

Задание к самостоятельной работе № 4.
«Химические источники тока. Электролиз и его применение. Защита металлов от электрохимической коррозии».

Задача 1.

В вариантах 1- 10

- Составьте схему гальванического элемента (ГЭ), в котором протекает заданная реакция (табл.1).
- На основании стандартных электродных потенциалов укажите катод и анод в полученном ГЭ.
- Запишите анодную и катодную реакции.
- Рассчитайте:
 - ✓ максимальную электрическую работу ГЭ;
 - ✓ ЭДС токообразующей реакции (ТОР) протекающей в данной системе (двумя способами);
 - ✓ ЭДС ГЭ при снижении активности потенциалопределяющих ионов катода в 100 раз. Сравните полученные данные со стандартным значением ЭДС.

Таблица 1

№ п/п	Токообразующая реакция, протекающая в ГЭ
1	$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$
2	$Fe + NiSO_4 = FeSO_4 + Ni$
3	$Co + H_2SO_4 = CoSO_4 + H_2$
4	$Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag$
5	$H_2 + CuSO_4 = H_2SO_4 + Cu$
6	$Cd + NiSO_4 = CdSO_4 + Ni$
7	$Zn + NiSO_4 = ZnSO_4 + Ni$
8	$Cu + Hg(NO_3)_2 = Cu(NO_3)_2 + Hg$
9	$Fe + NiSO_4 = FeSO_4 + Ni$
10	$Sn + Hg(NO_3)_2 = Sn(NO_3)_2 + Hg$

В вариантах 11- 21:

- Определите электролиты в катодной и анодной зонах ГЭ, составленного из предложенных электродов (табл. 2).
- Вычислите потенциалы электродов при условиях, указанных в условии задания.
- На основании электродных потенциалов определите, какой из двух электродов в ГЭ будет анодом и какой – катодом.
- Составьте схему ГЭ и укажите направление перемещения электронов во внешней цепи.
- Напишите уравнения электродных процессов и уравнение токообразующей реакции в ГЭ.
- Вычислите ЭДС ГЭ.
- На основании расчетов, предложите способ, который приведет к увеличению ЭДС данного ГЭ (способ а или б выберите сами):
 - а) за счет изменения концентрации электролита (например, увеличения или уменьшения в 10 раз);
 - б) за счет изменения рН среды (например, увеличения или уменьшения на 1 единицу рН).

Таблица 2

№ п/п	Качественный и количественный состав химического источника тока	
	электроды	электролиты (растворы)
11	цинковый и водородный	ZnSO ₄ , $a(\text{Zn}^{2+}) = 1,0 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; H ₂ SO ₄ , pH = 2,0
12	серебряный и водородный	AgNO ₃ , $a(\text{Ag}^+) = 0,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; H ₂ SO ₄ , pH = 1,0
13	водородные	KOH: $a(\text{H}^+) = 1,0 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; $a(\text{H}^+) = 0,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
14	серебряные	AgNO ₃ : $a(\text{Ag}^+) = 0,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; $a(\text{Ag}^+) = 0,005 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
15	водородные	HCl: $a(\text{H}^+) = 0,05 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; $a(\text{H}^+) = 0,2 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
16	водородные	CH ₃ COOH: $a(\text{H}^+) = 1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; HCOOH: $a(\text{H}^+) = 0,002 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
17	магниевые	MgSO ₄ : $a(\text{Mg}^{2+}) = 0,001 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; $a(\text{Mg}^{2+}) = 1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
18	никелевый и серебряный	Ni(NO ₃) ₂ , $a(\text{Ni}^{2+}) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; AgNO ₃ , $a(\text{Ag}^+) = 0,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
19	медные	CuSO ₄ : $a(\text{Cu}^{2+}) = 1,0 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; $a(\text{Cu}^{2+}) = 0,001 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$
20	золотой и водородный	AuCl ₃ , $a(\text{Au}^{3+}) = 0,1 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$; HCl pH = 2,0

В вариантах 21 - 30

- Запишите анодную и катодную реакции, протекающие в ГЭ (табл 3).
- Рассчитайте:
 - ✓ максимальную электрическую работу ГЭ;
 - ✓ ЭДС токообразующей реакции (ТОР), протекающей в данной системе (двумя способами);
 - ✓ ЭДС ГЭ при снижении активности потенциалопределяющих ионов анода в 100 раз. Сравните полученные данные со стандартным значением ЭДС;
 - ✓ Укажите, как будет меняться значение электродных потенциалов анода и катода при работе ГЭ?
 - ✓ Покажите графически и объясните, почему напряжение ГЭ не равно ЭДС.
 - ✓ Предложите условия, которые позволили бы увеличить напряжение ГЭ.

