

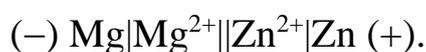
Лабораторная работа 3

Гальванические элементы

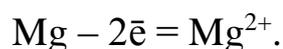
Примеры решения типовых задач

Пример 1. Составьте схему гальванического элемента, в котором электродами являются магниевая и цинковая пластинки, опущенные в растворы их ионов с активной концентрацией 1 моль/дм³. Какой металл является анодом, какой катодом? Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей в этом гальваническом элементе, и вычислите его ЭДС.

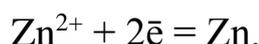
Решение. Схема данного гальванического элемента



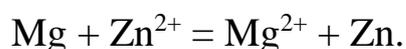
Магний имеет меньший потенциал (-2,37 В) и является анодом, на котором протекает окислительный процесс



Цинк потенциал которого -0,763 В является катодом, т.е. электродом, на котором протекает восстановительный процесс



Уравнение окислительно-восстановительной реакции, которая лежит в основе работы данного гальванического элемента, можно получить, сложив электронные уравнения анодного и катодного процессов



Для определения электродвижущей силы E гальванического элемента из потенциала катода следует вычесть потенциал анода. Так как концентрация ионов в растворе равна 1 моль/дм³, то ЭДС элемента равна разности стандартных потенциалов катода и анода

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

Пример 2. Стандартный электродный потенциал никеля больше, чем у кобальта (см. приложение). Изменится ли это соотношение, если

измерить потенциал никеля в растворе его ионов с концентрацией 0,001 моль/дм³, а кобальта – 0,1 моль/дм³?

Решение. Электродный потенциал металла φ зависит от концентрации его ионов в растворе. Эта зависимость выражается уравнением Нернста.

Для никеля и кобальта стандартные электродные потенциалы соответственно равны $-0,25$ и $-0,277$ В. Определим электродные потенциалы этих металлов при данных концентрациях растворов:

$$\varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = -0,25 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = -0,337 \text{ В};$$

$$\varphi_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = -0,277 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-1} = -0,306 \text{ В}.$$

Таким образом, при изменившихся концентрациях потенциал кобальта стал больше потенциала никеля.

Пример 3. Магниевую пластинку опустили в раствор соли магния. При этом электродный потенциал магния оказался равен $-2,41$ В. Вычислите концентрацию ионов магния в моль/дм³.

Решение. Подобные задачи также решаются на основании уравнения Нернста (см. пример 2):

$$-2,41 = -2,37 + \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Mg}^{2+}};$$

$$-0,04 = 0,029 \cdot \lg C_{\text{Mg}^{2+}};$$

$$\lg C_{\text{Mg}^{2+}} = -\frac{0,04}{0,029} = -1,3793 = 2,6207;$$

$$C_{\text{Mg}^{2+}} = 4,17 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3.$$

Пример 4. Вычислите активность ионов H^+ (a_{H^+}) в растворе, в котором потенциал водородного электрода при 25°C равен -82 мВ.

Решение. Поскольку φ° для водородного электрода принят за ноль, то

$$\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,059 \cdot \lg a_{\text{H}^+}.$$

Из данного уравнения находим

$$\lg a_{H^+} = \frac{\varphi}{0,059} = \frac{0,082}{0,059} = -1,39,$$

откуда $a_{H^+} = 0,041$ моль/дм³.

Задание 1. Для каждого гальванического элемента - а) и б):

- Указать, какие электроды являются катодом и анодом (см. приложение).
- Составить схему гальванического элемента.
- Написать уравнения реакций на аноде, на катоде и суммарное уравнение электрохимической реакции.
- Рассчитать электродные потенциалы анода, катода и рассчитать ЭДС гальванического элемента.

Задание 1 выполняется по вариантам (табл.1).

