

Увага!

Робота повинна бути оформлена із зазначенням даних:

1. Назва роботи
2. Назва та номер групи
3. Прізвище, ім'я та по батькові
4. Номер варіанту (повинен відповідати порядковому номеру в журналі групи!)

Виконані роботи надсилаємо на E-mail: kirilesha72@gmail.com у форматі .pdf.

Назва файлу – прізвище студента.

Індивідуальне завдання до лабораторної роботи № 13

«Визначення електрорушійної сили (ЕРС) гальванічних елементів»

Для заданого гальванічного елемента при $T = 298 \text{ K}$:

1. Вказати катод і анод; які процеси перебігають на електродах? Записати схему гальванічного елемента.
2. Записати рівняння окислювально-відновної реакції (ОВР), що перебігає в гальванічному елементі.
3. Розрахувати стандартну ЕРС гальванічного елемента (E^0).
4. Розрахувати константу рівноваги ОВР.
5. Розрахувати електродні потенціали напівелементів при заданих активностях іонів.
6. Розрахувати ЕРС гальванічного елемента (E) при заданих активностях іонів.

ПРИКЛАД

Таблиця вихідних даних

№	Гальванічний елемент	Стандартні потенціали	
1	$\text{Pt} \text{H}^+, \text{Mn}^{2+}, \text{MnO}_4^- \text{S}_2\text{O}_3^{2-}, \text{S}_4\text{O}_6^{2-} \text{Pt}$ <i>a</i> 0,01 0,1 0,2 0,02 0,01	$8\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- + 5e =$ $= \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\phi^0 = +1,51 \text{ V}$	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ $\phi^0 = +0,09 \text{ V}$

Розв'язання:

1. Вказати катод і анод; які процеси перебігають на електродах? Записати схему гальванічного елемента.

Оскільки ЕРС завжди додатна величина, негативним електродом буде той, який має менше значення електродного потенціалу. Враховуючи, що

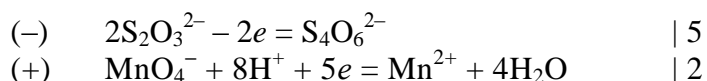
$$\phi^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}, \text{H}^+) = 1,51 \text{ V} > \phi^0(\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,09 \text{ V},$$

можна зробити висновок, що напівреакція $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ є окислювальною (перебігає в прямому напрямку, на електроді відбувається процес відновлення, отже цей електрод є катодом і позначається знаком(+)), а напівреакція $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ є відновною (перебігає в зворотному напрямку: $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} - 2e = \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, на електроді відбувається процес окиснення, отже цей електрод є анодом і позначається знаком(-)). У правильно складеній схемі запису гальванічного елемента анод розташовують зліва, а катод – справа:

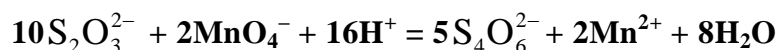


2. Записати рівняння окислювально-відновної реакції (ОВР), що перебігає в гальванічному елементі.

Записуємо реакції, які перебігають на аноді та катоді гальванічного елемента:



Оскільки в процесі окиснення беруть участь 2 електрони, а в процесі відновлення – 5, застосовуємо метод електронного балансу: множимо рівняння реакції, що перебігає на аноді на 5, а на катоді – на 2. Запишемо рівняння окисно-відновної реакції і розставимо коефіцієнти:



3. Розрахувати стандартну ЕРС гальванічного елемента (E^0).

При розрахунку електрорушійної сили ЕРС завжди з потенціалу катоду (більш позитивного) віднімають потенціал аноду, розташованого у схемі зліва (більш негативного). Пам'ятаємо, що *ЕРС є завжди позитивною величиною*.

$$E^0 = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 - E_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}^0 = 1,51 - 0,09 = 1,42 \text{ В}$$

4. Розрахувати константу рівноваги ОВР.

Для визначення константи рівноваги спочатку знаходимо зміну стандартної енергії Гіббса:

$$\Delta G = -nFE^0,$$

де n – число електронів, що беруть участь в окислювально-відновній реакції;

F – число Фарадея, 96487 Кл/моль;

E^0 – стандартна ЕРС (за температури 298 К), В.

Число електронів, що беруть участь в реакції $n = 2 \times 5 = 10$.

$$\Delta G = -10 \cdot 96500 \cdot 1,42 = -1,370 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Далі застосовуємо співвідношення, що поєднує зміну стандартної енергії Гіббса та константу рівноваги

$$\Delta G = -R \cdot T \cdot \ln K_p,$$

яке розв'язуємо відносно K_p :

$$K_p = \exp(-\Delta G/R \cdot T)$$

$$K_p = \exp(-1,370 \cdot 10^6 / -(8,314 \cdot 298)) = e^{553}$$

5. Розрахувати електродні потенціали напівелементів при заданих активностях іонів.