Таблица 3

№ п/п	Схема гальванического элемента	Концентрации потенциалопределяющих ионов, моль/л
21	Zn ZnCl ₂ KCl Pt(Cl ₂)	[Zn ²⁺]=0,5; p(Cl ₂)=1атм; [Cl ⁻]=0,1
22	Pt(H ₂) H ₂ SO ₄ KCl Pt(Cl ₂)	p(H ₂)=1атм; p(Cl ₂)=1атм; [Cl ⁻]=0,1
23	Mg MgSO ₄ NiSO ₄ Ni	[Mg ²⁺]=0,1; [Ni ²⁺]=1

24	Zn ZnSO ₄ CdSO ₄ Cd	[Zn ²⁺]=0,1; [Cd ²⁺]=1
25	Mn MnSO ₄ ZnSO ₄ Zn	[Mn ²⁺]=1; [Zn ²⁺]=0,01
26	Pt(H ₂) H ₂ SO ₄ CuSO ₄ Cu	p(H ₂)=1 атм; pH=2; [Cu ²⁺]=0,1
27	Pt(H ₂) H ₂ SO ₄ AgNO ₃ Ag	p(H ₂)=1 атм; pH=3; [Ag ⁺]=0,5
28	Cd CdSO ₄ CuSO ₄ Cu	[Cd ²⁺]=0,1; [Cu ²⁺]=0,5
29	Zn ZnSO ₄ H ₂ SO ₄ Pt(H ₂)	[Zn ²⁺]=0,5; p(H ₂)=1 атм; pH=1
30	Ni Ni SO ₄ H ₂ SO ₄ Pt(H ₂)	[Ni ²⁺]=0,1; p(H ₂)=1 атм; pH=2

Задача 2.

В вариантах 1- 20

- Запишите ионный состав и качественно оцените pH среды электролита в электролизере (табл. 4, ст. 1).
- На основании потенциалов разряда частиц, испытывающих превращения на электродах, напишите уравнения катодных и анодных реакций. Укажите, будет ли и как меняться реакция среды у анода и катода в процессе электролиза.
- Покажите графически предполагаемый ход поляризационных кривых.

В вариантах 1- 10:

- Рассчитайте массы восстанавливающихся и окисляющихся на электродах металлов, если выход металлов по току ($V_{T,Me}$) - 100 % , а в случае, когда на электродах происходит несколько процессов с участием металлов, примите, что выход по току одинаков, и в сумме составляет 100 %. Время проведения электролиза - 4 часа, сила тока - 1,5 А.
- Напишите уравнения электродных процессов, если при том же составе электролита используется другой электродный материал (табл.4, ст. 2)

В вариантах 11 – 20

- Рассчитайте объемы газов (н.у.), выделяющихся на электродах, если выход газов по току ($V_{T,газ}$) –100 %, а в случае, когда на электродах происходит несколько процессов с участием газообразных веществ, примите, что их выход по току одинаков, и в сумме составляет 100 %. Время проведения электролиза 2 часа, сила тока – 2,0 А.
- Напишите уравнения электродных процессов, если при том же составе электролита используется другой электродный материал (табл.4, ст. 2).

Таблица 4

№ п/п	Схема электролизера	
	1	2
1	(-)K Fe/ZnSO ₄ , Na ₂ SO ₄ , Al ₂ (SO ₄) ₃ , H ₂ SO ₄ , H ₂ O/Zn A(+)	C
2	(-)K Pb/CdSO ₄ , K ₂ SO ₄ , Al ₂ (SO ₄) ₃ , MgCl ₂ , H ₂ O/Cd A(+)	Pt
3	(-)K Cd/SnSO ₄ , H ₂ SO ₄ , H ₂ O/Sn A(+)	C
4	(-)K Cu/SnCl ₂ , HCl, NaCl, H ₂ O/Sn A(+)	Au
5	(-)K Fe/ NaCl, NiSO ₄ , H ₂ O/Zn A(+)	C
6	(-)K Fe/SnSO ₄ , Na ₂ SO ₄ , NaCl, H ₂ SO ₄ /Sn A(+)	Pt