Таблица 1

Номер варианта	Схема гальванического элемента
1 и 17	а) Sn/Sn ²⁺ (0,1M) Ag ⁺ (1M)/Ag ; б) Zn ²⁺ (1M)/Zn Zn/Zn ²⁺ (0,01M)
2 и 18	а) Ag ⁺ (10M)/Ag Cu/Cu ²⁺ (0,01M); б) Zn/Zn ²⁺ (0, 1M) Zn ²⁺ (1M)/Zn.
3 и 19	а) Cu ²⁺ (0,1M)/Cu Cd/Cd ²⁺ (0,001M); б) Cu ²⁺ (1M)/Cu Cu/Cu ²⁺ (0,01M) .
4 и 20	а) Cd/Cd ²⁺ (0,01M) Ag ⁺ (0,1M)/Ag ; б) Zn ²⁺ (0,1M)/Zn Zn/Zn ²⁺ (0,001M).
5 и 21	а) Ag ⁺ (0,1M)/Ag Sn/Sn ²⁺ (0,001M); б) Cu/Cu ²⁺ (0,01M) Cu ²⁺ (10M)/Cu.
6 и 22	а) Pb ²⁺ (1M)/Pb Mg/Mg ²⁺ (0,1M); б) Cu ²⁺ (1M)/Cu Cu/Cu ²⁺ (0,001M).
7 и 23	а) Pb/Pb ²⁺ (0,1M) Ag ⁺ (1M)/Ag ; б) Zn ²⁺ (10M)/Zn Zn/Zn ²⁺ (0,01M).
8 и 24	а) Ag ⁺ (0,1M)/Ag Cu/Cu ²⁺ (0,01M); б) Zn/Zn ²⁺ (0,001M) Zn ²⁺ (0,1M)/Zn.
9 и 25	а) Fe ²⁺ (1M)/Fe Mg/Mg ²⁺ (0,1M); б) Pb ²⁺ (1M)/Pb Pb/Pb ²⁺ (0,01M).
10 и 26	а) Ni/Ni ²⁺ (0,1M) Cu ²⁺ (1M)/Cu ;

	б) $Zn^{2+}(10M)/Zn \parallel Zn/Zn^{2+}(0,1M)$.
11 и 27	а) $Ag^+(1M)/Ag \parallel Sn/Sn^{2+}(0,001M)$; б) $Pb/Pb^{2+}(0,1M) \parallel Pb^{2+}(10M)/Pb$.
12 и 28	а) $Fe^{2+}(10M)/Fe \parallel Mg/Mg^{2+}(1M)$; б) $Zn^{2+}(0,1M)/Zn \parallel Zn/Zn^{2+}(0,001M)$.
13 и 29	а) $Ag^+(1M)/Ag \parallel Al/Al^{3+}(0,1M)$; б) $Cd/Cd^{2+}(0,001M) \parallel Cd^{2+}(1M)/Cd$.
14 и 30	а) $Co/Co^{2+}(1M) \parallel Ag^+(10M)/Ag$; б) $Cd^{2+}(10M)/Cd \parallel Cd/Cd^{2+}(0, 1M)$.
15 и 31	а) $Mg/Mg^{2+}(0,1M) \parallel Ag^+(10M)/Ag$; б) $Co/Co^{2+}(0,01M) \parallel Co^{2+}(10M)/Co$.
16 и 32	а) $Ag^+(10M)/Ag \parallel Fe/Fe^{2+}(0,01M)$; б) $Cd^{2+}(1M)/Cd \parallel Cd/Cd^{2+}(0,1M)$

Задание 2. Каждому варианту отвечает своё индивидуальное задание.

1. Составьте схему, напишите электронные уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из пластин кадмия и магния, помещенных в растворы своих солей с концентрацией $[Mg^{2+}] = [Cd^{2+}] = 1$ моль/дм³. Изменится ли величина ЭДС, если концентрацию каждого из ионов понизить до 0,01 моль/дм³?

Ответ: 1,967 В.

2. Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса цинковой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а) $CuSO_4$; б) $MgSO_4$; в) $Pb(NO_3)_2$. Почему? Составьте электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

3. При какой концентрации ионов Zn^{2+} (в моль/дм³) потенциал цинкового электрода будет на 0,015 В меньше его стандартного электродного потенциала?

Ответ: 0,31 моль/дм³.

4. Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса кадмиевой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а) $AgNO_3$; б) $ZnSO_4$; в) $NiSO_4$? Почему? Составьте электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

5. Марганцевый электрод в растворе его соли имеет потенциал $-1,23$ В. Вычислите концентрацию ионов Mn^{2+} в моль/дм³.

Ответ: $2 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³.

6. Потенциал серебряного электрода в растворе AgNO_3 составил 95 % от величины его стандартного электродного потенциала. Чему равна концентрация ионов Ag^+ в моль/дм³?

Ответ: 0,21 моль/дм³.

7. Никелевый и кобальтовый электроды помещены соответственно в растворы $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. В каком соотношении должна быть концентрация ионов этих металлов, чтобы потенциалы обоих электродов были одинаковыми.

