
$MnO_2 + 4H^{+} + 2e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$	+1,23
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^{+} + 6e \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
$HNO_2 + H^{+} + e \rightleftharpoons NO + H_2O$	+0,99
$NO_3^{-} + 2H^{+} + e \rightleftharpoons NO_2 + H_2O$	+0,78
$NO_3^{-} + 4H^{+} + 3e \rightleftharpoons NO + 2H_2O$	+0,96
$2NO_3^{-} + 12H^{+} + 10e \rightleftharpoons N_2 + 6H_2O$	+1,24
$NO_3^{-} + 3H^{+} + 2e \rightleftharpoons HNO_2 + H_2O$	+0,94
$S + 2H^{+} + 2e \rightleftharpoons H_2S$	+0,14
$SO_4^{2-} + 4H^{+} + 2e \rightleftharpoons SO_2 + 2H_2O$	+0,17
$SO_4^{2-} + 8H^{+} + 6e \rightleftharpoons S + 4H_2O$	+0,36
$SO_4^{2-} + 10H^{+} + 8e \rightleftharpoons H_2S + 4H_2O$	+0,31
$H_2SO_3 + 4H^{+} + 4e \rightleftharpoons S + 3H_2O$	+0,45
$F_2 + 2e \rightleftharpoons 2F^{-}$	+2,84
$Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Cl^{-}$	+1,36
$Br_2 + 2e \rightleftharpoons 2Br^{-}$	+1,08
$I_2 + 2e \rightleftharpoons 2I^{-}$	+0,53
$Co^{3+} + e \rightleftharpoons Co^{2+}$	+1,84
$Fe^{3+} + e \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+0,77
$Sn^{4+} + 2e \rightleftharpoons Sn^{2+}$	+0,15
$2Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg_2^{2+}$	+0,92
$PbO_2 + 4H^{+} + 2e \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	+1,45
$O_2 + 2H_2O + 4e \rightleftharpoons 4OH^{-}$	+0,40
$O_2 + 4H^{+} + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,23
$O_2 + 2H^{+} + 2e \rightleftharpoons H_2O_2$	+0,68
$H_2O_2 + 2H^{+} + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,78