7	$(-)K \text{ Fe} / \text{ZnI}_2, \text{CuSO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Cu} \text{ A}(+)$	Pt
8	$(-)K \text{ Fe} / \text{Zn}(\text{NO}_3)_2, \text{SnSO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Zn} \text{ A}(+)$	C
9	$(-)K \text{ Cd} / \text{Pb}(\text{NO}_3)_2, \text{NiCl}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{Pb} \text{ A}(+)$	Au
10	$(-)K \text{ Al} / \text{FeSO}_4, \text{CoSO}_4, \text{KCl} / \text{Fe} \text{ A}(+)$	C
11	$(-)K \text{ Zn} / \text{CuSO}_4, \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Pt} \text{ A}(+)$	Cu
12	$(-)K \text{ Cu} / \text{AuCl}_3, \text{KOH}, \text{CoSO}_4 / \text{Au} \text{ A}(+)$	Co
13	$(-)K \text{ Pt} / \text{AlCl}_3, \text{ZnSO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Pt} \text{ A}(+)$	Zn
14	$(-)K \text{ Fe} / \text{FeSO}_4, \text{NaCl}, \text{HCl} / \text{C}_{(zp)}$	Fe
15	$(-)K \text{ Pt} / \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Pt} \text{ A}(+)$	Fe
16	$(-)K \text{ Fe} / \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3, \text{HI}, \text{Na}_2\text{SO}_4 / \text{C}_{(zp)} \text{ A}(+)$	Cr
17	$(-)K \text{ Pt} / \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{H}_2\text{O} / \text{Pt} \text{ A}(+)$	Zn
18	$(-)K \text{ Zn} / \text{CuSO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{Pt} \text{ A}(+)$	Cu
19	$(-)K \text{ Co} / \text{KCl}, \text{KOH}, \text{CoSO}_4 / \text{Au} \text{ A}(+)$	Co
20	$(-)K \text{ C}_{(zp)} / \text{NaCl}, \text{ZnSO}_4, \text{H}_2\text{O} / \text{C}_{(zp)} \text{ A}(+)$	Zn

В вариантах 21 - 30

- Запишите ионный состав водного раствора электролита ... (табл. 5, ст.3) и составьте уравнения катодных и анодных процессов, протекающих при гальванопокрытии стального изделия металлом ... (ст. 1) с анодом из ... (ст. 5)
- Определите время, необходимое для нанесения гальванопокрытия ... (ст. 1) толщиной ... (ст. 2) на 1 м^2 стальной поверхности в рекомендуемом электролите ... (ст. 3) при плотности тока ... (ст. 4) и выходе по току осаждаемого металла ... (ст. 7).
- Укажите, будет ли и как меняться реакция среды у анода и катода в процессе нанесения гальванопокрытия.
- Покажите приблизительный ход поляризационных кривых при электролизе.

Таблица 5

№ п/п	Осаждаемый металл	Толщина покрытия, δ , мкм	Основа электролита	Плотность тока i , $\text{А} \cdot \text{м}^{-2}$	Материал анода	Плотность металла, ρ , $\text{г}/\text{см}^3$	Выход по току, B_T
	1	2	3	4	5	6	7
21	медь	1	CuSO_4	100	медь	8,93	0,98
22	серебро	2	AgNO_3	10	серебро	10,49	0,98
23	платина	1	$\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$	10	платина	21,47	1
24	цинк	5	ZnCl_2	20	цинк	7,14	0,90
25	никель	10	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	10	никель	8,90	0,90
26	хром	1	CrCl_3	50	графит	7,19	0,20
27	кадмий	5	CdSO_4	10	кадмий	8,65	0,90
28	кобальт	2	CoSO_4	10	кобальт	8,79	0,70
29	олово	5	SnSO_4	10	олово	7,28	0,90
30	медь	5	CuCl_2	100	медь	8,93	1

Задача 3.