Для розрахунку електродних потенціалів при заданих активностях іонів скористаємося рівнянням Нернста:

$$\varphi_{\text{Ox}/\text{Red}} = \varphi_{\text{Ox}/\text{Red}}^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}},$$

де φ^0 – стандартний електродний потенціал, a_{ox} , a_{Red} – активності окисненої та відновленої форм.

Обчислюємо електродні потенціали (відповідно до напівреакцій):

$$\varphi_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = \varphi_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}}}{a_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}^2} = 0,09 + \frac{8,314 \cdot 298}{2 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{0,01}{0,02^2} = 0,131 \text{ В}$$

$$\varphi_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = \varphi_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{R \cdot T}{5 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{MnO}_4^-} \cdot a_{\text{H}^+}^8}{a_{\text{Mn}^{2+}}} = 1,52 + \frac{8,314 \cdot 298}{5 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{0,2 \cdot 0,01^8}{0,1} = 1,32 \text{ В}$$

6. Розрахувати ЕРС гальванічного елемента (E) при заданих активностях іонів.

Розраховуємо ЕРС гальванічного елемента:

$$E = \varphi_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} - \varphi_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = 1,32 - 0,131 = 1,19 \text{ В}$$

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

№	Гальванічний елемент	Стандартні потенціали	
1	Pt Cr ³⁺ , Cr ²⁺ Co ³⁺ , Co ²⁺ Pt a 0,1 0,05 0,5 0,1	Cr ³⁺ + 1e = Cr ²⁺ φ ⁰ = -0,41 В	Co ³⁺ + 1e = Co ²⁺ φ ⁰ = +1,95 В
2	Pt U ⁴⁺ , U ³⁺ Co ³⁺ , Co ²⁺ Pt a 0,1 0,04 0,05 0,2	U ⁴⁺ + 1e = U ³⁺ φ ⁰ = -0,64 В	Co ³⁺ + 1e = Co ²⁺ φ ⁰ = +1,95 В
3	Pt Cr ³⁺ , Cr ²⁺ Sn ⁴⁺ , Sn ²⁺ Pt a 0,1 0,2 0,3 0,1	Cr ³⁺ + 1e = Cr ²⁺ φ ⁰ = -0,41 В	Sn ⁴⁺ + 2e = Sn ²⁺ φ ⁰ = +0,15 В
4	Pt U ⁴⁺ , U ³⁺ Cr ³⁺ , Cr ²⁺ Pt a 0,5 0,05 0,5 0,01	U ⁴⁺ + 1e = U ³⁺ φ ⁰ = -0,64 В	Cr ³⁺ + 1e = Cr ²⁺ φ ⁰ = -0,41 В
5	Pt Ce ⁴⁺ , Ce ³⁺ Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Pt a 0,1 0,05 0,5 0,1	Ce ⁴⁺ + 1e = Ce ³⁺ φ ⁰ = +1,74 В	Fe ³⁺ + 1e = Fe ²⁺ φ ⁰ = +0,771 В
6	Pt Cu ²⁺ , Cu ⁺ Sn ⁴⁺ , Sn ²⁺ Pt a 0,1 0,5 0,2 0,1	Cu ²⁺ + 1e = Cu ⁺ φ ⁰ = +0,159 В	Sn ⁴⁺ + 2e = Sn ²⁺ φ ⁰ = +0,15 В