Ответ: $C_{\text{Ni}^{2+}} : C_{\text{Co}^{2+}} \approx 0,117$.

8. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых медь была бы катодом, а в другом – анодом. Напишите для каждого из этих элементов электронные уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде.

9. При какой концентрации ионов Cu^{2+} в моль/дм³ значение потенциала медного электрода становится равным стандартному потенциалу водородного элемента?

Ответ: $2,99 \cdot 10^{-12}$ моль/дм³.

10. Какой гальванический элемент называется концентрационным? Составьте схему, напишите электронные уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из серебряных электродов, помещенных: первый – в 0,01 н., второй – в 0,1 н. растворы AgNO_3 .

Ответ: 0,059 В.

11. При каком условии будет работать гальванический элемент, электроды которого сделаны из одного и того же металла? Составьте схему, напишите электронные уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, в котором один никелевый электрод находится в 0,001 М растворе, а другой такой же электрод – в 0,01 М растворе сульфата никеля.

Ответ: 0,0295 В.

12. Составьте схему, напишите электронные уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из свинцовой и магниевой пластин, помещенных в растворы своих солей с концентрациями $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Mg}^{2+}] = 0,01$ моль/дм³. Изменится ли ЭДС этого элемента, если концентрацию каждого из ионов увеличить в одинаковое число раз? *Ответ:* 2,244 В.

13. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никель является катодом, а в другом – анодом. Напишите для каждого из этих элементов электронные уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде.

14. Электродный потенциал системы $Zn|ZnSO_4$ при $25\text{ }^\circ\text{C}$ равен $-0,7925\text{ В}$. Чему равна концентрация электролита $ZnSO_4$ в указанной системе?

Ответ: $0,1\text{ М}$.

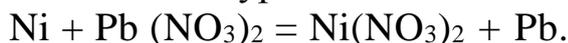
15. Гальванический элемент состоит из металлического кадмия, погруженного в $0,002\text{ н.}$ раствор нитрата кадмия, и металлического серебра, погруженного в $0,01\text{ н.}$ раствор нитрата серебра. Составьте схему элемента, напишите уравнения электродных реакций, вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $1,174\text{ В}$.

16. Составьте схему гальванического элемента, состоящего из пластин цинка и железа, погруженных в растворы их солей. Напишите электронные уравнения процессов, протекающих на аноде и катоде. Какой концентрации надо было бы взять ионы железа (II) (в моль/дм³), чтобы ЭДС элемента стала равной нулю, если $[Zn^{2+}] = 0,001\text{ моль/дм}^3$?

Ответ: $1,12 \cdot 10^{-14}\text{ моль/дм}^3$.

17. Составьте схему гальванического элемента, в основе которого лежит реакция, протекающая по уравнению



Напишите электронные уравнения анодного и катодного процессов. Вычислите ЭДС этого элемента, если $[Ni^{2+}] = 0,01\text{ моль/дм}^3$; $[Pb^{2+}] = 0,0001\text{ моль/дм}^3$.

Ответ: $0,065\text{ В}$.

18. Никелевый электрод в растворе своей соли имеет потенциал $-0,22\text{ В}$. Вычислите концентрацию ионов Ni^{2+} в моль/дм³.

Ответ: $10,4\text{ моль/дм}^3$.

19. Гальванический элемент состоит из металлического хрома, погруженного в $0,001\text{ М}$ раствор хлорида хрома, и металлического свинца, погруженного в $0,01\text{ М}$ раствор хлорида свинца. Составьте схему элемента, напишите уравнение электродных реакций и вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $0,614\text{ В}$.

20. При какой концентрации ионов Pb^{2+} (в моль/дм³) потенциал свинцового электрода будет на $0,059\text{ В}$ меньше его стандартного электродного потенциала.

Ответ: $0,01\text{ моль/дм}^3$.

21. Гальванический элемент состоит из металлического серебра, погруженного в $0,1\text{ н.}$ раствор нитрата серебра, и металлического кадмия, погруженного в $0,02\text{ н.}$ раствор сульфата кадмия. Составьте схему элемента, напишите уравнение электродных реакций и вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $1,203\text{ В}$.

22. Потенциал электрода $\text{Pt, H}_2 | \text{NaOH}$ при $25\text{ }^\circ\text{C}$ равен -767 мВ . Вычислите молярную концентрацию раствора гидроксида натрия?