В вариантах 1- 7

- Определите тип покрытия по отношению к железу (табл. 6). Ответ обоснуйте.
- Напишите уравнения процессов коррозии в тех же условиях, если сплошность покрытия не нарушена.
- Напишите уравнения процессов электрохимической коррозии, протекающих в кислой и нейтральной средах, находящихся в контакте с воздухом, при повреждении покрытия на железе.

Таблица 6

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Металл покрытия	Ni	Co	Zn	Cr	Cd	Cu	Pb

В вариантах 8 - 30: если в условии задания не приведены данные по концентрации электролита, давлению газа, температуре - считайте соответствующие физические величины стандартными и не забывайте о склонности некоторых металлов к пассивации в агрессивных средах.

Используя данные таблицы 7:

В вариантах 8- 15

- Определите возможность коррозии металла ... (ст. 1) в условиях... (ст.7), приведите необходимые расчеты, напишите уравнения соответствующих процессов.
- Определите тип защитного металлического покрытия (катодное или анодное), если металл покрыт ... (ст. 4).
- Составьте уравнения катодных и анодных процессов, протекающих при нарушении целостности защитного покрытия в данных условиях коррозии.
- На основании расчетов определите, может ли служить протектором металл ... (ст. 6) при защите заданного металла от коррозии в рассматриваемых условиях. В случае положительного ответа, напишите уравнения протекающих при защите процессов.

В вариантах 16- 23

- Определите возможность коррозии металла ... (ст. 1) в условиях ... (ст. 8) , приведите необходимые расчеты и напишите уравнения соответствующих процессов.
- Определите тип защитного металлического покрытия (катодное или анодное), если металл покрыт ... (ст. 5).
- Составьте уравнения катодных и анодных процессов, протекающих при нарушении целостности защитного покрытия в данных условиях коррозии.
- На основании расчетов определите, может ли служить протектором металл ... (ст. 6) при защите заданного металла от коррозии в рассматриваемых условиях. В случае положительного ответа, напишите уравнения протекающих при защите процессов.

В вариантах 24- 31

- Определите возможность коррозии металла ... (ст. 3) в условиях ... (ст. 8), приведите необходимые расчеты и напишите уравнения соответствующих процессов.
- Определите тип защитного металлического покрытия (катодное или анодное), если металл покрыт ... (ст. 5).
- Составьте уравнения катодных и анодных процессов, протекающих при нарушении целостности защитного покрытия в данных условиях коррозии.
- На основании расчетов определите, может ли служить протектором металл ... (ст. 6) при защите заданного металла от коррозии в рассматриваемых условиях. В случае положительного ответа, напишите уравнения протекающих при защите процессов.

Таблица 7

№ п/п			Металлы						Условия коррозии при 298 К	
			1	2	3	4	5	6	7	8
8	16	24	Pb	Ni	Cu	Cd	Ag	Fe	Атмосфера влажного воздуха	Раствор HCl с pH=5,6
9	17	25	Sn	Zn	Pb	Cr	Cu	Ge	Раствор NaCl в контакте с O ₂	Водный раствор с pH=2,0
10	18	26	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	Mg	Атмосфера влажного воздуха	Раствор H ₂ SO ₄ с pH=4,0
11	19	27	Co	Fe	Sn	Ti	Au	Pb	Водный раствор с pH=10 в контакте с O ₂	Водный раствор с pH=4,5
12	20	28	Cd	Mn	Ni	Zn	Ni	Al	Атмосфера влажного воздуха	Раствор HNO ₃ с pH=5,0
13	21	29	Fe	Mg	Pb	Cr	Ni	Sn	Раствор NaNO ₃ в контакте с O ₂	Водный раствор с pH=6,0
14	22	30	Zn	Al	Cd	Mn	Sn	Mg	Атмосфера влажного воздуха	Раствор HCl с pH=1,0
15	23	31	Ge	Sn	Fe	Ni	Zn	Ag	Водный раствор с pH=9 в контакте с O ₂	Водный раствор с pH=0,5

Справочная литература.

1. Коровин. Н.В., Общая химия. М: Высшая школа. 2005 г.
2. Коровин Н.В., Мингулина Э.И. Лабораторные работы по химии. М: Высшая школа. 2005.
3. Задачи и упражнения по Общей Химии. Под редакцией Н.В. Коровина. М: Высшая школа. 2007.