7	Pt U ⁴⁺ , U ³⁺ In ³⁺ , In ⁺ Pt a 0,1 0,5 0,4 0,1	U ⁴⁺ + 1e = U ³⁺ φ ⁰ = -0,64 В	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В
8	Pt Tl ³⁺ , Tl ⁺ Mn ³⁺ , Mn ²⁺ Pt a 0,1 0,02 0,6 0,2	Tl ³⁺ + 2e = Tl ⁺ φ ⁰ = +1,28 В	Mn ³⁺ + 1e = Mn ²⁺ φ ⁰ = +1,51 В
9	Pt Pb ⁴⁺ , Pb ³⁺ Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Pt a 0,1 0,5 0,05 0,1	Pb ⁴⁺ + 2e = Pb ²⁺ φ ⁰ = +1,8 В	Fe ³⁺ + 1e = Fe ²⁺ φ ⁰ = +0,771 В
10	Pt U ⁴⁺ , U ³⁺ Tl ³⁺ , Tl ⁺ Pt a 0,1 0,08 0,5 0,2	U ⁴⁺ + 1e = U ³⁺ φ ⁰ = -0,64 В	Tl ³⁺ + 2e = Tl ⁺ φ ⁰ = +1,28 В
11	Pt MnO ₄ ⁻ , MnO ₄ ²⁻ Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Pt a 0,05 0,01 0,2 0,1	MnO ₄ ⁻ + 1e = MnO ₄ ²⁻ φ ⁰ = +0,558 В	Fe ³⁺ + 1e = Fe ²⁺ φ ⁰ = +0,771 В
12	Pt Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Tl ³⁺ , Tl ²⁺ Pt a 0,05 0,1 0,07 0,03	Fe ³⁺ + 1e = Fe ²⁺ φ ⁰ = +0,771 В	Tl ³⁺ + 2e = Tl ⁺ φ ⁰ = +1,28 В
13	Pt In ²⁺ , In ⁺ V ³⁺ , V ²⁺ Pt a 0,1 0,2 0,5 0,2	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В	V ³⁺ + 1e = V ²⁺ φ ⁰ = -0,255 В
14	Pt RuO ₄ ⁻ , RuO ₄ ²⁻ Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Pt a 0,02 0,01 0,4 0,1	RuO ₄ ⁻ + 1e = RuO ₄ ²⁻ φ ⁰ = +0,59 В	Fe ³⁺ + 1e = Fe ²⁺ φ ⁰ = +0,771 В
15	Pt In ²⁺ , In ⁺ IrCl ₆ ²⁻ , IrCl ₆ ³⁻ Pt a 0,1 0,2 0,5 0,6	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В	IrCl ₆ ²⁻ + 1e = IrCl ₆ ³⁻ φ ⁰ = +1,02 В
16	Pt Ti ³⁺ , Ti ²⁺ Pb ⁴⁺ , Pb ²⁺ Pt a 0,01 0,1 0,05 0,02	Ti ³⁺ + 1e = Ti ²⁺ φ ⁰ = -0,37 В	Pb ⁴⁺ + 2e = Pb ²⁺ φ ⁰ = +1,8 В
17	Pt V ³⁺ , V ²⁺ Pu ⁴⁺ , Pu ³⁺ Pt a 0,2 0,5 0,2 0,8	V ³⁺ + 1e = V ²⁺ φ ⁰ = -0,255 В.	Pu ⁴⁺ + 1e = Pu ³⁺ φ ⁰ = +0,970 В
18	Pt In ²⁺ , In ⁺ Ti ³⁺ , Ti ²⁺ Pt a 0,01 0,1 0,05 0,2	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В	Ti ³⁺ + 1e = Ti ²⁺ φ ⁰ = -0,37 В
19	Pt U ⁴⁺ , U ³⁺ RuO ₄ ⁻ , RuO ₄ ²⁻ Pt a 0,1 0,5 0,05 0,01	U ⁴⁺ + 1e = U ³⁺ φ ⁰ = -0,64 В	RuO ₄ ⁻ + 1e = RuO ₄ ²⁻ φ ⁰ = +0,59 В
20	Pt Cu ²⁺ , Cu ⁺ Pb ⁴⁺ , Pb ²⁺ Pt a 0,1 0,5 0,2 0,1	Cu ²⁺ + 1e = Cu ⁺ φ ⁰ = +0,159 В	Pb ⁴⁺ + 2e = Pb ²⁺ φ ⁰ = +1,8 В
21	Pt Ce ⁴⁺ , Ce ³⁺ In ²⁺ , In ⁺ Pt a 0,15 0,05 0,21 0,17	V ³⁺ + 1e = V ²⁺ φ ⁰ = -0,255 В.	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В
22	Pt Pu ⁴⁺ , Pu ³⁺ Ti ³⁺ , Ti ²⁺ Pt a 0,2 0,05 0,4 0,05	Pu ⁴⁺ + 1e = Pu ³⁺ φ ⁰ = +0,970 В	Ti ³⁺ + 1e = Ti ²⁺ φ ⁰ = -0,37 В
23	Pt In ²⁺ , In ⁺ Tl ³⁺ , Tl ²⁺ Pt a 0,1 0,2 0,5 0,6	In ³⁺ + 2e = In ⁺ φ ⁰ = -0,40 В	Tl ³⁺ + 2e = Tl ⁺ φ ⁰ = +1,28 В