Ответ: $0,1\text{ моль/дм}^3$.

23. Гальванический элемент состоит из металлического алюминия, погруженного в $0,006\text{ н.}$ раствор сульфата алюминия, и металлической меди, погруженной в $0,04\text{ н.}$ раствор нитрата меди. Составьте схему элемента, напишите уравнение электродных реакций и вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $2,049\text{ В}$.

24. Гальванический элемент состоит из металлического железа, погруженного в $0,02\text{ н.}$ раствор сульфата железа (II), и металлического золота, погруженного в $0,01\text{ н.}$ раствор хлорида золота (I). Составьте схему элемента, напишите уравнения электродных реакций и вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $2,081\text{ В}$.

25. Потенциал электрода $\text{Pt, H}_2 | \text{HCl}$ неизвестной концентрации при $25\text{ }^\circ\text{C}$ равен -118 мВ . Определите молярную концентрацию раствора соляной кислоты.

Ответ: $0,01\text{ моль/дм}^3$.

26. Гальванический элемент состоит из металлического свинца, погруженного в $0,02\text{ н.}$ раствор нитрата свинца, и металлического магния, погруженного в $0,002\text{ н.}$ раствор сульфата магния. Составьте схему элемента, напишите уравнения электродных реакций и вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $2,274\text{ В}$.

27. Гальванический элемент состоит из металлической меди, погруженной в $0,2\text{ н.}$ раствор сульфата меди, и металлического цинка, погруженного в $0,02\text{ н.}$ раствор хлорида цинка. Вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$, напишите уравнения электродных реакций, составьте схему элемента.

Ответ: $1,133\text{ В}$.

28. ЭДС цепи $\text{Cu} | \text{CuSO}_4 || \text{ZnSO}_4 | \text{Zn}$ при $25\text{ }^\circ\text{C}$ равна $1,039\text{ В}$. Молярная концентрация раствора сульфата цинка равна $0,1\text{ М}$. Определите концентрацию ионов меди.

Ответ: $6,78 \cdot 10^{-4}\text{ моль/дм}^3$.

29. Гальванический элемент состоит из металлического серебра, погруженного в $0,0001\text{ н.}$ раствор нитрата серебра, и металлического свинца, погруженного в $0,002\text{ н.}$ раствор нитрата свинца. Составьте схему элемента, напишите уравнение электродных реакций, вычислите ЭДС элемента при $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Ответ: $0,778\text{ В}$.

30. Железная и серебряная пластины соединены внешним проводником и погружены соответственно в стандартные растворы нитратов железа и серебра, соединенные полупроницаемой мембраной. Составьте схему данного гальванического элемента и напишите уравнения процессов, происходящих на аноде и на катоде. Рассчитайте ЭДС гальванического элемента.

Ответ: 1,24 В.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2

**Стандартные электродные потенциалы φ^0 некоторых металлов
(ряд напряжений)**

Электрод	φ^0 , В	Электрод	φ^0 , В
1	2	3	4
Li⁺/Li	-3,045	Co²⁺/Co	-0,277
Rb⁺/Rb	-2,925	Ni²⁺/Ni	-0,25
K⁺/K	-2,924	Sn²⁺/Sn	-0,136
Cs⁺/Cs	-2,923	Pb²⁺/Pb	-0,126
Ba²⁺/Ba	-2,90	Fe³⁺/Fe	-0,037
Ca²⁺/Ca	-2,87	2H⁺/H₂	-0,000
Na⁺/Na	-2,714	Sb³⁺/Sb	+0,20
Mg²⁺/Mg	-2,37	Bi³⁺/Bi	+0,215
Al³⁺/Al	-1,70	Cu²⁺/Cu	+0,34
Ti²⁺/Ti	-1,603	Cu⁺/Cu	+0,52
Zr⁴⁺/Zr	-1,58	Hg₂²⁺/2Hg	+0,79
Mn²⁺/Mn	-1,18	Ag⁺/Ag	+0,80
V²⁺/V	-1,18	Hg²⁺/Hg	+0,85
Zn²⁺/Zn	-0,763	Pt²⁺/Pt	+ 1,19
Cr³⁺/Cr	-0,74	Au³⁺/Au	+ 1,50
Fe²⁺/Fe	-0,44	Au⁺/Au	+ 1,70
Cd²⁺/Cd	-0,403		

